

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

5030

J. F. Hoffmann

Das Versuchs-Kornhaus
und seine
wissenschaftlichen Arbeiten.

Preis 12 Mark

VERLAG

VERSUCHS-KORNHAUS, BERLIN NW. 40

1904.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299165

Das Versuchs-Kornhaus

und seine wissenschaftlichen Arbeiten.

x
737



Versuchs-Kornhaus am Nordhafen in Berlin.

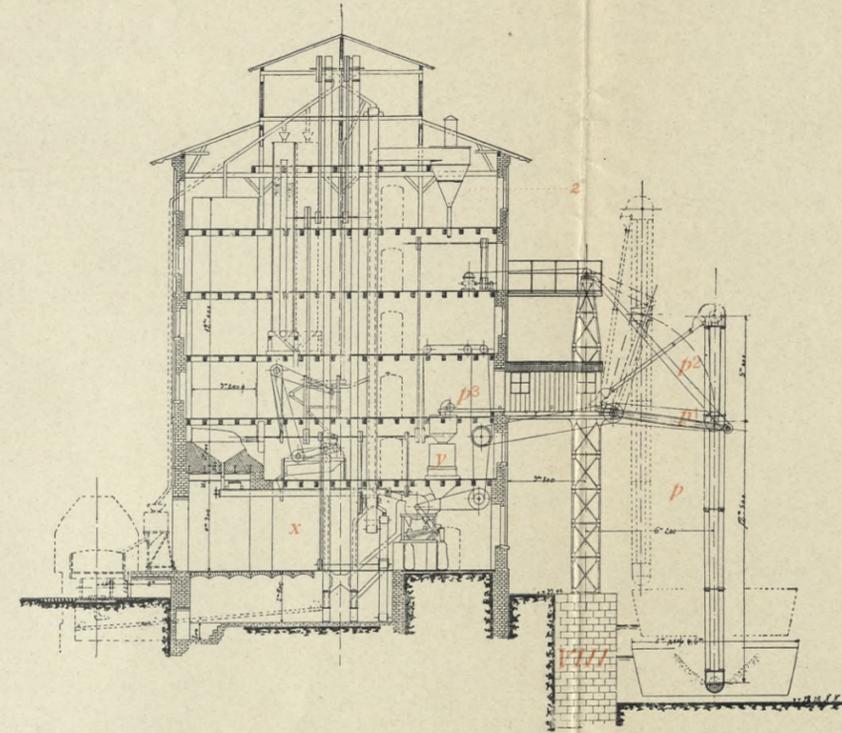
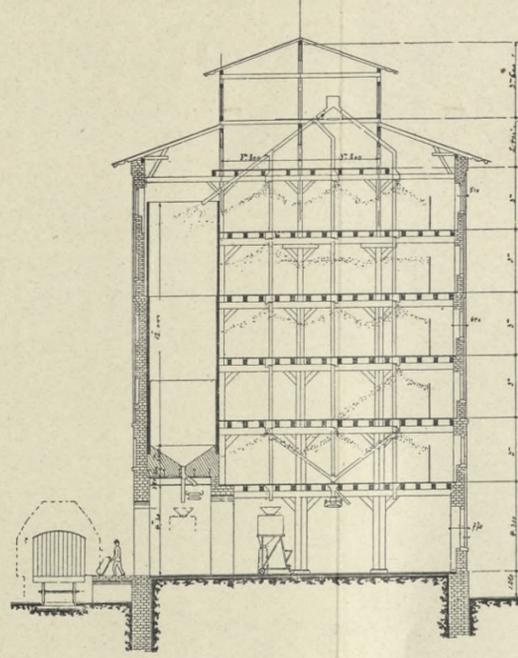
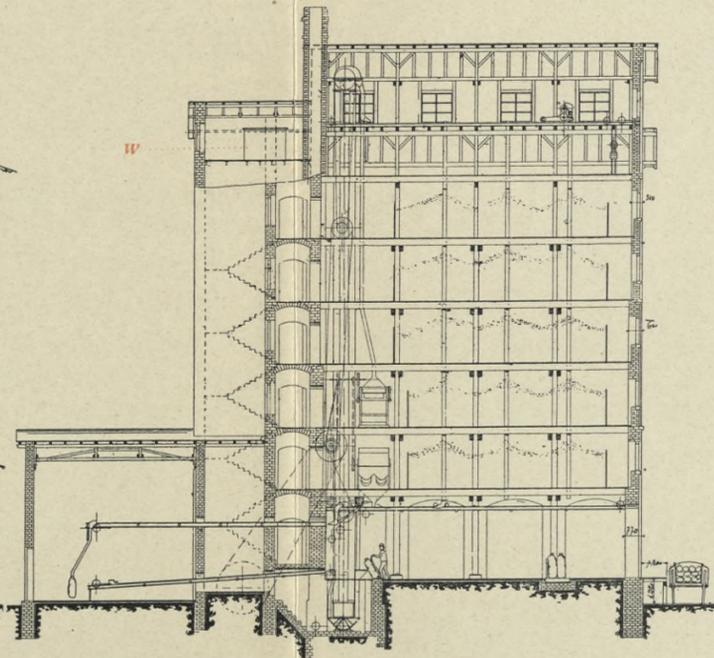
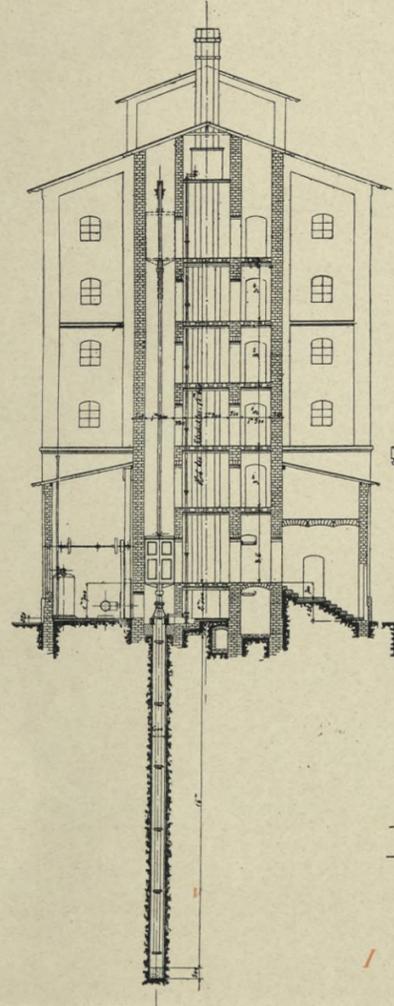
Maschinelle Ausrüstung von Rudolf Dinglinger, Cöthen (Anhalt).

Querschnitt durch das Treppenhaus

Längsschnitt

Querschnitt durch die Lagerräume und Silos

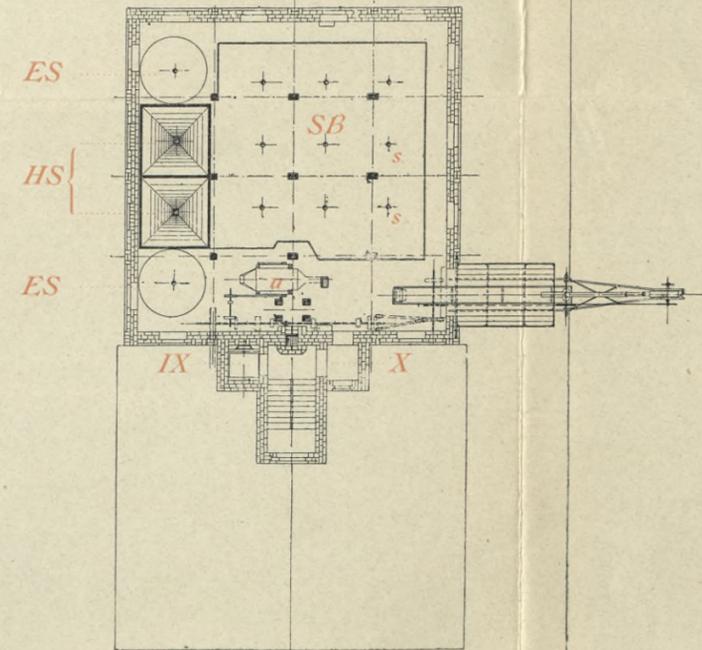
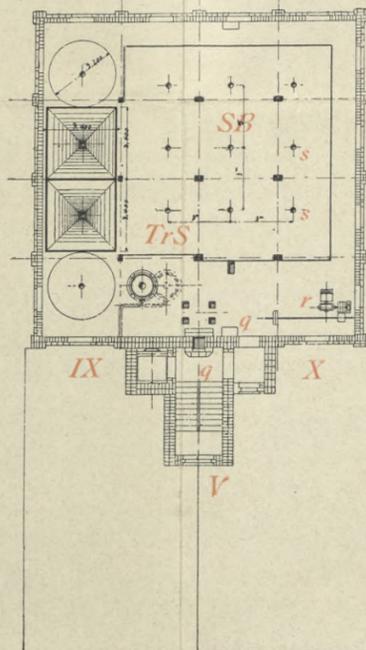
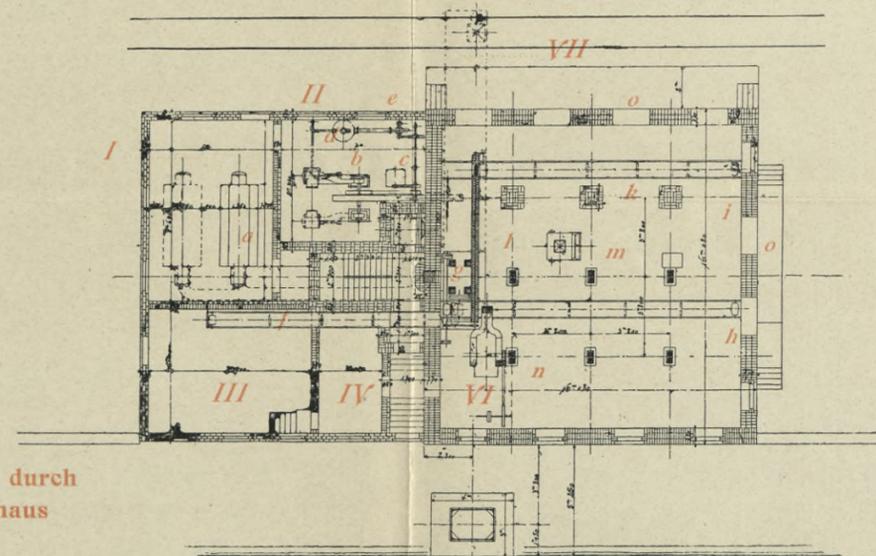
Querschnitt durch Putzerei und Schiffelevator



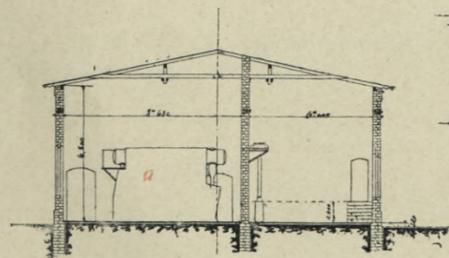
Grundriss vom Erdgeschoss

Grundriss vom 4. Obergeschoss

Grundriss vom 2. Obergeschoss



I. Querschnitt durch das Kesselhaus



I Kesselraum

a Dampfkessel

II Maschinenraum

b Dampfmaschine
c Dynamomaschine
d Rippen-Heizkörper
e Ventilator

III Versuchs-Trockenraum

f Versuchsband

IV Laboratorium

V Treppenhaus

VI Arbeitshalle

g Innere Becherwerke
h Grosses Band
i Siloband
k Gemauerte Pfeiler
l Förderschnecke
m Fahrbare autom. Absackwaage
n Vorputzmaschine
o o Rampen

VII Kanal, tiefer als das Erdgeschoss

VIII Fundament und Gerüst f. d. Schiffsbecherwerk

p Schiffsbecherwerk
p₁ Auslegearm desselben
p₂ Telescoprohr
p₃ Förderband

IX Hydraulischer Personenaufzug

X Vorflure zu den Speicherräumlichkeiten

q q Eiserne selbstschliess. Türen

HS Hölzerne Silos

r Mechan. Winde zum Heben des Schiffsbecherwerks

ES Eiserne Silos

Tr S Trocken-Silos

s s Fallrohre

SB Schüttböden

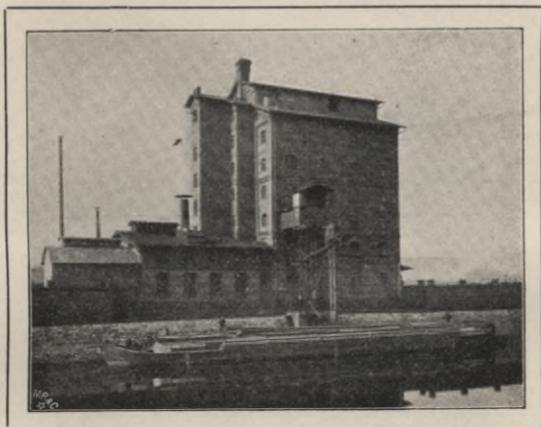
u Nachreinigungsmaschine
v Brunnenrohr des Aufzugs
w Wasserkasten für den Aufzug
x Trieur
y Automat. Becherwerks-Waage
z Cyclon

Vom königlichen Hauptminister
für die Budden-Berufung
gefordert überreicht von Prof. Dr.

Das Versuchs-Kornhaus

und seine
wissenschaftlichen Arbeiten.

48138
107



Eine Sammlung von Aufsätzen und Vorträgen

herausgegeben

von

Dr. J. F. Hoffmann

Vorsteher des Versuchs-Kornhauses.

Mit 2 Tafeln, 6 Plänen und 65 in den Text gedruckten Bildern.

F. Nr. 25843

Verlag:

Versuchs-Kornhaus, Berlin NW. 40

1904.



*B. 2
107*

Das Versuchs-Kornhaus

und seine

wissenschaftlichen Arbeiten.

Alle Rechte vorbehalten.



II 5030

Akc. Nr. 4171/50

Inhaltsverzeichnis.

Die eingeklammerten Zahlen geben das Jahr des ersten Erscheinens an. Die Artikel ohne Jahreszahl sind bisher nicht veröffentlicht.

I. Einrichtung, Geschäftsbetrieb und Aufgaben des Versuchs-Kornhauses.

	■ Seite
1. Das Versuchs-Kornhaus (1898)	I
2. Geschäftsordnung und Tarif des Versuchs-Kornhauses (1898)	14
3. Die Aufgaben des Versuchs-Kornhauses (1900)	20

II. { Erfahrungen beim Betriebe. { Amerikanischer Getreidespeicher.

4. Erfahrungen beim Betriebe des Versuchs-Kornhauses und anderer Getreidehäuser (1902)	33
5. Eine neue Sortiermaschine für Getreide (Brüggess Sortierer) (1903)	47
6. Baupläne für kleine zeitgemässe Kornhäuser (1900)	50

III. Über Getreidetrockner.

7. Das Trocknen von Rohfrucht (1895)	58
8. Über künstliche Kornastrocknung auf dem endlosen Tuch (System Angele) in der Stärkefabrik Loitz (1896)	70
9. Über den gegenwärtigen Stand der Getreidetrocknung (1899)	82
10. Versuche an Getreidetrockenapparaten. Berichterstatter Dr. J. F. Hoffmann, Vorsteher des Versuchs-Kornhauses Berlin, Dr. Hans Lorenz, Professor an der Universität Halle (1900)	121
11. Hopfendarre Triumph (1900)	141
12. Einige Bemerkungen zu den Artikeln des Dr. J. F. Hoffmann von Graf Fr. Berg, Schloss Sagnitz (Livland)	147
Antwort auf die vorstehenden Bemerkungen (1901)	153

	Seite
13. Weitere Versuche an Getreidetrocknern (1901)	155
14. Der Trockner des Versuchs-Kornhauses (1903)	169
15. Leistungsfähige Gerstentrockner in der Praxis (1903)	174

IV. Über Getreideschädlinge.

16. Zur Bekämpfung der Getreideschädlinge (1902)	184
17. Vorschriften zur Bekämpfung tierischer Schädlinge, insbesondere des schwarzen Kornkäfers	190
18. Auf welche Weise kann man sich beim Ein- oder Verkauf von Gerste oder Malz vergewissern, ob man Getreideschädlinge (Kornkäfer usw.) mitgekauft bzw. verkauft hat? Von Prof. Dr. P. Lindner, Institut für Gärungsgewerbe (1901)	197
Nachtrag: Die wichtigsten Getreideschädlinge	198

V. Mikroben auf dem Getreide.

19. Vereinfachung bei bakteriologischen Züchtungsmethoden (1896)	199
20. Wie gross ist die Zahl der Mikroorganismen auf dem Getreide unter verschiedenen Bedingungen (1896)	202

VI. Über Selbsterwärmung und Atmung.

21. Ein Beitrag zur Selbstentzündung von pflanzlichen Nähr- und Futterstoffen (1897)	212
22. Über Selbsterwärmung. Von Dr. G. Marienhagen (1901)	254
23. Über die Atmung der Gerstenkörner. Von Dr. R. Kolkwitz, Professor an der landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin (1901)	262
24. Verfahren und Apparat zur Messung der Getreidetemperatur in Siloschächten (1904)	280

VII. Der Wasserdampf der atmosphärischen Luft und sein Verhalten zum Getreide.

25. Der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft I (1900)	284
26. Der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft II (1900)	312
27. Beobachtungen im Versuchs-Kornhause. Erster Bericht (1900)	330
28. Beobachtungen im Versuchs-Kornhause. Zweiter Bericht (1901)	359
29. Die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft mit dem Psychrometer (Vorschriften)	386

VIII. Der schädliche Einfluss des Wasserüberschusses auf Getreide, Malz und Mehl. Die günstige Wirkung des Trocknens.

30. Einiges über den Einfluss der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit auf Getreide (1900)	393
31. Über die Luftfeuchtigkeit in den Kornhäusern (1902)	399

32. Zur Übersommerung der Braugerste (1902)	406
33. Über die Mahl- und Backfähigkeit des in- und ausländischen Getreides (1902)	413
34. Beobachtungen im Versuchs-Kornhause und anderen Getreidespeichern (1903)	424
35. Welchen Einfluss haben Klima, Anbau- und Erntebedingungen auf den Enzymgehalt bezw. auf den physiologischen Zustand des Getreides (1903).	427
36. Die Notwendigkeit der Getreidetrocknung (1901).	437
37. Die Einwirkung des Trocknungsprozesses auf Nachreife und Auslese (Selektion) beim Getreide (1903)	448
38. Einige Bemerkungen über den Einfluss des Trocknens auf das Getreide (1903)	455
39. Die Vermischung feuchten und trockenen Getreides (1903)	462
IX. Über die Ermittlung des Wassergehaltes in verschiedenen Stoffen.	
40. Die Wasserbestimmung in Körnerfrüchten (1900).	467
41. Hektolitergewicht und Wassergehalt des Getreides (1901).	487
42. Verfahren und Apparat zur Bestimmung des Wassergehaltes in festen Körpern und Lösungen (1902)	489
43. Die Ermittlung des Wassergehaltes im Getreide und im Malz (Vorschriften). Von J. F. Hoffmann, G. Marienhagen und J. H. Schulze.	494
44. Der neue Wasserbestimmer in der Praxis (1902)	498
45. Weitere Erfahrungen mit dem neuen Wasserbestimmer I. (1903). II. Von Dr. J. H. Schulze und Dr. G. Marienhagen (1904)	500
X. { Aufsätze gemischten Inhaltes.	
{ Zusammenfassende Schlussfolgerungen.	
46. Die Keimfähigkeit des Getreides unter verschiedenen Bedingungen. Von J. F. Hoffmann und J. H. Schulze (1903).	506
47. Über die Notwendigkeit der Errichtung von Versuchsanstalten für Mülerei und Bäckerei. Von Prof. Dr. M. Delbrück, Geh. Regierungsrat (1903).	514
48. Die Notwendigkeit der Errichtung einer Versuchsanstalt für Brotgetreide (1904)	535
49. Der Getreidehandel nach Trockensubstanz (1904)	555
50. Ergebnisse und Ergänzungen	568

Vorwort.

Durch Vertrag mit der Königlichen Eisenbahn-Direktion Berlin ist mit Genehmigung des Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, dem Verein der Spiritus-Fabrikanten in Deutschland und der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin die Verwaltung des am Nordhafen in Berlin auf dem Lehrter Innenbahnhofo errichteten Versuchs-Kornhauses übertragen worden. Genannte Vereine werden durch den Vorsteher des Instituts für Gärungsgewerbe, Herrn Geheimen Reg.-Rat Prof. Dr. Delbrück, vertreten. Zum Vorsteher des Kornhauses wurde der Unterzeichnete ernannt.

Das Versuchs-Kornhaus wurde am 1. Oktober 1898 eröffnet; am 1. Oktober 1903 waren also 5 Jahre seit diesem Tage verflossen und es machte sich das Bedürfnis geltend, die in dem angegebenen Zeitraume veröffentlichten Abhandlungen, welche über die auf dem Gebiete der Getreidelagerung gesammelten Erfahrungen und Versuchsanstellungen berichteten, zusammenzufassen. Abgesehen davon, dass eine solche Zusammenstellung der Arbeiten geeignet ist, von der bisherigen Tätigkeit des Versuchs-Kornhauses ein übersichtliches Bild zu geben, kommt sie auch Wünschen entgegen, die von Seiten der Praxis mehrfach geäußert worden sind. Die Herausgabe erfolgt nunmehr mit Genehmigung des Vorstehers des Instituts für Gärungsgewerbe.

Die meisten Stücke der folgenden Zusammenstellung rühren

vom Herausgeber her. Bei den anderen Aufsätzen, die, mit einzelnen Ausnahmen, auf Anregung und zum Teil auf Kosten des Kornhauses entstanden, sind die Autoren angegeben. Um eine häufige Wiederholung zu vermeiden, sind einige Veröffentlichungen nicht aufgenommen worden; andere haben eine wesentliche Kürzung erfahren. Es wurde aber nicht ängstlich darauf geachtet, jede Wiederholung auszuschliessen; denn das Material ist in vielen Fällen für den Laien nicht leicht verständlich, und nur durch Wiederholungen und durch Beleuchtung desselben Gegenstandes von verschiedenen Seiten ist es möglich, das Verständnis der Einzelheiten und auch das Bewusstsein von der Wichtigkeit der behandelten Fragen zu erwecken.

In dem vorliegenden Buche haben noch einige Aufsätze des Verfassers Aufnahme gefunden, welche bereits längere Zeit vor der Eröffnung des Versuchs-Kornhauses erschienen sind. Die Aufnahme rechtfertigt sich durch die behandelten Gegenstände, indem die Aufsätze entweder die Trocknung von Getreide oder bestimmte Vorgänge auf dem Getreidekorn erörtern. Sie fallen also vollkommen in den Rahmen der Aufgaben des Versuchs-Kornhauses; sie wurden dem Unterzeichneten auch von dem Vorsteher des Institutes für Gärungsgewerbe übertragen, gerade mit Rücksicht auf die in Aussicht gestellte Verwaltung des Kornhauses.

Wir können darauf hinweisen, dass die Sammlung eine gewisse Abrundung der Ergebnisse zu Tage treten lässt, indem einige wichtige Fragen ihre prinzipielle Erledigung gefunden haben.

Es ist Klarheit geschaffen worden über die zweckmässigste Form der Lagerungsart mit ihren zahlreichen Nebenbedingungen, über die Temperaturmessung in Siloschächten, über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf das Getreide. Es ist eine einfache Methode beschrieben worden, die Mikroben des Getreides zu isolieren und zu zählen. Für die Bekämpfung der Getreideschädlinge wurde eine wirkungsvolle Methode ausgearbeitet.

Das wichtigste Ergebniss ist aber darin zu sehen, dass dem Versuchs-Kornhause der Nachweis der Möglichkeit gelungen ist,

grössere Getreidemengen ohne Schädigung der Keimfähigkeit und Backfähigkeit zu trocknen.

Im Zusammenhange hiermit steht die Ausarbeitung einer neuen Wasserbestimmungsmethode, welche gestattet den Wassergehalt in Körnerfrüchten, Hopfen usw. in einer halben Stunde zuverlässig festzustellen. Diese beiden Ergebnisse wiederum ermöglichten die Inangriffnahme einer volkswirtschaftlich hochwichtigen Angelegenheit, indem nämlich der Versuch unternommen werden konnte, den Getreidehandel nach Trockensubstanz in die Wege zu leiten.

Mit der hierauf bezüglichen Abhandlung findet das grosse und vielseitige Gebiet der Feuchtigkeitseinwirkung auf das Getreide mit allen Folgerungen seinen wesentlichen Abschluss.

Es ist jedoch zu beachten, dass die betreffenden Beobachtungen und Schlussfolgerungen sich in der Regel nur auf Getreide an und für sich beziehen. Die Wirkung der einzelnen Einflüsse (der Geschichte des Getreidekornes) auf die aus ihm herzustellenden Erzeugnisse ist nur in wenigen Fällen behandelt worden. Aber gerade in diesen Fällen, welche für die in Frage kommenden Gewerbe von besonderer Wichtigkeit sind, zeigten sich jedesmal deutlich zahlreiche Lücken, welche in bezug auf die einheitliche Erkenntnis der Vorgänge im Getreidekorn noch bestehen.

Ganz besonders fühlbar machen sich diese Lücken, wenn man den Ursachen der verschiedenartigen Mahl- und Backfähigkeit des in- und ausländischen Getreides nachzuforschen beginnt.

Hier bietet sich ein grosses und dankbares Arbeitsfeld und daher ist die Absicht der preussischen Staatsregierung, das Versuchs-Konhaus mit einer neuen und mit ausreichenden Mitteln ausgestatteten Versuchsanstalt für Brotgetreide in Verbindung zu bringen, wissenschaftlich und volkswirtschaftlich betrachtet, als ein aussichtsreiches Unternehmen anzusehen.

Die in diesem Institut auszuführenden Arbeiten werden im Laufe der Zeit erkennen lassen, wie wichtig und notwendig die im vorliegenden Buche zusammengefassten Untersuchungen und

Beobachtungen vielfach sind, indem sie für jene die gesicherte Basis liefern.

Dabei soll natürlich nicht der Anspruch erhoben werden, dass alle bisherigen Schlussfolgerungen unerschütterlich feststehen. Es ist eben die Aufgabe der Forschung, dort wo Unklarheit herrscht, Gewissheit zu liefern.

Was nun den Leserkreis anbetrifft, mit dem die Sammlung zu rechnen hat, so sind wir der Ansicht, dass diese eine erspriessliche Auskunft liefern wird für jeden Betrieb, wo man mit Getreide zu tun hat, also für den Mälzerei- und Mühlenbetrieb, für Getreidegeschäfte und Proviantämter und besonders natürlich für die Landwirtschaft. Auch den Studierenden dieses Faches wird diese Sammlung daher vielfach nützlich sein können.

Endlich werden diejenigen Architekten und Fabrikanten, welche Trockenhäuser und -Apparate bauen, in diesem Buche neben einer Menge von Einzelheiten auch die Grundlagen entwickelt finden, für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Getreidetrocknern.

Die Abhandlungen erforderten zum grössten Teil Anmerkungen, die sich am Ende jedes Stückes befinden und auf welche sich die eckigen Klammern beziehen. Diese Anmerkungen stellen zugleich den gegenwärtigen Standpunkt des Verfassers in der betreffenden Angelegenheit dar.

Berlin, Juli 1904.

J. F. Hoffmann.

I.

Einrichtung, Geschäftsbetrieb und Aufgaben des Versuchs-Kornhauses.

1. Das Versuchs-Kornhaus zu Berlin.

Hierzu eine Tafel.

Allgemeines.

Das Kornhaus liegt auf dem Gelände des alten Hamburger Innenbahnhofs am Nordhafen. Es ist zugänglich vom Bahnübergang Haidestrasse, wo sich auch die Zufuhrstrasse nach dem Kornhause, innerhalb und längs der Umgrenzungsmauer des fiskalischen Bahnhofsgrundstücks abzweigt. Ein zweiter Zugang, aber nur für Fussgänger, führt von der Kielerstrasse her über die Kielerbrücke. Das Gebäude ist von der Berliner Firma Hermann Streubel erbaut. Die maschinelle Einrichtung mit Ausnahme des Kessels, der automatischen Wagen und der elektrischen Anlage, aber einschliesslich der vier Siloschächte, rührt her von Rud. Dinglinger, Zweigbureau Magdeburg.

Die Lage ist sehr günstig in bezug auf Einlade- und Ausladeverhältnisse, weil auf der einen Seite des Gebäudes und zwar auf der Nordostseite der Berlin-Spandauer Schiffahrtskanal mit einer neuerbauten zum Hause gehörigen Hafenanlage vorhanden ist, während auf der gegenüberliegenden Seite des Hauses ein Schienenstrang der Hamburger Bahn bis an die Rampe des Kornhauses geht.

Die bauliche Einrichtung.

A. Äussere Gliederung.

Man kann zwei Teile des Kornhauses, dessen Hauptfront sich von NW. nach SO. erstreckt, unterscheiden, das Hauptgebäude und einen Anbau. Das Hauptgebäude ist mit einem Doppeldach versehen und hat $16 \times 16 \text{ m}$ Grundfläche.

Der darüber befindliche Aufsatz ist mit seinem Giebel $26\frac{1}{2} \text{ m}$ über dem Erdboden und wird von dem in die Giebelwand an der Seite des Anbaues eingefügten Schornstein um 2 m überragt.

Der Anbau hat $13,8 \times 15,8 \text{ m}$ Grundfläche und ist bis zum Dach $6,7 \text{ m}$ hoch. Ein Teil dieses Anbaues erhebt sich als Treppenhaus dem Hauptgebäude anliegend nahezu bis zur Höhe des letzteren. An der Südwestseite des Hauptgebäudes befindet sich eine Rampe für den Bahnverkehr, auf der Nordwestseite eine solche für Gespanne. An der Wasserseite reicht das Fundament für das Gerüst des Schiffsbecherwerks in den Kanal hinein.

B. Innere räumliche Einrichtung.

1. Der Anbau und die Arbeitshalle.

Der Anbau enthält den Kesselraum von $6 \times 8,7 \text{ m}$ Grundfläche, den Maschinenraum mit $7 \times 5,4 \text{ m}$ Grundfläche abzüglich des Raumes für den Fahrstuhl und den Versuchstrockenraum mit $6 \times 8,3 \text{ m}$ Grundfläche. Jeder Raum hat eine Höhe von $7\text{--}8 \text{ m}$. Es folgt das Laboratorium mit $3 \times 5,9 \text{ m}$ Grundfläche; über demselben der Raum für die Akkumulatoren, ferner das Treppenhaus mit dem Fahrstuhlschacht und 5 kleinen Vorfluren zu den Speicherräumlichkeiten. Diese Vorflure trennen durch je zwei eiserne, selbstschliessende Türen das Treppenhaus vom eigentlichen Speicher.

Das Hauptgebäude hat im Erdgeschoss die Arbeitshalle, welche einen Zementboden besitzt und $14,5 \times 14,5 \text{ m}$ Grundfläche hat. Die Pfeiler, Streben und Träger mit Ausnahme derjenigen für die Silos sind in der Arbeitshalle und im ganzen Gebäude von Holz, weil die neueren Ansichten, besonders seit dem Brande der Borsigmühle dahingehen, dass Pfeiler und Träger von Eisen bei Feuergefahr eine geringere Sicherheit bieten, als solche von Holz; denn brennende Balken können vom Wasserstrahl gelöscht werden und behalten dann die dem unzerstörten

Material entsprechende Festigkeit. Glühende eiserne Träger dagegen dehnen sich, oder biegen sich leicht durch und bringen dadurch das Gebäude in Gefahr. Diese wird durch Wasserzufuhr nicht verringert wie bei Holz, sondern im Gegenteil noch bedeutend erhöht, da glühendes Eisen durch Wasser schnell zerstört wird.

Tiefer als das Erdgeschoss liegt zwischen dem Maschinenraume und der Arbeitshalle ein Kanal, welcher die Füsse der später zu beschreibenden Becherwerke und deren Zuleitungen enthält und der nach aussen bis unterhalb des zum Kornhause gehörigen Schienenstranges führt.

In den folgenden fünf Stockwerken befinden sich die Lager-räumlichkeiten, Silos und Böden

Ein gemischtes System der Lagerung ist eingerichtet worden, weil die Unterschiede zwischen der Silo- und Bodenlagerung, die Vor- und Nachteile jedes Systems in technischer und ökonomischer Hinsicht klar-gelegt werden sollen.

2. Die Silos.

Im Erdgeschoss befinden sich ausser den Holzpfeilern noch drei grosse gemauerte Pfeiler mit einem Querschnitt von $1,1 \text{ qm}$. Diese dienen in Verbindung mit der Südwestgebäudemauer zur Unterstützung der darüber stehenden Siloschächte. Es sind zwei Holz- und zwei eiserne Silos vorhanden. Die Holzsilos haben bei $3,4 \text{ m}$ Seite quadratischen Querschnitt. Sie sind auf die gewöhnliche Art mittelst Lattennagelung hergestellt, und zwar so, dass die Wände unten eine Dicke von 150 mm in der Mitte eine solche von 125 mm und oben von 100 mm aufweisen. Die eisernen Silos sind rund mit einem Durchmesser von $3,2 \text{ m}$ und aus eisernen Platten zusammengenietet. Die Wandstärke beträgt unten 4 mm , in der Mitte 2 mm und oben 2 mm .

Zwei verschiedene Silosysteme sind ebenfalls aus dem Grunde eingerichtet worden, um durch Versuche festzustellen, in wie weit oder unter welchen Umständen sich das eine oder das andere besser zur Aubewahrung von Getreide eignet.

Die Schächte fassen bei 12 m Höhe je $75 \text{ Tonnen} = 1500 \text{ Ztr}$. schweres Getreide.

3. Die Böden.

Die Gesamtkapazität des Speichers beträgt 1100 Tonnen, $4 \times 75 = 300$ Tonnen fassen die Silos, es bleiben also 800 Tonnen Fassungsraum für die fünf Lagerböden, so dass jeder Boden 160 Tonnen fasst.

Die Dimensionen der von Holzwänden eingefassten Böden betragen $20 \times 10 \text{ m}$.

Zwischen den Holzwänden und der Gebäudemauer befindet sich ein Gang von 1 m Breite, so dass man bequem zu den eigentlichen Lagerräumen gelangt.

Jeder Boden kann durch Zwischenwände in 9 Abteilungen zerlegt werden, so dass auch kleinere Posten Getreide gelagert werden können.

Das sechste Stockwerk bildet einen Zwischenboden, und das oberste siebente Stockwerk den Verteilungsboden für das Getreide.

Die Maschinenanlage.

A. Zum Antrieb gehörig.

1. Der Kesselraum.

Der feststehende Dampfkessel ist ein Röhrenkessel (Bauart und Patent Steinmüller), ausgeführt von der Firma C. und L. Steinmüller, Gummersbach. Er besitzt 24 Stück schräg nach unten vorgehende Wasserrohre von 95 mm äusserem Durchmesser und 4050 mm Länge, angeordnet in 6 über- und 4 nebeneinander liegenden Reihen.

Die Wasserrohre münden vorn und hinten in je eine flache, schräg, stehende Wasserkammer. Von beiden Wasserkammern führen die beiden oben aufgeflossenen Verbindungsstutzen (ein kurzer und ein längerer) zu dem wagerecht über der schrägen Rohranordnung liegenden Oberkessel von 4050 mm Länge, 700 mm lichter Weite im hinteren und vorderen, 684 mm im mittleren Schuss.

Das Mannloch befindet sich in der hinteren Stirnwand des Oberkessels; der Rand desselben ist mit einem Verstärkungsringe versehen. Die Heizfläche des Kessels beträgt 29,6 qm, die Rostfläche $1,2 \times 0,75 = 0,9 \text{ qm}$.

Der zulässige Maximaldruck des bei 15 Atm. Wasserdruck geprüften Kessels beträgt 10 Atm.

Der Kessel ist mit den nötigen Armaturen versehen. Er hat

2 Sicherheitsventile, 1 Manometer, 2 Wasserstandsmesser und 2 Injektoren. Jeder der letzteren ist für sich imstande dem Kessel, die zur Speisung erforderliche Wassermenge zuzuführen, so dass also ein Injektor nur als Reserve dient. Zur Füllung des Kessels wird noch ein direkter Anschluss an die Wasserleitung gelegt.

Ausser der nach dem Maschinenraum gehenden Dampfleitung führt noch eine solche nach dem Laboratorium.

Der obere, nicht eingemauerte Teil des Kessels sowie die Dampfzuleitungsrohre sind mit Korkmasse belegt von der Firma Grünzweig & Hartmann, Ludwigshafen a. Rh.

2. Der Maschinenraum.

Die Maschinenfundamente sind aus Mauersteinen gebaut.

Als Antriebsmaschine dient eine liegende einzylindrige Dampfmaschine von 275 mm Zylinder-Durchmesser und 500 mm Hub, die bei 90 Umdrehungen in der Minute und 0,20 Füllung 24 Pferdestärken leistet. Sie ist mit einer während des Ganges selbsttätig durch den Regulator beeinflussten Präzisions-Rundschieber-Steuerung versehen. Sie hat ausserdem automatische Schmiervorrichtung des Dampfzylinders mittels Pressschmier-Apparates und des Kurbelzapfens und Kreuzkopfbolzens durch Tropföler. Zylinder und Schieberkasten sind mit Stahlblechmantel umhüllt. Die Welle ist verstärkt und mit schwererem Schwungrade versehen für den späteren Umbau der Maschine in eine Verbundmaschine von 275 und 400 mm Zylinderdurchmesser, 500 mm Hub und 42 PS.

Von der Dampfmaschine führt eine Abdampfleitung nach dem Rippenheizkörper für die in den oberen Stockwerken des Kornhauses befindliche Getreidetrockenvorrichtung. Ein Hochdruckgebläse schafft Luft nach den Heizkörpern und von hier nach dem Trockensilo.

Im Maschinenraum befindet sich ferner die Dynamomaschine mit Zubehör, welche, wie die übrige elektrische Leitung und die Akkumulatorenanlage, von der Firma Siemens & Halske, Charlottenburg, geliefert ist. Die Dynamo ist eine Nebenschlussmaschine Modell A ^{12/20}, und hat eine Gesamtleistung von 7500 Volt Amp. Das Nähere ergibt sich aus folgenden Angaben:

Maschine	{	110 Volt	68 Amp.	850 Umdr.
		150 »	50 »	1080 »
Motor		110 »	9 PS.	780 »

Die elektrische Beleuchtungsanlage besteht aus 2 Bogenlampen und 79 Glühlampen. Abgesehen von diesen Lampen, hat die Dynamomaschine zugleich einen kleinen Elektromotor mit Strom zu versehen, der im Laboratorium für Versuchszwecke aufgestellt ist.

An dem Schaltbrett befinden sich Spannungsanzeiger, Stromrichtungsanzeiger, Umschalter und ein Spannungswecker. Ferner ist ein Verteilungsbrett vorhanden, durch welches die einzelnen Bedarfsstätten mit der Stromquelle verbunden werden.

Die Dynamomaschine und der Ventilator werden von einer mit Friktionskuppelung versehenen im Maschinenraum selbst liegenden Welle direkt von der Dampfmaschine getrieben.

Die Hauptarbeitskraft wird von der Dampfmaschine durch das Schwungrad, welches 2,6 m Durchmesser und 300 mm Kranzbreite hat, auf die im ersten Stockwerk liegende Haupttransmission und zwar auf eine Riemenscheibe von 1560 mm Durchmesser und 300 mm Breite übertragen.

B. Zum Betrieb gehörig.

Die Betriebseinrichtung ist so angelegt, dass folgende Arbeitsvorgänge stattfinden können:

- | | | |
|---|---|--|
| a) Einspeichern (sowohl in die Silos als auch auf die Schüttböden) | { | aus dem Schiff (nur in loseem Zustande der Frucht),
aus dem Eisenbahnwagen (nur in Säcken)
aus dem Landfuhrwerk (nur in Säcken), |
| b) Ausspeichern (sowohl aus den Silos als auch von den Schüttböden) | { | in das Schiff (nur in loseem Zustande der Frucht),
in den Eisenbahnwaggon (in loseem Zustande und in Säcken),
in das Landfuhrwerk (nur in Säcken); |
| c) Umarbeiten, Umlagern der eingeführten Frucht zwecks Konservierung; | | |
| d) Trocknen | { | im Trockensilo,
im Laboratorium; |
| e) Vorreinigen der einzunehmenden Frucht; | | |
| f) Nachreinigen der bereits eingelagerten Frucht; | | |
| g) Transport vom und zum Versuchstrockenraum, nach bezw. von den Silos und Schüttböden. | | |

Die zu den unter a b c und e genannten Arbeitsarten nötigen Maschinen und Geräte als Schiffselevator, Innenelevatoren, Bandtransporteure, Transportschnecke, Fallrohr nebst Verteilungsstützen, Getreide-

putzmaschinen nebst Staubsammler, automatische Empfangswage und fahrbar automatische Absackwage sowie die erforderlichen gesamten Transmissionen sind in allen Teilen so bemessen, dass in der Stunde mindestens 17 500 kg Getreide den vorgenannten Arbeitsvorgängen unterworfen werden können. Die unter f aufgeführte Nachreinigung ist für eine stündliche Leistung von mindestens 1500 kg eingerichtet.

Es scheint zweckmässig, die maschinelle Einrichtung zugleich in Verbindung mit den zu verrichtenden Arbeiten zu schildern.

1. Das Ein- und Ausspeichern.

Die Grundlage des Betriebes bilden die Fördervorrichtungen. Als solche sind vorhanden 3 Becherwerke, 4 Förderbänder und 1 Förderschnecke.

Von diesen Vorrichtungen besitzen wieder die Becherwerke oder Elevatoren grösste Wichtigkeit, und zwar derart, dass man nach dieser Einrichtung die Getreidehäuser in Amerika einfach Elevatoren nennt.

Das Schiffsbecherwerk ruht auf einem eisernen Gerüst, welches wiederum auf dem schon früher erwähnten, in den Schiffahrtskanal hineingebauten Sockel steht. Es besitzt die Höhe von 17,5 m und ist mit Auslegearm, Teleskoprohr und Antrieb versehen.

Eine mechanische Winde bewirkt das Heben und Senken des Becherwerks, damit dessen Stellung im Schiff beliebig verändert werden kann.

Das Gerüst des Becherwerks steht mit dem Gebäude durch eine in Eisen konstruierte Brücke in Verbindung, welche mit Seitenwänden und Überdachung aus Wellblech versehen ist. Auf dieser Brücke bewegt sich ein Förderband von 8 m Länge. Getreide, welches aus dem Schiff durch das Becherwerk emporgehoben wird, gelangt auf dieses Band und von diesem in einen Trichter, durch welchen es in die automatische Empfangswage fällt [1].

Das Kornhaus besitzt 2 geachtete automatische Wagen, die eben erwähnte und eine Absackwage in der Arbeitshalle. Sie stammen beide aus der bekannten Hennefer Maschinenfabrik von C. Reuther & Reisert und sind unter dem Namen »Chronos« sehr verbreitet. Die jedesmalige Ausschüttung der Wagen beträgt 100—120 kg Weizen und Roggen,

100 *kg* Gerste und Malz, 75 *kg* Hafer. Die Wagen verwiegen pro Stunde bis zu 22 500 *kg* schweres Getreide.

Wir verfolgen den Weg weiter, welchen das vom Schiff kommende Getreide nimmt. Aus der Wage gelangt es in die Vorputzmaschine, von hier aus oder auch direkt von der Wage aus geht es in die beiden Haupt- oder Innenbecherwerke. Die Füsse derselben stehen, wie schon erwähnt, in dem zwischen Arbeitshalle und Maschinenraum befindlichen nach aussen gehenden Kanal. Diese Becherwerke sind 27 *m* hoch, und es stehen sowohl ihre Einschüttungen als auch ihre Ausschüttungen durch gemeinsame Gehäuse miteinander in Verbindung, aber derartig, dass durch entsprechende Stellung der zugehörigen Klappen jedes Becherwerk unabhängig von dem anderen arbeiten kann. Von einem der beiden Becherwerke wird das Getreide nach den obersten Verteilungsboden gehoben.

Das nächstwichtigste Beförderungsmittel ist das grosse Förderband, welches bei 75 *m* Länge und 0,5 *m* Breite durch alle Stockwerke im Innern um das ganze Hauptgebäude läuft. Das Band legt die 75 *m* in etwa einer Minute zurück und kann zu gleicher Zeit im obersten Stockwerk wie im Erdgeschoss Getreide fördern.

Es sei gleich bemerkt, dass die gesamte Länge der vorhandenen Bänder etwa 150 *m* beträgt, von welchen ungefähr ein Drittel nutzbar sind.

Auf dem Verteilungsboden und in der Arbeitshalle befindet sich ein auf Schienen beweglicher Wagen, der das von dem Becherwerk auf das Band gelangende Getreide durch die Bewegung des Bandes empfängt und es an der gewünschten Stelle in das entsprechende Fallrohr ahwirft. Die Fallrohre gehen durch alle Stockwerke und haben durch seitliche, mit Klappen versehene Stützen in allen Stockwerken Mündungen, so dass man das Getreide vom oberen Förderbande auf jeden Boden überführen kann.

Durch Abzweigungen laufen die Fallrohre in der Mitte des ersten Bodens zusammen und münden in ihrer Fortsetzung auf das unterste Band, längs welchem ein kleiner Wagen verschiebbar ist, so dass man ihn unter dasjenige Rohr stellen kann, von welchem aus das Getreide auf das Band gelangen soll. Dieses führt das Getreide nach den Becherwerken, welche es weiter befördern. Unterhalb der Siloschächte läuft ebenfalls ein Band, auf welches Getreide aus irgend einem Silo

gelangen kann. Das Band befördert das Getreide nach einer Förderschnecke von 250 mm Durchmesser und 3000 mm Länge, von wo aus es in den Fuss der Becherwerke gelangt. Ein weiteres Band führt nach dem Versuchstrockenraum.

Auf dem Eisenbahnwagen und auf Rollfuhrwerk kommt das Getreide in Säcken an. Diese werden entweder auf einer Laufgewichtswage von 300 kg gewogen, oder aber, man bringt das Getreide in den grossen Einschütttrichter und schickt es durch ein Becherwerk über die automatische Empfangswage, von wo aus es in das andere Becherwerk gelangt und nach dem Verteilungsboden geführt wird.

In Amerika ist die Zufuhr und überhaupt der Getreidetransport in viel besserer Weise entwickelt, indem nicht nur Eisenbahnwagen, sondern auch Fuhrwerke zur Aufnahme und Abgabe von losem Getreide eingerichtet sind. Da diese Art des Transports, wenigstens was die Eisenbahnwagen anbetrifft, wahrscheinlich in nicht zu langer Zeit sich auch bei uns einführen wird, so ist zu diesem Zwecke der früher erwähnte Kanal unterhalb des Erdgeschosses erbaut worden. Die Einrichtung würde dann so getroffen werden, dass das mit der Bahn ankommende Getreide in einen unterhalb des Eisenbahnwagens befindlichen Trichter fällt, von diesem auf ein Band gelangt und mittelst desselben in den Fuss der Becherwerke geführt werden würde. Durch eine solche Einrichtung würde die Arbeit des Aus- und Einsackens, des Hin- und Herkarrens, ferner der Mietspreis für das Entleihen und der Anschaffungspreis für gekaufte Säcke fortfallen. In bezug auf Fuhrwerk scheint bei uns diese Vereinfachung und Sparsamkeit des Verkehrseinrichtung noch im weiten Felde zu liegen.

Das Ausspeichern von Getreide in ein Schiff geht in der Weise vor sich, dass die Frucht von einem beliebigen Boden oder irgend einem Silo in den Fuss der Becherwerke gelassen wird und von diesem über die Wage und dann durch ein Fallrohr in losem Zustande ins Schiff gelangt. Die Ausspeicherung in den Eisenbahnwagen und auf Rollfuhrwerk kann vorläufig nur in Säcken stattfinden. Das Getreide, welches entweder von den Silos oder von den Böden entnommen wird, geht durch die Absackwage, wird in Säcken aufgefangen und mittelst Speicherkarren zur Achse befördert.

Zur eventuellen Beförderung losen Getreides lassen sich leicht Fallrohre an den entsprechenden Stellen anbringen.

2. Das Umarbeiten.

Um das Getreide während der Lagerung in gutem Zustande zu erhalten, muss es mitunter umgearbeitet werden, und zwar um so häufiger, je feuchter es ist, in je höheren Schichten es lagert und je höher die Aussentemperatur ist. Bei der Lagerung auf den Böden und in den Silos wird sich ein bedeutender Unterschied ergeben. Es ist eine Hauptaufgabe des Kornhauses, von wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus festzustellen, unter welchen Bedingungen das Getreide lagerfest ist, bei welchem Wassergehalt und bei welcher Temperatur es in Siloschächten von vorgeschriebenem Querschnitt, ferner bei welchem Wassergehalt, bei welcher Temperatur und bei wie hoher Schüttung es auf Böden als lagerfest bezeichnet werden kann.

Die Umarbeitung des Getreides erfolgt genau so wie die Förderung unter Zuhilfenahme der Fördervorrichtungen und der Fallrohre. Die letzteren gehen vom Verteilungsboden durch das ganze Gebäude und endigen an der Decke der Arbeitshalle. In jedem Stockwerk sind Klappen angebracht und Stützen abgezweigt, so dass auf einem beliebigen Boden die Fortsetzung des von oben nach unten gehenden Fallrohres abgesperrt werden kann und das Getreide im scharfen Strahle und sich in der Luft stark verteilend auf den betreffenden Boden gelangt. Da das Korn durch die Umarbeitung auf einem langen Wege, über Becherwerke, Förderbänder und durch Fallrohre und besonders beim Austritt aus den letzteren beständig in der Luft herumgewirbelt wird, so findet eine sehr starke, mit Wasserverdunstung verbundene Lüftung statt. Die Lüftung kann mehrmals wiederholt werden, bis das Getreide sich in gutem, lagerfestem Zustande befindet. Soll das Getreide nicht auf dem eben besprochenen Boden, sondern auf einen höheren oder tieferen gelangen, so wird auf dem fraglichen Boden die Klappe entsprechend gestellt.

Damit das Getreide von einem Boden auf einen beliebigen tieferen gelangen kann, sind im Fussboden dicht an den durchgehenden Fallrohren Öffnungen angebracht, durch welche das Getreide je nach der Stellung der zum Fallrohr gehörigen Klappe entweder auf den darunter liegenden Boden oder in das Fallrohr gelangt.

Es sind 9 Fallrohre vorhanden, welche sämtlich im Erdgeschoss enden und soweit herunterreichen, dass die fahrbare Absackwage mit ihrem Trichter gerade noch heruntergeschoben werden kann.

Falls sich in den Silos Getreide befindet, welches umgearbeitet werden muss, wird es auf das Siloband gelassen, geht nach der Förderschnecke, in den Fuss des Becherwerkes und wird durch dieses auf einen Boden oder in ein anderes Silo befördert. Man darf das Getreide nicht in dasselbe Silo zurückschaffen, weil die Frucht dann nur in der Mitte immer wieder abläuft und an den Wänden unumgearbeitet liegen bleibt. Zur genauen Beobachtung dieser Vorgänge enthalten die Silos in dem unteren Teile Schaulöcher.

3. Das Trocknen von Getreide.

Bei sehr feuchtem und besonders bei frischem Getreide wird unter Umständen eine sehr zeitraubende und kostspielige Umarbeitung nötig sein, um die Frucht in den für die Lagerung erforderlichen Zustand zu bringen. Diese Arbeit und die hiermit verbundenen Kosten sollen dadurch verringert werden, dass man das Getreide einem Trocknungsprozess unterwirft, der das Wasser soweit entfernt, dass lagerfestes Getreide entsteht, ohne jedoch seine wertvollen Eigenschaften (Keimfähigkeit, Backfähigkeit) zu vermindern. Es gibt zwar schon eine Reihe von Trocknern; diese sind jedoch entweder zu teuer oder sie sind für den vorliegenden Zweck noch nicht erprobt. Der Versuchstrockenraum des Kornhauses soll zur Aufnahme solcher Trockner dienen, welche auf ihre Leistungsfähigkeit und Ökonomie geprüft werden sollen und von den betreffenden Interessenten an Ort und Stelle angeliefert werden müssen. Der Raum kann bei $8,3 \times 6$ m Bodenfläche Trockner von 7 m Höhe aufnehmen. Für noch höhere Trockner muss das leicht gebaute Dach entfernt und entsprechend erhöht werden. Die Zuführung des Getreides zu den Trocknern geschieht mittelst eines Bandes, welches die Frucht aus den Silos durch die Schnecke, von den Böden durch das grosse Band erhält.

Wie die Einrichtungen für die Zufuhr und Abfuhr des Getreides zu und von den einzelnen zu prüfenden Trocknern sein werden, hängt von der jedesmaligen Anordnung derselben ab. Nach dem Durchgang durch diese Trockner gelangt das Getreide auf den untern, rückwärts gehenden Teil des Versuchsbandes und geht in die Becherwerke. Das Kornhaus besitzt einen Trockner, ein sogenanntes Trockensilo, System

Dinglinger, welches nicht in dem Versuchstrockenraum, sondern in dem Hauptgebäude in den höheren Stockwerken aufgestellt ist. Dieses Trockensilo hat eine solche Grösse, dass es 120 Zentner Getreide fasst, welche in ein oder zwei Stunden getrocknet werden können [2]. Der Apparat, welcher 9 m hoch ist und 1,25 m Durchmesser hat, besteht aus drei Eisenblechzylinder, von welchen die beiden Inneren mit schmalen Schlitzfenstern versehen sind. Der innerste Zylinder ist ein weites Rohr, in welches die warme Luft eintritt. Auch der zweite Mantel enthält solche Schlitzfenster. Zwischen dem zweiten, geschlitzten, und dem äussersten, ungeschlitzten, Mantel befindet sich ein schmaler Raum von wenigen Centimetern Breite. Zwischen den beiden inneren Zylindern lagert das Getreide. Die trocknende Luft wird durch einen Hochdruckventilator, der bei einem Durchmesser von 1 m 1600 Umdrehungen macht, angesaugt, tritt durch einen Rippenheizkörper, welcher durch den Abdampf der Maschine erwärmt wird, und geht in das innere Rohr des Trockensilos. Von hier gelangt die Luft durch die Schlitzfenster in den äussersten Zwischenraum und geht von hier ins Freie. Damit nun die warme Luft nicht direkt aus dem inneren Rohr durch die beiden Schlitzfensterflächen ungenutzt entweichen kann, wird in das innerste Rohr ein genau hineinpassender Körper, aus eisernen Platten bestehend, so weit hinuntergelassen, dass er etwas tiefer steht als die Oberfläche des im Trockner befindlichen Getreides. Der Eisenkörper ist über dem Silo befestigt und durch eine Winde verstellbar. Der übrige Teil des Trockensilos ist gut zugedeckt. Durch diese ganze Anordnung ist die trocknende Luft gezwungen, ihren Weg durch das Getreide zu nehmen.

4. Die übrige Betriebseinrichtung.

Das Laboratorium dient zur Untersuchung ankommenden Getreides, falls sie den Umständen nach nötig ist, in bezug auf Hektolitergewicht, 1000-Körnergewicht, Ausputz und Wassergehalt. Die letzte Untersuchung muss stets geschehen, auch bei lagerndem Getreide, wenn es getrocknet werden soll. In diesem Falle wird der Wassergehalt vor und nach dem Trocknen bestimmt. Zur Erwärmung der Trockenschränke können Spiritus und gespannter Wasserdampf dienen.

In bezug auf die Reinigung des Getreides ist zu bemerken, dass für die Nachreinigung die Trieurzylinder auswechselbar sind, so dass

man sowohl leichte als schwere Frucht durch die Nachreinigungsmaschine schicken kann.

Die beiden Putzmaschinen stehen mit Staubsammlern — sogenannten Cyklonen — in Verbindung, in welchen noch die schwereren Teilchen von den leichteren abgesondert werden. Die leichteren gehen zum Dach hinaus, die schweren fallen durch ein hölzernes bis zur Arbeitshalle hinunterreichendes Rohr in einen unten aufgehängten Sack.

Das Kornhaus hat einen hydraulischen Personenaufzug von 300 *kg* Tragkraft und 15,5 *m* Hub. Das Wasser wird von einem im Giebel des Treppenhauses gelegenen Wasserkasten geliefert, welcher 4 *cbm* Gehalt hat und zum Schutz gegen Einfrieren durch Korkplatten isoliert ist.

Ein zweiter Fahrstuhl ist für die innere Beleuchtung und Besichtigung der Siloschächte geplant; denn es wird nötig sein, die Silos im Innern zu befahren und die Wände genau zu untersuchen, ob Schimmelbildung stattfindet, oder ob sich Ungeziefer an einzelnen Stellen ansammelt, oder ob bei den eisernen Silos die Gefahr des Festrostens von einzelnen Körnern vorliegt; ferner können hierdurch etwa stattfindende Verstopfungen im Ausfluss der Silos gehoben werden.

Die Anlage ist so geplant, dass sich ein Laufkrahngeleise über den Silos befindet. Der Kranh lässt sich mittelst Handkette in der Längsrichtung verschieben, während eine Bewegung in der Querrichtung in gleicher Weise durch die auf dem Kranh bewegliche Katze bewirkt wird. Das Auf- und Abwärtsgehen des Korbes, in welchem der Arbeiter steht, wird ebenfalls durch Haspelkette bewerkstelligt. Auf diese Weise hat es also der Arbeiter in der Hand, von dem Korbe aus die erforderlichen Bewegungen zum Bestreichen der ganzen Innenfläche eines Silos selbst hervorzurufen.

Zur inneren Beleuchtung der Silos wird längs der inneren Gebäudemauer eine Leitung gelegt, in welche über den 4 Silos Anschlussdosen eingeschaltet sind. Mit diesen wird eine abnehmbare mit Glühlampe versehene Leitungsschnur von 15 *m* Länge verbunden. Mittelst dieser Lampe kann das Innere der Silos an jeder Stelle beleuchtet werden. Die Befestigung der Lampenschnur an die Anschlussdosen geschieht durch einen gesicherten Kontakt, um das Herausziehen desselben zu verhindern, wenn etwa an der Schnur gezerrt wird. Die elektrische Signalleitung ist von der Firma Mix & Genest, Berlin, geliefert. Es sind zwei Leitungen mit zwei verschiedenen klingenden Sorten von

Glocken vorhanden, von welchen die eine Leitung Nachrichten vom und zum Maschinenhause gibt, während die andere nur für den Betrieb gilt [3].

Nachträge.

1. Das Becherwerk ist später umgebaut worden.
2. Diese vorgeschriebene Leistungsfähigkeit ist bis heute nicht erreicht. Man vergl. Stück 31.
3. Die maschinelle Einrichtung des Versuchs-Kornhauses ist im Laufe der Zeit vielfach abgeändert worden. In den weiteren Aufsätzen wird hierüber berichtet werden.

2. Geschäftsordnung und Tarif des Versuchs-Kornhauses.

Vorbemerkung.

Durch Vertrag mit der Königlichen Eisenbahn-Direktion Berlin ist mit Genehmigung des Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin und dem Verein der Spiritus-Fabrikanten in Deutschland die Verwaltung des am Nordhafen in Berlin auf dem Lehrter Innenbahnhofe errichteten Versuchskornhauses übertragen worden. Genannte Vereine werden durch den Vorsteher des Instituts für Gärungsgewerbe, Herrn Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. Delbrück, vertreten. Zum Vorsteher des Versuchskornhauses ist Herr Dr. Hoffmann ernannt worden. Die Aufgaben des Versuchskornhauses sind die folgenden:

1. Vergleichende Versuche mit den Silos und Schüttböden zur Feststellung der Kosten der Lagerung und Behandlung des Getreides;
2. Versuche mit neuen Apparaten und Baueinrichtungen für Behandlung und Lagerung des Getreides, als da sind:
 - Transporteinrichtungen,
 - An- und Abfuhr,
 - Beladung und Entladung,
 - Bewegung des Getreides innerhalb des Lagerhauses, Reinigung, Sortierung des Getreides, Lagerung (Silokonstruktion nach Form und Material), Trocknung;
3. Untersuchungen über die Veränderung des Getreides bei der

- Lagerung, die Bedingungen der Selbsterwärmung, der Lagerfestigkeit; Einfluss der Behandlung auf die Verwendbarkeit als Futter, als Malzmaterial, zu Mahlzwecken;
4. Ausarbeitung von Methoden, welche die schnelle Beurteilung und Bewertung von Getreide, auch Feststellung des Wassergehalts ermöglichen;
 5. Versuche zur Bekämpfung der pflanzlichen und tierischen Schädlinge.

Diese für alle Besitzer von Getreide- und Malzlagerräumen wichtigen Untersuchungen können nur dann erfolgreich in Angriff genommen werden, wenn die Verwaltung des Versuchskornhauses von seiten der Praktiker, also der Brauer und Getreidehändler, der Kornhaus- und landwirtschaftlichen Genossenschaften, der Lagerhausbesitzer, Landwirte, Müller usf., unterstützt wird, indem Getreide verschiedenster Herkunft, insbesondere frisch geerntetes oder klammes Getreide, dem Versuchskornhause zur Lagerung, Beobachtung, eventuell auch Trocknung usw. übergeben wird.

Die aus den vorstehenden Aufgaben herrührenden beträchtlichen Kosten des Betriebes und der Versuchsanstellungen müssen durch geschäftliche Ausnutzung der Lage und der Räumlichkeiten des Kornhauses gedeckt werden.

Von diesen Gesichtspunkten aus ist, unter Anschluss an die Geschäftsordnungen hiesiger Lagerhäuser, die folgende Geschäftsordnung und der Tarif aufgestellt worden.

Geschäftsordnung.

§ 1. Die Verwaltung des Versuchskornhauses nimmt, soweit es der Raum gestattet, alle Arten von Körnerfrüchten auf Lager; ferner besorgt sie zu tarifmässigen Spesen den Umschlag von Getreide zwischen Bahn, Schiff und Wagen.

§ 2. Die Verwaltung übernimmt und führt alle Arbeiten aus behufs Empfang, Lagerung, Bearbeitung, Trocknung und Ablieferung des Getreides. Beim Ausgang desselben übernimmt sie auch die Weiterbeförderung, ist jedoch hierzu nicht verpflichtet.

§ 3. Die Arbeiten, welche im Versuchskornhause hauptsächlich ausgeführt werden, bestehen in folgendem:

- a) Bei Ankunft: Festsetzung des äusserlichen Zustandes des Getreides, auf Verlangen Probeentnahme, Verwiegung und Einlagerung.
- b) Bei der Lagerung: Trocknung, wenn verlangt oder nötig, Um-
arbeitung, Reinigung, Sortierung usw.
- c) Beim Ausgang: Ablieferung an den Besitzer oder dessen Be-
auftragten und Verwiegung.

§ 4. Das Ausladen von Getreide aus den Waggons auf Wagen auf eigene Kosten ist gestattet gegen die Gebühr von 3 Mk. pro Waggon.

Die Annahme.

§ 5. Alles ankommende Getreide muss frei Kornhaus geliefert werden. Mit Geschirr angeliefertes Getreide ist frei Arbeitshalle zu liefern. Bahnsendungen sind zu richten an das

Versuchskornhaus in Berlin

Lehrter Innenbahnhof

Station: Berlin, Hamburg-Lehrter Bahnhof.

Die eventuell zu verlegenden Frachten und Kosten gehen zu Lasten des Einlieferers.

§ 6. Auch in Säcken eingeliefertes Getreide geht in der Regel in losem Zustande auf Lager.

§ 7. Jeder Einlieferer bzw. jeder Schiffer erhält auf Wunsch eine Eingangsbescheinigung über den Zustand und das Gewicht des Getreides. Dieser Schein beweist kein Eigentumsrecht, sondern soll nur die Ablieferung behufs Frachtzahlung feststellen.

§ 8. Die Eingangsbescheinigung enthält folgende Angaben:

- a) Name oder Firma und Wohnort des Besitzers,
- b) Datum der Einlieferung,
- c) Art der Körnerfrucht,
- d) Gewicht nach Ermittlung der Verwaltung.

Die Lagerung.

§ 9. Die Verwaltung verabfolgt auf schriftlichen Wunsch Lager-
scheine. Die Gebühr für die Ausfertigung eines solchen beträgt 1 Mk.

§ 10. Die geringste Menge der einzulagernden Frucht beträgt 400 Ztr. Bei Einlieferung einer kleineren Menge sind die Spesen für den Lagerraum von 400 Ztrn. zu entrichten.

§ 11. Die Verwaltung ist für das Gewicht der eingelieferten Frucht nur dann verantwortlich, wenn dasselbe beim Eingang durch Verwiegung festgestellt ist.

§ 12. Für die Feststellung des Gewichts bei Annahme oder Ausgang sind ausschliesslich die automatischen Wagen des Kornhauses massgebend.

§ 13. Die Gewichtsverminderung, welche durch Lagerung entsteht, geht zu Lasten des Besitzers.

§ 14. Die Verwaltung übernimmt für die Beschaffenheit des Getreides keinerlei Verantwortung.

§ 15. Wenn eine Veränderung in der Beschaffenheit des Getreides eintritt (Warmwerden, Auftreten von Schädlingen usw.), wird die Verwaltung den Eigentümer desselben davon in Kenntnis setzen mit der Aufforderung, die erforderlichen Vorkehrungen zur Verhütung von Schäden zu veranlassen, oder falls Gefahr im Verzuge ist, dieselben auf dessen Kosten auch ohne Einwilligung treffen. Eine Verpflichtung hierzu besteht nicht.

§ 16. Das Lagergeld und die sonstigen Spesen sind pränumerando fällig. Dauert die Lagerung über einen Monat, so werden die Kosten von Monat zu Monat liquidiert und eingezogen.

Die Übertragung.

§ 17. Dieselbe kann nur durch schriftliche Anzeige von seiten des Verkäufers und Käufers erfolgen. Die Gebühren für die hierdurch entstehenden Umschreibungen werden jedem der Interessenten mit 10 Pfg. pro Tonne in Rechnung gestellt.

Das Trocknen.

§ 18. Zur Trocknung übernehmen wir jedes Quantum, doch wird der Berechnung eine Mindestmenge von 2500 kg zugrunde gelegt.

§ 19. Die beim Trocknen entstehende Gewichtsverminderung geht zu Lasten des Besitzers.

§ 20. In der Regel kann das getrocknete Getreide 48 Stunden nach Einlieferung wieder abgegeben werden.

Der Ausgang.

§ 21. Die Auslieferung von gelagerter Körnerfrucht geschieht auf Antrag des Besitzers nur gegen Berichtigung der tarifmässigen Lager-

miete und der sonstigen Gebühren. Der Verwaltung steht jederzeit eine einmonatliche Kündigung der Lagerung ohne Angabe von Gründen frei.

§ 22. Die Auslieferung von Getreide kann in der Regel nur dann des Vormittags erfolgen, wenn dies am Tage vorher bis 3 Uhr nachmittags, und des Nachmittags, wenn dies bis vormittags 9 Uhr bestellt ist. Doch sollen Wünsche stets nach Möglichkeit berücksichtigt werden.

§ 23. Ist 48 Stunden nach der im § 22 erwähnten Bestellung das Getreide nicht abgeholt, so wird es für Rechnung des Besitzers aufs neue gelagert, und es werden von ihm die Kosten der Einlagerung eingezogen.

Die Feuerversicherung.

§ 24. Die Verwaltung übernimmt auf Wunsch die rechtzeitige und genügende Versicherung des Lagergutes.

Verkehrsbedingungen im Versuchskornhause.

§ 25. Personen, die im Kornspeicher geschäftlich nichts zu tun haben, ist der Zutritt nur mit besonderer Erlaubnis der Verwaltung gestattet.

§ 26. Alle Personen, welche das Lagerhaus besuchen, haben unbedingt den Weisungen der Verwaltung bezw. deren Angestellten Folge zu leisten.

§ 27. Allen Angestellten ohne Ausnahme ist die Annahme von Geschenken und Trinkgeldern unter irgendwelcher Form, sowie die Betreibung von Geschäften irgendeiner Art bei Strafe sofortiger Dienstentlassung verboten.

§ 28. In sämtlichen Räumen des Lagerhauses ist es verboten zu rauchen.

§ 29. Die Verwaltung ist nur dann verpflichtet, die Besichtigung des Getreides, Probeentnahme usw. zu gestatten, wenn eine schriftliche Bescheinigung des Besitzers vorliegt.

§ 30. Der Speicher ist vom 1. April bis 30. September von 6 bis 6 Uhr, vom 1. Oktober bis 31. März von 7 bis 7 Uhr geöffnet, mit Unterbrechungen von 8 $\frac{1}{2}$ bis 9 Uhr, 12 bis 1 Uhr und 4 bis 4 $\frac{1}{2}$ Uhr.

An Sonn- und Feiertagen ist der Speicher geschlossen.

Tarif.

Lagerung.

	Sätze für 1000 kg Getreide Mk.
Lagergeld für den angefangenen Monat	0,80
Kosten des Einlagerns aus Kahn, Bahn oder Wagen, einschliesslich Verwiegung für gesacktes oder loses Getreide	1,20
Kosten des Auslagerns in Kahn, Bahn oder Wagen, einschliesslich Verwiegung für gesacktes oder loses Getreide	1,20

Bearbeitung.

Umarbeiten	0,05
Dasselbe mit Verwiegen	0,20
Dasselbe mit Vorreinigung und Strohfang	0,50
Dasselbe mit Nachreinigung einschliesslich Sortierung durch Maschine	1,50
Mischen	0,40

Trocknung.

Trocknung von zur Lagerung bestimmtem Getreide auf Lagerfestigkeit (etwa 12 pCt. Wasser), sofern es nicht mehr als 20 pCt. Wasser enthält	1,00
Trocknen von Getreide, welches nicht zur Lagerung bestimmt ist, sondern 48 Stunden nach der Trocknung ausgeliefert wird, einschliesslich sämtlicher Ein- und Ausspeicherungskosten	3,00
Bei höherem Wassergehalt sind besondere Vereinbarungen zu treffen.	

Umschlag.

Vom Schiff zum Wagen und umgekehrt für loses und gesacktes Getreide einschliesslich Verwiegung	1,10
Vom Schiff zur Bahn und umgekehrt einschliesslich Verwiegung	0,90
Von Bahn auf Wagen und umgekehrt:	
ohne Verwiegung	0,50
mit »	0,75
Ausladen eines Waggons mit eigenen Leuten	3,00

Anmerkungen.

Ufergeld und Sackband sind in obigen Preisen mit einbegriffen.

Das Getreide muss mindestens zu 75 *kg* gesackt sein oder werden. Sackungen mit geringerem Gewicht kosten 0,10 Mk. pro 1000 *kg* mehr.

Bei grösseren laufenden Aufträgen sind wir bereit, auf den Tarif angemessenen Rabatt zu bewilligen.

Abänderungen dieser Geschäftsordnung und des Tarifs bleiben jederzeit vorbehalten.

Die Verwaltung des Versuchskornhauses:

Der Vorsteher
des Versuchs-Kornhauses
Dr. J. F. Hoffmann.

Der Vorsteher
des Instituts für Gärungsgewerbe
Professor Dr. M. Delbrück,
Geheimer Regierungsrat.

3. Die Aufgaben des Versuchs-Kornhauses zu Berlin.

Oft wird an uns die Frage gerichtet, was eigentlich das Versuchskornhaus für einen Zweck habe, was für Aufgaben ihm gestellt sind und anderes mehr. Diese Fragen wiederholen sich, obgleich darüber bereits mehrfach Veröffentlichungen stattgefunden haben.

Verfasser sieht sich aus diesen Gründen veranlasst, einen eingehenderen Überblick als bisher über diese Aufgaben zu geben. Auch eine nähere Begründung der einzelnen Punkte dürfte für die Veröffentlichung nicht ungeeignet erscheinen.

In Deutschland besonders in der norddeutschen Tiefebene, verregnet jährlich ein grosser Teil der Ernte, ein anderer Teil gibt feuchtes Getreide, welches ursprünglich nicht schlecht ist und durch richtige Behandlung in gutes und lagerfähiges Getreide verwandelt werden kann, aber aus Mangel an den nötigen Einrichtungen und wegen falscher Behandlung oft nachträglich verdirbt.

Die Schädigungen, welche hierdurch entstehen, bezüglich des Nationalvermögens, der Gesundheit von Mensch und Tier, sind nicht berechenbar, jedenfalls aber sehr bedeutend.

Das Nationalvermögen wird geschädigt:

1. durch den Verlust bei der Ernte,

2. durch den weiteren Zufluss von ausländischem Getreide über den normalen Bedarf hinaus,
3. durch Diskreditierung des inländischen Getreides, weil teilweise verdorbene inländische Frucht zur menschlichen Nahrung verwendet wird. Hierdurch wird weiterer Einkauf vom Auslande angeregt.

Die Gesundheit des Volkes wird geschädigt durch die Verwendung von schlechtem Getreide. Gutes Getreide dagegen gibt gesunde Nahrungs- und Genussmittel. Diese wieder geben ein gesundes Volk und ein gesundes Heer.

Auch die Gesundheit der Tiere wird durch schlechte Frucht geschädigt. Denn oft wird Getreide als Viehfutter verwendet, welches durch Auswuchs und Schimmelbildung so verdorben ist, das Schafe, Hühner und anderes Vieh Gefahr läuft, einerseits durch den Schimmelstaub kranke Lungen zu bekommen, andererseits Ernährungsstörungen zum Opfer zu fallen durch den Genuss der verdorbenen Ware.

Hierdurch entsteht weitere Einbusse an Volksvermögen und indirekt an Volkskraft.

Deutschland baut weniger Getreide, als die Bevölkerung verbraucht, daher hat der Staat sowohl wie die Landwirtschaft die Pflicht, im Grunde genommen, keinen Halm umkommen zu lassen.

Die sichere Erhaltung der Ernte ist imstande, eine grosse Menge Sorgen von den Schultern der Landwirte abzuwälzen. Das Anwachsen der Erdbevölkerung und der stetige Fortschritt der Kultur, welcher die Verpflichtung mit sich bringt, auch den unbemittelten Bevölkerungsschichten mehr und mehr gute Nahrung zuzuführen, fordert mit Notwendigkeit die immer sorgfältigere Behandlung des Getreides, um die Menge der zur Verfügung zu stellenden Nahrungsmittel zu erhöhen.

Aus eigenem Nutzen wird die Menschheit gezwungen werden, dafür Sorge zu tragen, dass kein Teil des wichtigsten Nahrungsmittels auf dem Felde verfault, und diejenigen Staaten, welche auf diesem Gebiete vorangehen, werden sich den Dank der Menschheit verdienen.

Durch die Anlage des Versuchskornhauses ist Deutschland den anderen Staaten vorausgeeilt. Die hier zu erledigenden Aufgaben bilden die sichere Unterlage für die Behandlung der wichtigen Ernährungsfrage.

Die gestellten Aufgaben sind folgende:

1. Es sollen vergleichende Versuche mit den Silos und Schüttböden gemacht werden zur Feststellung der Kosten der Lagerung und Behandlung des Getreides.
2. Desgleichen sollen Versuche gemacht werden mit neuen Apparaten und Baueinrichtungen für Behandlung und Lagerung des Getreides als da sind: Transporteinrichtungen, Anfuhr und Abfuhr, Beladung und Entladung, Bewegung des Getreides innerhalb des Lagerhauses, Reinigung, Sortierung des Getreides, Lagerungsart (z. B. Silokonstruktion nach Form und Material), Trocknung.

Über die meisten erwähnten Punkte lässt sich jetzt nicht viel sagen, weil noch nicht Gelegenheit war, dahingehende Versuche anzustellen.

Bezüglich der Reinigung und Sortierung von Getreide sei hier nur so viel erwähnt, dass es sich um dreierlei handelt, abgesehen von der Vorreinigung:

1. Aus einer Getreidemenge mehrere Sorten von verschiedener Korngrösse herzustellen, während letztere innerhalb derselben Sorte gleichmässig ist.
2. Die Unkrautsamen und halben Körner auszulesen.
3. Bei unbeabsichtigtem Zusammenfliessen verschiedener Frucht, z. B. Gerste und Weizen, die einzelnen Fruchtarten nach Möglichkeit zu trennen.

Nach diesen Gesichtspunkten ist die Reinigungsanlage anzuschaffen.

Die Getreidetrocknungsfrage.

Diese ist vorläufig als die Kardinalfrage zu betrachten. Sie ist in einem kürzlich erschienenen Aufsätze »Der gegenwärtige Stand der Getreidetrocknung« [1] eingehend besprochen worden. Ich gedenke an dieser Stelle einige Punkte kurz zu beleuchten ferner einige andere Punkte zu berühren, welche für eine eingehende Veröffentlichung noch nicht reif sind.

Der Troknungsprozess hat die Aufgabe, das Getreide lagerfest und für den Gebrauch verwendbar zu machen.

Lagerfest nennt man ein Getreide, welches in beliebig grossen Massen lange Zeit gelagert werden kann, ohne dass sich im Innern chemische und physikalische Veränderungen vollziehen, welche eine bemerkbare Erwärmung veranlassen.

Die Lagerfestigkeit des Kornes hängt im wesentlichen vom Wassergehalt ab und der Wassergehalt unter sonst gleichen Umständen, vom physiologischen Zustande¹⁾, oder anders ausgedrückt vom Gleichgewichtszustande der im Korn vorhandenen Verbindungen. Diese werden wieder durch äussere Verhältnisse (z. B. durch den Wassergehalt der Luft, durch die Temperatur usw.) beeinflusst.

Eine gewisse Menge Wasser ist im Korn erforderlich, wenn die chemischen Prozesse innerhalb einer beliebig grossen Getreidemenge eine bemerkbare Temperaturerhöhung erzeugen sollen.

Worin der Unterschied besteht zwischen zwei Getreidesorten, von welchen die eine lagerfest ist, die andere nicht, ist eine wichtige Frage. Unter sonst gleichen Bedingungen enthält die eine Sorte mehr Wasser als die andere. Im Laboratorium sind Versuche begonnen, welche die Ursachen der Wasseranziehung klären sollen. Der Einfluss des Stärkemehles kann leicht bestimmt werden. Schwieriger schon ist der Einfluss von Zucker und Eiweiss zu erörtern.

Der Einfluss des Keimlings scheint nicht unwesentlich zu sein, denn ein Getreide hält um so mehr Wasser zurück, je weiter der Keimling entwickelt ist. Hieraus würde folgen, dass beim Getreidebau, zwecks Erzeugung lagerfesten Getreides auf Grösse und Art des Keimlings Rücksicht zu nehmen ist.

Eine weitere Aufgabe für die wissenschaftlichen Untersuchungen ergibt sich aus dem Umstande, dass Körnerfrüchte schwerer als andere Körper ihr Wasser abgeben.

Die Gründe hierfür sind an anderer Stelle ausgeführt, vergl. oben. Nur möchte ich hier einen erwähnen, welcher noch unsicher, aber doch bedeutungsvoll und der Untersuchung wert ist: Es ist festzustellen, ob die schwer für Wasser durchlässigen Hüllen des Kornes und der

1) Physiologie: Lehre von den Verrichtungen (Funktionen) der Werkzeuge (Organe) der lebenden Wesen. Werkzeuge der Tiere sind: Füsse, Leber usw. Werkzeuge der Pflanzen sind: Die Zellhäute, der Keimling usw. Der physiologische Zustand ist also derjenige, in dem sich die Werkzeuge gemäss den äusseren und inneren Bedingungen befinden.

einzelnen Zellen nur deshalb das Wasser schwer durchlassen, weil es ihr Amt (ihre physiologische Funktion) ist, die ihnen zugewiesen, oder ob dies auch zutrifft bei Membranen¹⁾, die aus dem biologischen²⁾ Zusammenhange gerissen sind. Hier sind sorgfältige Untersuchungen nötig über Haarröhrchenererscheinungen³⁾ bezw. Oberflächenspannungen⁴⁾ ferner über die osmotischen⁵⁾ Eigenschaften, der im Korn aufeinander wirkenden, bald in, bald ausser Lösung befindlichen Körner und über die chemischen Reaktionsverhältnisse⁶⁾ dieser Körper.

Der Lebensprozess des Kornes bringt für die Trocknung noch eine andere Schwierigkeit mit sich, nämlich den Einfluss des Stoffwechsels. Jedes Getreide entfaltet dauernd eine Lebenstätigkeit, welche unter Verbrauch von Kornmaterial von einer Entwicklung von Kohlensäure und Wasser begleitet ist.

Der Stoffwechsel ist um so grösser, je höher der Wassergehalt des Kornes und je höher die Temperatur ist. Durch diese Umsetzungen wird aber Wärme erzeugt (frei) und Wasser gebildet. Hierdurch wird der Stoffwechsel abermals gesteigert und es treten demnach Temperaturerhöhungen, Erwärmungen des Getreides auf, die um so gefährlicher werden, je geeigneter die Bedingungen hierzu sind (Grösse des Getreidehaufens, Höhe der Aussentemperatur usw.). Auf den Stoffwechsel bezieht sich auch die Untersuchung über intramolekulare Atmung, d. h. diejenige, welche unter Abschluss des Sauerstoffes der Luft⁷⁾ stattfindet. Man weiss bis jetzt noch nicht, in welchem Grade die Atmung, also

1) Häutchen, z. B. die kleinen Zellhäutchen, welche die Stärkekörnchen von einander trennen.

2) Biologie, Lehre von den Lebenserscheinungen. Biologischer Zusammenhang ist also derjenige Zusammenhang der einzelnen Teile, von dem das Leben abhängt.

3) Z. B. das Aufsteigen von Wasser in sehr engen Röhrchen.

4) Die Seifenblasen besitzen das Bestreben sich zusammen zu ziehen, dies rührt von der Oberflächenspannung her. Die Haarröhrchenererscheinungen sind zu erklären durch Oberflächenspannungen, die im lebenden Organismus wahrscheinlich eine grundlegende Bedeutung haben.

5) Osmose = Stoffaustausch durch halbdurchlässige Wände.

6) Reaktion = Gegenwirkung. Giesst man z. B. in eine Lösung von Höllenstein etwas Kochsalzlösung, so entsteht ein weisser käsiger Niederschlag von Chlorsilber. Einen solchen Vorgang nennt man Reaktion.

7) In diesem Falle benutzt das Korn entweder den Sauerstoff, der in seinem Innern aufgespeichert ist, oder es werden die eigenen Nährstoffe für den Keimling so zersetzt, dass Sauerstoff für die Atmung frei wird.

auch die Wärmebildung durch Luftabschluss beeinflusst wird. Es ist klar, dass ein Getreide, welches flach auf Böden gelagert ist, sich anders verhalten wird, als solches, das in grossen Massen in eisernen Silos lagert.

Demgemäss kann Getreide, welches nicht mehr als Saatgut gebraucht werden soll, aber noch für Bedarfszwecke verwendet werden kann, bei höherer Temperatur getrocknet werden, wodurch die Leistung der Trockner erhöht wird.

Die obere Temperaturgrenze für die Erhaltung der Backfähigkeit ist für die verschiedenen Getreidesorten noch festzustellen.

Ferner ist noch festzustellen, bei welchen Hitzegeraden ein nasses Getreide getrocknet werden darf, welches auch nicht mehr für Backzwecke verwendbar ist. Bei solch einem Getreide ist der Zweck massgebend, dem es dienen soll.

Je höher die Trocknungstemperatur, desto höher die Leistungsfähigkeit des Trockners, und man wird entsprechende Temperaturen anwenden, je nachdem dieses Getreide bzw. das daraus gewonnene Mehl als Beimischung für die Brotbereitung, als Surrogat für Kaffee oder als Viehfutter Verwendung finden soll.

Weitere Untersuchungen, welche sich auf das Trocknen beziehen, haben als Gegenstand die Luftmenge, welche dem Getreide zugeführt werden muss, damit die Trocknung wirksam und sparsam zugleich ist.

Bis jetzt war die Ansicht herrschend, dass die Trocknung um so rascher stattfindet, je grösser das die Gewichtseinheit Getreide berührende Luftquantum ist.

Bis zu einem gewissen Grade ist diese Ansicht richtig. 1 cbm Luft von gegebener Temperatur vermag nur eine bestimmte Wasserdampfmenge aufzunehmen; um sich zu sättigen, braucht sie eine gewisse Zeit. Vermehrt man nun den Luftzug beständig, so wird zuerst immer mehr Feuchtigkeit fortgenommen werden. Diese Vermehrung wächst aber immer weniger und oberhalb gewisser Luftgeschwindigkeiten wird keine vermehrte Feuchtigkeitsfortführung mehr stattfinden.

Es sind im Laboratorium Versuche nach dieser Richtung angestellt. Die Resultate bedürfen aber, wie viele andere, noch der Bestätigung. Die Wichtigkeit für die Praxis liegt darin, dass es nicht gleichgültig ist, ob man einen grossen und viel Kraft verbrauchenden Ventilator oder einen kleineren verwendet, während doch mit beiden die gleiche Wirkung erzielt wird.

Die Kühlung des getrockneten Getreides ist eine sehr wichtige Massregel.

Häufig tritt der Fall ein, dass Getreide auch bei feuchter Witterung getrocknet werden muss. In warmen Zustände kann man es nicht lagern, folglich muss es gekühlt werden. Ist aber die kühlende Luft feucht, so wird das Getreide, welches eben mit vielen Kosten vom Wasser befreit worden ist, einen Teil wieder aufnehmen. Daraus ergibt sich, dass die zur Kühlung verwendete Luft vorgetrocknet werden muss. Die Vortrocknung braucht indes nur in den Fällen stattzufinden, in welchen der Feuchtigkeitsgehalt der Luft gewisse Grenzen übersteigt. Bei jeder Temperatur findet ein Ausgleich zwischen Getreide und Aussenluft statt. Entweder gibt das Getreide an die Luft Wasser ab oder es zieht Wasser aus der Luft an, je nachdem die Wasser abstossende Kraft des Getreides oder der Umgebung grösser ist.

Statt des Ausdruckes Wasserabstossung setzt man besser Dampfspannung (ein Ausdruck, der bereits erwähnt wurde) oder Dampfdruck, weil man diese Grösse mit dem Barometer messen kann.

Die Dampfspannung von Getreide bei verschiedenen Temperaturen und bei verschiedenem Wassergehalt kennt man noch nicht. Die Feststellung dieser Grössen ist eine unserer wichtigsten Aufgaben, weil wir ohne diese Zahlen vollständig im Dunkeln tappen, bezüglich der Art, wie getrocknet und gekühlt werden muss.

Wie überall müssen auch diese Zahlen mit Versuchen in der Praxis verglichen werden. Der Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Praxis hat sich in dieser Angelegenheit besonders auffallend bemerkbar gemacht. Denn erst die unmittelbaren Bedürfnisse der Praxis forderten dringend die Ausfüllung dieser Lücke.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass viele voneinander wesentlich abweichende und dadurch unerklärliche Ergebnisse bei Trockenversuchen seitens der Fabrikanten auf den verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft zurückzuführen sind.

Die Laboratoriumsversuche müssen ergeben, welchen Feuchtigkeitsgehalt die Luft haben darf, und die Fabrikanten müssen Mittel und Wege finden, die Forderungen ökonomisch (wirtschaftlich), mit verhältnismässig geringen Kosten zu erfüllen in bezug auf Herstellung getrockneter Luft.

Das Versuchskornhaus ist der geeignete Ort, auch über diese Angelegenheit zu entscheiden.

3. Untersuchungen sind anzustellen über die Veränderung des Getreides bei der Lagerung. Die Bedingungen der Selbsterwärmung, der Lagerfestigkeit; der Einfluss der Behandlung auf die Verwendbarkeit als Malzmaterial, als Futter, zu Mahlzwecken usw.

Die Untersuchung über die Veränderung des Getreides bei der Lagerung ist ein ebenso wichtiges als schwieriges Problem. Wichtig deshalb, weil die Verwendbarkeit für die verschiedenen Zwecke von der Beschaffenheit des Kornes abhängt. Schwierig, weil auf diesem Gebiete so gut wie nichts gearbeitet ist. Nur wenige Versuche liegen vor, aus welchen der Schluss gerechtfertigt erscheint, dass langes, mehrjähriges Lagern des Kornes an der Luft die Keimfähigkeit bedeutend schwächt, während das Lagern unter Luftabschluss die Keimfähigkeit nicht schädigt. Versuche dieser Art sind im hiesigen Laboratorium im Gange, konnten aber bis jetzt natürlich noch keine Resultate liefern.

Die gegenwärtig schwierig festzustellenden chemischen Veränderungen, z. B. die Umwandlung des Materials in schwer lösliche Reservestoffe¹⁾ bei gutem und gut gelagertem Getreide, oder ferner die Veränderungen bei bestimmten ungeeigneten Lagerungsbedingungen, oder bei feucht eingelagertem Getreide, ferner die Veränderungen, welche das Muffig- und Schimmeligwerden des Getreides begleiten, dies alles sind uns völlig unbekannte Vorgänge, welche nichtsdestoweniger die Verwertbarkeit des Getreides wesentlich beeinflussen können.

Die Bedingungen der Selbsterwärmung und der Lagerfestigkeit schliessen einander aus. Was die Selbsterwärmung befördert, schwächt die Lagerfestigkeit und umgekehrt. Einzelne Vorgänge sind bekannt, der grösste Teil ist noch völlig dunkel.

Wir wissen z. B. noch nicht, wo und was der Sauerstoff der Luft angreift. Sind es Fette oder Öle? Sind es Kohlehydrate oder Eiweissstoffe? Spielt Terpen als Geschmackstoff und Sauerstoffträger eine

1) Diejenigen Stoffe, welche in den Samen aufgespeichert werden und bei der Keimung zur ersten Ernährung des Keimlings dienen. Solche Stoffe sind besonders die Stärke und die Eiweissverbindungen.

Rolle? Hier bietet sich eine wahre Fundgrube für Untersuchungen von grösster Tragweite.

Im allgemeinen wird man wohl so vorzugehen haben, dass man zuerst die physikalischen Eigenschaften erforscht, weil dies im allgemeinen die äusserlich auffallendsten und einfachsten Erscheinungen sind. Nachdem diese genügend geklärt sind, folgen die chemischen und schliesslich die physiologischen Prozesse. Die physiologischen Vorgänge sind nichts weiter als Zusammensetzungen von physikalischen und chemischen Vorgängen. Die Ausarbeitung der für diese Versuche nötigen Wege muss Schritt für Schritt geschehen und dem jeweiligen Stande der Wissenschaft und der Praxis angepasst werden. Die Anforderungen der Praxis werden dafür sorgen, dass die Arbeit sich nicht in theoretisch interessante Untersuchungen verliert. Nur die Praxis stellt einfache und klar ausgedrückte Fragen, und nur eine ernste und wissenschaftliche Behandlung dieser Fragen kann, bei der Verwickeltheit der Gegenstände, langsam aber sicher zur Erkenntnis und damit zur gedeihlichen Weiterentwicklung führen. Die im Laboratorium angestellten Versuche müssen mit solchen in der Praxis verglichen werden. Denn trotz aller Bemühungen, die Bedingungen der Praxis nachzuahmen, lässt sich dies oft nicht ausführen, und man ist nicht eher sicher, dass die Versuchsanstellung richtig war, als bis man durch die Kontrolle in der Praxis die Resultate im Laboratorium bestätigt gefunden hat.

In kleinen Getreidemengen sind Veränderungen durch äussere Anzeichen weit schwieriger zu bemerken als in grossen Massen, wo Geruch oder Temperaturveränderungen bald auffallen. Die Diagnose (d. h. die Feststellung der Krankheit) wird erleichtert. Aus der richtigen Aufstellung der Diagnose ergeben sich nicht nur die richtigen Heilmittel, sondern auch die Gesichtspunkte für die vorbeugende Behandlung des Getreides. Ist die Diagnose falsch, so wird das Heilungsbestreben auf Abwege geführt.

Die Landwirtschaft steht durch ihre Produkte im Zusammenhange mit wichtigen Industrien. Diese sind auf die erstere angewiesen, und schlechtes oder ungeeignetes Rohmaterial schädigt nicht nur die Industrie, sondern auch die Konsumenten, also die Bevölkerung. Die Keimfähigkeit ist nicht nur für die Aussaat von grösster Wichtigkeit,

sondern auch für sämtliche Gärungsgewerbe, weil diese ein gutes, nicht schimmelndes Malz brauchen.

Schlechte Eigenschaften des Kornes rühren oft von einer ungeeigneten Lagerung und Behandlung des Getreides her.

Die für die vorliegenden Zwecke erforderliche Beobachtung und methodische Behandlung lässt sich nur in einem dazu geeigneten Lagerhause ausführen. —

Die Müllerei und Bäckerei haben das grösste Interesse daran, dass gesundes Korn zur Verwendung kommt.

Ist das Mehl aus einem Getreide gewonnen, welches eingespeichert wurde, als es sich in einem ungeeigneten Zustande befand, oder welches während der Lagerung falsch behandelt wurde, so kann sich der Kleber verändert haben, und das Mehl besitzt keine Backfähigkeit.

Aber selbst wenn die Backfähigkeit noch genügend bewahrt ist, kann das Mehl muffig und schimmelig sein, und der Genuss solchen Brotes kann unter Umständen gesundheitsschädlich wirken.

Um aber auch mit Sicherheit angeben zu können, ob die betreffenden Methoden der Lagerung sich wirklich bewährt haben, ist es nötig, dass mit dem betreffenden Getreide Mahl- und Backversuche angestellt werden. Die Eigenschaften des Getreidekornes sind, trotz der elementaren Wichtigkeit und trotz jahrtausend langer Beobachtungen seitens der Menschheit auf den verschiedensten Erdschollen noch so unbekannt, dass die wissenschaftliche Behandlung der beiden Gewerbe noch wenig Nutzen für die Praxis geliefert hat. Wie weit man in dieser Angelegenheit zurück ist, ergibt sich am besten aus der Tatsache, dass es nicht möglich ist, ein Mehl in kleinen Mengen auf seine Backfähigkeit hin mit Sicherheit zu prüfen, während dies doch ein genau ebenso erstrebenswertes Ziel ist, als in der chemischen Industrie die Kenntniss und Anwendung der spezifischen Reaktion¹⁾ in bezug auf die Reinheit irgend eines Produktes.

Diese und andere Fragen erfordern eine beständige Arbeit nicht nur im Laboratorium, sondern auch in der Mühle und in der Bäckerei.

1) Will man z. B. wissen, ob Salpeter frei von Chlorverbindungen ist, so setzt man eine Silberlösung zu. Ist eine Chlorverbindung, etwa Kochsalz, vorhanden, so entsteht ein weisser Niederschlag von Chlorsilber. Dies wäre die spezifische Reaktion, mit welcher man die Reinheit des Salpeters prüft.

Eine Versuchsmühle und eine Versuchsbäckerei würde die notwendige Folgerung eines Versuchskornhauses sein.

Im letzteren werden die Eigenschaften des Rohmaterials, in den anderen Einrichtungen diejenigen des verarbeiteten Getreides der geeigneten Forschung unterworfen. Die Rohprodukte erhalten ihren eigentlichen Wert durch die richtige Weiterverarbeitung.

4. Ausarbeitung von Methoden, welche die schnelle Beurteilung und Bewertung von Getreide, auch Feststellung des Wassergehaltes ermöglichen.

In bezug auf ersteres ist z. B. folgender Versuch angesetzt: Gefäße von etwa 30 Liter bis mehrere 100 Liter Inhalt werden mit Getreide gefüllt und in ein Zimmer gestellt, welches durch einen Gasofen mit Thermoregulator konstant auf einer hohen Temperatur, etwa 30° C., gehalten wird.

Hat das Getreide überhaupt Neigung, sich zu erwärmen, so wird dies zu bemerken sein. Aus den erhaltenen Temperaturdifferenzen zwischen Getreide und Zimmer, wobei Aussentemperatur und Wassergehalt des Getreides für jede Versuchsanstellung abgeändert sein müssen, lassen sich wahrscheinlich bestimmte Tabellen aufstellen. Aus diesen müsste zu ersehen sein: 1. ob das Getreide getrocknet werden muss, 2. ob es in Siloschächten gelagert werden kann, oder 3. ob und in welcher Höhe es auf Böden gelagert werden muss.

Die früher erwähnten Versuche über die Atmung würden an dieser Stelle mit Erfolg zur Ergänzung des Urteils herangezogen werden können. Im Zusammenhang mit der chemischen Zusammensetzung des Kornes und seinem Wassergehalt würde sich hieraus die Ausbildung einer für die Praxis geeigneten sicheren Methode ermöglichen, die Lagerfestigkeit eines Getreides schnell zu bestimmen.

Die schnelle Bestimmung des Wassergehaltes ist eine wichtige Angelegenheit und deshalb auch schon seit längerer Zeit in Angriff genommen worden. Ältere Methoden sind durchprobiert und geändert, andere Methoden sind ausgearbeitet worden, zum Teil von neuen Gesichtspunkten ausgehend.

Die Arbeiten sind abgeschlossen und veröffentlicht unter dem Titel: »Wasserbestimmung in Körnerfrüchten«. Methoden für die Praxis. Von Dr. J. F. Hoffmann [2].

5. Versuche zur Bekämpfung der pflanzlichen und tierischen Schädlinge.

In dieser Sache ist noch nicht Gelegenheit gewesen, Versuche anzustellen, doch wird Verfasser in einer der nächsten Nummern dieser Blätter Beispiele anführen, wo Reinigung, Lüftung und Sauberkeit auch die schlimmsten Feinde vertrieben hat.

In der Praxis hat sich eine weitere wichtige Aufgabe des Versuchskornhauses herausgestellt, nämlich

6. Die Verbesserung von schlecht gewordenem Getreide.

Dies kann schlecht geworden sein:

1. Auf dem Felde durch ungünstiges Erntewetter.
2. Durch Schiffbruch.
3. Dadurch, dass es in grossen Massen z. B. in Schiffen eingelagert wird, ohne die nötige Lagerfestigkeit zu haben.
4. Durch Wasserfracht von längerer Dauer, die auch auf Kanälen leicht schädlich wirkt und das Getreide in einen schlechteren Zustand bringt, als es ursprünglich war.
5. Durch unzweckmässige Lagerung in den Speichern.
6. Durch Mangel an passenden Räumen und Arbeitskräften, besonders während der Erntezeit. Sie ist oft die Veranlassung, dass das Getreide alle möglichen schlechten Eigenschaften erhält, so dass es nicht nur als Saatgut, sondern auch als Nahrungsmittel bedenklich wird.

Das Kornhaus ist schon in der Lage gewesen, Getreide, welches fast wertlos war, in einen recht brauchbaren Zustand zurückzuführen. In einem Falle ist dies allerdings nicht gelungen, weil die Einrichtungen, und besonders der Trockenapparat, noch nicht die erforderliche Leistungsfähigkeit besaßen.

Getreide, welches unter gewöhnlichen Umständen auf der Tenne verderben würde, kann durch vorherige geeignete Behandlung noch ein brauchbares Malz liefern.

Muffiges und dumpf riechendes Getreide, welches, wie schon erwähnt, gesundheitschädliches Brot liefern kann, würde durch geeignete Behandlung gesund werden und dementsprechende Nahrung geben.

Auch für die Heeresernährung ist das Versuchskornhaus von grosser Bedeutung. Es sei darauf hingewiesen, dass seit einiger Zeit in England grosse Massen von Getreide aufgespeichert werden, welche für den Fall eines Krieges zur Verwendung kommen sollen. Es scheint, als ob die vorhandenen Speicher nicht ausreichen.

Andere Staaten werden sich diesem Vorgehen Englands anschliessen müssen.

Wir haben zwar in den Rieselspeichern der Militärverwaltung ausgezeichnete Einrichtungen für die Getreide-Aufbewahrung, aber diese fassen doch nur einen kleinen Teil des nötigen Getreides und daher ist es wichtig, dass jeder Landwirt und jeder Kaufmann aufgeklärt wird über die in unserem feuchten Klima richtige Behandlungsweise von Getreide, damit nicht in Kriegsfällen, besonders nach feuchten Ernten, schlechte Nahrung und schlechtes Futter die Schwierigkeit der Kriegsführung noch vermehren.

Bezüglich der Arbeiten im Rieselspeicher ist die Entscheidung darüber wichtig, wie hoch der Wassergehalt des Getreides sein darf, damit die Rieselung überhaupt noch stattfinden kann.

Nachträge.

1. Man vergleiche Stück 26 dieser Sammlung.
2. Man vergleiche Stück 37.

II.

Betriebserfahrungen.

Amerikanischer Getreidespeicher.

4. Erfahrungen beim Betriebe des Versuchs-Kornhauses und anderer Getreidehäuser.

I. Den Bau betreffend.

1. In bezug auf die Bauart des Versuchs-Kornhauses ist zu bemerken, dass diese den Zwecken des Speichers entspricht. Nur wäre es zweckmässiger gewesen, die Fenster zur Erzielung einer guten Lüftung möglichst gross anzulegen.

Ferner ist beim Bau von Kornhäusern der Auspuff der Dampfmaschine so anzubringen, dass die Wasserdämpfe nicht in den Speicher gelangen können, auch nicht das Mauerwerk treffen.

2. Bezüglich der inneren baulichen Einrichtung des Versuchs-Kornhauses ist anzugeben, dass sich der auf dem ersten Boden eingerichtete »Terrast« des Baumeisters Gustav Lilienthal sehr gut bewährt hat. Es würde sich unserer Ansicht nach empfehlen, versuchsweise einige Kornhäuser gänzlich mit solchen Fussböden zu versehen.

Wir haben mit dem »Terrast« nur gute Erfahrungen gemacht. Ein Teil wurde mit einer schweren Quetsche belastet, welche täglich arbeitet und beträchtliche Erschütterungen des Bodens verursacht.

Einen anderen Teil haben wir öfter 3 m hoch mit Getreide belastet, in derselben Weise wie unsere Holzböden. Hierbei wurde nichts von Übelständen bemerkt. Es bildeten sich keine Risse, so dass die Haltbarkeit, mit Rücksicht auf die mehrjährige Beobachtungsdauer als völlig ausreichend bezeichnet werden muss.

Ein grosser Vorzug des Terrastbodens und ähnlicher Böden für Getreidespeicher besteht ohne Zweifel darin, dass sich nicht solche Spalten bilden können wie zwischen den Holzddielen, welche im letzteren Falle ausserordentlich günstige Schlupfwinkel für Getreideschädlinge sind. Die Tatsache, dass sich nicht wie bei Holz in vielen Spalten Getreidereste ansammeln können, sondern dass der Boden durch einfaches Abfegen vollständig sauber gehalten werden kann, lässt ihn für die Verwendung von Speichern sehr günstig erscheinen.

3. Die Eisensilos sind den Holzsilos vorzuziehen:

- a) Sie sind weit leichter sauber zu halten.
- b) Bei vierseitigen Wellblechanlagen ist die Raumausnützung besser als bei Holzsilos, weil die Wände wesentlich dünner sein können.
- c) Die Feuersgefahr ist geringer.
- d) Die bisher besonders gefürchtete Ansiedelung von Käfern in den Holzsilozellen ist nicht mehr von Bedeutung, da es dem Versuchs-Kornhause gelungen ist, durch eine einfache und wirksame Methode die Käferplage zu beseitigen [1].

Die Kosten des Verfahrens belaufen sich im Durchschnitt auf 0,50 Mk. pro Tonne Fassung.

4. Es ist wichtig, dass alle Teile und Winkel des Speichers leicht zugänglich und sichtbar sind. Der Umstand, dass wegen der runden eisernen Siloschächte einige Winkel im Versuchs-Kornhause nicht gereinigt werden können, dass sich hinter den hölzernen Schächten ein schmaler, freier, aber unzugänglicher Raum befindet, macht es sehr schwierig, die Schädlinge des Getreides vollkommen auszurotten und fernzuhalten.

5. Die gegenwärtig vorhandenen Fördereinrichtungen sind bei den genossenschaftlichen Kornhäusern von so geringer Leistungsfähigkeit, dass in feuchten Jahren zweifellos viele Störungen und Verluste auftreten werden durch Selbsterwärmung und Schimmelbildung im Getreide. Die betreffenden Lagerhäuser werden dann zur möglichsten Abwendung eines solchen Ereignisses das eingelagerte Getreide auf jeden Fall und um jeden Preis zu verkaufen suchen, eine für die Landwirtschaft ungünstige Massregel [2].

Der dadurch erzeugte billigere Preis des Getreides hat für die Volkswohlfahrt keinen Wert, weil das in den Handel gelangende Material

eben schlecht ist und sich um so mehr verschlechtert, durch je mehr Hände es geht.

Die Einrichtung der Speicher müsste so sein, dass eine wesentliche Selbsterwärmung auch unter besonders ungünstigen Bedingungen vermieden werden kann. Hierzu gibt es vorläufig zwei Wege.

Entweder muss die maschinelle Anlage so bedeutend sein, dass stets eine ausreichende Lüftung des Getreides zu erzielen ist, oder jedes Kornhaus muss eine kleine Rieselanlage erhalten, welche vielleicht in einem Anbau anzulegen ist, der durch grosse Fenster eine besonders kräftige Lüftung erhält.

Die letztere Einrichtung ist wahrscheinlich viel praktischer. Denn bei derselben Leistungsfähigkeit werden beide Anlagen wohl dieselben Kosten verursachen; aber die maschinelle Einrichtung würde nur in Ausnahmefällen voll ausgenutzt werden können, während die Rieselböden, wenn sie nicht ihrem bestimmten Zwecke dienen, zur Getreidelagerung benutzbar sind.

An dieser Stelle sei besonders hervorgehoben, dass in kritischen Fällen Nacharbeit stattfinden muss. Denn gerade die kalte Nachtluft besitzt einen weit geringeren absoluten Wassergehalt wie die Luft am Tage. Diese Nachtluft erwärmt sich am Getreide und wird aufnahmefähig für Wasser. Je näher vor Sonnenaufgang, desto kälter die Luft, daher desto günstiger das Ergebnis der Umarbeitung. Die Rieselung in nebliger Nacht oder am Tage bei hellem Sonnenschein darf nur geschehen, wenn die den Boden durchziehende Luft mittelst eines Feuchtigkeitsmessers kontrolliert wird.

Die austretende Luft muss mehr Feuchtigkeit haben wie die eintretende.

Die grossen, luftigen Räume der Militärmagazine, in welchen keine Umzäunungen vorhanden sind, scheinen ganz besonders geeignet zu sein, über diese Verhältnisse Klarheit zu verschaffen. Denn hier liessen sich leicht Dauerversuche mit selbst aufzeichnenden Feuchtigkeitsmessern anstellen, um zu entscheiden, welche Wassermengen wohl das Getreide bzw. der Speicher je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft aufnehmen oder abgeben kann.

Die im Versuchs-Kornhause bisher nur hin und wieder angestellten Bestimmungen haben ergeben, dass die Feuchtigkeitsaufnahmen besonders im Frühjahr ganz beträchtlich sein können, so dass jene eigen-

tümlichen und geheimnisvollen Erscheinungen, welche der Praktiker bisher als das »Leben des Kornes« im Frühjahr bezeichnete, im wesentlichen auf die Wasserentnahme aus der Luft zurückzuführen ist.

Die Einbusse an Trockensubstanz, an Keimfähigkeit, an Backfähigkeit sind auf die durch Wasseraufnahme verstärkte Atmung zurückzuführen, wodurch einerseits die Kohlehydrate zerstört, andererseits die im Korne vorhandenen hochmolekularen Eiweissstoffe, welche die kostbaren Eigenschaften des Kornes bedingen, in einfachere abgebaut werden.

Alle die erwähnten und noch andere Schwierigkeiten würden nicht auftreten, die angeführten zweckmässigen Feinheiten in der Behandlungsweise würden unnötig sein, es würde ferner unter allen Umständen ein Getreide erzielt werden, welches beliebige Zeit und in beliebig grossen Massen gelagert werden könnte, welches seine Keimfähigkeit und Backfähigkeit viele Jahre behalten würde, wenn man einen dritten Weg einschlagen wollte: Man müsste nämlich das Getreide trocknen und in eisernen Siloschächten aufbewahren. Eine derartige Getreidelagerung muss als das erstrebenswerte Ziel betrachtet werden. Die ausführlichen Gründe für diese Behauptung sind vom Berichtstatter in verschiedenen Schriften niedergelegt worden.

II. Den maschinellen Betrieb betreffend.

1. Die Sortierung von Getreide zur Herstellung verschiedener Korngrössen ist vom Versuchs-Kornhause nur selten verlangt worden. Es handelte sich dann in der Regel darum, aus gewöhnlicher Gerste einen Teil mit grösserem Korn abzuschneiden, der als Braugerste benutzt werden sollte.

Für diesen Zweck ist probeweise eine neue kleine Maschine aufgestellt worden, welche ein sehr gutes Resultat liefert. Sie ist von der Firma Fr. Brügge, Flensburg, erbaut und sortiert 30 Ztr. Gerste pro Stunde. In einem Falle wurden 240 Ztr. Gerste sortiert, welche 10 pCt Abgang ergaben. Die Hauptmenge, welche ein recht gleichmässiges Korn enthielt, wollte der Eigentümer als Braugerste verkaufen.

Die Anschaffungskosten der Maschine betragen noch nicht 300 Mk. Die Verwaltung des Versuchs-Kornhauses hat die Absicht, mit ihr noch einige Zeit lang Versuche anzustellen und dann vielleicht den Ankauf von zweien derselben zu beantragen [3].

Die Getreidezentrifuge von Kayser, Leipzig, soll in dieser Beziehung ebenfalls sehr leistungsfähig sein. Unsere Bemühungen, eine solche zu Versuchszwecken zu erhalten, haben zu keinem Resultate geführt.

2. Mischung von Getreide. Es macht Schwierigkeiten, grössere gleichmässige Getreidemischungen herzustellen. Im Versuchs-Kornhause wurden Posten bis zu 4000 Ztr. Mischfrucht hergerichtet, und zwar wurde die Mischung in folgender Weise zu erreichen gesucht: Das in verschiedenen Kästen lagernde Getreide wurde durch Fallrohre in entsprechenden Mengen auf das Band geleitet, wo es sich bereits teilweise mischte, zusammen in den Elevator ging, hier einer weiteren Mischung unterlag und dann in andere Kästen gehoben wurde. Bei ungenügender Mischung wurde der ganze Posten nochmals in dieser Weise behandelt. Es ergab sich, dass zur Erlangung eines guten Ergebnisses eine mehrfache Bearbeitung erforderlich war, so dass die Mischung zu hohe Kosten verursachte, also unrentabel wurde.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass mit einer Rieseleinrichtung die Mischung viel billiger, leichter und vollständiger zu erzielen sein wird als auf die oben beschriebene Weise.

3. Die Reinigung von Getreide ist eine Angelegenheit von grosser Bedeutung.

Das Versuchs-Kornhaus besitzt eine Anlage zur Vorreinigung, welche eine grosse Leistungsfähigkeit aufweist und zur vollen Zufriedenheit arbeitet. Dagegen hat die Anlage für Nachreinigung nur einen untergeordneten Wert wegen ihrer geringen quantitativen Leistung.

Um die einzelnen Getreidesorten voneinander zu trennen, ferner um Unkrautsamen abzuscheiden, werden gegenwärtig der Hauptsache nach Trieure benutzt. Eine weitere Methode besteht in der Verwendung der Tatsache, dass die spezifischen Gewichte der einzelnen Samensorten voneinander verschieden sind. Während sich aber so eine Reihe von Mischungen leicht trennen lässt, ist man dagegen nicht imstande, mit einer dieser Methoden oder durch Kombination beider eine Trennung von Weizen und Roggen oder von Gerste und Hafer durchzuführen.

Versuche, welche in unserem Laboratorium angestellt wurden, ergaben mit grosser Sicherheit, dass eine Trennung der oben genannten beiden Getreidemischungen auf Grund der Korngrösse, der Form und des spezifischen Gewichts unmöglich ist.

Dagegen waren Mischungen von Leinsaat und Ölsaat, ferner von Hafer und Wicken und einige andere Mischungen leicht und vollständig voneinander zu trennen und zwar mit dem Krüger-Trieur der Kalker Trieurfabrik.

Ob die stündliche Leistung dieser Maschinen die für praktische Zwecke wünschenswerte Höhe hat, ist hier nicht festgestellt worden.

4. Der Schiffselevator ist wie bei den meisten anderen Getreidespeichern ungünstig angelegt. Der Hauptfehler liegt darin, dass er am Kopfe schwer zugänglich ist, so dass bei Verstopfungen die oben arbeitenden Leute stets in der grössten Gefahr schweben.

Ferner veranlasst die grosse Länge des Gurtes ein beträchtliches Zusammenziehen desselben bei feuchter Luft. Trotz scharfer Vorschriften vergessen die Arbeiter abends doch mitunter die Spannvorrichtung zu lockern. Wird der Gurt durch Witterungswechsel feucht, dann zieht er sich mit Gewalt zusammen und erhält Risse dort, wo die Becher angeschraubt sind. Bei einem geringen zufälligen Widerstande, besonders wenn Holzstücke hineingelangen, wird dann der Becher abgerissen, verursacht Verstopfungen und damit ein Reißen des Gurtes; dessen Reparierung und Auflegen, wie erwähnt, im hohen Grade lebensgefährlich ist.

Hat man andererseits beim Gebrauch des Becherwerks den Gurt nicht straff gespannt, dann schleift letzterer auf der sich bewegenden Scheibe. Im Versuchs-Kornhause ist der Gurt durch diesen Umstand in der ersten Zeit mehrmals durchgebrannt.

Eine automatische Spannvorrichtung wie bei den Förderbändern würde sehr am Platze sein. Wie es scheint, hat man aber mit derartigen Einrichtungen bei den schnellaufenden Gurten keine günstigen Erfahrungen gemacht.

Die Firma Dinglinger arbeitete auf Wunsch und nach Vorschlägen des Versuchs-Kornhauses ein Projekt aus, das Getreide aus dem Schiff in zwei Stufen zu heben. Der eigentliche Schiffselevator wird nach diesem Projekt möglichst kurz eingerichtet.

Die Firma Dinglinger ist im Begriff, mit Einwilligung der zuständigen Behörde den Umbau auf eigene Kosten bewerkstelligen zu lassen [4].

5. Es ist nötig, dass jedes Band und jeder Elevator eine Spannvorrichtung besitzt.

Berichterstatter hat eine derartige Einrichtung in manchen Kornhäusern vermisst.

Ein Band ohne Spannvorrichtung läuft schief und streut. Ein Becherwerk ohne Spannvorrichtung fördert häufig nicht, sondern der Gurt schleift und wird dadurch stärker abgenutzt.

6. Die vor einiger Zeit über der automatischen Empfangswage eingebaute Schüttelsiebvorrichtung hat sich als zweckmässig erwiesen. Die Wage wird dadurch stets frei von Holzstücken, Bindfäden usw. gehalten, welche früher häufig Verstopfungen veranlassten.

Sehr wichtig ist, dass der Behälter über der Wage möglichst gross ist, d. h. mindestens 10, besser aber vielleicht 100 Ausschüttungen der Wage enthält, damit bei dem unvermeidlichen unregelmässigen Gange des Einnahme-Becherwerkes keine Störungen durch Verstopfung entstehen können.

7. Die anfänglich vorhandenen Aufschüttvorrichtungen für Getreide auf die Bänder, welche mit Hilfe eines Schuhs ausgeführt waren, erwiesen sich als unzweckmässig, weil das Streuen nicht verhindert wurde und die Bänder ausserdem durch das andauernde Schleifen des Schuhs eine schnelle Abnützung befürchten liessen. Das Versuchs-Kornhaus hat mit Hilfe von Schrägerollen eine andere Aufschüttung herrichten lassen, welche eine Beschädigung der Bänder ausschliesst und so gut arbeitet, dass auch Maschinenfabriken sie für die fernere innere Einrichtung in Kornhäusern adoptiert haben. In ähnlicher Weise sind übrigens bereits längst ältere Aufschüttvorrichtungen angelegt worden, welche stets gut gearbeitet haben, aber unverdienter Weise in Vergessenheit geraten zu sein scheinen.

8. Die Fallrohre besitzen in manchen genossenschaftlichen Lagerhäusern eine so geringe Neigung, dass in nassen Jahren, wenn feuchte Ernten in das Kornhaus gelangen, wahrscheinlich Verstopfungen auftreten werden.

Im Versuchs-Kornhause, in Nordhausen usw. sind Verstopfungen vorgekommen, wenn das Getreide in geknickten Fallrohren rückgängige Bewegungen machen musste. Nach Beseitigung dieser Knicke wurde ein Verstopfen nicht mehr bemerkt.

Die im Versuchs-Kornhause gegenwärtig vorhandene Klappen-einrichtung gibt einen ungenügenden Verschluss, so dass Getreidemischungen entstehen, welche bereits die Veranlassung von geschäftlichen

Mishelligkeiten gewesen sind. Von der Firma Dinglinger sind einige neue Klappen eingesandt, welche zwar noch nicht versucht wurden, aber ihrer ganzen Einrichtung nach wahrscheinlich dicht halten werden [5].

9. Die kombinierte Einrichtung einer Sprachrohr- und einer elektrischen Glockenanlage hat sich sehr gut bewährt. Ferner war die Ein- und Ausschaltung der Becherwerke von unten aus eine notwendige Einrichtung, deren Zweckmässigkeit sich sofort bemerkbar machte.

10. Es ist wichtig, dass alle Teile der maschinellen Einrichtung leicht zugänglich und sichtbar sind. Die Becherwerke müssen z. B. mit Fenstern versehen sein, um den Gang beobachten zu können. Denn Verstopfungen veranlassen ein Stillstehen der Bechergurte, trotzdem die Scheiben sich weiter drehen. Durch die Fenster kann man eine solche Betriebsstörung sofort bemerken.

11. Aufbewahrungsräume für Sackgetreide und einen Sackaufzug hat das Versuchs-Kornhaus nach dem ursprünglichen Plane nicht erhalten, weil man nur auf Lagerung von Getreide in loser Schüttung rechnete. Das Bedürfnis hierfür hat sich aber mit der Zeit lebhaft geltend gemacht und wir glauben, dass diese Einrichtungen für jeden Speicher nötig sind, besonders wenn er Wasserverbindung hat; denn Getreide wird häufig in Säcken von Kähnen und auf Kähne verladen.

12. Eine Staubabsauge-Vorrichtung wäre für das Versuchs-Kornhaus sehr vorteilhaft, schon wegen des zahlreichen Besuches, den die Anlage zu verzeichnen hat. Die zuständige Behörde hat sich auf unseren Antrag geneigt erklärt, eine derartige Anlage einbauen zu lassen [6].

13. Es ist wahrscheinlich, dass für Speicher von der Kürze des Versuchs-Kornhauses eine Drehteller-Einrichtung mit Fallrohren zweckmässiger sein würde als die Verwendung eines Bandes.

Bänder sind dort unersetzlich, wo es sich um Förderung auf längere Strecken handelt. Für kürzere Strecken und besonders, wo es sich um Verteilung des Getreides handelt, wird dagegen vom Praktiker im allgemeinen die eben erwähnte Einrichtung, ja oft sogar die Schneckenförderung vorgezogen.

14. Teilung des Betriebes in dem Sinne, dass jede einzelne Handhabung für sich stattfinden kann, ohne den übrigen Betrieb zu stören, ist von grosser Wichtigkeit. Man müsste trocken, trieren,

sortieren, mischen, einlagern, auslagern usw. können, ohne den übrigen Betrieb zu unterbinden.

Dieser Grundsatz wird sich nicht in vollem Umfange durchführen lassen, die Einrichtung muss aber einer derartigen Vollkommenheit sich zu nähern suchen. Vielleicht ist dieser Gegenstand geeignet für eine Preisaufgabe.

Was die Kraftübertragung anbetrifft, so ist eine gute Verteilung, d. h. also der Betrieb einzelner Maschinen unabhängig von anderen, durch elektrische Anlagen zu erreichen. Die Heranziehung dieser Kraftquelle, vielleicht auch in Form transportabler Motore, scheint für Getreidehäuser recht aussichtsvoll zu sein.

Gesetzt, der gesamte Kraftbedarf eines Speichers wird von einem Elektromotor von 30 indizierten PS. ausreichend geliefert. Der Leerlauf dieses Motors würde 20 pCt., also etwa 6 PS. Arbeitsaufwand erfordern. Wenn nun eine einzelne kleine Maschine des Speichers in Gang gesetzt wird, z. B. ein Elevator, der nur 3 PS. gebraucht, dann würden hierfür im ganzen $6 + 3 = 9$ PS. aufgewendet werden müssen. Die Arbeit wäre also sehr unwirtschaftlich. Ständen dagegen mehrere kleine Elektromotoren von zusammen 30 PS. zur Verfügung, dann könnte man denselben Elevator durch einen Motor von 4 PS. treiben; denn 20 pCt. Kraftbedarf für den Leerlauf desselben sind noch nicht 1 PS., und zum Betriebe des Elevators bleiben reichlich 3 PS. übrig. In diesem Falle würde man also noch nicht einmal die Hälfte der Kraft nötig haben als beim vorigen Beispiel.

Andererseits ist aber zu beachten, dass für die kleinen Motoren ein viel grösseres Anlagekapital nötig ist als für einen grossen Motor. Die Fabrikanten müssten daher feststellen, unter welchen Umständen die Betriebskraft am billigsten geliefert wird.

15. Die Luftförderung des Getreides ist in Deutschland noch wenig gebräuchlich. Die vom Berichtstatter in Augenschein genommenen Anlagen sind von der Firma Oscar Bothner, Leipzig, hergestellt [7]. Es würde nicht unzweckmässig sein, auch ein genossenschaftliches Kornhaus, welches aber Schiffsverkehr haben müsste, mit einer derartigen Einrichtung auszustatten. Das Getreide wird durch diese Förderung in hohem Masse gelüftet, gereinigt und, wenn die Aussenluft trocken genug ist, auch getrocknet. Eine solche Einrichtung würde vielleicht die Rieselanlage überflüssig machen. Diejenigen Speicher,

welche solche Förderungen haben, sind mit ihr sehr zufrieden. Es wird zugegeben, dass der Kraftverbrauch zwar etwas grösser ist, als bei anderen Förderungen, dass aber dieser Fehler reichlich aufgewogen wird durch verschiedene Annehmlichkeiten.

Ob eine derartige Einrichtung für einen genossenschaftlichen Speicher überhaupt passt, kann erst ein ausführlicher Entwurf zeigen. Dagegen würde es leicht sein, ein Militärmagazin versuchsweise mit einer derartigen Einrichtung zu versehen. Es ist wahrscheinlich, dass sie sich hier bewähren wird.

III. Selbsterwärmung. Temperaturmessung.

Bezüglich der Selbsterwärmung sind im Versuchs-Kornhause und in anderen Speichern verschiedene Beobachtungen gemacht worden, welche durch eingehrdete Laboratoriumsversuche, die sich zugleich auf die Atmung des Getreides erstreckten, nicht nur eine wertvolle Ergänzung, sondern auch eine zuverlässige Aufklärung erfahren haben [8].

In einem Falle handelte es sich um eine Kahnladung Mais, welche in stark erhitztem Zustande hier ankam.

Dieser Mais hatte einen Wassergehalt von 16 pCt. Aber auch nach der Bearbeitung, als sein Wassergehalt auf 14 bis 15 pCt. zurückgegangen war, ergab er bei 1 m Lagerung im Kornhause eine Temperatursteigerung bis auf 35°, bei 2 m Lagerung bis auf 45° in etwa zehn Tagen. Lufttemperatur 21 bis 22°.

Ferner ist ein Haferposten, dessen durchschnittlicher Wassergehalt ihn als trockenes Getreide kennzeichnete, in einem Siloschachte plötzlich warm geworden. Bei der Herausnahme aus dem Silo zeigte er Stellen von mehr als 60° C., und nur die rechtzeitige Umarbeitung hat den Hafer vor dem Verderben gerettet. Wahrscheinlich ist ein Waggon oder vielleicht nur ein kleiner Posten von einigen Säcken feucht gewesen und hat diese Temperaturerhöhung veranlasst, welche trotz der im Silo steckenden Thermometer nicht bemerkt wurde. Es ist daher wichtig, dass die Temperaturen leicht an mehreren Punkten des Silos beobachtet werden können.

Schon seit Bestehen des Kornhauses ist die Verwaltung bestrebt gewesen, geeignete Methoden für die Temperaturmessungen zu finden. Welche Schwierigkeiten der ungewöhnlich grosse Druck in den Silozellen bereitet, ist an anderer Stelle geschildert worden.

In letzter Zeit ist eine neue Methode angewendet, welche Erfolg verspricht, sie muss aber praktisch noch weiter durchprobt werden. Der Grundgedanke ist, dass ein Thermometer, in einer Eisenhülle eingeschlossen, mittelst eines dünnen Drahtseiles durch das gefüllte Silo hindurchgezogen wird. Das Thermometer muss an beliebigen Stellen so lange verweilen, bis die Temperatur der Getreideschicht sich dem Thermometer mitgeteilt hat.

Berichterstatter hat Gelegenheit gehabt, in einem Kornhause eine Selbsterwärmung von ganz gewaltigem Umfange kennen zu lernen. Hier waren Tausende von Zentnern sehr guten Getreides zum grossen Teil in wirkliche Kohle umgewandelt worden.

Der Hauptgrund für das Auftreten dieser Selbsterwärmung lag darin, dass man das Haus vor seiner Austrocknung mit Getreide gefüllt hatte.

Ein fernerer Grund lag in der Unzulänglichkeit der Fördereinrichtungen, die, wie bereits erwähnt, in kommenden nassen Jahren den Betrieb vieler Lagerhäuser störend beeinflussen wird.

IV. Die Abfallverwertung.

Dieser wichtigen Angelegenheit hat das Versuchs-Kornhaus von Anfang an nicht geringe Aufmerksamkeit gewidmet. Irgend ein Fortschritt ist auf diesem Gebiete aber nicht zu verzeichnen.

In manchen genossenschaftlichen Kornhäusern wird das Getreide stets sehr gut gereinigt und die Geschäftsführer legen grossen Wert darauf, dass der Abgang nicht in unberufene Hände gelangt.

Es wurde dem Berichterstatter gegenüber betont, dass eine Aufgabe der genossenschaftlichen Kornhäuser darin gesehen werde, nur möglichst saubere Frucht in den Handel zu bringen. Hierbei wurde dann lebhaft bedauert, dass es noch keine zweckmässige Verwendung des Abganges gäbe.

Die Verunreinigungen werden unrechterweise dazu benutzt, entweder unter gutes Getreide geworfen zu werden, oder man mischt die Kleie damit. Die dadurch erfolgte Verfälschung der Kleie ist ganz unmöglich festzustellen.

Besonders schlimm steht es mit den Verunreinigungen des russischen Getreides. Die unerlaubten Zumischungen nehmen dort einen so hohen

Grad an, dass sich die deutschen Kaufleute bereits veranlasst fanden, gegen diesen Unfug Schritte zu tun.

Eine gute Vorreinigung erzielt man mit der Luftförderung. Die Londoner Kaufleute waren in der ersten Zeit, als die Luftförderung von Ingenieur Duckham eingeführt wurde, sehr ungehalten darüber, dass die Verunreinigungen bei dieser Förderart abgeschieden wurden. Später jedoch legten sie gerade auf diese Abscheidung grossen Wert, weil sie mit der gesäuberten Ware einen so hohen Preis erzielten, dass die Substanzverluste mehr als gedeckt wurden.

Damit ist gezeigt, dass nicht nur vom volkswirtschaftlichen, sondern auch vom kaufmännischen Standpunkte aus eine Verwertung des Abfalles in der oben geschilderten Weise keinen Sinn hat. Ein wirklicher Vorteil wird damit nur bei Manipulationen zu erzielen sein, welche direkt als betrügerisch zu bezeichnen sind. Es scheint daher zweckmässig, der Abfallverwertung bezw. -vernichtung näher zu treten.

Die Proviantämter werden hierbei vermutlich stark interessiert sein, weil bei der sorgfältigen Reinigung des dort lagernden Materials sich grosse Massen von Abfall ansammeln müssen. —

In bezug auf die ganze Angelegenheit wären wohl folgende drei Punkte ins Auge zu fassen:

1. Verhinderung, dass der Abfall unter anderes Getreide oder zwischen Kleie gemischt werden kann.
2. Ausnützung des Brennwertes der Abfälle, vielleicht in Form von Briketts.
3. Verwertung der Mineralbestandteile als Dünger.

V. Die Getreidetrocknung.

Die Ansichten des Versuchs-Kornhauses sind in mehreren Aufsätzen veröffentlicht [9].

Das Versuchs-Kornhaus hat hin und wieder von der Kundschaft den Auftrag erhalten, eingelieferte feuchte Frucht zu trocknen. Der Trockner des Versuchs-Kornhauses, ferner die bisher aufgestellten Versuchstrockner haben aber so wenig gute Resultate erzielt, dass die Aufträge der Interessenten abgelehnt werden mussten.

Und doch ist das Bedürfnis nach guten Trocknern selbst in trockenen Jahren recht bedeutend.

Wegen der geringen Leistungsfähigkeit des vorhandenen Trockners hat die Verwaltung der zuständigen Behörde ein Projekt unterbreitet, ihn umzubauen. Durch diesen Umbau soll das Getreide in wesentlich bessere Berührung mit der Luft gebracht werden [10].

Ferner ist im Versuchsraume des Kornhauses ein Trockner von Gutsbesitzer Richter-Falkenberg aufgestellt worden, der für diese Versuchszwecke erbaut wurde. Der Apparat hat bis jetzt (1902) die besten Resultate geliefert.

Leider war seine Ausführung so mangelhaft, dass er gegenwärtig völlig unbrauchbar ist [11].

Die Fabrikation dieses Systems ist jetzt von der grossen Maschinenfabrik Germania, Chemnitz, übernommen worden, welche zunächst einen neuen Versuchsapparat bauen wird.

Berichterstatter glaubt, dass der Richtersche Trockner einer von jenen sein wird, die eine grosse Zukunft haben.

Um zu zeigen, wie eifrig das Versuchs-Kornhaus die Trocknungs-Angelegenheit verfolgt, wird es zweckmässig sein, nachfolgend die Trockner anzuführen, welche vom Berichterstatter, teilweise im Verein mit der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft — diese sind mit einem † versehen — einer Prüfung unterzogen worden sind.

(Siehe Tabelle auf Seite 46.)

Von sonstigen Trocknungsanlagen sollen nur noch zwei erwähnt werden. Hier liegt nämlich der Trockner selbst in einem Falle vielleicht 30 m, im andern Falle noch weiter vom Heizraume entfernt, der in einem getrennt liegenden Gebäude untergebracht ist. Das Heissluftrohr ist nicht isoliert, so dass der grösste Teil der Wärme auf dem Wege zum Trockner verloren geht.

Dass keine Isolierung vorgesehen wurde, ist höchst merkwürdig. Durch die Anbringung derselben würde sich die Nutzwirkung natürlich bedeutend erhöhen. Jedoch scheint es zweckmässiger, den Trockner direkt über dem Heizraum in einem geeigneten Aufbau anzubringen.

Die Verminderung der gegenwärtigen Kohlenverschwendung würde die Baukosten wahrscheinlich bald decken [13].

Allerdings funktionieren beide Trockner an und für sich nicht gut. Bei dem einen liegt es am System, beim andern an der Ausführung.

Fabrikant bezw. Erfinder	Ort der Fabrikation bezw. Wohnort des Erfinders	Ort der Prüfung
1. Otto †	Dortmund	Quedlinburg
2. Otto	Dortmund	Hadmersleben
3. Petry und Hecking . .	Dortmund	Dortmund
4. Luther	Braunschweig	Halle
5. Seck	Dresden	Berlin, Mühle Salomon ¹⁾
6. Kapler	Berlin	Versuchs-Kornhaus
7. Passburg †	Charlottenburg	Charlottenburg
8. Dankwort	Magdeburg	Versuchs-Kornhaus
9. Angele	Berlin	Loitz
10. Angele	Berlin	Klein-Wanzleben
11. Richter	Falkenberg	Versuchs-Kornhaus
12. Dinglinger	Cöthen	Klein-Wanzleben
13. Büttner	Ürdingen a. Rh.	Versuchs-Kornhaus
14. Bernh. Fischer	Heidelberg	Institut für Gärungsgewerbe
15. Ph. Nolting	Bielefeld	Instit. f. Gärungsgewerbe [12]

Nachträge.

Die vorstehende Abhandlung bildet den Gegenstand eines Vortrages den Verfasser im Jahre 1902 in der Kornhaus-Konferenz in Kassel gehalten hat. Die besprochenen Angelegenheiten dürften ein weiteres Interesse beanspruchen; aus diesem Grunde ist der Vortrag hier aufgenommen worden. Es stellte sich heraus, dass einzelne Punkte im Interesse der Leser dieser Sammlung eine bessere Ausarbeitung erfahren mussten. Der Text weicht also an einzelnen Stellen vom Original ab. Der Inhalt machte eine ganze Reihe von Anmerkungen erforderlich.

1. Man vergl. Kapitel IV dieser Sammlung.
2. Die im Text ausgesprochene Vermutung hat sich mehrfach bestätigt, worüber in späteren Aufsätzen näher berichtet wird.
3. Inzwischen ist ein Sortierer für das Versuchs-Kornhaus angekauft

1) Hier wurde nur die Wasserentziehung bestimmt.

worden. Man vergleiche weiteres über den Apparat in der nächsten Abhandlung.

4. Der Umbau hat vor einiger Zeit stattgefunden. Der Elevator arbeitet ausgezeichnet und wir konnten mit Genugtuung feststellen, dass wir selbst für unsere Konkurrenz nutzbringend gearbeitet haben. Denn von kaufmännischer Seite wurde der Elevator einer eingehenden Prüfung unterzogen, in der Absicht die Einrichtung zu verwenden.

5. Die neuen Klappen haben sich bewährt; demzufolge ist der ganze Speicher mit diesem System ausgestattet worden.

6. Die Enstaubungsanlage ist eingebaut worden; die Staubplage im Kornhause ist seitdem beträchtlich geringer geworden.

7. Später hat Verfasser auch einige Einrichtungen der Firma Carl Hauschild, Stralau (Berlin) gesehen. Diese Firma hat die Absicht, im Versuchs-Kornhause eine Anlage auf eigene Kosten für Versuchszwecke einzurichten.

8. Man vergl. Kapitel VI, ferner Stück 33.

9. Man vergl. darüber die Kapitel III und VIII.

10. Der Umbau ist erfolgt; man vergleiche hierüber Stück 15.

11. Der Apparat ist von einer Saatgutzüchtereier übernommen worden. Diese hat ihn erneuern lassen und erklärte uns vor einiger Zeit, dass sie mit dem Apparat zufrieden sei, da er ihr geschäftliche Vorteile verschaffe.

12. Die drei letzten Apparate sind in der Originalabhandlung noch nicht erwähnt.

13. In dem einen Falle handelt es sich um das Kornhaus Nordhausen, welches jetzt einen Trockner von Nolting besitzt, mit dem es sehr zufrieden ist.

5. Eine neue Sortiermaschine für Getreide.

In Nr. 16 der »Wochenschrift für Brauerei«, 1903, ist ein Artikel über Getreidereinigungs- und -Sortiermaschinen, entnommen aus der »Wiener landwirtschaftlichen Zeitung« Nr. 6, 1903, veröffentlicht worden. In diesem Artikel sind die Ergebnisse der Versuche mitgeteilt, die mit einigen Maschinen angestellt wurden. Im Anschluss an diesen Artikel bringen wir nachfolgend die Beschreibung einer neuen Sortiermaschine,

des Herkules-Sortierers der Firma Friedrich Brügge, Flensburg, welcher nach den bisherigen Erfahrungen sowohl qualitativ als quantitativ eine ausgezeichnete Leistung aufweist [1].

Die Einrichtung des Sortierers ist sehr einfach. Man findet senkrecht eine Anzahl von Kämmen in Zickzackform und schräg angeordnet, welche sich in einem verschliessbaren Holzgehäuse befinden. Das kleine Korn geht zwischen den Stäbchen der Kämmen hindurch und wird gesondert aufgefangen. Die Hauptmasse, das grosskörnige Getreide, geht nicht durch die Kämmen, sondern läuft im Zickzackstrome von oben nach unten und wird in geeigneter Weise in Säcken gesammelt. Die Kämmen sind sämtlich am unteren Ende offen, ihre Zähne bewegen sich beständig, wenn das Getreide herunterfällt, und daher kann ein Verstopfen derselben nur unter ungünstigen Umständen auftreten. Der Apparat reinigt sich durch die Bewegung der Stäbchen im allgemeinen von selbst; nur wenn Stroh und Bänder hineingelangen, werden Verstopfungen veranlasst. Daher muss nur solches Getreide in den Apparat geschafft werden, welches einer Vorreinigung unterworfen worden ist. Unseres Erachtens hat eine solche aber stets und bei jeder ankommenden Getreidesendung stattzufinden, weil dadurch häufige Betriebsstörungen, z. B. an der Wage, verhindert werden.

Bei unreinem und feuchtem Getreide findet das Einklemmen von Körnern zwischen den Zähnen häufiger statt. Sie lassen sich aber leicht fortbringen; man entfernt nämlich die eine Holzwand, so dass die Kämmen frei liegen, und fährt dann mit einem Holzstäbchen über die Zähne, wodurch sie in Schwingung geraten und die eingeklemmten Getreidekörner hinauswerfen. Dieser einfache Reinigungsvorgang nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Es ist stets gut, wenn man sich vor dem Gebrauch der Maschine davon überzeugt, dass die Kämmen klar sind.

Ein weiterer Vorzug der Maschine besteht darin, dass kein Kraftaufwand erforderlich ist, denn das Getreide hat zum Zwecke der Reinigung, nur der eigenen Schwere folgend, seinen Weg abwärts zu nehmen. Es sind keine beweglichen Teile vorhanden, es ist keine Wartung und keine Schmierung nötig. Infolgedessen sind die Betriebskosten sehr gering; dasselbe gilt für die Abnutzung und für die Reparaturen. Ferner erfordert der Apparat nur einen sehr geringen Raum zur Aufstellung.

Was den Wirkungsbereich der Maschine anbetrifft, so kann jede Frucht mit ihr sortiert werden. Es ist nur nötig, dass für jeden bestimmten Zweck auch die passenden Kämme im Apparat vorhanden sind. Diese lassen sich mit Leichtigkeit auswechseln, so dass man beliebig weite und beliebig enge Kämme verwenden kann. Hat man z. B. einen Posten Gerste zu sortieren, aus welchem die kleineren Körper herausgeschafft werden sollen, damit die übrige Masse als Braugerste Verwendung finden kann, dann wird der Apparat Kämme von bestimmter Zahnweite enthalten müssen. Für Müllereizwecke wird diese Zahnweite etwas anders sein, je nachdem man Roggen oder Weizen sortieren will.

Für den Fall, dass ein Speicher bald für den einen, bald für einen anderen Zweck zu sortieren hat, ist es gut, zwei Apparate aufzustellen, weil das Auswechseln der Kämme etwas zeitraubend ist.

Die Aufstellung von zwei Apparaten ist in diesen Fällen um so mehr zu empfehlen, als einerseits der erforderliche Raum nur sehr gering ist und andererseits der Anschaffungspreis in Anbetracht der grossen Leistungsfähigkeit als sehr niedrig bezeichnet werden muss.

Bei den Versuchen im Versuchs-Kornhause fiel besonders angenehm der Umstand auf, dass der Apparat eine stets gleichmässige Qualität der Ware lieferte, eine Eigenschaft, auf welche Praktiker und Kaufleute grosses Gewicht legen.

Zu bemerken ist noch, dass eine Reinigung des Getreides von Staub und Sand sich mit diesem Apparate in der besten Weise durchführen lässt.

Die Leistungsfähigkeit des Sortierers ist um so grösser, je länger er ist; da er sich beliebig verlängern lässt, so kann seine Leistung auf diesem Wege bedeutend gesteigert werden. Der Apparat im Versuchs-Kornhause hat eine Länge von 4 m.

Seine Leistungsfähigkeit ist sehr beträchtlich. In einem Falle handelte es sich darum, 30 Tonnen = 30 000 kg Braugerste von der darin enthaltenen kleinen Gerste zu befreien. Diese Arbeit wurde mit dem kleinen Apparat in zehn Stunden vollbracht, wobei 17 pCt. Ausputz entfernt wurden. (Vergl. Stück 4, II, 1.)

In bezug auf andere Gewerbe hat Verfasser nicht Gelegenheit gehabt, den Apparat zu prüfen. Jedoch soll er auch, wie ohne weiteres zu erwarten steht, für Müllereizwecke sehr gut verwendbar sein. Wir

zweifeln nicht daran, dass die in dieser Beziehung von seiten der Mühlen gemachten günstigen Angaben den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen. Nach allen Erfahrungen, die wir mit dem Apparate gemacht haben, glauben wir ihn bestens empfehlen zu können.

Nachträge.

1. Die im Original vorhandene Abbildung fehlt hier.

6. Baupläne für kleine zeitgemässe Kornhäuser

bringt Austin B. Hayes, Indianapolis Ind. im American elevator and grain trade.

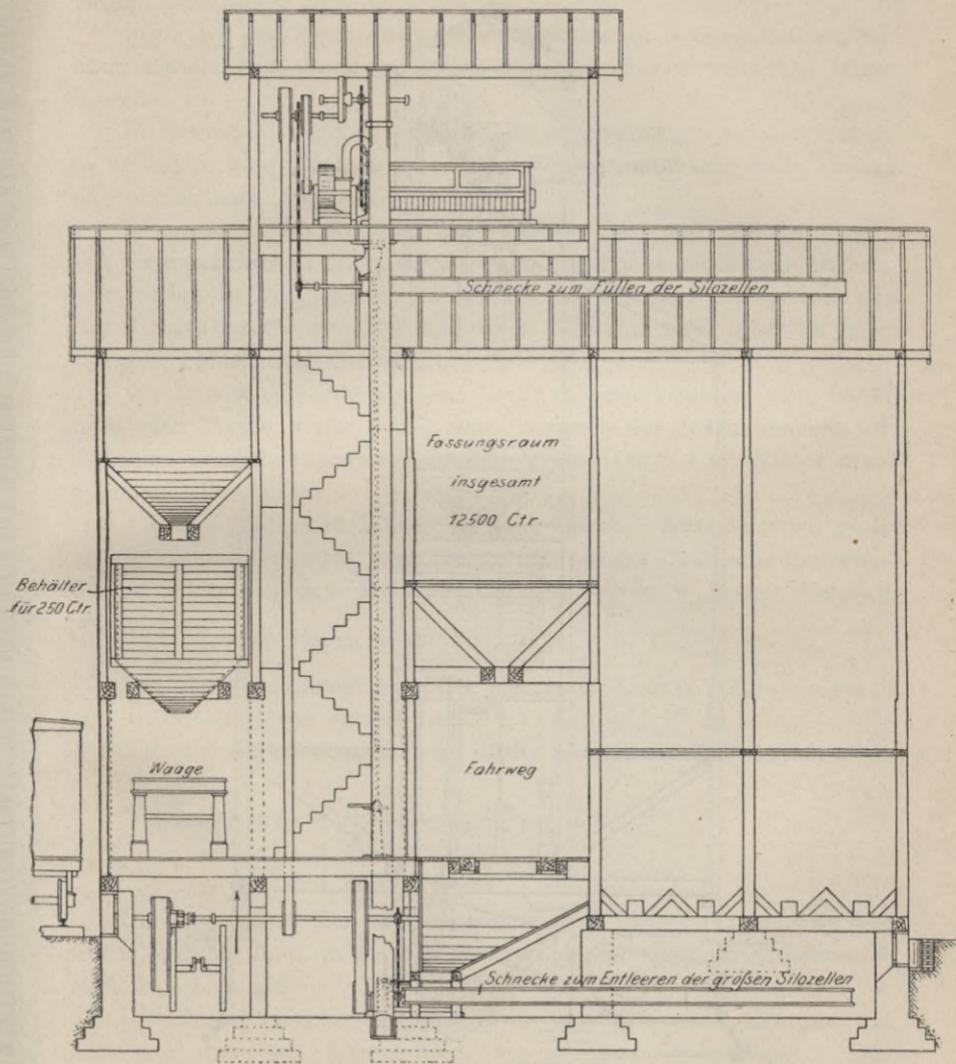
Die Amerikaner verfolgen mit grossem Eifer die Fortschritte in Europa und besonders in Deutschland, um daraus Nutzen zu ziehen. Es wird gut sein, wenn wir ihrem Beispiele in dieser Beziehung lebhafter als bisher folgen und die Fortschritte in Amerika nicht ausser acht lassen.

Eine Angelegenheit, in welcher dort mehr Erfahrungen vorliegen als bei uns, ist die Einrichtung von zweckmässigen Getreidespeichern. Denn diese spielen in Amerika eine weit grössere Rolle als hier.

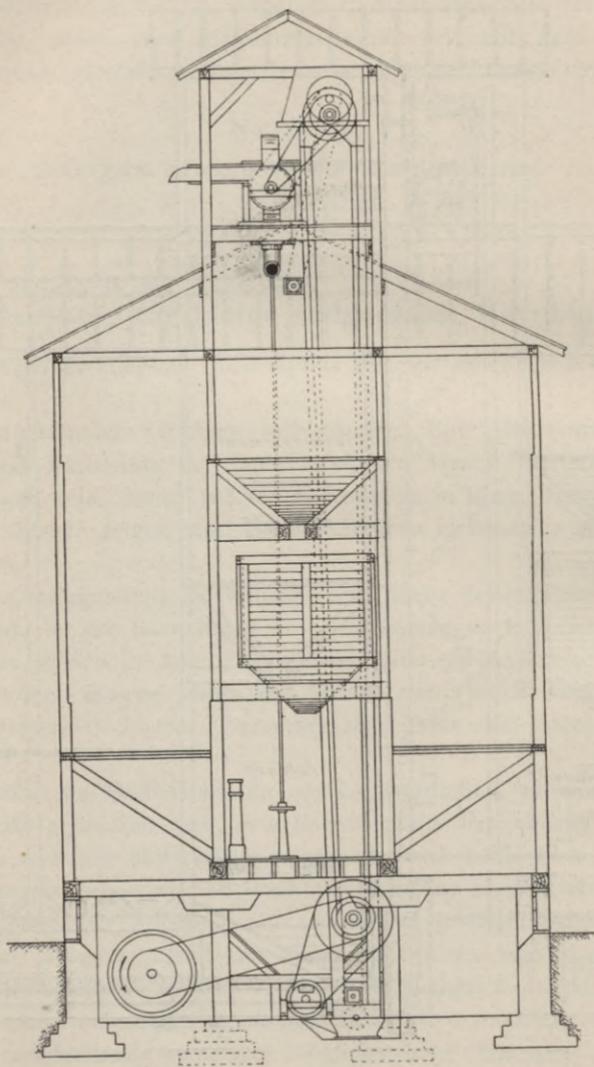
Wir wollen Hayes selber das Wort lassen, welcher sich in Nr. 6 des obengenannten Blattes (Dezember 1899, Seite 254) folgendermassen ausdrückt:

»Obwohl ein Becherwerk für ein Landstädtchen, auf dessen Markt mit Getreide gehandelt wird, eine ebenso nötige Einrichtung ist als die Schmiede und das Materialwarengeschäft, weil keine Gemeinde ohne diese bestehen kann, so sind doch Baupläne für kleine Getreidehäuser nicht so leicht zu erhalten, als solche für grössere Gebäude. Und doch muss die Hauptzahl der Kornhäuser klein sein und aus verschiedenen Gründen müssen die kleinen Gebäude sorgfältig gebaut werden. Denn erstens ist es zu manchen Zeiten mit Getreide überfüllt und es muss imstande sein, eine möglichst hohe Beanspruchung auszuhalten.

Ferner müssen die Hilfsmittel, das Korn innerhalb eines solchen Hauses zu bewegen, die besten sein, denn sonst würden die Kosten



Abbild. 1. Längsschnitt.



Abbild. 2. Querschnitt.

dieser Arbeit und was verloren geht, allen Verdienst bei dem geringen Nutzen aufzehren.«

Bevor wir die Beschreibung eines Kornhauses bringen, müssen wir noch einiges über die Umrechnung der englischen in metrische Masse bringen.

In Deutschland geben wir das Fassungsvermögen eines Speichers in Zentnern oder Tonnen an, während die Amerikaner es in Bushel, einem Hohlmass, angeben.

Wenn auch das Rechnen nach Bushel, Fuss und Zoll nicht mehr den fortgeschrittenen Zeitverhältnissen entspricht, so muss doch andererseits betont werden, dass es jedenfalls besser ist, das Fassungsvermögen durch Raummass anzugeben als durch Gewicht, weil dieses für jedes Getreide eine andere Grösse ist.

Die Änderung würde übrigens leicht zu bewerkstelligen sein, indem man statt Tonne 1 cbm (1 m^3) setzt, wodurch der Zusammenhang mit der alten Bezeichnungsweise bestehen bleibt. Denn 1 m^3 Wasser wiegt 1 Tonne oder 20 Ztr.

1 Bushel hat einen Inhalt von $36\frac{1}{8}$ Litern. Betrachten wir 70 kg als das Hektolitergewicht einer Gerste und als das Durchschnittsgewicht der verschiedenartigen Körnerfrüchte, so würde 1 Bushel Getreide $\frac{36\frac{1}{8} \times 70}{100} = 25\text{ kg}$ wiegen [vergl. Nachträge].

Bezüglich der Längenmasse ist zu bemerken, dass 1 Fuss = $0,304\text{ m}$ und 1 Zoll = $25\frac{1}{8}\text{ mm}$ entsprechen.

Für die vorliegenden Zwecke dürfte es gut sein, die Zahlen abzurunden.

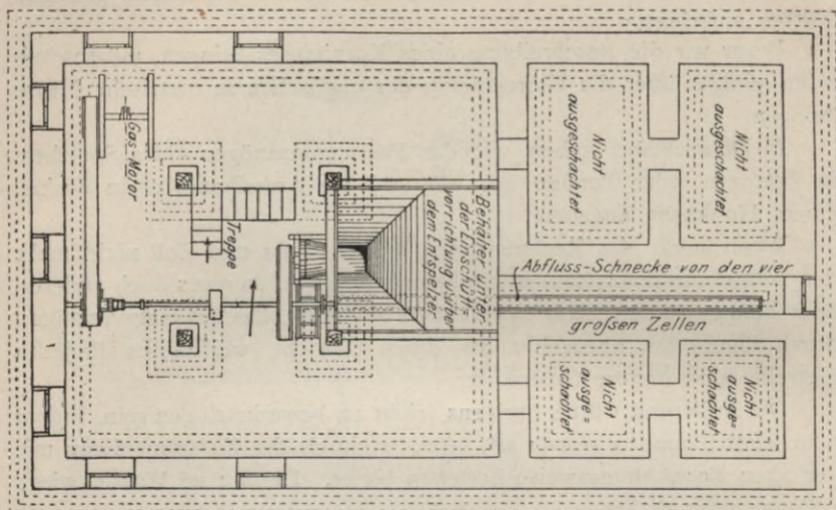
Wir setzen also: 1 Bushel = $25\text{ kg} = \frac{1}{2}\text{ Ztr.}$,

1 Fuss = $0,3\text{ m}$,

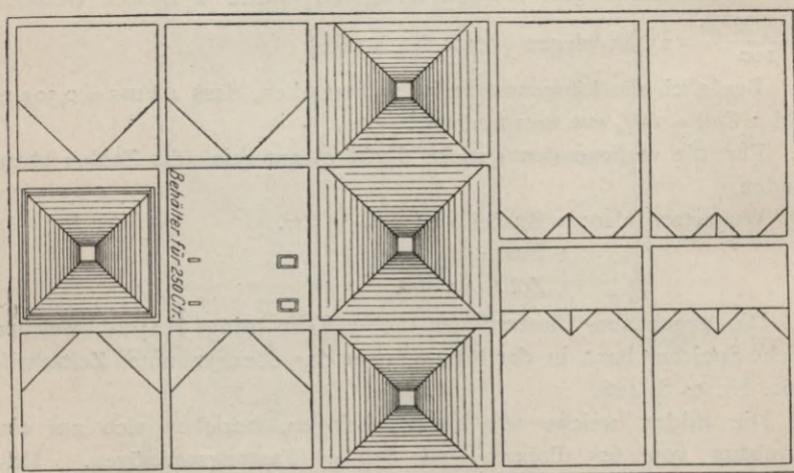
1 Zoll = 25 mm .

Die gegebenen Illustrationen nebst Text bringt Hayes, welcher solche Speicher baut, in der Märznummer der obengenannten Zeitschrift 1900, Nr. 9, S. 406.

Die Bilder, welche wir hiermit bringen, beziehen sich auf ein Kornhaus von $625\text{ Tonnen} = \text{rd. } 850\text{ m}^3$ Fassungsvermögen. Das Gebäude bedeckt $9 \times 15\text{ m}$ Bodenfläche und hat ein 3 m tiefes Fundament. Die Mauern sind 600 mm stark, mit $300 \times 300\text{ mm}$ Grundbalken, Pfosten und Trägern. Die Höhe vom Boden der Arbeitshalle



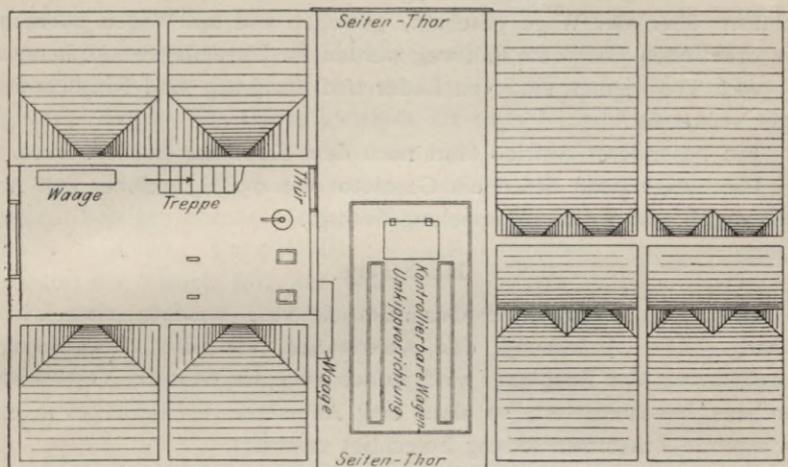
Abbild. 3. Grundriss.



Abbild. 4. Plan der Silozellen.

bis zum oberen Rande der Getreideschächte beträgt $9,6\text{ m}$; von hier sind $2,4\text{ m}$ bis zum Boden der Becherwerkskuppel, ferner 3 m bis zum Dach und schliesslich folgt noch 1 m Höhe für die Dachneigung.

Die Siloschächte sind aufgebaut aus Bohlen von $50 \times 200\text{ mm}$, $50 \times 150\text{ mm}$ und $50 \times 100\text{ mm}$ Stärke. Die Sparren über dem eigentlichen Gebäude haben $50 \times 200\text{ mm}$ und die über der Becherwerkskuppel befindlichen haben $50 \times 150\text{ mm}$ Stärke.



Abbild. 5. Plan der Silozellen.

Das Getreide wird aufgenommen durch eine kontrollierbare Wagen-Ausschüttungswage, welche von Love & Savage erbaut ist. Auf dieser wird gewogen und durch Umkippen in den darunter befindlichen Behälter entleert, welcher gross genug ist, 3 Wagenladungen aufzunehmen. Der Behälter befindet sich direkt über der Entspelzmaschine¹⁾ oder dem Entgraner.

Es ist ein Nr. 1 Western Getreideschäler¹⁾ von 500 Ztr. Leistungsfähigkeit²⁾.

1) Im Original steht »sheller«; was Schäler oder Schälmaschine heisst. Mit diesem Namen wird bei uns aber eine Maschine bezeichnet, die eine ganz andere Arbeit zu verrichten hat.

2) In 24 Stunden vermutlich. D., Ref.

Das entgrannte Getreide wird zu einem Nr. 1 Western Getreide-reiniger gehoben, gereinigt und auf die Schächte durch einen Drehkopf¹⁾ direkt verteilt oder durch eine Schnecke nach den vier grossen Behältern geführt.

Wenn das Getreide fortgeschafft werden soll, wird es von den grossen Zellen durch eine Schnecke aufgenommen, die sich in dem Gange unter den Zellen befindet, oder es wird aus den kleinen Zellen durch Rohre abgelassen, nochmals gehoben, nach dem 250 Ztr. fassenden Behälter über der Wage geschafft, gewogen und auf Wagen gebracht. Die drei Zellen über dem Fahrweg werden für Umschlagzwecke benutzt.

Alle Treibriemen sind von Leder und durchweg sind Ringschmier-lager verwendet.

Ein besonderer Antrieb führt nach dem Kopf des Becherwerkes.

Die nötige Kraft liefert ein Gasmotor von 25 PS., welcher den Antrieb durch eine Friktionskuppelung besorgt.

Nachträge.

Hier liegt zwar keine Originalarbeit vor, sondern eine Übersetzung. Die Auffassung des Amerikaners und die zweckmässige Durchführung des Bauplanes sind jedoch auch für deutsche Verhältnisse durchaus beachtenswert, so dass eine Aufnahme des Berichtes in die vorliegende Zusammenstellung berechtigt erscheint.

Aus den Vereinigten Staaten von Nordamerika ging dem Verfasser bezügl. der vorstehenden Abhandlung ein Schreiben zu, dem folgendes entnommen werden soll.

Unter einem »corn elevator« versteht man ein Lagerhaus für Mais; Getreidespeicher im allgemeinen werden »grain elevators« genannt.

Das in den Vereinigten Staaten gesetzliche Bushel ist das Winchesterbushel = 2150,42 cubic inches = 35,24 Liter.

Obgleich nun das Bushel ein Hohlmass und ursprünglich jedenfalls als solches für Getreide benutzt worden ist, so versteht man doch, wenn man von Bushel spricht, eine bestimmte Gewichtsmenge — die

1) Die entsprechende Einrichtung heisst bei uns Drehteller und ist anders ein-gerichtet. Der Zulauf des Getreides von diesem Drehkopf nach irgend einer Stelle hin wird aber sonst ebenso geregelt wie bei uns, was man deutlich an dem Hebel nebst Drehscheibe erkennt, welche zum Teil punktiert im Längs- und Querschnitt und im Plan der Arbeitshalle eingezeichnet ist. D. Ref.

allerdings in einzelnen Staaten und für verschiedene Getreidesorten variiert.

So ist ein Bushel Gerste in Californien gleich 50 *lbs* (engl. Pfund = 0,454 *kg*), in Washington 45 *lbs* und in Louisiana gar nur 32 *lbs*.

Ein Bushel Maiskörner ist in Neuyork gleich 58 *lbs*, in Californien 52 *lbs*, sonst überall 56 *lbs*.

Ein Bushel Hafer schwankt zwischen 30 und 36 *lbs*, ein Bushel Weizen ist überall gleich 60 *lbs* mit Ausnahme von Connecticut, wo es 56 *lbs* ist.

Ein Bushel Kartoffeln ist durchgehend gleich 60 *lbs*.

In Illinois ist ein Bushel Maiskolben (*ear corn*) von der Erntezeit bis zum Schluss des Jahres gleich 80 *lbs* nach Neujahr aber nur mehr 70 *lbs*.

Ein »sheller« ist eine Maschine, welche die Maiskörner von der inneren holzigen Spindel (*cob*) ablöst und von dieser die abgelösten Körner separiert. *Corn sheller*: — »one who, or a machine which separates the kernels from the cob« —

Betrieben werden die in Frage stehenden »elevators« durch Gasoline-Maschinen, da dieselben rasch in Betrieb gesetzt werden können und keiner besonderen Wartung bedürfen.

III.

Über Getreidetrockner.

7. Das Trocknen von Rohfrucht.

(Mit Abbildungen.)

Der Landmann legt Wert darauf, dass sein Getreide möglichst trocken vom Felde in die Scheune eingefahren wird. Feuchtes Getreide drischt sich schwerer aus, wird missfarbig, schimmelt leicht, verliert seine Keimkraft oder geht gar in Flammen auf, wie es einige Male in Frankreich geschehen ist. Thausing sagt¹⁾: »Welche bösen Folgen es haben kann, wenn die Gerste schlecht getrocknet eingefahren wird, hatten die Brauer im nördlichen Österreich und in Norddeutschland im Jahre 1883 zu beobachten Gelegenheit.

Scheinbar ganz gesunde Gerste wurde im Herbst des genannten Jahres auf den Markt gebracht, und sehr oft keimten 20, 30 und mehr Prozente auf der Tenne nicht. Ich habe eine äusserlich tadellose Gerste im September auf der Tenne gesehen, von der 70, sage siebzig Prozent, nicht keimten!

Nur zu oft beeilen sich die Landwirte bei unsicherer Witterung allzusehr mit dem Einerten der Gerste, das Stroh ist noch feucht, oft ist noch Klee oder Unkraut beigemengt und die Körner sind noch weich. In den Tristen oder Scheunen erwärmt sich dann die Gerste, und ein guter Prozentsatz verliert rasch seine Keimfähigkeit. Eine solche Gerste muss nicht gerade dumpfig riechen, und doch keimt sie schlecht. Besser ist es, der Landwirt riskiert etwas »Auswuchs«, als er fährt die Gerste feucht ein. Nordeuropa hat leider nur zu oft ungünstiges Gerste-Erntewetter, das die besten Ernteaussichten vernichtet.«

1) Malzbereitung und Bierfabrikation, S. 149, Anmerkung.

Auch in diesem Jahre liefen aus vielen Gegenden schlechte Nachrichten über das letzte Erntewetter und die mangelhafte Beschaffenheit der 1894er Ernte ein.

Ferner hatten die für das Braugewerbe so wichtigen Gerstenanbauversuche der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei¹⁾ infolge des schlechten Erntewetters ein für die Braugersten ungünstiges Endergebnis, obgleich die Gersten, bei einer Witterung, welche für das Wachstum derselben nicht ungünstig war, sich normal entwickelt und befriedigende Erträge geliefert hatten.

Nirgends aber haben die Landwirte wohl mehr unter der Ungunst der Witterung zu leiden, als in den russischen Ostseeprovinzen, wo die ausserordentliche Anzahl von Seen, Sümpfen und Morästen ein hervorragend feuchtes Klima erzeugt. Nicht nur tage-, sondern wochenlang tröpfelt es ohne Unterlass, ohne dass es zu einem kräftigen Niederschlage und damit zu einer wirklichen Aufheiterung kommt.

Alle Ackerfelder sind von Gräben durchschnitten, um das Wasser abzuziehen; alle Wege sind erhöhte Dämme. Die Ufer der Seen verlieren sich meist in niedriges, sumpfiges Erdreich.

In diesen feuchten Gegenden, wo ausserdem die Reife des Sommergetreides mit der Regenzeit zusammenfällt, hier, wo fast jede zweite Ernte hoffnungslos verloren gegeben werden musste, hatte sich endlich der menschliche Geist aufgerafft, dem Himmel wenigstens einen Teil dessen abzuringen, was er dem Menschen missgönnte.

Schon die Ureinwohner von Estland, Livland und Kurland trockneten ihr Getreide in den sogenannten Rauchstuben. Die späteren Gebäude, welche scheunenartig, oft in sehr grossem Massstabe angelegt und Riegen genannt wurden, dienten dazu, das Getreide zu trocknen, zu dreschen, zu reinigen und aufzubewahren. Sie haben sich in ihrer primitiven Form noch bis heute in manchen Gegenden erhalten²⁾ und sind nur teilweise durch bessere Einrichtungen verdrängt worden.

Die alten Riegen bestehen im wesentlichen aus einer grossen Scheune, welche mit drei ins Freie führenden, sehr niedrigen Türen

1) Bericht von Dr. von Eckenbrecher. Wochenschrift für Brauerei, XII, Nr. 8, S. 167, 168.

2) Man vergl. z. B. Wochenschrift für Brauerei, XII, Nr. 2. Bericht des Braumeisters W. B. in St. M., Finnland.

versehen ist. In der Mitte der Scheune befindet sich ein Gerüst, welches höher liegt als der obere Rand der Türen, und auf welchem das Getreide aufgeschichtet liegt. Durch einen Ofen ohne Schornstein wird der Raum erwärmt und das Getreidestroh im Rauche getrocknet. Der Trocknungsprozess geht dabei so vor sich, dass die heissen Feuerungsgase am Getreidestroh in die Höhe steigen, sich mit Feuchtigkeit sättigen, dadurch abgekühlt werden, herniedersinken und durch die niedrigen Türen ins Freie entweichen.

Bei dieser Art des Trocknens nimmt das Getreide und besonders das Stroh Rauchteile an. Auch das aus solchem Getreide bereitete Brot erhält einen eigentümlichen Rauchgeschmack, der besonders stark hervortritt, wenn die Riegenöfen mit Torf geheizt werden. Für die Einwohner ist dieser Geschmack des Brotes keineswegs störend, weil sie daran gewöhnt sind; sie sehen in dem Räuchern sogar einen Vorzug, weil die Rauchbestandteile des Getreides den Wurmfrass verhindern. Wichtig ist, dass das Korn sich leichter ausdreschen lässt.

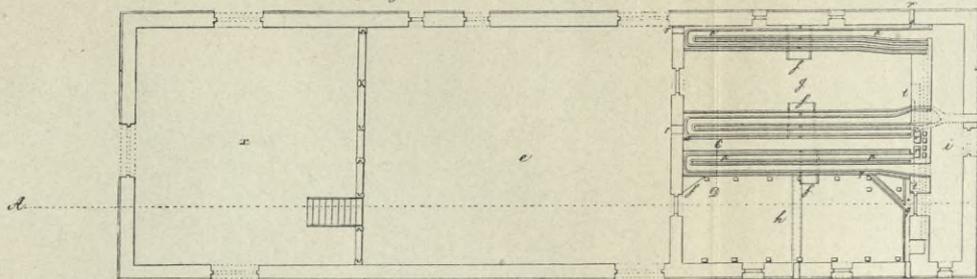
Für den Versand ist dieses Getreide allerdings wenig geeignet und soll im Auslande nur für Brenneizwecke gebraucht worden sein.

Die Fehler, welche man von alters her dem Darren in den Riegen vorwirft, sind mannigfach und schwerwiegend. Der Rauchgeschmack des Getreides und des daraus gebackenen Brotes lässt sich noch innerhalb erträglicher Grenzen halten. Gibt es doch unter den Einwohnern jener Gegenden Leute, welche dieses Brot dem aus reinschmeckendem Getreide vorziehen. Die Gerste würde im ungünstigsten Falle ein Bier liefern, welches mit dem bekannten Grätzer Ähnlichkeit hat und einem grossen Teil der Biertrinker gefällt. In diesen Fällen liesse sich leicht aus der Not eine Tugend machen.

Auch die grossen ökonomischen Verluste, welche die Landwirte früher dadurch erlitten, dass ihr Getreide, nachdem es durch den Trockenprozess 20, 25 und mehr Prozent Wasser verloren hatte, im Auslande ebenso und oft noch billiger berechnet wurde als jedes andere auf dem Felde getrocknete Getreide, werden jetzt wohl durch Berücksichtigung des Wassergehaltes nicht mehr in dem Masse wie früher stattfinden.

Wichtig ist der Umstand, dass bei der ursprünglichen Anordnung das Trocknen des Getreides äusserst langsam vor sich geht, mitunter eine Woche dauert und eine grosse Menge Feuerungsmaterial verbraucht

Fig. 1 Grundriß der 1847 umgebauten Riege.



Plan einer Riege auf dem Gute Munnalas

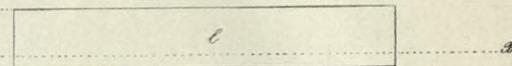


Fig. 2 Längendurchschnitt der 1847 umgebauten Riege in der Linie A. B.

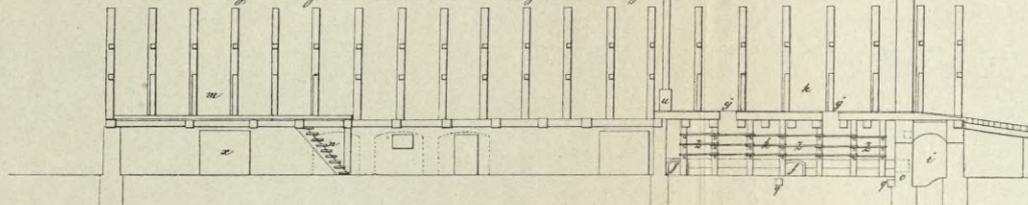


Fig. 3 Grundriß der 1795 erbauten Riege!

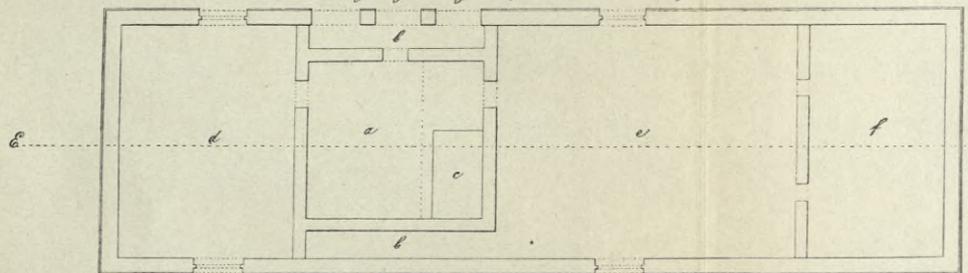


Fig. 5 Durchschnitt des Ofens, Fig. 2, hi in der Linie C. D. in 12 facher Vergrößerung.

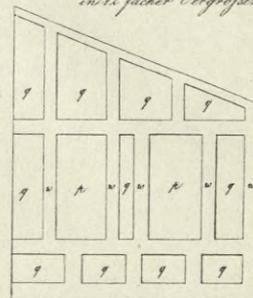
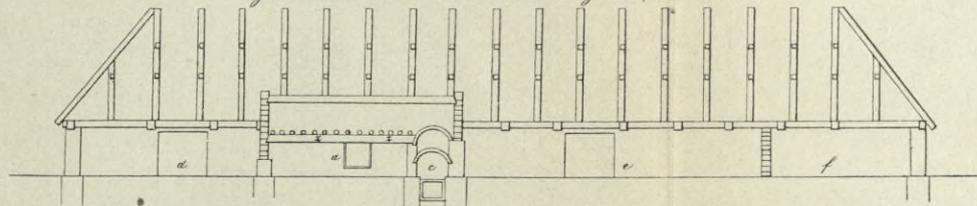


Fig. 4 Durchschnitt der 1795 erbauten Riege in der Linie E. F.



Erklärung der Buchstaben:
 Die Buchstaben haben in allen fünf Figuren gleiche Bedeutung.
 a. alte Riegenstube;
 b. Räume zu beiden Seiten derselben;
 c. Ofen in der alten Riege;
 d. Engflurkammer;
 e. Rauchkammer;
 f. Kaff. Behälter;
 g. h. Neue Riegenstube;
 i. Kaffraum;
 k. Räume für das zu trocknende Getreide;
 l. Arbeit zu demselben;
 m. Kaff. Boden;
 n. Trappe zu demselben;
 o. Giebelöffnung;
 p. Feuerzüge;
 q. Luftzüge, die durch die Fächer mit der äußeren Luft, und durch f mit der Riegenstube in Verbindung stehen;
 r. Kündung der Dampfzüge in der Riegenstube;
 s. Dampfbohrer aus Holz;
 t. Dampfbohrer im Schieferstein;
 u. Wände der Feuerzüge;
 v. Windkammer;
 w. Lücken;
 z. Horden, auf denen das Getreide im Kalte trocknet.



Der Maßstab engl. für Fig. 1 bis 4, und Zoll engl. für Fig. 5

Plan I. Das Trocknen von Rohfrucht.

wird. Dabei ist die Feuersgefahr eine sehr grosse; denn es lässt sich nicht vermeiden, dass Funken in die mit Getreide gefüllte Stube gelangen.

Der jährliche Verlust durch Abbrennen ist ganz bedeutend und würde noch grösser sein, wenn nicht die Bauern mit der Behandlung dieser Riegen durch Überlieferung von Geschlecht zu Geschlecht sehr vertraut geworden wären.

Ein weiterer Fehler der alten Riegen besteht darin, dass die glühend heissen Dämpfe des Ofens zum Teil mit Feuchtigkeit gesättigt, unter das Dach steigen und in kurzer Zeit jedes Baumaterial zerstören. Man hat versucht sich dadurch zu helfen, dass man unter dem Dache Abzüge anbrachte. Hierbei ging jedoch nicht die Feuchtigkeit heraus, sondern die heissen Gase des Ofens verliessen den Darrraum, ohne ihre Schuldigkeit getan zu haben.

Trotzdem also das Darren des Getreides eine bedeutende Last für die Landwirtschaft war und jährlich den Aufwand grosser Summen erforderte, trotz aller Gefahren, welche dasselbe mit sich brachte, blieb nichts anderes übrig, als das Getreide weiter in den althergebrachten Riegen zu trocknen, statt es auf dem Felde verderben zu lassen. Die Verbesserungsvorschläge, welche gemacht wurden, waren Legion, und das Interesse, mit welchem dieselben verfolgt wurden, zeigte am besten die Wichtigkeit dieses Gegenstandes für die baltischen Provinzen.

Unter den vielen verschiedenartigen Systemen von Trockenhäusern, welche im Laufe der Zeit entstanden, seien nur zwei näher beschrieben, welche als die hervorragendsten Typen gelten können.

Riege auf dem Gute Munalas in Estland.

Im Jahre 1795 wurde hier nach einer einfachen, weit verbreiteten Art, wie sie in jeder beliebigen Scheune angewendet werden kann, eine Riege erbaut, welche in späteren Jahren den Anforderungen nicht mehr entsprach. Sie wurde im Jahre 1847 von Dr. C. von Hueck nach einem von ihm erdachten System der Luftheizung, wie es ähnlich bei unseren Darren angewendet wird, umgebaut.

In Plan I gibt Abbild. 3 den Grundriss der alten Riege und Abbild. 4 den Durchschnitt nach der Linie *EF*. Die Buchstaben bedeuten in allen Zeichnungen gleiche Teile. Die alte Riege hatte eine Darrstube *a*, die mit ihren Mauern und den beiden fast unbrauchbaren

Räumen *bb* 1700 Quadratfuss enthielt. Die Darrstube selbst hatte nur 900 Quadratfuss und, bei 13 Fuss Höhe, 11 700 Kubikfuss Rauminhalt. Der Raum *c* vor, neben und über dem Ofen — 250 Quadratfuss und 3250 Kubikfuss — konnte nicht zum Ausbreiten von Getreide benutzt werden, so dass nur 650 Quadratfuss übrig blieben, über denen 800 Bund Getreide auf dem Trockengerüste, also kaum 6 Fuss hoch und in 3900 Kubikfuss Rauminhalt aufgehäuft werden. Diese nach alter Art eingerichtete Riege sollte von Dr. C. von Hueck mit möglichst geringer Arbeit, und namentlich ohne das Dach abzunehmen und die Mauern zu erhöhen, im Sommer 1847 umgebaut werden. (Vergl. Abbild. 1, 2 des Planes I.)

Die frühere warme, aus Balken erbaute Stube *a* nebst Ofen wurde niedergerissen und Streckbalken, wo solche sich als nötig erwiesen, eingezogen. Durch die Entfernung der warmen Stube konnten die wenig zu benutzenden Räume *bb* zwischen derselben und den äusseren Mauern mit der Dreschtemne verbunden und diese etwas vergrössert werden. Die Kaffkammer der alten Riege *f* wurde durch Hinzufügen eines Stückes der alten Tenne vergrössert. Hier brachte von Hueck einen überwölbten Raum *i* für die Feuerungen an und an diesem zwei Darrstuben *g* und *h*, die zusammen die Breite der ganzen Riege haben und, weil das Gebäude nicht erhöht, das Dach nicht abgenommen werden sollte, nicht höher als die Tenne, also $9\frac{1}{2}$ Fuss hoch sind. Es wäre zweckmässiger, wo es sich machen lässt, diesen Stuben eine grössere Höhe zu geben. Der grosse Raum unter dem Dache erhielt, um ihn bequem benutzen zu können, Giebel mit Fenster und Türen. Da wo beide Riegen und der Heizraum zusammenstossen, ist ein Schornstein, in den die Feuerzüge und ein Teil der Dampfabzüge münden. Die zwei neuen Darrstuben *g* und *h* enthalten zusammen mit dem überwölbten Heizraum *i* und den Umfassungsmauern 2484 Quadratfuss, jede Stube 800 Quadratfuss Flächeninhalt, und bei $9\frac{1}{2}$ Fuss Höhe 7600 Kubikfuss Rauminhalt. — Da auch in dieser niedrigen Stube das Getreide 6 Fuss hoch über dem untersten Trockengerüste liegt, so können 4800 Kubikfuss zum Aufschichten des Getreides benutzt werden. In jede Darrstube gehen bequem 800 Bund Getreide (an 5 Kubikfaden). Die Dreschtemne hat nach dem Umbau 2348 Quadratfuss. — Als Vorräuge dient der mit Brettern gedielte Dachraum *k* über den beiden warmen Stuben, mit 2484 Quadratfuss Flächeninhalt, zu dem auf der Auf-

fahrt *l* das Getreide angefahren und von dem dasselbe durch vier Luken *y* in die warmen Stuben geworfen wird.

Die Feuerung der Öfen ist in *o*; die Heizröhren *p*; die Luftröhren *q*, in die kalte Luft durch die Röhren *r* gelangt, die, nachdem sie sich an den Heizröhren *p* erwärmt hat, bei *s* als erhitzte Luft in die Riegen strömt, über das zu trocknende Getreide streicht und durch *t* entweicht. — In der Darrstube *g* strömt von beiden Enden des Ofens durch die Röhren *r* die zu erwärmende Luft in den Ofen, kommt bei *s* in die Stube, verteilt sich in dieser nach beiden Seiten hin und entweicht sowohl durch den hölzernen Dampfschornstein *u* als auch durch die Dampfrohren *v* im Schornsteine.

Die Darrstube *h* wurde versuchshalber zuerst etwas anders eingerichtet. Da sie aber nicht so wie *g* funktionierte, wurde sie wie diese umgeändert.

Die Vorzüge der Luftheizung zum Darren des Getreides im Halm im Vergleich zu den alten landesüblichen Riegen sind, nach den Erfahrungen und Beobachtungen, die Dr. von Hueck gemacht hat:

a) »In dieser Riege wird das Getreide, wie feucht es auch in die Darre kommt, nicht erst noch feuchter oder nass (es schwitzt nicht), ehe es zu trocknen beginnt, sondern im Luftstrome mit jedem Augenblicke trockner.«

Bei den alten Riegen nahmen die heißen Ofengase die Feuchtigkeit an einzelnen Stellen des Getreides fort, sättigten sich und die mitgeführte heiße Luft damit und gaben, sobald sie an kühlere Stellen kamen, an diese die Feuchtigkeit wieder ab, so dass nach längerem Trocknen das Getreide in einzelnen Teilen noch feuchter war als am Anfange. Dieser Übelstand wurde noch wesentlich dadurch vermehrt, dass alle Brennstoffe mehr oder weniger Wasser enthalten, ferner nach Massgabe des im Brennmaterial vorhandenen Wasserstoffes bei der Verbrennung Wasser bilden und die mitgerissene Luft, besonders in der ersten Zeit, vollständig mit Wasserdämpfen sättigen. In Berührung mit den kühlen Stellen des Getreides schlagen sie sich nieder und bilden Tropfen auf demselben, wodurch das sogenannte Schwitzen des Getreides hervorgebracht wird.¹⁾

1) Das Schwitzen durch den Atmungsprozess ist ebenfalls hinzuzurechnen. (D. Ref.)

b) »Das Getreide verliert in dieser Riege durch das Darren nie seine Keimkraft.«

Baron von Stackelberg¹⁾ stellte für die alten Riegen mit direkter Feuerung fest, dass zum Dörren des Getreides nicht höhere Wärmegrade als 28—32° R. angewendet werden dürfen, weil dadurch das Getreide seine Keimkraft verliere. Nach v. Hueck gilt dies nur für die alten Riegen, in denen das Getreidestroh vor dem Trocknen stark schwitzt. Nach seiner Methode getrocknet, haben alle Körner normal gekeimt, auch wenn sie tagelang einem heissen Luftstrom von 80° R. ausgesetzt waren.

Dr. Meyen²⁾ hat gefunden, dass die Keimkraft des Getreides vernichtet wird:

- in Wasser bei 40° R.,
- in Wasserdampf bei 49—50° R.,
- in trockner Luft bei 60° R.

Braumeister W. B. in St. M. Finnland gibt an³⁾, dass Gerste bis auf 70° R. getrocknet werden kann, ohne dass ungünstige Veränderungen eintreten. Vorausgesetzt ist eine sehr langsame Temperatursteigerung.

Nebenbei sei hier noch erwähnt, dass in der Brauerei Weihestephan⁴⁾ bei einer Versuchsreihe die Keimkraft der Gerste am grössten bei einer vorher zwischen 40—50° C. angestellten künstlichen Trocknung gefunden wurde.

c) »Zum Heizen des Ofens kann jedes Heizmaterial, selbst ganz feuchtes, verwandt werden.«

d) »Das Getreide kommt garnicht in Rauch oder Ofenqualm. Das Futter ist für das Vieh viel schmackhafter als das von im Rauch gedarrten Getreide.«

e) »Da das Getreide in dieser Darre garnicht schwitzt, sondern mit jedem Augenblick trockner wird, so lässt es sich nach jeder beliebigen Zeit besser ausdreschen als vor dem Darren.

g) »Da die Feuerungsgase nicht direkt mit dem Getreide in Berührung kommen, so ist die Feuersgefahr weit geringer als bei den alten Riegen.«

1) Livl. Jahrbücher 1841, S. 234.

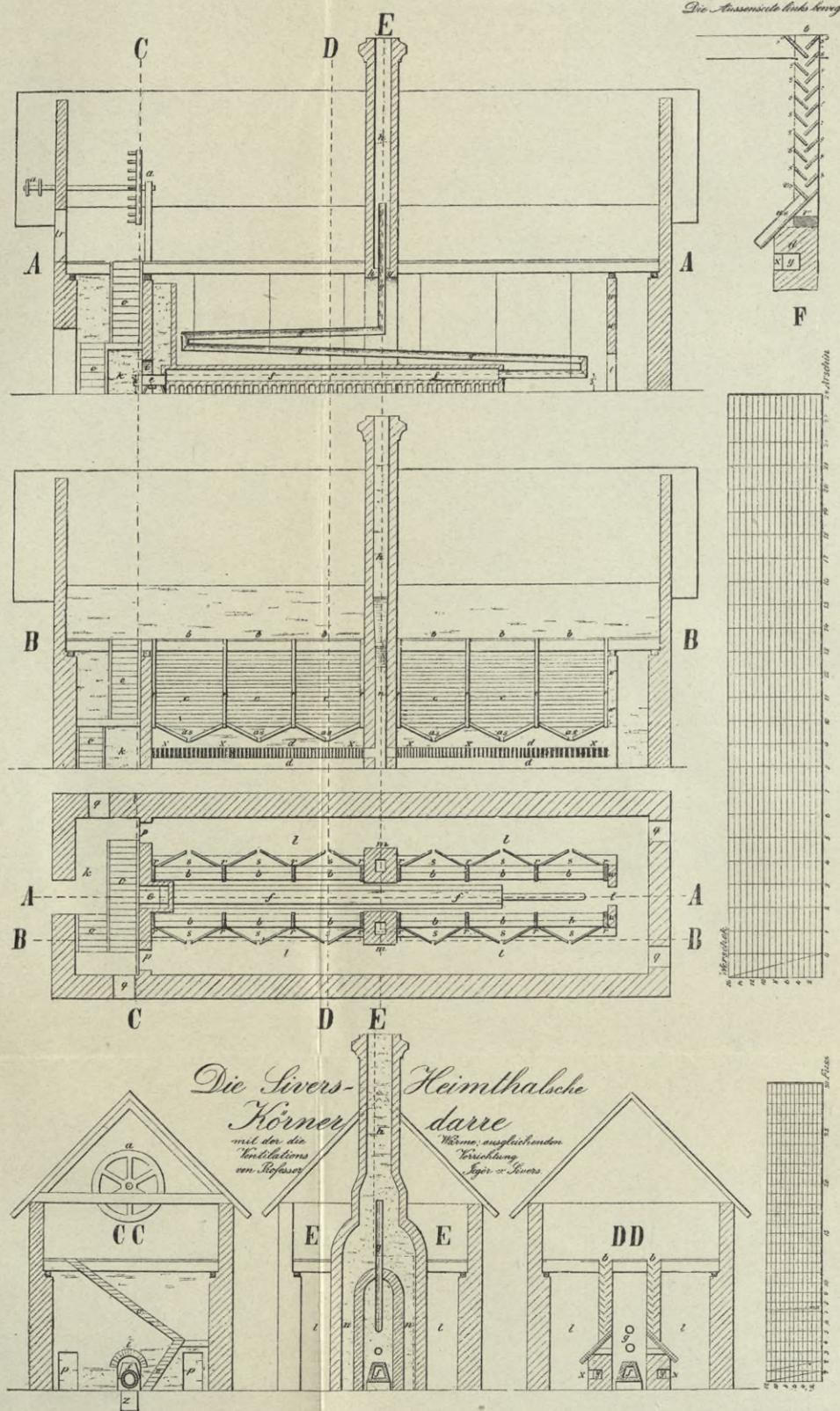
2) Livl. Jahrbücher 1844, S. 237.

3) Wochenschrift für Brauerei XII, Jahrgang Nr. 2, S. 22.

4) Zeitschrift f. d. ges. Brauwesen 1884, Nr. 7.



Construction der Schüttbeller
Die Aussenseite links beweglich.



Plan II. Das Trocknen von Rohfrucht.

i) »Diese Darre kann, weil sie ohne Rauch ist, zum Trocknen jedes Gegenstandes, z. B.: Malz, Leinsaat, Hopfen, Waldsämereien verwandt werden.«

Die Sivers-Heimthalsche Körnerdarre.

Die grossen Kosten an Feuerung und die grossen Räumlichkeiten, welche das Darren des Getreides im Halm erforderte, richteten das Bestreben der Landwirte in den russischen Ostseeprovinzen darauf, das Getreide zuerst zu dreschen und dann das Korn zu trocknen. Dieses Bestreben wurde unterstützt durch die Einführung von Dreschmaschinen, welche mit der Zeit immer besser funktionierten und auch sehr feuchtes Getreide gut verdroschen. Unter den Landwirten war besonders Hermann von Sivers mit der alten Darreinrichtung höchst unzufrieden, weil nur verhältnismässig wenig Korn darauf getrocknet werden konnte. Eine grössere Darre einzurichten, welche seinen Ansprüchen besser genügte, hätte viel Baumaterial gekostet, der Verbrauch an Brennstoff wäre sehr gross geworden und das lästige Umrühren des Kornes in der Hitze wäre geblieben.

Nach vielem Nachdenken hatte von Sivers einen glücklichen Einfall, indem er auf eine eigentümliche Konstruktion der Darre verfiel, welche nach der Ausführung auch wirklich seinen Ansprüchen genügte und seitdem in den baltischen Provinzen und im Innern des russischen Reiches sehr in Gebrauch gekommen ist.

Im folgenden sei die Darre mit den von Professor Jégor von Sivers, dem Bruder des Erfinders der Darre, angebrachten Verbesserungen beschrieben und in Plan II dargestellt.

In einem Zimmerraum von 50 Fuss Länge, 16 Fuss Breite und 12 Fuss Höhe, an dessen einem Ende sich ein 6 Fuss breiter Vorraum mit Treppenaufgang auf die obere Schüttdiele befindet, ist die Darre folgendermassen eingerichtet: Inmitten der Wand zwischen den Türen $p p$ (siehe Grundriss), welche Vorraum und Darre voneinander trennen, ist (siehe Querschnitt $C C$) unmittelbar über der Diele eine 2 Fuss breite und $3\frac{1}{2}$ Fuss hohe überwölbte Maueröffnung i angebracht, in welcher ein kleiner zylindrischer Ofen e (siehe Grundriss) von Gusseisen oder feuerfesten Ziegelsteinen so gesetzt ist, dass behufs Luftzutritt eine bogenförmige Öffnung von 4 Quadratfuss Querschnitt den Ofen oben und zu beiden Seiten von dem Gewölbe trennt. z in $C C$ bedeutet den

Aschenfall. Die Ofenhitze geht mit dem Rauch aus dem Hinterteile des Ofens e durch einen vertikalen Rost in das die Diele entlang geführte Steinrohr ff , welches letzteres seinen Inhalt durch ein eisblechernes, zweifach gebrochenes Rohr $gggg$ dem Schornstein h übergibt. Zu beiden Seiten dieser Feuerröhren stehen jene eigentümlichen Siversschen Schüttbretter $cccc$, $cccc$. Sie sind in zwei Reihen senkrechter Gerüste angebracht, haben oben glatt gehobelte Flächen, sind gegeneinander geneigt (meist im rechten Winkel) und greifen mit dem unteren Rande in der Weise übereinander, dass sie einen Durchlass von $1-1\frac{1}{2}$ Zoll freigeben.

Die Detailzeichnung F oben rechts im Plane II zeigt einen Vertikalschnitt durch die Mitte eines Brettersystems. Von der Schüttdiele aus wird das Getreide in die Spalten bbb , bbb gegossen, fließt die Schüttbretter hinab bis vs (Abbild. F) und bildet zu beiden Seiten der Feuerröhren zwei Kornwände, welche in Zickzackform von vs bis auf die obere Schüttdiele reichen. Die etwa zolldicken Schüttbretter sind in dreizöllige, 12 Zoll breite senkrechte Planken $rrrr$, $rrrr$ eingelassen, deren untere Enden auf einem hohlen Ziegelfundamente dd stehen und deren obere Enden mit der Decke in geeigneter Weise fest verbunden und in ihren Zusammenfügungen bestens gedichtet sind. Die Bretter, welche vom Heizraum abgewendet liegen (also $s's'$ usw. Abbild. F), sind beweglich angebracht, um die Schüttspalten enger oder weiter zu stellen.

Diese beiden Schüttbrettersysteme sind an den der Ofenwand zugekehrten Wangenstücken mit der Wand fest verbunden, am entgegengesetzten Ende aber, 3 Fuss von der Aussenwand abschliessend, durch eine schmale Querwand ww , welche natürlich auch durch ein geeignetes Schüttbrettersystem ersetzt werden kann, miteinander vereinigt.

Das oberste Paar der Bretter $s^o s^o$ in Abbild. F , bei jedem der vorhandenen Schüttbrettersysteme, reicht durch Gips und Sandlage hindurch und ist an seinem Oberrande, dem Niveau der Schüttdiele, welche den Bodenraum über der Darre deckt, völlig ausgeglichen und auf das engste verbunden. Zwischen diesen im rechten oder stumpfen Winkel zueinander geneigten obersten Brettern bleibt, wie schon angeführt, bei bbb , bbb eine spalttrichterartige Öffnung frei, welche das zu dörrende Getreide aufzunehmen und hinunter zu befördern bestimmt ist.

Das von der Dreschmaschine herangefahrene, mittelst einer Winde *a* unter einem Obdach am Giebelende der Aussenwand hinaufgewundene Getreide wird durch eine Tür *tr* auf den gedielten Bodenraum gehoben und bei *b b b*, *b b b* in die Schüttspalte gegossen. Diese Spalte muss mit einem starken Haufen bedeckt werden, weil das Getreide während der Feuchtigkeitsentziehung zusammensintert und die oberen Bretter freimachen könnte. Die heisse Luft würde dann nicht aus dem inneren heissen Raum in die Räume *ll* durch das auf den Brettern liegende Getreide gehen, sondern einfach durch *b b* hindurch unter das Dach entweichen. Die Schüttbrettsysteme hatte v. Sivers anfänglich bis auf den Fussboden gehen lassen. Als sich aber zeigte, dass die aus dem heissen Mittelraume durch das Getreide nach *ll* hindurchgehende heisse Luft mehr in den oberen Teilen hindurchtrat, hier dem Getreide Feuchtigkeit entzog, dadurch abgekühlt wurde und sich in den Räumen *ll* am Boden ansammelte, so dass die unteren Teile der Getreidewände nicht getrocknet wurden, legte Friedrich von Sivers unter die Schüttbrettsysteme Fundamente von 4 Fuss Höhe (Abbild. *B B* und *D D*). Diese Fundamente enthielten die liegenden Dampfschornsteine *y* (Abbild. *D D*), in welche die mit Wasserdampf gesättigte Luft durch die Spalten *x x x x x* trat und aus welchen sie in den durch die Heizung erwärmten Vertikalschornstein *h* gehoben wurde. Trotz dieser Einrichtung und trotzdem das Getreidequantum in den oberen Schichten der Schüttbretter durch steilere Stellung derselben vermehrt wurde¹⁾, trocknete es oben doch schneller als unten. Schliesslich fand Jégor von Sivers ein einfaches Mittel, diesen bedeutendsten Fehler der Darre zu beseitigen. Mittels eines Mantels, der an der Vorderwand der Darre innen angelehnt war (Abbild. *A A*), $1\frac{1}{2}$ Fuss unterhalb der Decke mündete, 4 Quadratfuss Profil und Mündungsweite hatte, wurde die über und neben dem Ofen *e* einströmende kalte Luft aufgefangen. Die steigende heisse Luftsäule im Schornstein von 4 Quadratfuss Profil und $37\frac{1}{2}$ Fuss Höhe²⁾ (gemessen von der Mündung des Darrschornsteins bis an die Stelle hinab, wo das heisse Luft führende Blechrohr durch das Gewölbe bei *h g* in

1) Es konnte auf diese Weise die doppelte Getreidemenge aufgeschüttet werden.

2) Der Schornstein war nachträglich $14\frac{1}{2}$ Fuss höher gemacht worden, als er auf dem Plane gezeichnet ist.

Abbild. *AA* in den gemauerten Schornstein *h* frei eintritt) pumpte die nur $7\frac{3}{4}$ Fuss hohe kalte Luftsäule im Mantel hinauf in die oberste, durch ihre hohe Lage am stärksten erhitzte Luftschicht des Darr- raumes; kalte und warme Luft wurden sofort an der Decke gehörig vermischt und der ganze Darrraum war von gleichmässiger Temperatur. Das Getreide dörnte gleich rasch in allen Höhenlagen.

Während des Trocknens kann sämtliches auf den Gerüsten be- findliche Korn dadurch umgerührt werden, dass man von den untersten Brettern einige Zoll von der Kornschicht entfernt; sogleich gleitet die ganze Kornwand um dieselbe Höhe herab, wodurch eine vollständige Mischung erreicht wird, indem die der Hitze zugewendeten Körner ab- gewendet werden und umgekehrt. Das unten abgenommene Korn kann oben wieder aufgeschüttet werden. Die ganze Arbeit während des Darrens beschränkt sich auf das Heizen des kleinen eisernen Ofens, das Rühren auf den untersten Brettern und dieses ist durch einmaliges Hinüberfahren mit der Hand in wenigen Minuten ausgeführt und endlich das Wiederaufschütten des unten abgenommenen Kornes. Die Darr- wärme wird auf $60-62^{\circ}$ R. gehalten.

Gegen 100 Lof¹⁾ Getreide werden frühmorgens aufgeschüttet und sind nach 12stündigem Darren soweit trocken, dass die Feuerung ein- gestellt werden kann. Das Getreide bleibt über Nacht verschlossen zur Abkühlung auf den Schüttbrettern liegen, um das Beschwitzen im kalten Speicherraume zu verhüten.

Dann wird es bei *as* (Abbild. *F*) durch Aufziehen des untersten Brettes *vs* in vorgehängten Säcken aufgefangen und 24 Stunden nach der Einschüttung durch frisches Getreide ersetzt, welches bei 12 Stunden tagüber während der Heizung im ganzen wiederum 24 Stunden im Darr- raume zubringt.

Aus den angestellten Versuchen über den Verbrauch an Heiz- material ergab sich, dass derselbe bei allen früheren Darren grösser und z. B. bei den alten Riegen der 10fache war. Genauere Angaben können hier nicht gemacht werden; es sei auf die an anderer Stelle angeführte Literatur verwiesen.

Die Hauptursache einer an vielen Orten beklagten ungenügenden Wirkung der Heimthalschen Darre liegt an der ungenauen Ausführung

1) 1 Lof = $\frac{1}{2}$ Tonne (Riga) = 68,86 Liter.

der Maurer- und Zimmerarbeiten. Fenster und Türen des kühlen Umganges // um die Darre, die kleine Hintertür *t* zum heissen Raume, müssen so vollkommen gedichtet sein, dass die kalte Luft nur durch den Mantel eintreten, die heisse aus dem heissen Darrraume nur durch die Getreideschüttung in den kühlen Umlauf und nur aus diesem mittels der Spaltöffnungen *x x x*, *x x x* (deren Grösse und Anzahl so gewählt sein müssen, dass sie den abziehenden Gasen einen möglichst geringen Reibungswiderstand bieten) in das Abzugsrohr *y* entweichen kann.

Die Darrtüren müssen während des Heizens gut verschlossen sein; das Getreide darf nicht soweit zusammensintern, dass die Hitze frei unter das Dach entweichen kann; die Decke muss gut gedichtet sein usw.

Auf der Siversschen Darre sind auch mit Erfolg in Scheiben geschnittene Kartoffeln, Kohlrüben, Mairüben, Mohrrüben, Sauerkohl und andere Garten- und Feldfrüchte getrocknet.

Die Darre von Sivers arbeitet, wie aus den Versuchen und Zusammenstellungen (siehe Literatur) zu ersehen ist, billiger und besser als alle anders konstruierten Darren.

Jedoch ist nicht ausser acht zu lassen, dass für den Brauer das Trocknen des Getreides im Halm insofern den Vorzug hat, als in diesem Falle das getrocknete Getreidestroh leicht von allen Körnern befreit werden kann und besonders weil beim Dreschen des getrockneten Getreides keine Körner zerschlagen oder verletzt werden. Auf letzteren Punkt muss der Brauer beim Einkauf des Getreides grosses Gewicht legen, um möglichst von der schädlichen Schimmelbildung verschont zu bleiben.

Literatur.

Als Hauptquelle für das Studium der alten Trockeneinrichtungen für Rohfrucht sind die Livländischen Jahrbücher zu betrachten. In ihnen sind die »Mitteilungen aus den Verhandlungen der Kaiserl. Livl. gemeinnützigen und ökonomischen Societät« niedergelegt. Fast in jeder Sitzung dieses Vereins wurde entweder vom Vorsitzenden oder von anderer Seite die Aufmerksamkeit auf das Trocknen von Getreide, auf die Fortschritte auf diesem Gebiete, auf die Fehler der bestehenden Einrichtungen gelenkt und jedesmal zeigte sich, dass dieser Gegenstand

als eine Lebensfrage für die Landwirtschaft in den russischen Ostseeprovinzen betrachtet wurde.

Nähere Angaben über die Quantitäten der getrockneten Getreidemengen, über Temperaturangaben, Gewichtsverlust beim Trocknen, Verbrauch an Brennmaterial bei den verschiedenen Trockensystemen usw. sind den folgenden Aufsätzen zu entnehmen, an welche sich das Referat zum Teil eng anschliesst:

Baron v. Stackelberg. Livl. Jahrbücher 1841. S. 219 ff.

Dr. E. von Hueck. Die Riegen von Estland. Livl. Jahrbücher 1848—1849. S. 331 ff. von Hueck erwähnt in seinem Aufsatz noch den Hupel und Krünitz, in welchem die alten Riegen Estlands gut beschrieben seien.

H. von Sivers. Die Körnerdarre zu Heimthal. Livl. Jahrbücher 1862. S. 468 ff.

Prof. Jégor von Sivers. Die Sivers-Heimthalsche Körnerdarre. Separatabdruck der Balt. Wochenschrift 1877.

8. Über künstliche Kornastrocknung auf dem endlosen Tuch (System Angele) in der Stärkefabrik Loitz.

Vorbemerkungen.

Der Trockenapparat in Loitz besteht aus 23 Etagen und ist so eingerichtet, dass die aufgetragene Stärke in 38 Minuten die sämtlichen Etagen durchläuft [1]. Da noch keine Erfahrungen vorlagen über die Wirkungsweise eines solchen Apparates in bezug auf Getreidetrocknen, so modifizierte der Fabrikant Herr Angele (mit dem Berichterstatter zusammen die Versuche anstellte) die Einrichtung derartig, dass durch einfaches Wechseln der Antriebsscheiben ein einmaliger Durchgang des Getreides in 22 Minuten erreicht wurde.

Aus den Wirkungen dieser beiden Geschwindigkeiten konnte man wenigstens einen Anhaltspunkt dafür erhalten, ob das Getreide zweckmässig bei der schnellen oder bei der langsamen Bewegung getrocknet werden muss.

Ausserdem wurde über dem obersten Tuch ein Holztrichter angebracht, dessen unteres Ende einen langen Spalt von der Breite des Tuches bildete. Dieser Spalt liess sich durch Heben und Senken einer Trichterseite breiter und schmaler stellen, so dass man es ganz in der

Hand hatte, durch Einstellen der Spaltbreite eine bestimmte Menge Getreide in einer bestimmten Zeit gleichmässig auf das Tuch laufen zu lassen.

Vorversuche.

Während diese Einrichtungen in Loitz getroffen wurden, machte Berichterstatter im Laboratorium des Instituts für Gärungsgewerbe in Berlin Vorversuche, welche darauf hinausgingen, eine schnelle und hinreichend genaue Wasserbestimmung zu finden, mit der man imstande war, sich ein Bild von der Veränderung im Wassergehalt des Getreides schon während der Versuche zu machen; denn von dem Effekt des einen Versuches musste die Art und Weise der Anstellung des nächsten Versuches bestimmt werden. Mehrere Methoden wurden in Erwägung gezogen, von denen die Bestimmung des 1000-Körnergewichts, vorgeschlagen von Herrn Professor Dr. Saare, sich allein als anwendbar erwies. Um den Wert dieser Methode festzustellen, wurden zwei Reihen Versuche gemacht, aus denen hervorging, dass die Methode für den vorliegenden Zweck völlig ausreichend war, wenn man die Mittelzahl aus je 3×1000 Körnern in Rechnung zog.

Bei der geringen Zeit, die sowohl bei den Vorversuchen, als auch bei den Hauptversuchen zur Verfügung stand, wurden diese mehrfache Zählung nur da angewandt, wo es sich als durchaus nötig erwies. Man kann mit dieser Methode natürlich nur den relativen Wassergehalt bestimmen, indem man aus der Differenz des 1000-Körnergewichts vor und nach der Trocknung den Wasserverlust in Prozenten ausdrückt. Sie war in dieser Begrenzung ausreichend.

Die erste Versuchsreihe wurde in der Weise angestellt, dass eine frische Gerste, deren Wassergehalt auf gewöhnlichem Wege bestimmt war, in mehrere Portionen geteilt und diese verschieden lange Zeit bei etwa 80° C. getrocknet wurden. Bei den einzelnen Portionen wurde dann der Wassergehalt und das 1000-Körnergewicht festgestellt.

(Siehe Tabelle I auf Seite 72.)

Bei der zweiten Versuchsreihe wurden $2\frac{1}{2}$ kg Getreide, dessen 1000-Körnergewicht vorher bestimmt worden war, genau abgewogen und die ganze Menge in einem Trockenschrank einer Temperatur von etwa 80° C. ausgesetzt. Am andern Tage wurde die Gesamtabnahme bestimmt und hieraus der Wasserverlust in Prozenten berechnet. Eine

Tabelle I.

Wasser pCt.	Abnahme pCt.	1000-Körnergewicht pCt.	Abnahme pCt.
15,48		45,45	
15,47	- 0,01	45,5	+ 0,05
14,75	- 0,73	45,4	- 0,10 = 0,2
14,42	- 1,06	44,7	- 0,75 = 1,7
14,35	- 1,13	45,0	- 0,45 = 1,0
14,01	- 1,47	44,9	- 0,55 = 1,2
11,90	- 3,58	43,8	- 1,65 = 3,6
4,03	- 11,45	39,95	- 5,5 = 12,6

genau gewogene Menge (200 oder 300 g) wurde nun abgenommen und diente zur Ermittlung des 1000-Körnergewichts.

Die übrig gebliebene Hauptmenge wurde weiter getrocknet und am andern Tage ebenso behandelt.

Tabelle II.

Getreidemenge g	Abnahme	1000-Körnergewicht pCt.	Abnahme
2408,5		45,6	
2391,5	17,0 g = 0,71 pCt.	45,4	0,2 g = 0,44 pCt.
2091,9—1975,0	116,9 » = 5,6 »	42,5	2,9 » = 6,40 »
1675,0—1657,0	18,0 » = 1,07 »	42,3	0,2 » = 0,47 »
1457,0—1409,5	47,5 » = 3,26 »	40,8	1,5 » = 3,50 »
1209,5—1197,3	12,2 » = 1,01 »	40,3	0,5 » = 1,23 »
	Summa 11,65 pCt.		Summa 12,04 pCt.

Diese zweite Versuchsreihe wurde in solcher Weise angestellt, weil sie ungefähr ein Bild von den Verhältnissen beim Hauptversuche gibt. Die prozentischen Berechnungen in beiden Versuchsreihen besitzen an sich keinen reellen Wert, denn sie geben eben nicht den wirklichen

Wassergehalt vor und nach dem Trocknen an, sondern sie bezeichnen nur relative Veränderungen.

Dennoch lässt sich aus den beiden Tabellen ersehen, dass die direkte Bestimmung des Wasserverlustes und diejenige durch den Verlust im 1000-Körnergewicht genügend übereinstimmen; denn mit Ausnahme eines einzigen Falles in der Tabelle I sind sämtliche Differenzen unter 1 pCt. geblieben. Jede Veränderung des Wassergehaltes über 1 pCt. macht sich also mit grosser Sicherheit am 1000-Körnergewicht bemerkbar, so dass diese Methode sich einwandfrei für die Hauptversuche verwenden liess.

In bezug auf die Keimfähigkeit und Backfähigkeit gleich an Ort und Stelle Resultate zu erlangen, um den Einfluss des Trocknens auf diese Eigenschaften festzustellen, war natürlich ausgeschlossen. Diese Einwirkungen konnten mit den entnommenen Proben erst im Laboratorium studiert werden.

Eine Wage, ein Gewichtssatz und zwei Dutzend trockene Bierflaschen mit Patentverschluss waren die ganze wissenschaftliche Ausrüstung für die Reise nach Loitz.

Die Hauptversuche fanden hier am 10. Oktober 1896 mit frischem, feuchtem Getreide statt.

Hauptversuche.

Zur Trocknung gelangte Weizen, Roggen und Gerste. Weizen und Gerste erschienen von vornherein feucht genug, um sie im gebotenen Zustande für die Versuche zu verwenden. Der Roggen war aber so trocken, dass es ratsam schien, ihn mit Wasser zu besprengen. Da derselbe erst nach ungefähr 20 Stunden in Angriff genommen wurde, so hatte das Wasser Zeit, sich im Korn gleichmässig zu verteilen. Äusserlich am Korn war natürlich nicht die geringste Spur Feuchtigkeit zu bemerken.

In den Trichter über dem obersten Tuche wurde immer je ein Zentner Getreide geschüttet, von wo aus es je nach der Spaltöffnung und der Grösse des Kornes schneller oder langsamer auf das sich fortbewegende Tuch lief. Die Ablaufszeit, welche zwischen $\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$ Minuten schwankte, wurde notiert; aus derselben konnte man durch Division in sechzig die Leistungsfähigkeit pro Stunde leicht feststellen. Wie schon in den Vorbemerkungen erwähnt, war die Einrichtung getroffen worden,

dass die Trockentücher einen langsameren und einen schnelleren Gang erhalten konnten. Beim langsamen Gange befand sich jedes Korn 38 Minuten auf den Tüchern, beim schnellen Gang 22 Minuten. An Heizmaterial pro Stunde wurden $1\frac{1}{3}$ Ztr. Kohlen verbraucht, jedoch ist hierbei zu bemerken, dass alle Transmissionen der Fabrik mitgingen und ausserdem die Akkumulatoren für die elektrische Beleuchtung geladen wurden.

Die Temperatur war sehr ungleichmässig und wurde auch wesentlich durch den Luftzug beeinflusst.

Bei den ersten Versuchen war die Temperatur auf den untersten Tüchern $72-73^{\circ}$ C. Sie fiel allmählich bis auf 50° C. am Nachmittage und stieg gegen Ende der Versuche auf 56° C. Es wurde festgestellt dass die Temperatur im Getreide ungefähr $4-5^{\circ}$ C. höher war als auf den leeren Tüchern.

Die Probeentnahme geschah gleich nach dem Durchgange des Getreides in 2 Flaschen, von denen die eine sofort verschlossen wurde und deren Inhalt in Berlin zur Feststellung des Wassergehaltes und der Keimfähigkeit diente¹⁾, während mit der Probe in der andern Flasche entweder sogleich oder nach einigem Abkühlen das 1000-Körnergewicht festgestellt wurde.

Hier sei sogleich folgendes bemerkt:

Im auffallenden Gegensatze zu den Vorversuchen, wo der sich ergebende Wasserverlust aus den Analysen bald kleiner, bald grösser war als bei der 1000-Körnergewichtsbestimmung, zeigen hier sämtliche Wasserbestimmungen im Laboratorium einen kleineren Wert als die aus dem 1000-Körnergewicht berechneten.

Diese einseitige Abweichung lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass bei dem raschen Trocknen des Kornes der Wassergehalt in demselben ungleich verteilt war, so dass der Mantel weniger Wasser enthielt als das Innere.

Während das Korn nun zum Zählen offen ausgebreitet lag, konnte der wenig Wasser enthaltende Mantel sich schnell abkühlen und bei der jedenfalls sehr feuchten Atmosphäre der Stärkefabrik Wasser absorbieren. Weil aber der Beweis für diese Vermutung nicht erbracht werden konnte, wurde aus beiden Befunden die Mittelzahl genommen.

1) Über den Einfluss des Trocknens auf die Backfähigkeit des Getreides sind keine Untersuchungen angestellt.

Versuch I.

Weizen. Langsamer Gang des Apparates; auf den unteren leeren Tüchern war die Temperatur $72-73^{\circ}$ C., im Getreide $77-78^{\circ}$ C., im Raume selbst 45° C. Unterhalb der Decke waren nur einige Fenster offen, daher nur geringer Luftzug. 1 Ztr. Weizen lief in 1 Minute ab, daher 60 Ztr. Leistungsfähigkeit pro Stunde bei einmaligem Durchgang des Getreides.

Das 1000-Körnergewicht des ursprünglichen Weizens betrug 39,6 g, des getrockneten Weizens 38,2 g.

Die Differenz von 1,4 g entspricht einem Wasserverlust von 3,5 pCt.

Die spätere Bestimmung im Laboratorium ergab einen Wassergehalt von 18,7 pCt. 100 g Weizen verloren aber nach dem 1000-Körnergewicht 3,5 g Wasser. Es blieben sonach $(100-3,5 \text{ g}) = 96,5 \text{ g}$ Weizen, welche $(18,7-3,5) = 15,2 \text{ g}$ Wasser enthalten. 100 g des getrockneten Weizens enthielten also 15,7 g Wasser.

Die Wasserbestimmung des getrockneten Weizens im Laboratorium ergab einen Wassergehalt von 13,6 pCt. Aus beiden Bestimmungen ergibt sich somit ein mittlerer Wassergehalt von 14,8 pCt.

Ein Keimversuch mit Weizen wurde nicht angestellt.

Versuch II.

Roggen. Langsamer Gang des Apparates. 1 Ztr. lief in $1\frac{1}{2}$ Minuten ab, Leistungsfähigkeit daher 40 Ztr. pro Stunde. Die Temperatur auf den untersten Tüchern war 65° C.

1000-Körnergewicht vor der Trocknung = 24,4 g

1000-Körnergewicht nach der Trocknung = 23,1 g

Differenz 1,3 g

gleich 5,3 pCt. Wasserverlust.

Der ursprüngliche Roggen enthielt nach der späteren Laboratoriumsanalyse 17,2 pCt. Wasser; vermittelt dieser Zahl und des ursprünglichen Gewichtsverlustes bei der Trocknung berechnet sich der Wassergehalt des getrockneten Roggens auf 12,5 pCt., während die Laboratoriumsbestimmung 11,4 pCt. ergab. Der mittlere Wassergehalt ist demnach 11,9 pCt.

Die Keimung des ursprünglichen Roggens war sehr gut; es blieben 1,9 pCt. Körner ungekeimt. Die Keimung des getrockneten Roggens war ebenso gut, es blieben 2 pCt. Körner ungekeimt.

Versuch III.

Temperatur 60° C. auf den untersten Tüchern. Derselbe Roggen, nochmals in $1\frac{1}{2}$ Minuten aufgeschüttet, gab nach dem zweiten Durchgange, wobei also jedes Korn im ganzen $2 \times 38 = 76$ Minuten der Trocknung ausgesetzt war, ein 1000-Körnergewicht von 22,4 g. Die Differenz $24,4 - 22,4 = 2$ g ergibt einen Wasserverlust von 8,2 pCt., was einem Gehalt des Roggens nach dem Trocknen von 9,8 pCt. Wasser entspricht. Die Wasserbestimmung dieser Probe wurde im Laboratorium nicht gemacht, auch die Keimfähigkeit wurde nicht untersucht.

Versuch IV.

Roggen. Schneller Gang der Tücher. Luftzug etwas stärker. 1 Ztr. in einer Minute aufgeschüttet, der Roggen wurde nach dem ersten Durchgange gleich wieder aufgeschüttet. — Leistungsfähigkeit des Apparates unter diesen Umständen 30 Ztr. pro Stunde.

Das 1000-Körnergewicht nach dem Trocknen war wie in Versuch III = 22,4, was einen Wassergehalt von 9,8 pCt. ergibt. Die Laboratoriumsanalyse ergab 9,5 pCt. Wasser, also beträgt der mittlere Wassergehalt 9,65 pCt. Die Keimung war gut; es blieben 3 pCt. Körner ungekeimt.

Bei diesem Versuche wurde nach dem ersten Durchgange keine Probe genommen, in der Erwartung, dass bei wenig stärkerer Lüftung (denn es wurden nur einige Fenster mehr unterhalb der Decke aufgemacht) in 22 Minuten so wenig Wasser entwichen sein würde, dass eine doppelte oder dreifache Trocknung auf jeden Fall stattfinden müsste. Um so grösser war die Überraschung, als das 1000-Körnergewicht in diesem Falle bei 44 Minuten Trocknung denselben Wasserverlust ergab wie die fast doppelt so lange Trocknung im vorigen Versuch. Dieses Ergebnis ist auf die stärkere Lüftung bei der letzten Trocknung zurückzuführen.

Versuch V.

Gerste¹⁾. Langsamer Gang des Apparates. Die Temperatur auf den untersten Tüchern war 70° C., in der Gerste also 74—75° C.

1) Dieser Versuch mit Gerste wurde gleich hinter dem mit Weizen angestellt. Der besseren Übersicht wegen ist er jedoch hier mit den anderen Gerstenversuchen zusammengestellt.

Ein Zentner wurde in $1\frac{1}{2}$ Minuten aufgeschüttet, was eine Leistung von 40 Zentnern pro Stunde ergibt.

Die Lüftung war gering wie in Versuch I.

Das 1000-Körnergewicht der ursprünglichen Gerste war 44,7, dasjenige der getrockneten Gerste 42,6. Die Differenz von 2,1 g entspricht einem Wasserverlust von 4,7 pCt. Die genaue Wasserbestimmung ergab für die ursprüngliche Gerste 18,8 pCt., für die getrocknete Gerste 14 pCt. Wasser. Aus dem 1000-Körnergewicht berechnet sich, wie in Versuch I entwickelt, der Wassergehalt zu 14,8 pCt., was im Mittel 14,4 pCt. Wasser für die getrocknete Gerste gibt.

Während die Keimprobe der ursprünglichen Gerste etwa 40 pCt. ungekeimte Körner ergab, hatte die getrocknete Gerste 54 pCt. ungekeimte Körner.

Versuch VI.

Gerste. Schneller Gang der Tücher. Aufgeschüttet wurde der Zentner in $\frac{1}{2}$ Minute, was einer Leistungsfähigkeit von 120 Zentnern in der Stunde entspricht. Die Temperatur war auf den untersten Tüchern 50° C., in der Gerste selbst also $54-55^{\circ}$ C., im Raume selbst 36° C. Der Luftzug war möglichst stark, indem sämtliche Fenster offen gehalten wurden.

Das Resultat war hier über Erwarten günstig, denn das 1000-Körnergewicht sank bei einem Durchgang in 22 Minuten von 44,7 auf 41,1 g. Die Differenz von 3,6 g entspricht einem Wasserverlust von 8,1 pCt. Die Umrechnung ergibt einen Wassergehalt der getrockneten Gerste von 11,6 pCt., während die Laboratoriumsanalyse 10,6 pCt. gab. Der mittlere Wassergehalt ist also 11,1 pCt.

Die Keimfähigkeit dieser Probe war besser als die der ursprünglichen Gerste; sie gab 24 pCt. ungekeimte Körner, die ungetrocknete dagegen 40 pCt. ungekeimte Körner.

Versuch VII.

Dieselbe Gerste nochmals in $\frac{1}{2}$ Minute aufgeschüttet. Die Leistungsfähigkeit des Apparates ist in diesem Falle halb so gross wie im Versuch VI.

Das 1000-Körnergewicht war nach einer Trocknung von 2×22 Minuten = 40,9.

Der Wasserverlust von 3,8 g ergibt durch Umrechnung in dieser

Probe einen Wassergehalt von 11,2 pCt. Die Laboratoriumsbestimmung gab 10,0 pCt. Wasser, woraus ein mittlerer Wassergehalt von 10,7 pCt. folgt.

Die Keimfähigkeit ist gut; es blieben 12 pCt. Körner ungekeimt.

Versuch VIII.

Dieselbe Gerste wurde zum dritten Male in $\frac{1}{2}$ Minute aufgeschüttet. Die Leistungsfähigkeit des Apparates ist in diesem Falle $\frac{1}{3}$ von der in Versuch VI.

Das 1000-Körnergewicht war nach einer Trocknung von 3×22 Minuten = 40,5. Der Wasserverlust von 4,2 g ergibt durch Umrechnung einen Wassergehalt der Probe von 10,4 pCt. Die Laboratoriumsbestimmung ergab 9,7 pCt., was einem mittleren Wassergehalt von 10,0 pCt. entspricht.

Die Keimfähigkeit ist gut; es blieben 9 pCt Körner ungekeimt¹⁾.

Versuch IX.

Dieselbe Gerste wurde zum vierten Male in $\frac{1}{2}$ Minute aufgeschüttet. Die Leistungsfähigkeit des Apparates ist in diesem Falle nur $\frac{1}{4}$ von der in Versuch VI.

Die Temperatur auf den unteren Tüchern war 56° C., im Getreide 60° C., im Raume $38-39^{\circ}$ C.

Das 1000-Körnergewicht war nach 4×22 Minuten = 39,9. Der Verlust von 4,8 g gibt nach Umrechnung 9 pCt. Wasser in der getrockneten Gerste. Die Laboratoriumsbestimmung ergab 8,2 pCt. Wasser, aus welchen beiden Zahlen sich ein mittlerer Wassergehalt von 8,6 pCt. berechnet.

Die Keimfähigkeit ist sehr schlecht, denn es keimten etwa 90 pCt. nicht²⁾.

1) In bezug auf die Keimprobe dieses und des vorhergehenden Versuches muss bemerkt werden, dass dieselben aus Mangel an Keimkästen 8—10 Tage später angesetzt wurden, als die übrigen Proben. Ob hierin der Grund des günstigen Resultats dieser Probe liegt, soll demnächst festgestellt werden [2].

2) Bei einem 2 Wochen später angesetzten Keimversuch ergab diese Probe nur etwa 30 pCt. ungekeimte Körner. Dieses Resultat ist beachtenswert, weil diese Probe wie sämtliche andern in Bierflaschen mit Patentverschluss aufbewahrt wurden, somit weder der Einwirkung durch veränderten Feuchtigkeitsgehalt noch durch den Sauerstoff der Luft während der Lagerzeit ausgesetzt war. (Vergl. Anmerkung u Versuch VIII.)

Hiermit schloss die Versuchsanstellung, deren Resultate der besseren Übersicht wegen in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle III.

Versuch	Getreideart	Wassergehalt		Höchste Temperatur im Getreide °C.	Jedes einzelne Korn blieb der Trocknung ausgesetzt Min.	Luftzug	Leistungsfähigkeit des Apparates ind. Stunde Ztr.	Keimfähigkeit. Es keimten nicht pCt.	Backfähigkeit
		vor dem Trocknen pCt.	nach dem Trocknen pCt.						
I	Weizen	18,7	14,8	78	38'	mässig	60	—	Nicht untersucht
II	Roggen	17,2	11,9	65	38'	»	40	2 ¹⁾	
III	»	»	9,8	65	2 × 38'	»	20	—	
IV	»	»	9,7	—	2 × 22'	etwas stärker	30	3 ¹⁾	
V	Gerste	18,8	14,4	75	38'	mässig	40	54 ²⁾	
VI	»	»	11,1	55 bis 60	22'	stark	120	24 ²⁾	
VII	»	»	10,7		2 × 22'	»	60	12 ³⁾	
VIII	»	»	10,0		3 × 22'	»	40	9 ³⁾	
IX	»	»	8,6	4 × 22'	»	30	90 ³⁾ 30		

Folgerungen.

Die vorliegenden Versuche beweisen, dass es möglich ist, Getreide von 19 pCt. Wassergehalt in 22 Minuten soweit zu trocknen, dass es nur 11—12 pCt. Wasser enthält und von seiner Keimfähigkeit nichts einbüsst. Das Resultat ist noch günstiger zu gestalten, wenn man die in dem Getreide durch den Trockenprozess aufgespeicherte Wärme verwertet.

Diese Wärme hat das Bestreben, das im Korn enthaltene Wasser

- 1) Beim ursprünglichen Roggen keimten 1,9 pCt. Körner nicht.
- 2) Bei der ursprünglichen Gerste keimten 40 pCt. nicht.
- 3) Vergl. Anmerkungen im Text bei den betreffenden Versuchen.

zu vergasen. Es muss nun dafür Sorge getragen werden, dass durch Zufuhr von trockener Luft die nachträglich ausgestossene Feuchtigkeit entfernt wird, d. h. es muss eine Kühlvorrichtung nach der eigentlichen Trocknung eingeschaltet werden, wodurch eine bestimmte Menge Heizmaterial erspart wird. Es wäre fehlerhaft, das warme Getreide an feuchter Luft liegen zu lassen, weil es nachträglich wieder Wasser anzieht [3].

Der günstigste Versuch VI zeigt, dass mit dem Apparat in Loitz pro Stunde mindestens 120 Ztr. Getreide getrocknet werden, können unter vollständiger Erhaltung der Keimkraft [4]. Diese grosse Leistungsfähigkeit legt den Gedanken nahe, ob es nicht möglich wäre, auf diese Weise in nassen Jahren das Getreide auf dem Halm zu trocknen.

Jedenfalls wäre der Umstand von grosser Wichtigkeit, dass der Landmann bei beliebig feuchtem Wetter das Getreide schneiden könnte. Das nasse Korn müsste dann sofort auf Wagen geladen und einer solchen, einem Lagerhause angegliederten Trockenvorrichtung zugeführt werden. Bei der grossen Schnelligkeit, mit der getrocknet wird, könnte der Interessent gleich darauf warten und das Getreide wieder mitnehmen, sofern er nicht vorzieht, dasselbe sofort in die betreffenden Lagerräume überführen zu lassen.

Aus den Versuchen ergibt sich, einen wie grossen Einfluss die Lüftung auf die Wirkungsweise der Trocknerei hat. Denn nicht die Wärme allein treibt die Feuchtigkeit aus den Körnern, sondern die Differenz zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt innerhalb und ausserhalb des Korns. Ist die Differenz gross, so wirkt auch eine Wärmeerhöhung günstig. Ist die Feuchtigkeitsdifferenz klein, so wirkt die Wärmeerhöhung nicht vergasend, sondern verkleisternd und hindert dadurch den Wasseraustritt. Daher muss bei der Einrichtung von Trockenanlagen ganz besonders Wert auf eine möglichst grosse Lüftung gelegt werden.

Abgesehen von der Lüftung im Trockenraume kann dieselbe auf dem Apparate selbst befördert werden

1. durch Vermehrung der Etagen,
2. durch grössere Entfernung der Etagen voneinander,
3. durch schräge Anordnung der Etagen unter wesentlicher Verkürzung derselben wie bei den amerikanischen Anlagen,

4. indem die Tücher durch Siebe, engmaschige Netze oder Jalousien ersetzt werden, was bei der Stärketrocknung nicht möglich ist.

Ob eine grössere Geschwindigkeit der Tücher einen besseren Effekt hervorbringen würde, müssen weitere Versuche entscheiden. Zum Schluss sei noch besonders hervorgehoben, dass die Versuche nur immer mit 1 Ztr. Getreide gemacht wurden, wobei die Entfernung der Feuchtigkeit nicht schwierig war. Wenn auch der wichtigste Erfolg der vorliegenden Versuche darin besteht, dass die Möglichkeit festgestellt wurde, ein nasses Getreidekorn in einer halben Stunde zu trocknen, ohne seine Keimkraft zu schwächen, so ist doch noch die Frage zu erledigen, ob bei einem kontinuierlichen Betriebe die Feuchtigkeit so rasch fortgeschafft werden kann, dass die Wirkung des Apparates dieselbe bleibt wie bei Anwendung kleiner Getreidemengen. Denn bei einem kontinuierlichen Betriebe, gemäss Versuch VI, wo 120 Ztr. pro Stunde getrocknet werden sollen, wären pro Stunde 9—10 Ztr., d. h. fast $\frac{1}{2}$ cbm Wasser fortzuschaffen.

Nachträge.

1. Die Beschreibung der Tüchertrockner erfolgt im nächsten Aufsatz.
2. Die weiteren Erfahrungen auf diesem Gebiete haben in der Tat gezeigt, dass die Vorgänge der Nachreife eine Funktion der Zeit sind. Man vergl. z. B. Stück 35 und 37.
3. Man vergl. Stück 12: Einige Bemerkungen usw.
4. So interessant und lehrreich auch für mich die vorliegenden Versuche gewesen sind, so nehme ich heute doch einen andern Standpunkt bezüglich der Schlussfolgerungen ein. Die Versuche mit den kleinen Getreidemengen sind durchaus unzureichend und lassen keinen Schluss zu auf die Leistung des Trockners bei voller Belastung. Auf diesen Umstand wurde allerdings hingewiesen am Schlusse des Aufsatzes, aber ich habe nicht geglaubt, dass die Unterschiede so bedeutend sein würden, wie sie aus meinen späteren Versuchen hervorgegangen sind. Die in der vorliegenden Abhandlung zutage getretene Folgerung, dass mit dem Trockner in Loitz eventuell bis zu 120 Ztr. Getreide getrocknet werden könnten pro Stunde halte ich nach meinen bisherigen Erfahrungen für gänzlich ausgeschlossen. Seine Leistungsfähigkeit wird wesentlich geringer sein.

9. Über den gegenwärtigen Stand der Getreidetrocknung.

I.

A. Vorbemerkungen.

Es stellt sich immer mehr heraus, dass die Frage der Getreidetrocknung von höchster wirtschaftlicher Bedeutung ist. Das Bedürfnis nach gut wirkenden Trocknern hat sich besonders seit der Errichtung der landwirtschaftlichen Kornhäuser fühlbar gemacht. —

Das Bestreben der Lagerhäuser geht dahin, die Lagerung möglichst billig zu gestalten; daher wird das alte Lagerungssystem auf Böden, wo es irgend zugänglich ist, verlassen und durch Silos ersetzt. Während aber die alte Lagerungsweise durch die Einführung des teuren aber vortrefflichen Schüttschen Systems der Rieselung¹⁾ eine wesentliche Umgestaltung und Verbesserung erfuhr insofern, als auf diese Weise auch klammes Getreide in grossen Massen lagerfähig gemacht werden konnte, musste sich das viel billigere Silo darauf beschränken, nur trockenes Getreide aufzunehmen, welches um so weniger Feuchtigkeit haben durfte, je grösser die Siloschächte eingerichtet waren.

Für trockene Länder war und ist diese Lagerung die zweckmässigste. Denn in trockenen Gegenden ist das Getreide lagerfest, d. h. es kann in beliebig grossen Mengen längere Zeit aufbewahrt werden ohne dass eine bemerkbare Erwärmung im Innern auftritt.

Die Lagerfestigkeit des Kornes hängt von der chemischen Zusammensetzung und vom Wassergehalt ab und der Wassergehalt unter sonst gleichen Umständen (z. B. nach Eintritt des Gleichgewichtes mit dem Dampfdruck der Luft) vom physiologischen Zustande des Kornes. Ein bestimmter Wassergehalt bei gegebener Anfangstemperatur ist erforderlich, wenn die im Korne vor sich gehenden chemischen Prozesse innerhalb einer beliebig grossen Getreidemenge eine bemerkbare Temperaturerhöhung erzeugen sollen.

Wo das Getreide, wie in Deutschland, einen verhältnismässig hohen Wassergehalt aufweist, ist es in vielen Fällen ungeeignet zur Silolagerung und kann nur durch den Trocknungsprozess lagerfest gemacht werden.

1) Auf dieses System kommen wir weiter unten zurück.

Die Methoden der Getreidetrocknung sind noch unvollkommen; es gibt kein System, welches den Ansprüchen völlig genügt.

Dennoch sind die Aussichten nicht trostlos und es steht zu hoffen, dass durch weitere Bemühungen einsichtiger Fachleute die wichtige Aufgabe bald endgültig gelöst werden wird [1].

Vor der Beschreibung der einzelnen Trocknungssysteme werden einige theoretische Betrachtungen zweckmässig sein.

B. Der Unterschied der Getreidetrocknung von der Trocknung anderer Körper.

Die Trocknung von Früchten bereitet im allgemeinen mehr Schwierigkeiten als diejenige anderer Körper und zwar aus folgenden Gründen: Zunächst sind die Früchte stark hygroskopisch. Sie ziehen das Wasser begieriger an als Leder, Schiesspulver, Holz usw. und setzen demgemäss auch der Trocknung einen grösseren Widerstand entgegen als diese.

Die einzelnen Teile des Kornes liegen nicht locker aneinander, wie bei Pulver, sind auch nicht poröse wie Holz, sondern bilden eine schwer durchdringliche Masse. Das ganze, unzerkleinerte Korn ist nur mit grosser Schwierigkeit vollständig vom Wasser zu befreien, wird es aber geschrotet, so trocknet es weit leichter. Das rührt wohl davon her, dass die schwer durchlassenden Membranen, welche die Hülle des Kornes bilden und auch die einzelnen Stärkekörnchen umgeben, zerrissen werden und damit dem Wasser einen leichteren Ausweg bieten.

In ähnlicher Weise wie das Zerkleinern der Früchte wirken auch andere die Tötung der lebenden Zelle veranlassende Vorgänge, z. B. Vergiftung, Einfrieren, Kochen mit Wasser. Während rohe Kartoffeln in Knollen überhaupt nicht zu trocknen sind, bereitet die Trocknung der gekochten Kartoffel nicht allzu grosse Mühe. Beim Kochen der Früchte werden die schwer diffundierbaren Membranen ebenfalls zerrissen und damit der Austritt des Wassers erleichtert.

Da das zur Trocknung bestimmte Getreide solchen Prozessen nicht unterworfen werden kann, bleiben die das Trocknen erschwerenden Membranen bestehen.

Es ist leicht möglich, dass nicht nur der mechanische Zusammenhang der Membranen allein von Bedeutung ist, sondern dass vielleicht auch die unverletzte Membran als solche das Wasser leichter hindurch-

lässt, wenn sie aus dem biologischen Zusammenhang gerissen ist, als wenn sie noch in der normalen Verbindung mit dem Korne steht, wo die ihr zugewiesenen Funktionen durch chemische (enzymatische) und physikalische Prozesse beeinflusst werden.

Der Lebensprozess des Kornes bringt für die Trocknung noch eine andere Schwierigkeit mit sich, nämlich den Einfluss der Atmung. Jedes Getreide atmet und zwar umsomehr, je höher der Wassergehalt und je höher die Temperatur ist.

Der Stoffwechsel erzeugt Kohlensäure und Wasser unter Verbrauch von Kornmaterial.

Wird nun sehr feuchtes Getreide zum Zwecke der Trocknung erwärmt, so beginnt eine intensive Atmung, welche von einer entsprechenden Wasserbildung begleitet ist. Bei ungenügender Abführung der Wasserdämpfe, also bei schlecht wirkenden Trocknern, kann die Wassererzeugung während längerer Dauer der Trocknung recht bemerklich werden, indem nicht nur ein bedeutender Stoffverlust auftritt, sondern auch die Kosten des Trocknens sich beständig erhöhen, weil auch das neugebildete Wasser fortgeschafft werden muss.

Aus diesen kurzen Auseinandersetzungen ergibt sich, dass das Trocknen von Früchten mit besonderen Schwierigkeiten verbunden ist, was sich auch in der Praxis gezeigt hat.

C. Die Kühlung.

Häufig tritt der Fall ein, dass ein Getreide auch bei feuchter Witterung getrocknet werden muss. Nach der Trocknung kann es nicht sofort im warmen Zustande gelagert werden, folglich muss man es kühlen. Ist nun die kühlende Luft feucht, so kann das Getreide, welches eben mit vielen Kosten vom Wasser befreit worden ist, einen Teil wieder aufnehmen. Daraus ergibt sich, dass die zur Kühlung verwendete Luft vorgetrocknet werden muss. Die Vortrocknung braucht jedoch nur in den Fällen stattzufinden, in welchen der Feuchtigkeitsgehalt der Luft gewisse Grenzen übersteigt [2].

Bei jeder Temperatur nimmt das Getreide aus der umgebenden Luft Wasser auf, bezw. gibt es Wasser an die Luft ab, bis die Dampfspannung beider Körper ausgeglichen ist.

Die zur Kühlung verwendete Luft muss demgemäss stets eine geringere Dampfspannung haben als die Feuchtigkeit im Getreide, damit

an das letztere nicht Wasser abgegeben, sondern ihm eher noch Wasser entzogen wird. Je trockener die kühlende Luft, desto besser für das Getreide.

Die Dampfspannung von Getreide bei verschiedenem Wassergehalt, bei verschiedenen Temperaturen und bei verschiedenem physiologischen Zustande des Kornes ist unbekannt. Die Feststellung derselben ist eine der Hauptaufgaben, die Verfasser sich gestellt hat [3].

Man darf aber nicht die Kühlung getrockneten Getreides durch feuchte Luft mit der Aufbewahrung trockenen Getreides an feuchter Luft vergleichen; denn wenn während der Lagerung mehrerer 1000 Ztr. trockenen Getreides in einem Holzsilos die Aussenluft auch feucht ist, so wird diese Feuchtigkeit sich doch nur der Peripherie mitteilen. Folgen dann trockene Tage, so wird das Getreide den Wasserüberschuss wieder nach aussen abgeben. Bei Witterungswechsel wird demnach immer nur die Peripherie wesentlich beeinflusst, während das Eindringen von Feuchtigkeit in das Innere auf alle Fälle sehr langsam vor sich gehen wird.

Bei der künstlichen Kühlung ist gerade das Bestreben vorhanden, jedes einzelne Korn mit möglichst viel Luft in Berührung zu bringen, wodurch es weit schneller Feuchtigkeit aufnehmen kann als bei der Lagerung in grossen Massen.

Dass die Kühlung übrigens wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des Getreides nicht leicht ist, hat man schon häufig erfahren.

Aus dem Versuchs-Kornhause liegt z. B. folgender Versuch vor:

100 Ztr. Gerste sollten dadurch gekühlt werden, dass sie von einem Boden auf den nächstfolgenden heruntergelassen wurden, von diesem Boden auf einen weiter unten gelegenen gelangten usf. über alle 5 Böden. Schliesslich wurde die Gerste durch Elevator, Band und Fallrohr an die Anfangsstelle zurückbefördert.

Die Temperatur des noch wenig gekühlten Getreides betrug 19° C. bei einer Bodentemperatur von 8° C. Nach dem ersten Rundgange hatte die Gerste $17\frac{1}{2}^{\circ}$, nach dem zweiten 16 und nach dem dritten 14° . Die Arbeit hatte $4\frac{1}{2}$ Stunden gedauert, so dass eine Stunde Bearbeitung das Getreide nicht viel über einen Grad abkühlte bei einer Temperaturdifferenz von etwa $9-10^{\circ}$. Aus dem Versuche folgt, dass die verwendete kühlende Luft entweder sehr kalt sein oder die Kühlung lange Zeit dauern muss. Bei einem richtigen Rieselsystem nach Schütt

würde die Abkühlung in derselben Zeit wahrscheinlich viel bedeuten er gewesen sein.

Um die Feuchtigkeit aus der Luft zu entfernen, kann man mehrere Mittel anwenden. Man kann sie z. B. durch Wasser aufnehmende Mittel senden.

Schon vor vielen Jahren hat man in den baltischen Provinzen zur Trocknung der Luft Torfstreu verwendet, welche nach dem Gebrauche auf dem Dampfkessel leicht wieder getrocknet werden konnte.

Oft ist der Vorschlag gemacht worden, zur Trocknung der Luft gebrannten Kalk zu verwenden. Die ungefähren Kosten für diese Art der Kühlung ergeben sich aus folgender Betrachtung:

Im Versuch-Kornhause ist ein Trockner aufgestellt, welcher 6 Tonnen Getreide fasst. Der die Luft durch das Getreide hindurchschaffende Ventilator hat eine Leistungsfähigkeit von 7500 *cbm* Luft pro Stunde.

Bei einer mittleren Temperatur von 15° C. enthält 1 *cbm* mit Feuchtigkeit gesättigter Luft 12,8 g, 7500 *cbm* folglich 96 kg Wasserdampf. 56 kg gebrannter Kalk können 18 kg Wasser aufnehmen, also erfordern 96 kg Wasser 300 kg Kalk. Es ist aber nicht nötig, dass die Luft vollständig von Feuchtigkeit befreit wird, sondern es dürfte genügen, durchschnittlich nur die Hälfte des vorhandenen Wassers zu entfernen. Hierzu wären 150 kg Kalk erforderlich, welche etwa 3 Mk. kosten, die sich auf die Trocknungskosten von 6 Tonnen Getreide verteilen. Hierzu sind noch die Abschreibung und die Verzinsung für die Anlage der Kühlvorrichtung hinzuzurechnen, ferner die Kosten für den Transport. 3 Ztr. des gebrannten Kalkes haben nach dem Gebrauch ein Gewicht von 4 Ztr., welche fortgeschafft werden müssen. Rechnet man als Transportkosten pro 1 Ztr. Kalk im Durchschnitt 10 Pf., ein Preis, der sich je nach den örtlichen Verhältnissen wesentlich anders gestalten kann, so sind für An- und Abfuhr der 7 Ztr. Kalk 70 Pf. zu zahlen.

Ob und inwieweit Zerkleinerungskosten hinzutreten, hängt von der Einrichtung der Anlage ab.

Man dürfte wohl nicht weit fehlgehen, wenn man nach alledem die Gesamtkosten des Trocknens der Luft auf etwa 1 Mk. pro Tonne Getreide schätzt, unter der Voraussetzung, dass 1 Stunde Kühlung genügt. Wie später gezeigt wird, betragen die Kosten der Getreidetrocknung für die jetzt am besten wirkenden Trockner etwa 4 Mk. pro Tonne (1899);

sie würden durch die Anwendung von Kalk um $\frac{1}{4}$ vermehrt werden, die Wirkung aber wäre erhöht und sichergestellt.

Die Verwendung von Kalk zur Kühlung erfordert aber noch die Berücksichtigung der Wärmeentwicklung bei der Wasseraufnahme.

1 *kg* Kalk entwickelt hierbei nach Berthelot 268 W.-E.

150 » » also 40 200 »

7500 *cbm* Luft haben ein Gewicht von $7500 \times 1,293 =$ rund 10 000 *kg*.

Die spezifische Wärme der Luft ist $\frac{1}{4}$, so dass 2500 W.-E. die 7500 *cbm* um 1° erwärmen würden.

Die berechneten 40 000 W.-E. verursachen demgemäss eine Erwärmung der durchgehenden Luft von $\frac{40\ 000}{2500} = 16^\circ$ C.

Die wirkliche Temperaturerhöhung wird wegen der Wärmeverluste geringer werden. Es ergibt sich aber, dass der Kalk wohl zur Unterstützung der Trocknung, keineswegs aber zur Kühlung dienen kann.

Eine bessere Kühlung würde natürlich eintreten, wenn wirkliche Kühlmaschinen wie in Brauereien angewendet würden.

Die erzeugte kalte Luft wird durch die Abkühlung von dem grössten Teil des Wassers befreit und wirkt nicht nur vorschriftsmässig abkühlend, sondern auch noch wasserentziehend. Ja, es ist sogar schon von fachmännischer Seite die Frage ventiliert worden, ob es nicht überhaupt zweckmässig wäre, nur mit Luft zu trocknen, welche durch Kältemaschinen vom Wasser befreit ist¹⁾. Dieser Frage lässt sich erst näher treten, wenn die Dampfspannung des Getreides bei verschiedenem Wassergehalt und bei niedrigen Temperaturen bekannt ist [4]. Im übrigen dürfte der vorläufig noch sehr hohe Preis der Kühlmaschinen der allgemeinen Einführung wesentliche Schranken setzen.

Es sind noch andere Vorschläge zur Trocknung der Luft gemacht worden.

1) Es sei erwähnt, dass man in Amerika für die Getreidekonservierung ebenfalls schon Kältemaschinen verwendet hat, aber nicht um das getrocknete Getreide auf normale Temperatur abzukühlen. Man verfolgt eine andere Absicht; man nimmt von einem grossen Posten Getreide eine bestimmte Menge und kühlt sie bis auf 20° unter Null ab. Dann mischt man dieses Getreide mit der Hauptmasse, welche dadurch auf eine um so tiefere Temperatur gebracht werden kann, je grösser die Menge des gekühlten Getreides ist.

Z. B. soll diese durch tiefliegende Kanäle geführt werden. Im Winter, bei kalter Aussenluft brauchte man diese Kanäle nicht zu benutzen; dagegen würde im heissen Sommer das kühle Innere der Erde einen Teil der in der Luft vorhandenen Feuchtigkeit abscheiden und eine zur Kühlung genügende Temperatur liefern.

Ein weiterer Vorschlag beruht auf der Beobachtung, dass in Trommelmälzereien die hinzutretende Luft, trotzdem sie mit Feuchtigkeit gesättigt ist, das Malz allmählich austrocknet, wenn nicht ausserdem noch Wasserzerstäubungsvorrichtungen angebracht werden. Diese Tatsache erklärt sich daraus, dass die feuchte Luft beim Durchstreichen des feuchten und warmen Malzes erwärmt wird und weiter Wasser aufnehmen kann.

Die Maximalspannung des Wasserdampfes beträgt:

bei 0°	4,60 mm
» 5°	6,53 »
» 10°	9,16 »
» 15°	12,70 »
» 20°	17,39 »
» 25°	23,55 »
» 30°	31,55 »

Hat die zur Kühlung verwendete Luft 20° C., und ist sie mit Feuchtigkeit gesättigt, so würde bei einer künstlichen Kühlung mit Regen aus Brunnen- oder Leitungswasser von 10° C. $\frac{9,16}{17,39}$ oder ungefähr die Hälfte der Feuchtigkeit verloren gehen. Wenn sie sich nun auf dem Wege zum Getreide wieder bis auf 20° C. erwärmt, so hat sie die Fähigkeit, das warme Getreide, dessen Temperatur noch weit über 20° C. ist, zu kühlen und noch nachträglich etwas Wasser fortzunehmen, während die ursprüngliche Luft von 20° C. das getrocknete Getreide wieder feucht gemacht hätte.

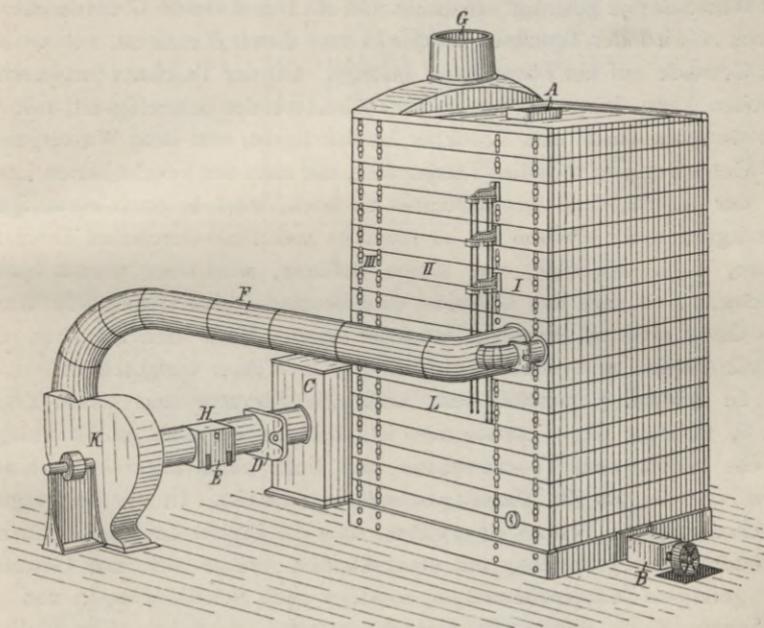
Dieser Vorschlag ist natürlich unverwendbar, da stets etwas Wasser mitgerissen wird und unterwegs Gelegenheit hat, zu verdampfen. Wollte man dagegen das kalte Wasser durch Röhren leiten und die Luft auf diese Weise kühlen, so würden zwar die Bedenken fallen, die Anlagekosten dürften dann aber viel zu gross werden.

Diese Auseinandersetzungen zeigen, wie wichtig und schwierig die Frage der Kühlung ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass bei vielen Versuchen in der Praxis, welche Resultate gaben, die miteinander nicht

in Übereinstimmung zu bringen waren nur die Berührung des getrockneten Getreides mit der feuchten Luft die unerklärlichen und ungünstigen, daher von weiteren Versuchsanstellungen abschreckenden Wirkungen hervorgebracht hat [5].

1. Die Jalousietrockner.

1. Im Jahre 1862 berichtete H. von Sivers in den Livländischen Jahrbüchern über eine neue Körnerdarre, die er erdacht und auf seinem Gute Heimthal in Livland eingerichtet hatte. Diese Trocknungsart ist



Abbild. 6.

schon früher in dieser Wochenschrift eingehend besprochen worden¹⁾. (Man vergleiche Stück 7 dieser Sammlung. In der Originalabhandlung ist Verfasser auf die Einrichtung kurz zurückgekommen. Dann folgen Bemerkungen über die innere Einrichtung amerikanischer Trockner

¹⁾ Das Trocknen von Rohfrucht, von Dr. Friedr. Hoffmann, Wochenschrift für Brauerei 1895, Nr. 22.

gemäss brieflicher Mitteilung aus den Vereinigten Staaten, die nicht zutreffend sind und die im Stück 12 nochmals zur Sprache kommen).

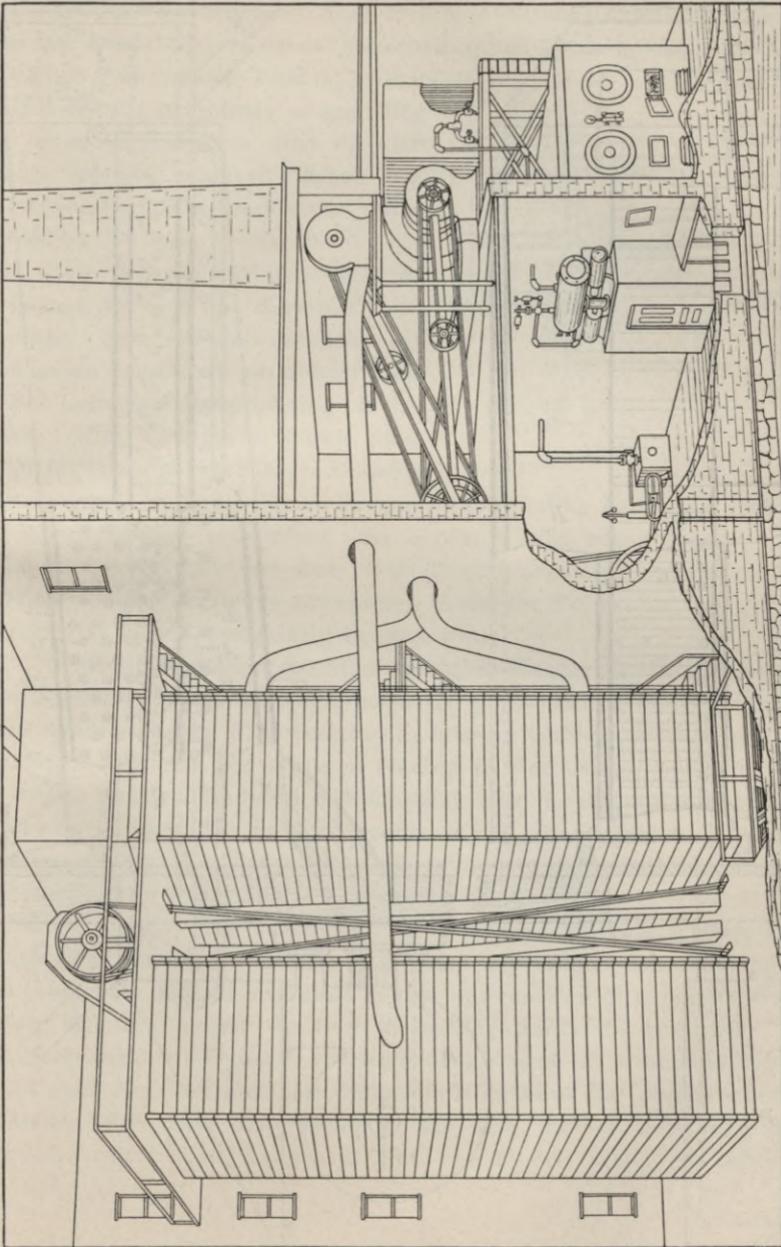
2. Abbild. 6 bringt die Einrichtung einer Trockenanlage nach dem American Elevator and Grain Trade.

C ist der Heizkörper. Das Luftleitungsrohr enthält den Schieber *D* für warme Luft, die Klappe *E* für kalte Luft. *K* ist der Ventilator, welcher die temperierte Luft durch Rohr *F* in den Trockner *L* führt. Dieser besteht aus drei Abteilungen. *I* nimmt die eingeblasene Luft auf, welche durch das in *II* befindliche Getreide hindurchgeht, in *III* mit Wasserdampf gesättigt ankommt und als Dunst durch *G* entweicht [6]. Durch *A* wird der Trockner beschickt und durch *B* entleert, von wo aus das Getreide auf ein Förderband gelangt. Ob der Trockner fortdauernd arbeiten kann, hängt ab von seiner Höhe, von der Schnelligkeit, mit der das Getreide durch den Trockner hindurchgeht, von dem Wassergehalt des Getreides und von der Temperatur, die man der Frucht bieten kann. Ist der Wassergehalt des Getreides so hoch, dass es nach einmaligem Durchgang nicht trocken ist, so muss es mehrmals durch den Trockner gehen, d. h. dasjenige, was unten abfließt, wird oben wieder hinzugeschüttet, so dass das Getreide eine beständig sich bewegende Wand ist, deren Material dauernd trockner wird. Nach den Angaben der Fabrik werden in 1 Stunde reichlich 2 pCt. Wasser fortgeschafft.

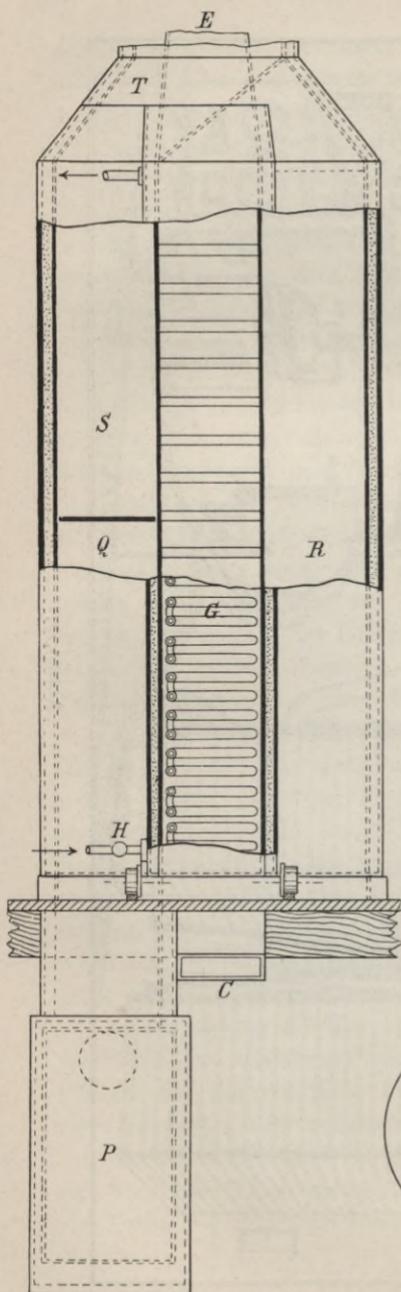
In Abbild. 7, welche dem American Elevator and Grain Trade Nr. 8, Februar 1899, entnommen ist, bringen wir eine grosse Anlage, welche rechts zwei Trockentürme und links einen zugehörigen Kühlturm von je 500 Ztr. Fassungsvermögen aufweist. In der beigefügten Beschreibung des Blattes ist erwähnt, dass die Illinois-Zentral-Eisenbahn, nachdem sie 2 Jahre lang mit einer kleinen Anlage nicht nur Getreide mit geringem Wasserüberschuss, sondern auch Schiffsladungen von gesunkenem Korn erfolgreich getrocknet hatte, derselben Firma diese grosse Anlage zur Ausführung übertrug.

3. In jüngster Zeit hat sich Friedrich Correll einen Trockner in verschiedener Ausführung patentieren lassen, welcher auf demselben Prinzip wie der von Sivers beruht, in der Konstruktion dagegen mit allen Feinheiten des technischen Fortschritts versehen ist.

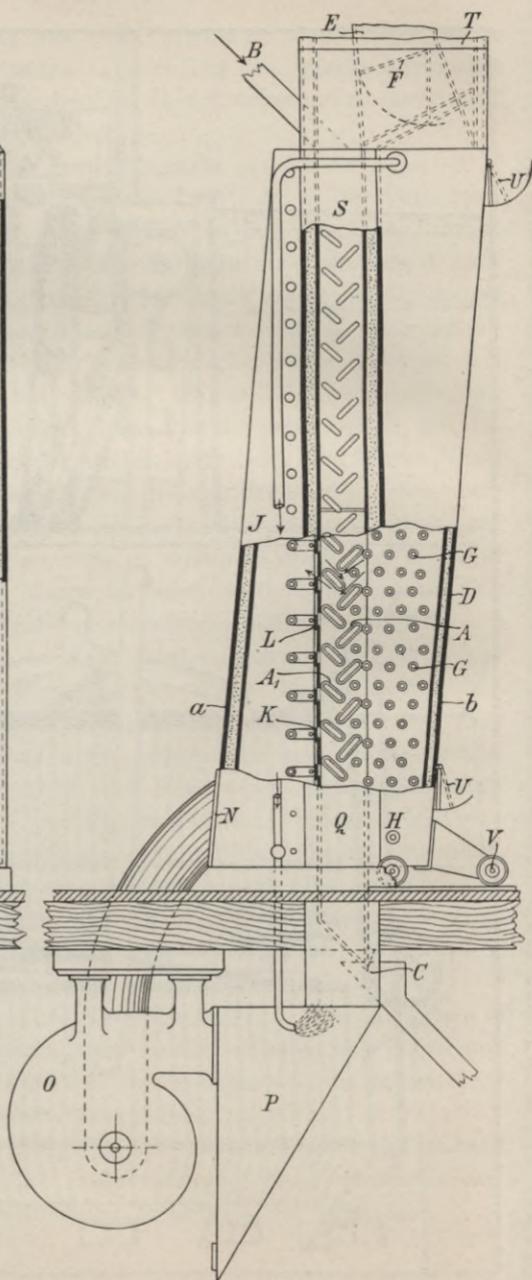
Da dieser Trockner noch nicht in die Praxis eingeführt ist, so lässt sich über seine Leistungsfähigkeit nichts anführen. Einer uns freundlichst zur Verfügung gestellten Beschreibung entnehmen wir folgendes:



Abbild. 7.



Abbild. 8.



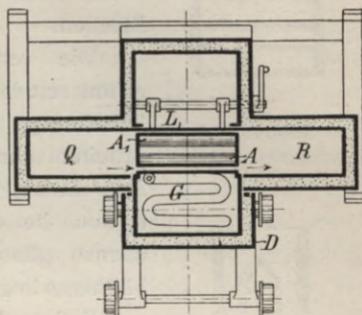
Abbild. 9.

Abbild. 8 stellt die Vorderansicht eines Apparates dar mit abgenommener Vorderwand, Abbild. 9 eine Seitenansicht, teilweise im Schnitt und Abbild. 10 einen Querschnitt durch Abbild. 9 nach Linie *a-b*. Das bei *B* eintretende Produkt läuft auf die oberste der schräge gestellten Flächen *A* und nimmt seinen Weg in einer Zickzacklinie über die darunter liegenden schrägen Flächen *AA*. Unten verlässt das Produkt bei *C* den Apparat.

Dem Raume mit den schrägen Flächen *AA* ist ein Kasten *D* vorgelagert, der allseitig luftdicht geschlossen ist und nur am oberen Ende eine Lufteinströmungsöffnung *E* besitzt. Der Lufteintritt durch diese Öffnung ist durch eine Klappe, Schieber oder dergl. *F* regulierbar. In dem Kasten sind eine oder mehrere Röhrenschlangen angeordnet, die entweder mit einem Dampf- oder Kältezeug ξ verbunden sind. Vorteilhaft geschieht der Anschluss der Dampf- oder Kältezufuhr am unteren Ende der Rohrleitung bei *H*, wodurch das Gegenstromprinzip benutzt wird.

Hinter dem Raum mit den schrägen Flächen *AA* schliesst sich ein Kasten *J* an, der allseitig geschlossen ist und nur durch Öffnungen *K*, die durch Schieber *L* zu vergrößern oder zu verkleinern sind, mit den Räumen *M* hinter den schrägen Flächen in Verbindung steht.

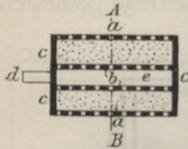
Das untere Ende der Rückwand des Kastens *J* besitzt eine Öffnung *N*, aus der in vorliegendem Falle ein Ventilator *O* die Luft aussaugt. Der Ventilator bläst die Luft entweder ins Freie oder in einen Trichter *P*, in dem sich etwa von der Saugluft mitgerissene Teile absetzen. Aus dem Trichter *P* kann alsdann die warme oder kalte Luft zu nochmaliger Ausnutzung in einen der seitlich von dem Apparat angebrachten Kästen und zwar in den unteren Teil *Q* gepresst werden. Von hier aus nimmt die Luft ihren Weg durch die Hohlräume der unteren schrägen Flächen *AA* nach dem Kasten *R*, strömt nach oben und geht von hier nochmals durch die Hohlräume der oberen schrägen Flächen *AA* nach dem Raum *S*, aus dem die so vollständig ihrer Wärme oder Kälte entzogene Luft durch den Kanal *T* entweicht (Abbild. 9).



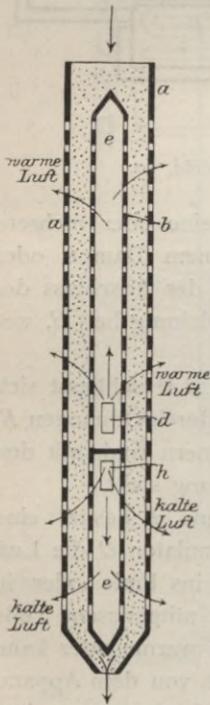
Abbild. 10.

2. Die Siebtrockner.

Im Grunde genommen beruhen sie auf demselben Prinzip wie die Jalousietrockner, nur bestehen die Wände, zwischen welchen sich das Getreide befindet, nicht aus schrägen Schüttbrettern, sondern aus eisernen, geschlitzten oder durchlochten Blechen.



Abbild. 11.



Abbild. 12.

Die verbreitetste Art dieser Trockner wird schon seit längerer Zeit in den Mühlen benutzt zur Trocknung gewaschenen Weizens. Der Apparat arbeitet sehr zur Zufriedenheit der Mühlenbesitzer. Aus diesem Grunde glauben die Fabrikanten, dass er auch bei der Trocknung naturfeuchten Getreides ebenso günstige Resultate geben wird. Die Verhältnisse liegen hier aber ganz anders.

Während der gewaschene Weizen nur oberflächlich genässt ist und das anhaftende Wasser zum Teil mehr mechanisch mit dem Luftzug fortgerissen als verdampft wird, gibt das völlig durchnässte naturfeuchte Korn, wie oben auseinandergesetzt wurde, nur langsam und schwer sein überschüssiges Wasser ab.

1. Der gegenwärtig gebräuchlichste Siebtrockner, wie er z. B. von Seck-Dresden erbaut wird, besteht im wesentlichen aus 4 eisernen Siebwänden, zwei äusseren *aa* und zwei inneren *bb*, wie der Grundriss Abbild. 11 zeigt, welche seitlich durch undurchlochtere Wandungen *cc* abgeschlossen sind. Zwischen *a* und *b* liegt das zu trocknende Getreide. Ein Ventilator führt durch *d* in den mittleren Raum warme Luft, welche durch die Schlitze der Wand *bb* in das Getreide und von hier Feuchtigkeit mitnehmend durch die Schlitze der Wand *aa* ins Freie geht. Abbild. 12 zeigt den Querschnitt *AB* der Abbild. 11. Im Mittelraum *e* ist eine Zwischenwand eingeschaltet.

Während oberhalb derselben, wie erwähnt, warme Luft zur Trocknung eintritt, erhält der Raum *e* unterhalb der Zwischenwand kalte Luft durch die Zuleitung *h*, welche zur Kühlung des erwähnten Getreides dient.

Das Getreide füllt die Seitenräume von oben bis unten vollständig aus und bildet so 2 Getreidewände, die dadurch, dass die getrocknete und dann gekühlte Frucht unten beständig abfließt, während oben dauernd Getreide hinzukommt, sich in fortwährender Bewegung befindet.

Selbstverständlich hat der Trockner oben beim Getreideeinlauf und unten beim Ablauf geeignete Reguliervorrichtungen. Der Trockner besticht durch seine einfache Bauart, woraus sich leichter Gebrauch desselben und geringe Reparaturkosten ergeben.

Aber abgesehen davon, dass er noch nicht für völlig durchnässstes Getreide probiert ist, besitzt er den Nachteil, dass er nicht für jedes Getreide zu benutzen ist. Kleine Samen und sehr feuchtes, weich gewordenes Getreide verstopfen die Schlitze, wodurch die Trocknung verhindert wird. Die Reinigung der verstopften Schlitze nimmt viel Arbeitszeit in Anspruch.

Die Anordnung der Schlitze ist senkrecht. Ob eine wagerechte Anordnung den Fehler des Verstopfens wesentlich verringern wird, ist noch zu prüfen. Doch ist dies wahrscheinlich, da sich das Getreide mit der Längsachse in die Bewegungsrichtung, also senkrecht zu stellen strebt.

Die empfindlichen Samen, wie Rübensamen, sind bei diesem Trockner einer grossen Reibung ausgesetzt und bröckeln, wodurch nicht nur ebenfalls Verstopfungen der Schlitze verursacht werden, sondern auch das Material beträchtlich an Wert verlieren kann.

Da dieser Trockner meist in Mühlen verwendet wird, so legt man natürlich auch nur Werth auf die Erhaltung der Backfähigkeit. Verfasser hatte Gelegenheit, in einer Mühle je eine Probe des gewaschenen und des getrockneten Weizens zu entnehmen und fand, dass vom gewaschenen Weizen 9 pCt. nicht keimten, während vom getrockneten Weizen 17 pCt. nicht keimten. Dieses Resultat spricht dafür, dass die Backfähigkeit weniger empfindlich ist als die Keimfähigkeit. Denn, wenn die erstere unter diesen Umständen leiden würde, hätten die Müller doch diese Trocknungsart nicht eingeführt. Es ist zu betonen, dass hier nur ein vereinzelter Versuch vorliegt, der zu wiederholen ist, ehe ein endgültiges Urteil abgegeben werden kann.

Der Wasserverlust war gemäss den Proben weit grösser als bei allen anderen Trocknern. Wir können aber auf die betreffenden Zahlen

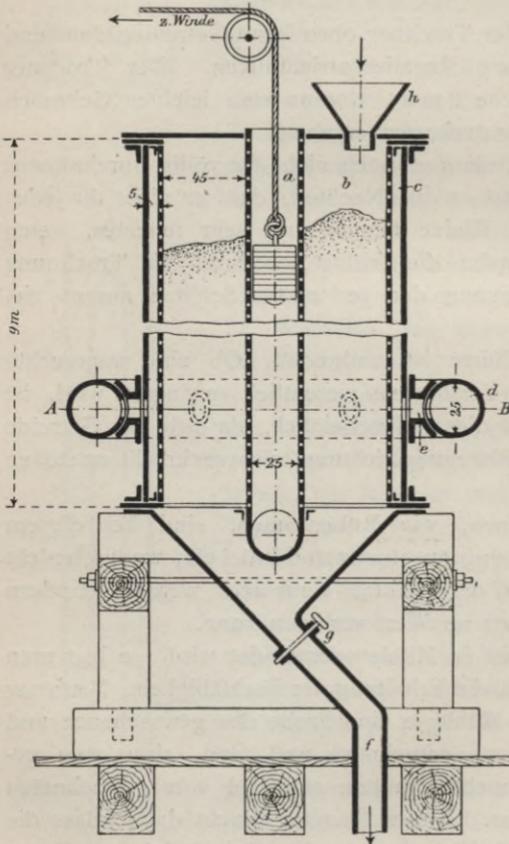
absolut keinen Wert legen, weil aus den früher angegebenen Gründen die Trocknung von naturfeuchtem Getreide sich ganz anders verhalten würde.

2. Der Trockner nach dem System Dankworth-Magdeburg ist ähnlich eingerichtet.

Das Versuchs - Kornhaus besitzt einen solchen Trockner von 120 Ztr. Fassung, dessen Durchmesser 1,25 m bei 9 m Höhe beträgt. Abbild. 13 und 14.

Er besteht aus drei gleichaxigen Röhren *a*, *b*, *c*, von welchen die beiden inneren *a* und *b*, zwischen welchen sich das zu trocknende Getreide befindet, die Lüftungsschlitze enthalten.

In *a* tritt die durch einen Heizkörper erwärmte Luft ein, dringt durch die Öffnungen des Rohres in das Getreide des Raumes *b*, durchdringt dieses, Feuchtigkeit mitnehmend, und geht durch den äusseren geschlitzten Mantel in den äussersten schmalen Raum *c*, um von hier aus durch den Röhrenkranz *d*, welcher



Abbild. 13.

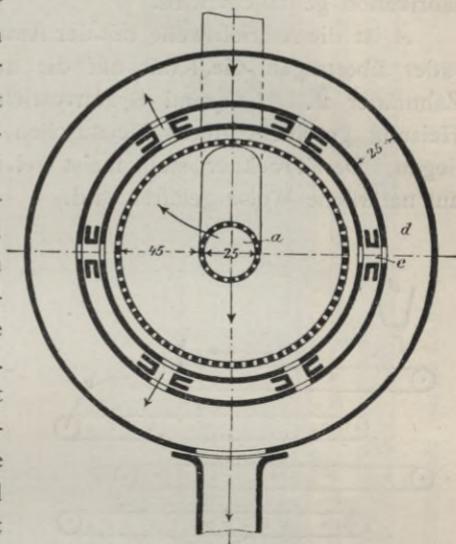
mit *c* durch Rohrstützen *e* verbunden ist, ins Freie zu gelangen. Abbild. 14 ist der Querschnitt durch den Röhrenkranz nach *AB* in Abbild. 13.

Die Spalten der Rohre haben in Wirklichkeit nicht die grossen Dimensionen, wie sie in Abbild. 14 gezeichnet sind. Dagegen sind sie in Abbild. 13 ungefähr in der entsprechenden Grösse gezeichnet.

Damit die Luft nicht entweichen kann, ohne durch das Getreide gegangen zu sein, wird im Innern des Rohres *a* ein kleiner eiserner Zylinder, der in das Rohr hineinpasst, etwas tiefer gestellt, als das Getreide liegt. Die Anordnung ist aus Abbild. 13 ersichtlich.

f dient als Abflussrohr für das getrocknete Getreide, dessen Menge durch den Drehschieber *g* reguliert werden kann. *h* ist der Einlauftrichter für das Getreide.

Im allgemeinen ist es zweckmässig, das Getreide während der Trocknung unten abfließen zu lassen und oben wieder zuzuführen, weil dadurch die Trocknung regelmässiger wird. Doch lässt sich dieses nicht immer ausführen, da die Elevatoren und Bänder, welche das Getreide befördern, während der Zeit der Trocknung oft auch für andere Zwecke im Speicher gebraucht werden.



Abbild. 14.

Über die Leistungsfähigkeit dieses Trockners und einiger anderer wird am Schluss dieser Arbeit berichtet werden.

3. Trocknung auf endlosen Tüchern u. dergl.

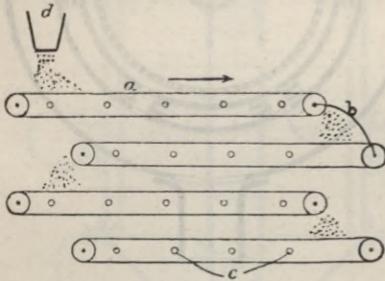
1. Die hierher gehörigen Apparate sind aus anderen Industrien von Angele in die Stärkefabrikation übernommen und dann für die Getreidetrocknung angewendet worden.

Das Prinzip ergibt sich aus Abbild. 15. *aa* sind die endlosen Tücher, welche sich auf den Wellen *bb* bewegen. Zwischen den Tüchern befinden sich Heizröhren bzw. Heiztaschen. Das Getreide gelangt durch einen breiten Verteilungstrichter *d* auf das oberste Tuch, wird von diesem fortgeführt und fällt auf das nächste untere Tuch, auf welchem es den Weg nach der entgegengesetzten Richtung macht. Am

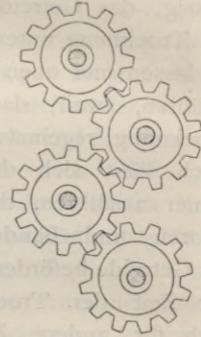
Ende des Weges fällt es auf das dritte Tuch und so fort. Die Trockner haben 20 und mehr Etagen. Die Wellen bb sind auf der einen Seite mit Zahnrädern versehen, welche ineinander greifen (Abbild. 16).

Abbild. 17 zeigt einen vollständigen Trockner, wie er in der Stärkefabrikation gebraucht wird.

A ist die Antriebswelle mit der Antriebsscheibe B . Konische Zahnräder übertragen die Kraft auf die an der andern Seite befindlichen Zahnräder F . CC sind Spannvorrichtungen für die Tücher. Die Heizung geschieht durch Heitzaschen D , die zwischen den Tüchern liegen. Der Trockner steht meist frei in einem grösseren Raume, der auf natürliche Weise gelüftet wird.



Abbild. 15. Die Trocknung auf dem endlosen Tuch. c sind Heizrohre.



Abbild. 16. Die Trocknung auf dem endlosen Tuch. Die Achsen der Zahnräder sind zugleich die Achsen $b b$ der Abbild. 15.

Schon aus dem Bilde ist klar ersichtlich, dass bei dieser Anordnung unmöglich eine grosse Menge Feuchtigkeit hinweggeschafft werden kann, weil keine Luftbewegung zwischen den Tüchern stattfindet.

Tatsächlich arbeitet dieser Trockner ausserordentlich ungünstig, denn es ist nicht nur die Leistungsfähigkeit sehr gering, sondern auch der Kraftverbrauch ist auffallend gross. Das letztere hat seinen Grund einerseits in der Anordnung der Zahnräder, andererseits in dem Umstande, dass die Tücher sehr stark gespannt werden müssen, um nicht zu gleiten.

Man hat versucht die Ausnutzung der trocknenden Luft zu verbessern, welche bei dieser Anordnung aus dem Grunde winzig ist, weil die Luft

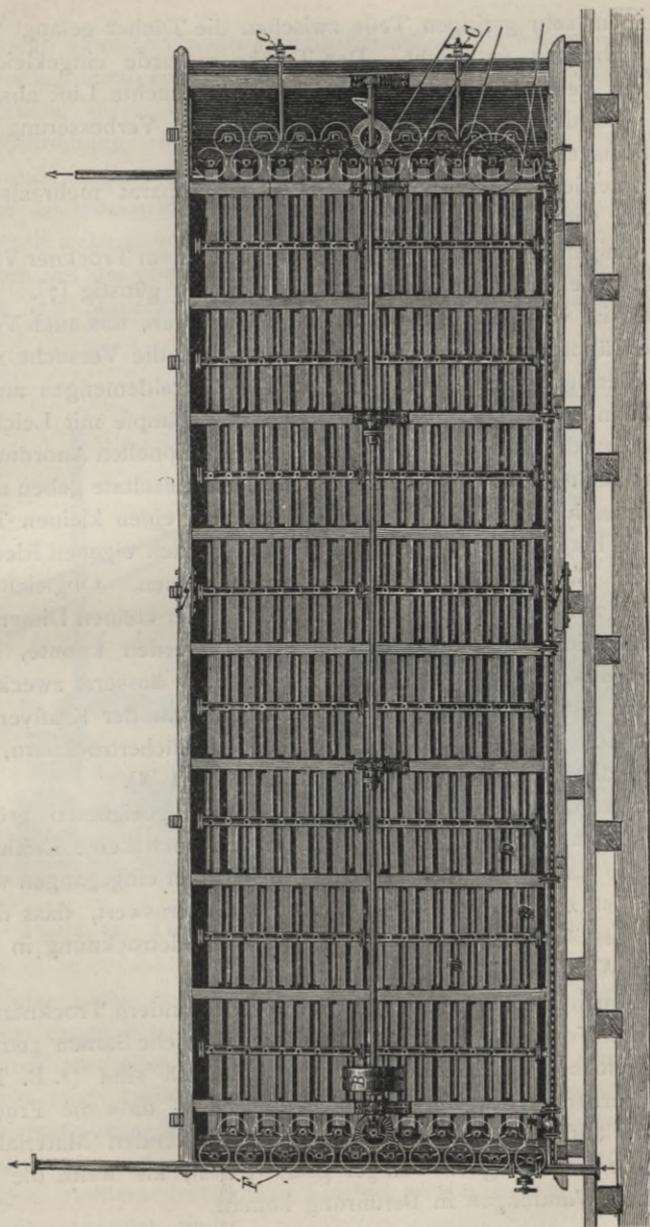


Abbildung 17. Stärketrockner System Angele.

nur zu einem sehr geringen Teile zwischen die Tücher gelangt und im übrigen unbenutzt entweicht. Der Trockner wurde eingekleidet und darüber ein Ventilator angebracht, welcher die feuchte Luft absaugte.

Die Resultate bei dieser unbedeutenden Verbesserung sollen günstiger ausgefallen sein.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Apparat mehr als irgend ein anderer verbesserungsfähig ist.

Vor einigen Jahren hat Verfasser mit solch einem Trockner Versuche angestellt. Die dabei erhaltenen Resultate waren günstig [7].

Dieses ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, was auch Verfasser in dem erwähnten Bericht bereits ausführte, dass die Versuche nur mit den zur Verfügung gestellten sehr geringen Getreidemengen angestellt werden konnten, so dass die gebildeten Wasserdämpfe mit Leichtigkeit fortgeführt wurden. Indessen würden bei einer rationellen Anordnung des Trockners auch grosse Getreidemengen ähnliche Resultate geben müssen.

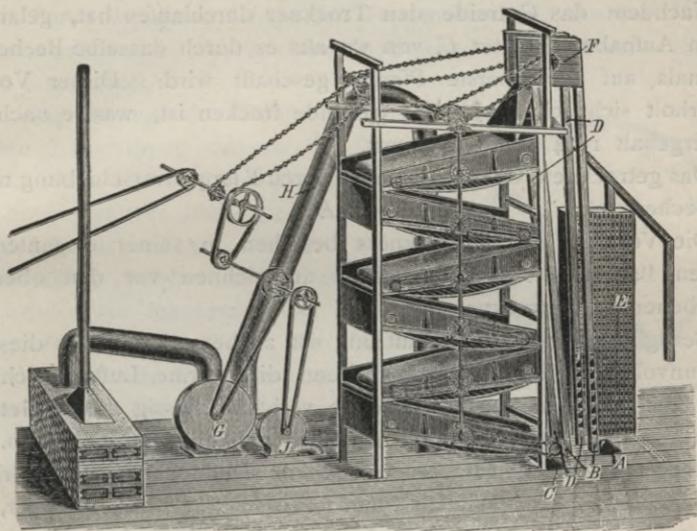
Verfasser hatte vor einiger Zeit Gelegenheit, einen kleinen Tüchertrockner zu beobachten, welchen ein Praktiker nach eigenen Ideen und zu eigenem Gebrauch sich hatte anfertigen lassen. Obgleich keine Gelegenheit war, den Trockner zu prüfen, der seiner kleinen Dimensionen wegen eigentlich nur als Modell bezeichnet werden konnte, so war doch einerseits die Anordnung dem Prinzip nach äusserst zweckmässig und hohe Leistung versprechend, andererseits war der Kraftverbrauch unvergleichlich geringer als bei den jetzigen Tüchertrocknern, selbst wenn man die verschiedene Grösse berücksichtigt [8].

Da mit dem Bau eines für die Praxis geeigneten grösseren Trockners erst begonnen wird und demnach noch keine Erfahrungen vorliegen, so kann auf diesen Trockner nicht näher eingegangen werden. Jedenfalls ist es im Interesse der Sache wünschenswert, dass die Anwendung des Tuches ohne Ende für die Getreidetrocknung in zweckmässigerer Weise als jetzt geschieht.

Das Prinzip der Tüchertrockner hat vor den andern Trocknern nicht unerhebliche Vorzüge. Zunächst können auch solche Samen getrocknet werden, welche gegen Reibung sehr empfindlich sind (z. B. Rübensamen). Ferner ist der Umstand nicht unwichtig, dass die Frucht auf Tuch, also auf einem die Wärme schlecht leitenden Material liegt, wodurch die Keimfähigkeit weniger gefährdet ist, als wenn die Frucht mit eisernen Wandungen in Berührung kommt.

2. Auf ganz ähnlichem Prinzip beruht der Trockner, welcher von der amerikanischen Firma F. H. C. May, Buffalo gebaut wird. Gemäss dem Katalog dieser Fabrik geben wir die Abbildung (Abbild. 18) und die Beschreibung, welche, wie viele amerikanische Beschreibungen, unklar und ungenau abgefasst ist.

Das zu trocknende Getreide wird in den Aufnahmebehälter *A* geschafft und gelangt von hier durch das Becherwerk *B* über den Kopf *F* desselben auf die oberste Pfanne. Diese besteht aus einem Blechgefäss, welches mit Mauersteinen bekleidet ist, was sich allerdings aus der



Abbild. 18. Trockner von F. H. C. May, Buffalo, Nord-Amerika.

Abbildung nicht ersehen lässt. Es soll damit wahrscheinlich das Isolieren gegen Wärmeverlust bezweckt werden.

Innerhalb jedes Gefässes bewegt sich nicht ein endloses Tuch, sondern eine endlose zusammenhängende Reihe von durchlochtem Jalousiebrettchen, die übereinandergreifen und durch eine Förderkette in Bewegung gesetzt werden. Vielleicht sind es auch nicht Jalousiebrettchen, sondern durchlochtem Leisten, welche in Rolljalousieform miteinander verbunden sind.

Die erwärmte Luft wird durch das Gebläse *G* in das Rohr *H* geschafft, welches wahrscheinlich auf der dem Beschauer abgewendeten Seite des Trockners durch Ansätze mit dem Innern der Pfanne in Verbindung steht.

Aus *H* wird die Luft in die Zwischenräume hineingedrückt und hat keinen anderen Ausweg als durch die Durchlochungen der Jalousiebrettchen oder Leisten und durch das auf diesen liegende Getreide.

Die durch die Kettenübertragung sich bewegenden Leisten nehmen das Getreide mit und lassen es auf die darunter liegende Pfanne fallen, von hier gelangt es auf die folgende usf.

Nachdem das Getreide den Trockner durchlaufen hat, gelangt es in den Aufnahmebehälter *C*, von wo aus es durch dasselbe Becherwerk nochmals auf die oberste Pfanne geschafft wird. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis das Getreide trocken ist, was je nach dem Wassergehalt 1–4 Stunden dauert.

Das getrocknete Getreide gelangt durch Klappenverschiebung mittels des Becherwerkes *D* in den Kühler *E*.

Die Vorzüge dieses Trockners bestehen in seiner eleganten und leichten Bauart, die ihn vorteilhaft auszeichnen vor den oben beschriebenen Stärketrocknern.

Bezüglich der Wärmeausnutzung ist zu bemerken, dass diese nur sehr unvollkommen sein kann. Denn die warme Luft streicht nur durch die auf den Leisten liegende verhältnismässig dünne Getreideschicht, so dass sie sich nur wenig mit Feuchtigkeit sättigen kann. Der Trockner muss demgemäss teuer arbeiten. Dennoch wird die Wirksamkeit bedeutend besser sein als beim gewöhnlichen Stärketrockner, weil die mit Feuchtigkeit beladene Luft schnell entfernt und durch trockene Luft ersetzt wird.

Aus der Abbildung erhält man den Eindruck, als ob der Dunst nur durch natürliche Ventilation das Freie erreicht und somit in bedenklicher Nähe des Kühlers bleiben kann. Der kleine Ventilator dient wahrscheinlich zur Herbeischaffung der kühlenden Luft. Wenn diese sich mit Wasserdämpfen anreichert, kühlt sie sich ab, sinkt zu Boden und kann durch *J* unabsichtlich zur Kühlung herangezogen werden.

Schon unter gewöhnlichen Umständen bei verhältnismässig trockener Luft ist die wirkungsvolle Kühlung schwierig, wie oben auseinander-

gesetzt wurde. Sie kann aber die Trocknung zum Teil rückgängig machen, wenn die Anordnung so ist, wie die Abbildung zeigt.

Die Einrichtung des Kühlers ist nicht zu ersehen, vielleicht ist sie ähnlich den vorher beschriebenen Trocknern mit Siebwänden.

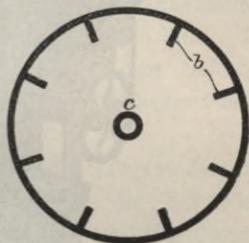
4. Die Trommeltrockner und ähnliche Apparate.

1. Der Trockner von Luther-Braunschweig. Soweit Verfasser sich informieren konnte, besteht er aus einer rotierenden Trommel, deren Innenraum geheizt wird. Die innere Seite ist mit Längsrippen versehen, die durch die ganze Länge der Trommel gehen. An der durch die Trommel gehenden, als Heizrohr dienenden Welle sind verstellbare Schaufeln angeordnet.

Die sich bewegende Trommel nimmt durch ihre Längsrippen das an der Giebelseite einlaufende Getreide mit sich und lässt es nach einer gewissen Phase der Umdrehung mitten durch den Raum auf die heißen Schaufeln fallen, welche um so steiler eingestellt werden, je langsamer das Getreide fortbewegt werden soll, während der ebenfalls am Giebel eingeführte Heissluftstrom das Getreide durchzieht. Durch die Anwendung der Rippen ist der wichtige Zweck erreicht, dass das Getreide nicht beständig an den heißen Wänden gleitet, sondern das auch zeitweilig jedes Korn gelüftet wird. Die heisse Luft

schädigt die Keimfähigkeit weit weniger als die Berührung mit den heißen Eisenwänden, so dass bei der Lutherschen Anordnung die Trocknungstemperaturen höher gelegt werden können als ohne die Rippen. Nach Verlassen der Heisslufttrommel passiert das Getreide einen gleichen Apparat, in welchem dasselbe durch Einblasen von kalter Luft gekühlt wird.

Die Trockenanlagen sind auch so eingerichtet, dass die Trommeln keine Schaufeln haben, sondern an Stelle derselben nur mit einem zur Heizung dienenden Schlangenrohr versehen sind. Mehrere solcher Trommeln werden in ein Holzgehäuse eingebaut und mittels Zahnkranz

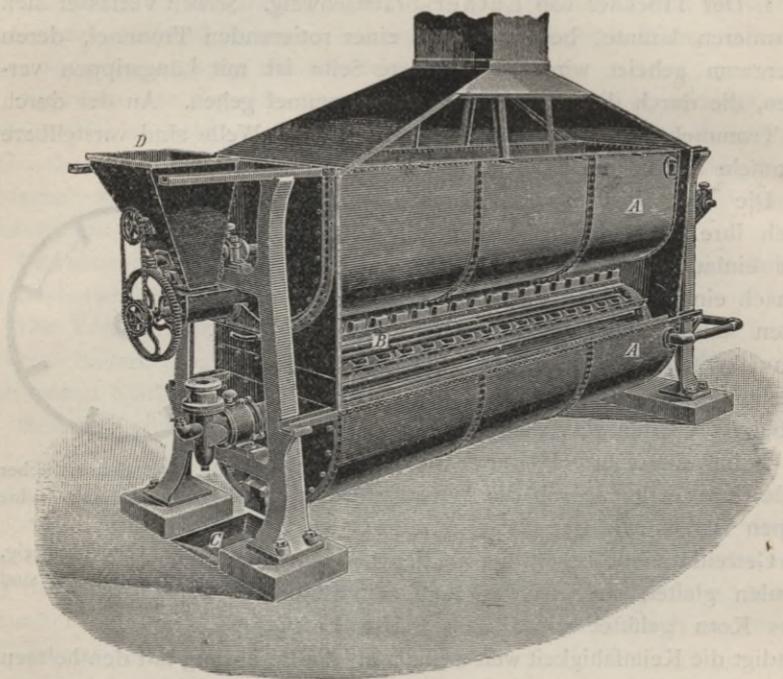


Abbild. 19. Schematischer Querschnitt durch eine Trockentrommel von G. Luther-Braunschweig, *c* ist ein Heizrohr, *b* sind Längsrippen.

angetrieben. *Abbild. 19* stellt im Prinzip den Querschnitt eines solchen Trockners dar; *c* ist das Heizrohr, *b* sind die Rippen.

Über die Leistungsfähigkeit dieses Trockners liegen keine Angaben vor.

2. Der *Ottosche* Getreidetrockner ist ebenso eingerichtet, wie der *Ottosche* Trebertrockner. Daher bringen wir das Bild eines solchen in *Abbild. 20*¹⁾.



Abbild. 20. Trebertrockner von Otto-Dortmund.

Der Apparat besteht aus zwei übereinanderliegenden unbeweglichen, doppelwandigen und heizbaren Mulden *A*. In diesen befindet sich ein horizontales, rotierend bewegliches Heizröhrensystem, an welchem zugleich eiserne Schaufeln *B* befestigt sind, die das in der Mulde befindliche Getreide aufheben und es zwischen die Heizröhren streuen.

1) Siehe auch weiter unten den Trockner von Lockwood.

Das Getreide wird von einem oberen Boden aus in den Trichter *D* hineingeschüttet; die Schaufeln bewegen es nach dem anderen Ende der Mulde, wo es in die untere Mulde fällt und hier durch die Schaufeln nach der entgegengesetzten Richtung weitergeschafft wird. Aus der unteren Mulde gelangt das Getreide durch *C* in ein tieferes Stockwerk, wo es durch einen Kühlzylinder geschickt wird und hier reichlich mit kühlender Luft, die durch einen Ventilator erzeugt wird, in Berührung kommt.

Einen Fehler besitzt der Trockner insofern, als es schwierig ist, die letzten Getreidemengen zu entfernen. Er ist infolgedessen mehr für solche Betriebe geeignet, welche nur eine einzige Fruchtart trocknen.

Hat man mehrere Sorten Getreide zu trocknen, so hilft man sich in der Weise, dass man am Ende der Trocknung und nach möglicher Entleerung des Trockners eine leicht absiebbare Frucht nachschüttet, z. B. Mais auf Weizen, welche leicht voneinander zu trennen sind. Da es stets zweckmässig ist, getrocknetes Getreide von den bei der Trocknung losgelösten Verunreinigungen zu befreien, so ist dieser Fehler nicht allzu bedenklich [9].

Ferner ist wahrscheinlich, dass Teile des Getreides längere Zeit mit der heissen Wandung in Berührung bleiben. Denn die Schaufeln dürfen nicht bis dicht an die Wandung heranreichen, weil in diesem Falle Korn zerquetscht und unnütze Kraft verbraucht würde. Die Schaufeln greifen daher nicht alles Getreide und ein Teil gleitet an der Wandung. Aus diesem Grunde muss bei der Trocknung von Saatgetreide die Temperatur der Mulden vorsichtig reguliert werden, um die Keimfähigkeit nicht zu schädigen.

Verfasser hat den Trockner geprüft und eine verhältnismässig gute Leistungsfähigkeit feststellen können.

Der Ottosche Trebertrockner ist von John Lockwood, Merano i. S., in manchen Beziehungen abgeändert und verbessert worden.

W. Goslich hat den Apparat in bezug auf Trebertrocknung geprüft und das Prüfungsergebnis in der Wochenschrift für Brauerei 1898, Nr. 41 veröffentlicht, so dass hierauf verwiesen werden kann.

Der Beschreibung sind auch zwei Abbildungen beigelegt, von welchen der Querschnitt durch den Trockner auch hier interessieren dürfte, da er im wesentlichen zugleich die Einrichtung des Ottoschen Trockners zeigt. (Abb. 21.)

Die zur Getreidetrocknung dienenden Apparate sind für diesen Zweck mit einigen besonderen Einrichtungen versehen und die Entfernung der letzten Getreidemengen soll mit Leichtigkeit vonstatten gehen.

3. Der Vakuumtrockner von Passburg, Berlin, besteht je

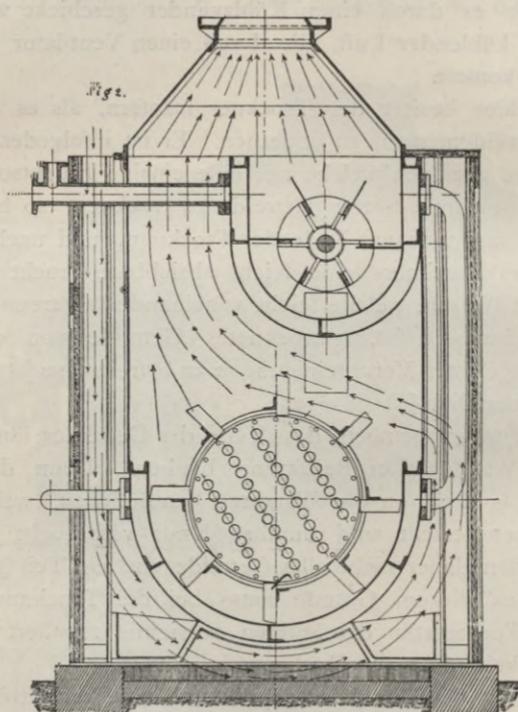


Abb. 21. Querschnitt des Trockners von Otto-Lockwood.

nach der Menge des zu trocknenden Getreides aus 1—3 horizontalen, übereinanderliegenden Zylindern.

In Abbild. 22 ist ein Trockner abgebildet, welcher aus 2 Zylindern besteht.

Zu dem oberen Vortrockenzylinder ist ein Einfüllraum gehörig, welcher mit luftdichten Fülllöchern versehen ist. An den unteren Zylinder schliesst sich ein Ausfüllgefäß zur Aufnahme des getrockneten Produktes an.

Der obere Zylinder enthält eine rotierende Schnecken trommel mit hohlen Transportschaukeln für direkten oder Abdampf, welche das nasse Material unter Vortrocknung in den unteren Zylinder schafft. Derselbe enthält eine rotierende Heizröhrentrommel, welche mit direktem Dampf oder Abdampf geheizt wird. Die hieran befindlichen Transportschaukeln bewirken ein beständiges Umschaukeln der Masse, welche dadurch auf die Heizrohre gelangt und wieder abfällt, während der sich hierbei stark entwickelnde Brüdem in den oberen Zylinder und von hier in den Kondensator tritt.

Beide Zylinder sind mit Dampfmänteln für Retourdampf umgeben.

Die Einfüllung des nassen Materials und die Entleerung der trockenen Frucht wiederholt sich ungefähr in je $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden und wird mit Hilfe der abschliessenden Schieberventile derart vorgenommen, dass die Trocknung oder das Vakuum im Hauptzylinder nie unterbrochen wird. Bei den neueren Trocknern ist eine automatische Zufluss- und Abflussvorrichtung vorgesehen, durch welche es möglich ist, ohne Aufheben des Vakuums nicht nur kontinuierlich zu trocknen, sondern auch zu- und abzufüllen.

Die Apparate werden in mehreren Grössen angefertigt. Die kleineren Trockenanlagen, welche nur aus einem Zylinder bestehen, verdampfen nach den Angaben der Firma je nach ihrer Grösse 80 bis 450 kg Wasser pro Stunde.

Die aus zwei Zylindern bestehenden Anlagen verdampfen 560 bis 870 kg Wasser pro Stunde und die noch grösseren Anlagen müssen drei Zylinder erhalten, über deren Verdampfungsgrösse noch keine Angaben vorliegen.

Das Getreide gleitet an den über 100° C. heissen Wänden, wodurch ein Teil für die Saat wertlos wird. In gewisser Beziehung ist dieser Fehler nicht so sehr bedeutend. Denn Getreide, welches künstlich getrocknet werden muss, wird überhaupt selten als Saatgut benutzt. Es käme also nur die Backfähigkeit in Betracht. Die Keimfähigkeit hatte bei einer Prüfung des Trockners nur wenige Prozente abgenommen und da die Empfindlichkeit des Kornes in bezug hierauf wahrscheinlich grösser ist — was auch die mit dem Trockner von Seck-Dresden erhaltenen Resultate betreffs der Keimfähigkeit zu bestätigen scheinen — als in bezug auf die Backfähigkeit, so wird letztere sehr wenig oder garnicht gelitten haben [10]. Doch sind hierüber noch Versuche anzustellen

und es ist eine der Aufgaben des Verfassers, festzustellen, bei welchen Temperaturen und bei welchem Wassergehalt des Getreides die Backfähigkeit leidet.

Soll mit dem Vakuumtrockner dennoch Saatgetreide getrocknet werden, so ist die Temperatur der Wandungen zu erniedrigen, was allerdings die Leistungsfähigkeit des Trockners herabsetzt; aber bei dem hohen Wert des Saatgetreides kommt es wenig darauf an, dass die Kosten des Trocknens etwas erhöht werden.

Der wichtige Vorzug des Vakuumtrockners besteht darin, dass die rasche Verdunstung in der Luftleere eine beträchtliche Wärmeerniedrigung auf der Oberfläche des Kornes und im genannten Trockenraum hervorbringt. Nur aus diesem Grunde ist es möglich, den Heizmantel mit Temperaturen von mehr als 100° C. zu versehen, die bei gewöhnlichem Luftdruck des Getreide für die meisten Zwecke unbrauchbar machen würden.

Auch der Passburgsche Trockner lässt sich schwer vollständig von Getreide befreien, so dass man bei Trocknung verschiedener Getreidesorten zu dem oben erwähnten Hilfsmittel greifen muss.

5. Sonstige Trocknungsmethoden.

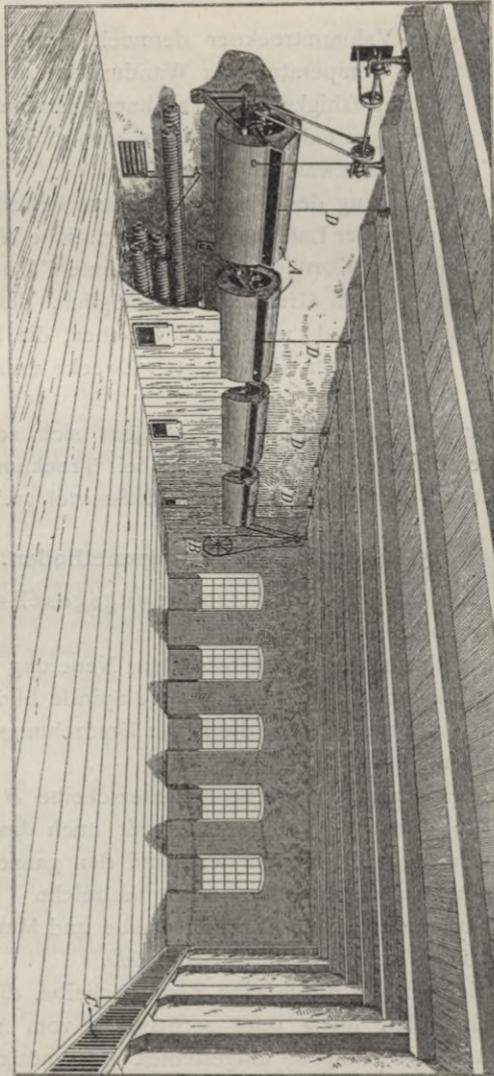
1. Die Anlagen der Lufttrocknungsgesellschaft »Orkan«, Budapest-Wien, Abbild. 23.

Das Wesentliche dieser interessanten Neuerung sind die Ventilatoren *A*, welche nicht eine schmalstirnige Spirale bilden, sondern eine Trommel von 1 *m* Durchmesser, die in der Umdrehungsachse eine Länge von 2 *m* besitzen.

Durch eine separat betriebene Exzentrerscheibe *B* mit bequem verstellbarem Hub erhält die Trommel, somit auch das Mundstück eine schwingende Bewegung, wodurch der Wind den ganzen Raum von der Decke bis zum Fussboden kontinuierlich bestreicht.

Die Verbindung zwischen Exzentrerscheibe und Mantel erfolgt durch entsprechend über Rollen geführte Seile *DD*.

Der Antrieb erfolgt durch eine Riemenscheibe, die auf der Flügellewelle je nach Bedarf links- oder rechtsseitig vom Apparat aufgekeilt wird. Die Apparate sind so eingerichtet, dass nötigenfalls (d. h. bei breiten Lokalen) mehrere, nebeneinander angeordnete Maschinen untereinander gekuppelt werden können. Sämtliche Apparate benötigen



Abbild. 23. Anlage der Lufttrocknungs-Gesellschaft »Orkan«, Budapest-Wien.

dann nur ein kurzes Vorgelege, welches die Riemenscheibe des ersten Apparates und die zur Mantelbewegung sämtlicher Apparate dienende eine Exzentrerscheibe anzutreiben hat. Die normale Tourenzahl des Flügels beträgt 300 Umdrehungen per Minute für eine Lokallänge bis 17 m.

Der Kraftverbrauch eines Apparates beträgt nach den Angaben der Firma bei der üblichen Tourenzahl von 300 per Minute und der normalen Grösse des Ventilators 0,75 PS. Das geförderte Luftquantum beträgt, ebenfalls nach Angaben der Firma, 14 000 *cbm* pro Stunde.

C ist der Ausgang für den Dunst.

Der gesamte Raum muss die zu trocknende Ware enthalten, seien es Felle, die aufgehängt sind, oder sei es Getreide auf Horden oder in anderer zweckmässiger Anordnung. Die Gesellschaft beabsichtigt noch spezielle Einrichtungen für die Getreidetrocknung in Verbindung mit dem »Orkan« herzustellen, was sehr wünschenswert ist.

Verfasser hatte Gelegenheit, den »Orkan« in der Lederfabrik von Ernst Meissner-Rössgen b. Mittweida in Tätigkeit zu sehen. Der Apparat schaffte offenbar grosse Luftmengen, welche sich vermöge der Einrichtung auf grosse Flächen verteilen, was bei einem gewöhnlichen Ventilator nicht möglich wäre. Es wurden Felle getrocknet, welche hintereinander von der Decke herabbingen und zwar so, dass der Wind dazwischen hindurchtreten musste. Die Felle flatterten und klatschten bei der Trocknung wie Wäsche im Freien. Der Kraftverbrauch und die Leistungsfähigkeit konnte leider nicht geprüft werden. Der Riemenbreite nach zu urteilen, welche 6 *cm* betrug, musste der Kraftverbrauch sehr gering sein.

2. In dem grossen, vorzüglich eingerichteten Lagerhause in Königsberg i. Pr. wird das Getreide in der Weise getrocknet, dass es aus einem oberen Stockwerk zum Fenster hinausgeworfen und unten in einem weiten, trichterförmigen Behälter wieder aufgefangen wird. Diese Trocknungsmethode ist sehr einfach, kann aber nur bei trockener Witterung wirksam sein.

Auf alle Fälle ist die Einrichtung ohne grosse Kosten zu machen und die Anwendung ist sehr zu empfehlen, wenn es sich darum handelt, muffiges und dumpfig riechendes Getreide von dem üblen Geruch zu befreien.

3. Die Trocknung des Getreides auf Darren ist uralt, oft ver-

worfen und oft wieder angewandt. Es ist jedenfalls eine bemerkenswerte Tatsache, dass diese Methode in Norwegen noch heute mit Erfolg angewendet wird, um Braugerste zu trocknen. Dort hat man nicht wie bei uns die Malzsteuer sondern eine Gerstensteuer. Das norwegische Getreide soll durchweg einen Wassergehalt von 16—17 pCt. haben. Mittels Darren werden von diesem Wasser etwa 10 pCt. fortgetrocknet und man erzielt dadurch nicht nur einen Gewinn an der zu entrichtenden Gerstensteuer, sondern man schafft sich dadurch auch ein sehr lagerfähiges Getreide. Die Kühlung dürfte im allgemeinen besser vonstatten gehen als bei uns, weil die Temperaturen niedriger sind, die Luft infolgedessen weniger Wasserdampf enthält. Es wäre sehr interessant, gerade über diesen Punkt nähere Angaben zu erhalten. Da Darreinrichtungen sich in dieser Beziehung als rentabel erweisen, so ist es selbstverständlich, dass Apparate, welche speziell für Trocknung zweckmässig angelegt sind, dies noch in weit höherem Grade sein müssen.

4. Ein System der Trocknung nach sehr ökonomischen Gesichtspunkten ist durch die Anlagen von Dr. Möller und Prof. Pfeiffer in die Praxis eingeführt worden. Da mit diesen Apparaten noch keine Getreidetrocknungsversuche gemacht, solche aber in Aussicht gestellt worden sind, so werden wir zu einer geeigneteren Zeit auf dieses System und die damit erhaltenen Resultate zurückkommen.

5. Zum Schlusse muss noch eine Einrichtung erwähnt werden, welche man nicht direkt als eine Trockenanlage bezeichnen kann, die aber in bezug auf das Konservieren des Getreides, was doch gerade der Zweck des Trocknens ist, eine hervorragende Rolle spielt; wir meinen das von Schütt erdachte und in seiner Dampfmühle zuerst eingerichtete Rieselsystem, welches von hier aus Aufnahme in die Militärmagazine fand.

Die Erfolge mit diesen Anlagen sollen nach sehr kompetenten Berichten ausserordentlich gut sein, indem sich durch dieses Verfahren nicht nur gutes und schnelles Trocknen erzielen lässt, sondern auch den Schädlingen des Getreides ein höchst ungemütlicher Aufenthalt bereitet wird, so dass die Rieselspeicher von Ungeziefer stets verschont bleiben.

Diese Speicher sind in der Weise eingerichtet, dass die Böden in kurzen Entfernungen von einander, etwa von 30 zu 30 *cm*, Öffnungen von 40—60 *mm* enthalten, welche durch sinnreich angeordnete Schieber,

die sich unterhalb des Bodens befinden, reihenweise geöffnet und wieder geschlossen werden können. Unterhalb der Schieberreihe befindet sich ein Winkeleisen mit der Winkelkante nach oben gerichtet, so dass es ein kleines Dach bildet. Beim Öffnen der Schieber fällt das Getreide zunächst durch die Öffnungen auf das kleine Dach und verteilt sich hier zu einem wahren Regen, so dass jedes einzelne Korn wie ein Regentropfen durch die Luft fällt und mit dieser allseitig in Berührung kommt.

Wird die Rieselung vorgenommen, so ist auch zugleich durch Fenster, welche einander gegenüberliegen, für kräftigen Zug gesorgt.

Es ist klar, dass durch eine derartige Behandlung das Getreide sehr gewinnen muss, wenn es dumpf und muffig riecht. Inwieweit und wie schnell die Wasserentziehung stattfindet, hängt vom Wassergehalt des Kornes und von der Witterung ab und ist noch näher festzustellen.

Die grossen Vorzüge des Rieselsystems liegen auf der Hand. Aber es gibt andererseits verschiedene Fälle, in welchen sich dieses System nicht oder nur schwer verwenden lässt. So wie irgend ein anderes System, so kann und will auch dieses nicht den Anspruch machen, ein Universalsystem für alle möglichen Zwecke zu bilden.

In folgenden Fällen ist das Rieselsystem nicht anwendbar bzw. nicht zweckmässig.

a) Für wirklich nasses Getreide wird sich eine derartige Anlage nicht eignen, weil das nasse Getreide durch die engen Öffnungen nicht hindurchfliessen würde.

Im Versuchs-Kornhause ist der Fall eingetreten, dass Getreide von 33 pCt. Wassergehalt durch die 15 cm weiten Öffnungen nur soweit abfloss, als es sich direkt über den Öffnungen befand.

Der Böschungswinkel des Getreides war fast 90° , und es bildete sich eine Röhre, die an der Oberfläche des Getreides nur wenig weiter war als der Ablauf. Der grösste Teil des Getreides musste mit viel Handarbeit herabgestossen werden.

Beim Rieselsystem, wo die Öffnungen weit enger sind, würde diese Schwierigkeit noch mehr bemerkbar werden. Wirklich nasses Getreide kann nur auf zweckmässig eingerichteten Trocknern getrocknet werden.

b) In einem Speicher mit Rieselsystem können nur wenig Sorten gelagert werden. Zwar kann die Ausnutzung des Raumes in einem Rieselspeicher ebenso gut sein wie in einem Silo. Denn wenn man

nur eine Frucht hat und diese von guter Beschaffenheit ist, so kann man das ganze Gebäude vom untersten Boden bis zum Dach volllaufen lassen, indem nur sämtliche Schieber offen gehalten werden.

Wenn es sich aber darum handelt, in einem Kornhause verschiedene Sorten Getreide aufzubewahren, so ist die Anwendung des Rieselsystems desto schwieriger, je mehr Getreidearten in Frage kommen. Denn jeder Boden kann nur eine Getreidesorte haben, während bei dem jetzt gebräuchlichsten System, bei welchem von einem Boden zum andern nur wenige Rohrverbindungen führen, jeder Boden in ebensoviele Abteilungen eingeteilt werden kann, natürlich auf Kosten der Lüftungsmöglichkeit.

c) Ein weiterer Grund, warum das System in Privatkreisen wenig Anhang gefunden hat, besteht in den hohen Anlagekosten.

II.

Es sollen nun die Trocknungskosten für einige Anlagen aufgeführt werden, deren Leistungsfähigkeit Verfasser Gelegenheit hatte zu prüfen. Die nachfolgenden Aufstellungen sind nicht endgültig und nicht vollständig, da unter anderem von einer direkten Messung des Dampfverbrauches Abstand genommen werden musste; sie sind aber einigermaßen zutreffend und geben ein allgemeines Bild von den Kosten des Trocknens.

Bei den Berechnungen wurde angenommen, dass die Trockner 100 Tage im Jahre in Tätigkeit sind. Ferner wurde die Verzinsung des Anlagekapitals mit 4 pCt., die Abschreibungen mit 10 pCt. und die Kosten für Reparaturen und Unterhaltung mit 1 pCt., insgesamt mit 15 pCt. des Anlagekapitals in Rechnung gestellt. Diese Zahl dürfte genügen, da es sich hier der Hauptsache nach um wenig empfindliche Anlagen handelt.

1. Der Trockner im Versuchs-Kornhause zu Berlin.

Versuche angestellt im Dezember 1898, Januar 1899.

Die Berechnung der Anlagekosten desselben ist nur näherungsweise möglich, da er nebst Zubehör von der gesamten Speicheranlage nicht getrennt ist. Gewisse Einrichtungen werden auch bei der Trocknung

von Getreide in Anspruch genommen, welche aber der Hauptsache nach für andere Arbeiten bestimmt sind.

Der Trockner selbst kostet	2 400,00 Mk.
Der Heizkörper nebst Rohrverbindungen	700,00 »
Der Ventilator » »	525,00 »

Die Anlage wird von einer grösseren Dampfmaschine betrieben. Die Hauptkraft erfordert der Ventilator mit 8 PS. Falls Fördereinrichtungen nur für den Trockner eingerichtet worden wären, würden diese 1 PS in Anspruch nehmen. Die Transmission dürfte 1 PS beanspruchen, so dass 10 PS erforderlich sind. Zur Sicherheit, für die Beleuchtung und für andere zugehörige Zwecke seien 25 pCt. hinzugefügt, so dass die Maschine 12,5 wirkliche PS leisten muss. Rechnet man 20 pCt. Arbeitsverlust, so würde demgemäss eine Maschine von $12,5 + 2,5 = 15$ indizierten PS für den Betrieb erforderlich sein.

Da der Heizkörper mit Abdampf geheizt wird und eine Maschine von 15 PS für diesen Zweck genügend Abdampf liefert, so kann eine Lokomobile von 15 PS verwendet werden. Preis 7 000,00 »

Für die Trockenanlage sind Transmissionen und Fördervorrichtungen nötig, welche in unserem Falle ebenfalls mit der Gesamtanlage verbunden sind. Wir wollen den Wert des auf die Trockenvorrichtung fallenden Anteils in Rechnung stellen mit 2 000,00 »

Die Gesamtanlagekosten betragen demnach 12 625,00 Mk.

Die Betriebskosten ergeben sich wie folgt: Verzinsung, Amortisation, Reparaturen pro Tag 18,90 Mk.

Der Kohlenverbrauch für die angenommene Lokomobile von 15 PS berechnet sich wie folgt:

Wenn 1 kg Kohlen $7\frac{1}{2}$ kg Dampf erzeugt und bei einer Lokomobile 20 kg Dampf 1 PS liefern, so werden pro Tag verbraucht $2\frac{2}{3} \times 15 \times 10 = 400$ kg Kohlen = 8,00 »
 2 Arbeiter, 1 Heizer, 6 + 4 = 10,00 »
 Schmier- und Putzmittel, Beleuchtung pro Stunde und PS 0,5 Pf. = 0,75 »

Getrocknet werden 6000 kg Getreide für 37,65 Mk.

Zur Trocknung kamen Weizen, Roggen, Gerste und Lupinen.

Bei den hier herangezogenen Versuchen, aus welchen der Durchschnitt genommen wird, schwankte die Aussentemperatur um mehrere Grade oberhalb und unterhalb $+ 3^{\circ}$ C. Die Witterung war mässig wechselnd.

Die Luft enthielt demnach wenig Feuchtigkeit.

Die Temperatur der erwärmten Luft war im Durchschnitt 40° C. und ging nicht höher als 45° C., da man den Heizkörper zu klein angelegt hatte.

Das Getreide wurde während der Erwärmung unten abgelassen und oben immer wieder zugeschüttet, so dass Temperatur und Trocknung in der ganzen Masse gleichmässig war. Die Temperatur im Getreide stieg während der Trocknung im Maximum in einigen Fällen auf 30° C., durchschnittlich bewegte sie sich zwischen 15 und 20° C. Die abziehende Luft konnte infolgedessen nur wenig Feuchtigkeit aufnehmen.

Der Heizkörper wird gegenwärtig durch einen bedeutend grösseren ersetzt, wodurch die Leistungsfähigkeit des Trockners wesentlich gesteigert werden dürfte.

Entfernt wurden 5 pCt. = 300 kg in 10 Stunden. Die	
Trocknung von 100 kg Getreide kostet demnach	62,7 Pf.
und die Entfernung von 1 kg Wasser	12,5 »

Die Keimfähigkeit hatte nicht gelitten.

2. Die Trockenanlage in der Zuckerfabrik Klein-Wanzleben.

Versuchsanstellung Ende Februar 1899.

Sie dient zur Trocknung von Rübensamen und besteht aus zwei Tüchertrocknern zum Preise von zusammen 10 000,00 Mk.

Als Motor dient eine Lokomobile von 16 PS zum Preise von 7 200,00 »

Elevatoren, Transmissionen usw. kosten 3 000,00 »

Die Gesamtanlage kostet demnach 20 200,00 Mk.

Die Betriebskosten ergeben sich wie folgt:

Verzinsung, Amortisation, Reparaturen und Unterhaltungskosten 15 pCt. auf 100 Tage verteilt ergibt pro Tag 30,30 Mk.

Zu übertragen 30,30 Mk.

	Übertrag	30,30 Mk.
Kohlenverbrauch 300 kg ¹⁾		6,00 »
3 Arbeiter ²⁾ , 1 Heizer 9 + 4 =		13,00 »
Schmier- und Putzmittel 16 × 0,5 × 10 Pf. =		0,80 »
		<hr/> 50,10 Mk.

Getrocknet wurden 13 500 kg Rübensamen mit 18,4 pCt. Wasser.

Die Temperatur der Luft war 5° C.

Während des Versuches regnete es.

Die Temperatur der Frucht betrug vor der Trocknung 6° C.

Die Temperatur zwischen den Tüchern war 41° C., im getrockneten Samen 40° C.

Nachdem das Material über eine Reinigungsmaschine gegangen war, wurde es gesackt und zeigte hier 33–34° C.

Die Trocknung dauerte 18 Minuten.

Der Wassergehalt nach dem Trocknen betrug 15,9 pCt., so dass 3 pCt. Wasser = 400 kg pro 10 Stunden fortgeschafft wurden³⁾.

Die Keimfähigkeit hatte nicht gelitten.

Die Trocknung von 100 kg Rübensamen kostet demnach 37,1 Pf. oder bei 5 pCt. Wasserverlust 61,8 »

1) Die Zahl gibt den Durchschnittskohlenverbrauch während vieler Trocknungstage. Die Berechnung des Kohlenverbrauches für eine 16 PS-Lokomotive ergibt 430 kg Kohlen pro Tag. Wahrscheinlich wird also die Lokomotive nicht vollständig ausgenutzt.

2) Die grössere Anlage erfordert einen Arbeiter mehr als die Trockenanlage Nr. 1.

3) Der ursprüngliche Samen hatte in 100 g 18,4 g Wasser und 81,6 g Trockensubstanz; der getrocknete Samen 15,9 g Wasser und 84,1 g Trockensubstanz; auf 81,6 g Trockensubstanz des getrockneten Materials würde man also

$$\frac{81,6 \times 15,9}{84,1} = 15,4 \text{ g}$$

Wasser erhalten.

Es sind folglich 18,4 – $\frac{81,6 \times 15,9}{84,1}$ = 18,4 – 15,4 = 3 pCt. Wasser verdunstet.

Bezeichnet man mit W_1 und W_2 den Wassergehalt vor und nach dem Trocknen, so hat man

$$W_1 - \frac{(100 - W_1) W_2}{100 - W_2} = \frac{100 \cdot (W_1 - W_2)}{100 - W_2} = x,$$

worin x die Menge des auf die ursprüngliche Substanz bezogenen verdunsteten Wassers bedeutet.

Die **Kosten** für die Entfernung von einem **Kilogramm**

Wasser betragen 12,5 Pf.

Trotz der hohen Kosten des Trocknens hat sich die Zuckerfabrik noch für keinen anderen der heutigen Trockner entscheiden können, weil der Tüchertrockner das empfindliche Material sehr schont:

3. Der Trockenapparat auf Kloostergut Hadmersleben.

Ottosches System.

Versuchsanstellung Ende Februar 1899.

Der Trockner selbst kostet nach Angabe der Treber-trocknungs-Gesellschaft in Kassel 4 500,00 Mk.

Transmissionen, Kühlanlage, Ventilator, Dampf-
leitungen 1 220,00 »

Pro Stunde werden $1\frac{1}{4}$ Ctr. Braunkohlen verbraucht, welche 0,7 Ztr. = 35 kg Steinkohlen entsprechen. Da $2\frac{1}{4}$ kg Kohlen 17 kg Dampf = 1 PS liefern, so geben 35 kg Kohle 15,6 oder rund 16 PS, welche einen Dampfkessel von 16 qm Heizfläche erfordern. Die vorhandene Dampfmaschine liefert 8 PS oder ist mit 9,6 PS indiziert.

Demnach muss der vorhandene Kessel so gross sein, dass er noch $15,6 - 9,6 = 6$ qm Heizfläche mehr aufzuweisen hat, als für die Dampfmaschine erforderlich ist.

Eine Dampfmaschine von 8 effekt. PS kostet, wenn pro Pferd 270 Mk. gerechnet werden 2 16,00 »

Ein Dampfkessel von 16 qm Heizfläche kostet, wenn pro Quadratmeter 120 Mk. gerechnet werden 1 920,00 »

Die Einmauerung des Kessels kostet 200,00 »

Die Anlagekosten betragen demnach 10 000,00 Mk.

Die Betriebskosten ergeben sich wie folgt:

Verzinsung, Amortisation, Reparaturen 15,00 Mk.

Kohlen pro Tag 350 kg 7,00 »

3 Arbeiter¹⁾, 1 Heizer $3 \times 3 + 4$ 13,00 »

Schmier- und Putzmaterial $8 \times 0,5 \times 10$ Pf. 0,40 »

Die Trocknung von 8000 kg Getreide kostet. 35,40 Mk.

1) Da kein Becherwerk vorhanden war, um das Getreide in den Trockner zu schaffen, wurde 1 Arbeiter mehr in Rechnung gestellt als bei Trockner 1.

Getrocknet wurden Rübensamen mit 19,9 pCt. Wassergehalt.

Ausstemperatur 2° C. Witterung trocken.

Temperatur der Frucht vor der Trocknung 3,8° C.

Der Trockner wurde zum Teil durch Abdampf, zum Teil durch Frischdampf geheizt.

Die Temperatur im Dampfmantel war 80° C.

Die Temperatur im Material konnte während der Trocknung und Kühlung nicht gemessen werden.

Die Trocknung dauerte etwa 10 Minuten für jeden Teil des Getreides.

Nach der Trocknung und Kühlung wurden die Rübensamen gesackt und zeigten hierbei 42° C.

Das getrocknete Material hatte einen Wassergehalt von 15,4 pCt.

Die Wasserabnahme betrug demnach 5,3 pCt.¹⁾

Die Keimfähigkeit hatte nicht gelitten.

Die Trocknung von 100 kg Rübensamen kostet 43,9 Pf.

Bei 5 pCt. Wasserverlust 41,4 »

Es wurden 424 kg Wasser entfernt, so dass die **Kosten**
für die Verdunstung betragen pro 1 kg 8,3 »

4. Der Vakuumtrockner von Passburg in der Versuchsanlage dieser Firma zu Berlin.

Versuchsanstellung Anfang Januar 1899.

Der Trockner wurde gemeinschaftlich von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft und dem Verfasser geprüft. Der genauere Prüfungsbericht erscheint demnächst, so dass hier von näheren Angaben abgesehen wird. Es soll nur erwähnt werden, dass der Trockner ungefähr ebenso billig arbeitet wie der Ottosche Apparat. Er entzieht aber der Gewichtseinheit Getreide in derselben Zeit mehr Wasser als die anderen Trockner, wirkt also sehr energisch.

Andererseits aber hatte die Keimfähigkeit des Kornes etwas gelitten, was allerdings, wie oben angegeben, in den meisten Fällen nicht bedenklich ist.

Für die Trocknung von Saatgetreide würde die Leistung etwas herabzusetzen sein.

1) Vergl. Anmerkung 3 bei Trockenanlage 2.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist bei diesem Trockner ohne Einfluss.

Bemerkungen.

1. Die Trocknungskosten werden um so geringer pro Tonne, je grösser die Anlage ist. Denn zunächst brauchen die Arbeitskräfte nicht in demselben Masse vermehrt zu werden, da z. B. ein Heizer für eine kleine Anlage ebensoviel kostet, wie für eine grössere. Ferner sind die Anlagekosten des Kessels pro Quadratmeter Heizfläche und der Dampfmaschine pro PS billiger.
2. Auffallend ist die geringe Leistungsfähigkeit des Tüchertrockners. Wie weit das Regenwetter daran schuld war, konnte leider nicht festgestellt werden.

III.

Fassen wir die Resultate der Abhandlung zusammen, so ergibt sich:

1. Die Trocknung von Körnerfrüchten ist im allgemeinen mit grösseren Schwierigkeiten verbunden als die Trocknung anderer Körper.
2. Die Wichtigkeit der Getreidetrocknung vom technischen Standpunkte aus ergibt sich aus dem Bestreben vieler leistungsfähigen Firmen des In- und Auslandes, zweckmässige Trockenapparate für Getreide in die Praxis einzuführen.
3. Dieses Bestreben ist nur zum Teil von Erfolg begleitet worden, da die Kosten auch bei den am besten wirkenden Trocknern noch sehr hoch sind.

Es ist darauf hinzuarbeiten, dass die Trocknung sich wesentlich ökonomischer gestaltet durch geringere Anlagekosten, durch geringeren Kraftverbrauch und durch bessere Ausnutzung der aufgewendeten Wärme. Nur in diesem Falle kann auf eine allgemeinere Einführung von Trocknern in die Praxis gerechnet werden.

4. Die Kühlung des getrockneten Getreides ist bis jetzt vernachlässigt worden, oder dort, wo sie angewendet wurde, geschah dies in unrichtiger Weise. Da sie aber für die ganze Trocknungsfrage von grundlegender Bedeutung ist, so bietet sich hier für die Techniker ein dankbares Gebiet, einem tief empfundenen Bedürfnis abzuhelpfen.

Nachträge.

1. In der Tat kann die Frage gegenwärtig als gelöst betrachtet werden. Man vergl. Stück 15: Leistungsfähige Gerstentrockner.

2. Man vergl. Stück 12.
3. Die Arbeit ist fertiggestellt, aber noch nicht veröffentlicht.
4. Sie ist von uns festgestellt worden.
5. An anderer Stelle wird eine Auseinandersetzung stattfinden, gemäss welcher ein beträchtlicher Teil der erwähnten Schwierigkeiten infolge der Anwendung des Hektolitergewichtes zur relativen Wasserbestimmung entstanden.
6. Man vergl. Stück 12.
7. Man vergl. Stück 8 und Nachtrag 4 daselbst.
8. Es handelt sich hier um den Trockner von Gustav Richter, Falkenberg. Man vergl. Stück 15.
9. Der Fehler ist bei den neuen Apparaten beseitigt.
10. Man vergl. den folgenden Aufsatz.

10. Versuche an Getreide-Trockenapparaten.

Berichterstatter:

Dr. J. F. Hoffmann, Vorsteher des Versuchs-Kornhauses Berlin,
Dr. Hans Lorenz, Professor an der Universität Halle.

(Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1899 (1900), S. 547).

1. Physikalische Untersuchung der verschiedenen Trocknungsverfahren.

Unter der Trocknung einer Substanz verstehen wir im allgemeinen eine künstliche Verringerung des Wassergehaltes derselben. Nimmt die einem solchen Prozess unterworfenen Substanz nicht während derselben andere Körper (etwa Kohlensäure aus der Luft) auf, so wird sie um den Betrag des ihr entzogenen Wassers leichter.

Während nun die Wasseraufnahme seitens einer ursprünglich trockenen Substanz ohne äussere Beihilfe durch Berührung mit flüssigem oder dampfförmigem Wasser erfolgt, erfordert seine Abscheidung stets künstliche Hilfsmittel. Dieselben sind ihrerseits bedingt durch die Art der Vereinigung des Wassers mit der Substanz im feuchten Zustande. Handelt es sich beispielsweise nur um eine solche Mischung beider Körper, dass das Wasser nicht in das Innere der Substanz gedrungen

ist, so genügen auch meistens rein mechanische Mittel zur Trennung. Dieser Fall kommt im allgemeinen für die Getreidetrocknung nicht in Betracht. Die Getreidekörner besitzen in ihrer Hülle stets eine mehr oder weniger für Wasser durchlässige Membran, durch die man das ins Innere gelangte Wasser jedenfalls nicht ohne vollständige Zerstörung der ganzen Konstitution wieder herauspressen kann.

Es bleibt demnach für die Trocknung von Getreide nichts weiter übrig, als das in den Körnern befindliche Wasser in den dampfförmigen Zustand überzuführen und alsdann in diesem Aggregatzustande zu entfernen. Dies kann auf zweierlei Art geschehen, nämlich, a) durch Erwärmung der zu trocknenden Substanz bis zu derjenigen Temperatur, bei welcher das in ihr gebundene Wasser verdampft und (gegebenenfalls im Vakuum) abgesaugt werden kann, sowie b) durch Berührung mit einem anderen Körper, z. B. atmosphärische Luft, welche vermöge seiner physikalischen Eigenschaften unter bestimmten Druck- und Temperaturverhältnissen Wasserdampf aufnimmt, ohne selbst das Getreide in irgend einer Weise zu beeinflussen. Die erste Methode bezeichnet man wohl auch als Raumtrocknerei, die zweite dagegen als Lüftungstrocknerei.¹⁾

Für die Beurteilung des Wertes der nach diesen beiden Verfahren arbeitenden Trockenapparate ist nur ausser ihrer qualitativen Leistung, d. h. des Zustandes, in welchem das Trockengut den Apparat verlässt, noch die zur Trocknung bestimmter Gewichtsmengen notwendige Kraftzufuhr massgebend. Diese Kraft setzt sich aus der zur Verdampfung des absorbierten Wassers dienenden Wärme und ausserdem noch aus der Arbeit zusammen, welche zur Entfernung des entwickelten Dampfes und der etwa denselben begleitenden, bei der Lüftungstrocknerei sogar wesentlich notwendigen Luft dient. Hierzu treten noch, da die Verdampfung fast ausnahmslos bei einer höheren Temperatur erfolgen muss, als das feuchte Getreide besitzt, die zur Temperatursteigerung zuzuführende Wärme und einige Verluste, welche in der unvermeidlichen Unvollkommenheit der Apparate bedingt ist.

Bezeichnen wir die anfängliche Temperatur des feuchten Getreides mit t_0° C., die Temperatur, bei welcher die Trocknung, also die Wasser-

1) Siehe den Aufsatz »Trockenanlagen« von W. Grellert im Gesundheits-Ingenieur vom 18. Mai 1898.

verdampfung erfolgt, mit t_1 und mit c die spezifische Wärme des Trockengutes, so sind für G *kg* feuchtes Getreide zur Temperaturerhöhung

$$Q_1 = G \cdot c (t_1 - t_0) \text{ Calorien. (1)}$$

aufzuwenden. Die zur Verdampfung von G_1 *kg* Wasser, welches auch im Getreide als im flüssigen Zustande gebunden angenommen ist, nötige Wärme beträgt, wenn r die von der Verdampfungstemperatur abhängige spezifische Verdampfungswärme bedeutet,

$$Q_2 = G_1 r \text{ Calorien (2)}$$

so dass

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 = G_1 r + G c (t_1 - t_0) \text{ (3)}$$

den theoretisch niedrigsten Wärmearaufwand zur Trocknung des hierbei um G_1 *kg* im Gewichte erleichterten Getreides darstellt. Hierin ist die Verdampfungswärme nach Regnaults Versuchen

$$r = 606,5 - 0,7 t_1 \text{ (4)}$$

während die spezifische Wärme c des feuchten Getreides mit derselben schwankt. Setzen wir die spezifische Wärme der trockenen Frucht = c_0 , so dürfen wir annehmen, dass bei einem völligen Feuchtigkeitsgehalte von G_0 *kg* in G *kg* Getreide

$$c = \left(1 - \frac{G_0}{G}\right) c_0 + \frac{G_0}{G} \text{ (5)}$$

ist. Setzen wir nunmehr das Verhältnis des Wassergehaltes zum Gesamtgewicht der Kürze halber vor und nach der Trocknung

$$\frac{G_0}{G} = x_0 \qquad \frac{G_0 - G_1}{G} = x_1$$

so wird aus (5)

$$c = (1 - x_0) c_0 + x_0 \text{ (5a)}$$

und aus (3)

$$Q_0 = G (x_0 - x_1) r + G [(1 - x_0) c_0 + x_0] (t_1 - t_0) \text{ . . . (3a)}$$

Wäre also die spezifische Wärme von trockenem Getreide $c_0 = 0,37$, so würde sich dieselbe für feuchtes Getreide mit $x_0 = 0,2$ (d. h. 20 pCt.) Wassergehalt nach 5a auf $c = 0,5$ stellen, und wir hätten zur Entziehung von 6 pCt. Wassergehalt einen theoretisch geringsten Wärmearaufwand von

$$Q_0 = G \cdot 0,06 (606,5 - 0,7 t_1) + G \cdot 0,5 (t_1 - t_0) \text{ . . . (3b)}$$

Beträgt die Anfangstemperatur $t_0 = + 15^\circ$, so ergibt sich für $G = 100$ *kg* feuchtes Getreide demnach der niedrigste Wärmearaufwand bei einer Verdampfungstemperatur von

$t =$	15°	20°	30°	40°	50°	60°	65°
$Q_0 =$	3580	3810	4260	4720	5180	5640	5870

Daraus kann man den Schluss ziehen, dass, obwohl die Verdampfungswärme des Wassers mit steigender Temperatur abnimmt, die Trocknung ökonomisch um so günstiger verläuft, je niedriger die Temperatur im Trockenapparate ist. Allerdings würde sich dieses Ergebnis anders gestalten, wenn es gelänge, den im auslaufenden trockenen Getreide enthaltenen Wärmeüberschuss etwa im Gegenstrom an das einlaufende feuchte zu übertragen.

Die Verwertung dieses Ergebnisses stösst indessen auf einige praktische Schwierigkeiten, da einerseits niedere Temperaturen im Trockenraum bei der Raumtrocknerei ein so hohes Vakuum bedingen, wie es kaum auf die Dauer aufrecht zu erhalten sein dürfte und andererseits bei der Lüftungstrocknerei die Wasserkapazität der Luft mit der Temperatur wächst, so dass der Betrieb bei niederen Temperaturen ausserordentlich bedeutende Luftmengen erfordern würde. Beide Umstände aber beeinflussen höchst ungünstig den Arbeitsverbrauch der Trockenanlage und damit auch ihre ökonomische Gesamtwirkung, so dass man in der Praxis mit Recht die Temperatur, bei welcher die Trocknung vor sich geht, so hoch als möglich legen wird.

Den oben angeführten Temperaturen entsprechen, wie schon erwähnt, bestimmte absolute Dampfspannungen, welche für den Betrieb der Raumtrocknung und weiterhin bestimmte Höchstdampfgehalte der Luft (auf atmosphärische Spannung von 1 *cbm* bezogen), welche für die Lüftungstrocknerei massgebend sind. Wir haben

für t_1	15°	20°	30°	40°	50°	60°	
absolute Dampfspannung	12,7	17,4	31,5	54,9	92,0	148,9	<i>mm</i> Quecksilbersäule
Dampfgehalt auf 1 <i>cbm</i>							
Luft	12,8	17,2	30,2	50,9	82,6	129,7	<i>g</i>

Der bei der Raumtrocknung mit diesen Spannungen, also im Vakuum abgesaugte Wasserdampf kann nun durch einen Kondensator vor der Pumpe noch verflüssigt werden, was um so vollkommener gelingt, je kälter das dem Kondensator zugeführte Kühlwasser und je grösser die Kühlfläche dieses Apparates ist. Alsdann dient die Pumpenarbeit ausser zum Transport des Dampfes in den Kondensator lediglich zur Aufrechterhaltung des zur Verdampfung notwendigen Vakuums, ist mithin wesentlich von der grösseren oder geringeren Dichtigkeit des Trocken-

raumes gegen die Atmosphäre, oder mit anderen Worten von der sorgfältigen Ausführung des ganzen Trockenapparates abhängig. Eine theoretische Ermittlung dieses (zur Aufrechterhaltung der Luftverdünnung dienenden) Arbeitsaufwandes ist unter diesen Umständen naturgemäss nicht möglich. Wollte man dagegen den Wasserdampf erst nach Verlassen der Pumpe, also verdichtet auf atmosphärischen Druck verflüssigen oder in die Atmosphäre einfach ausströmen lassen, so würde man einen Arbeitsbedarf erhalten, der gleichbedeutend mit demjenigen einer Kühlmachine wäre, welche Wärme bei den oben angeführten Raumtemperaturen aufnimmt und dieselbe bei der dem atmosphärischen Drucke des Wasserdampfes entsprechenden Siedetemperatur von 100° wieder abgibt. Dieses Verfahren erscheint so unzweckmässig, dass es wohl kaum eine praktische Anwendung finden dürfte.

Für die Lüftungstrocknerei kommt dagegen noch ein anderer Gesichtspunkt in Frage, nämlich die Erwärmung der zur Wasseraufnahme bestimmten Trockenluft. Hierbei kann man entweder in der Weise verfahren, dass dieser Luft auch die gesamte zur Vorwärmung des Getreides und zur Wasserverdampfung nötige Wärme vor ihrer Einführung mitgegeben bzw. die Luft im Anfange der Betriebszeit (vornehmlich bei intermittierend arbeitenden Apparaten) lediglich zur Vorwärmung des Trockengutes verwendet wird, oder auch so, dass neben der Einführung der warmen Luft eine besondere Heizung des Raumes, in welchem die Trocknung sich vollzieht, besteht. In diesem Falle hat man es mit einer Verbindung der Raum- und Lüftungstrocknerei zu tun, und der Luftbedarf ergibt sich einfach aus der Aufnahmefähigkeit der Raumeinheit derselben. Diese aber bestimmt sich aus dem Unterschied der Sättigungsmenge von 1 cbm bei der Trockentemperatur und dem wirklichen Feuchtigkeitsgehalt der in den Apparat eingeführten Aussenluft. Die Temperatur der letzteren, also vor ihrer Erwärmung, dürfte im allgemeinen mit der ursprünglichen Temperatur des Trockengutes übereinstimmen. Nehmen wir der Einfachheit halber an, die eingeführte Luft wäre ebenfalls gerade gesättigt, so hätten wir bei einer anfänglichen Lufttemperatur von $+15^{\circ}$ nach obiger Zusammenstellung für je 1 cbm

t_1	15°	20°	30°	40°	50°	60°
eine Wasseraufnahmefähig-						
keit von	0	4,4	17,4	38,1	69,8	116,9 g

und damit einen theoretischen Luftbedarf für 100 *kg* nasses Getreide, welchem 6 *kg* Wasser entzogen werden sollen

für t_1	15°	20°	30°	40°	50°	60°
von	∞	1360	345	157	86	51,5 <i>cbm</i>

Zur Erwärmung dieser Luft von $t_0 = 15^\circ$ auf t_1° bedarf es, mit einer spezifischen Wärme der Luft bei konstantem Druck von rund $c_p = 0,3$ pro 1 *cbm*, für 100 *kg* Getreide

für t_1	15°	20°	30°	40°	50°	60°
eine Wärmemenge von Q_3	∞	2040	1550	1180	900	695 Cal.

Dieser Betrag tritt für die Lüftungstrocknerei zu der oben schon berechneten Wärmemenge hinzu. Daraus geht hervor, dass der Wärmebedarf der Lüftungstrocknung im allgemeinen ein höherer sein wird, als derjenige der Raumtrocknung im Vakuum.

Der Arbeitsbedarf der Lüftungstrocknung lässt sich, ebenso wie bei der Raumtrocknung, nicht im voraus bestimmen, weil er wesentlich von dem Widerstande, welchen die Luft beim Durchstreichen durch das Getreide findet, abhängt. Er wird jedenfalls um so geringer sein, je kürzer der ganze Weg im eigentlichen Trocknungsraume ist, wobei nicht übersehen werden darf, dass bei allzu grosser Abkürzung desselben die Gefahr entsteht, dass die Wasseraufnahmefähigkeit der alsdann ungesättigt entweichenden Luft nicht vollständig ausgenutzt wird. Dies hätte natürlich wiederum einen Mehraufwand an Luft zur Folge, welcher nicht nur auf den Gesamtarbeitsbedarf, sondern auch auf die Wärmemenge ungünstig zurückwirken würde.

Gegenüber der Trocknung anorganischer Körper ist diejenige der Früchte durch einen eigentümlichen Umstand erschwert, nämlich dadurch, dass jede Frucht atmet bezw. einem Stoffwechsel unterliegt, und zwar desto stärker, je mehr Wasser sie enthält und je höher die Temperatur ist. Dieser Stoffwechsel ist mit einer zu ihr nahezu im geraden Verhältnis stehenden weiteren Wasserbildung verknüpft. Wird daher sehr nasses Getreide erwärmt und das Wasser durch ungenügende Lüftung oder schwache Luftverdünnung in unzureichender Weise entfernt, so kann der Fall eintreten, dass das Getreide eine weitere reichliche Menge Wasser bildet, welches das durch den langsamen Trocknungsprozess fortgeschaffte Wasser zum Teil ersetzt und dadurch nicht nur die Trocknung noch weiter verzögert, sondern auch die Gesamt-

menge des fortzubringenden Wassers und damit die Trocknungskosten erhöht.

Hier ist wohl der Ort, darauf hinzuweisen, dass gegenüber der Lüftungstrocknung die Vakuumtrocknung für Getreide von vornherein insofern einen Vorzug zu besitzen scheint, als die Atmung im luftleeren Raum jedenfalls bedeutend schwächer sein wird als bei Luftzutritt. Doch ist die Angelegenheit noch zahlengemäss zu erledigen, da noch nicht bekannt ist, in welchen Gewichtsverhältnissen die Produkte der Luftatmung und der sogenannten intramolekularen Atmung (ohne Luft) zueinander stehen.

Ein wichtiger Abschnitt bei jeder Getreidetrocknung ist die darauffolgende Kühlung. Das warme, getrocknete Getreide zieht jedenfalls Wasser aus der Luft an, sobald es aus dem Trockner entfernt wird. Es gibt noch keine Angaben über die Dampfspannung des Getreides bei verschiedenen Temperaturen; daher ist nicht bekannt, von welchen Temperaturen ab und bei welchem Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Wasseraufnahme aus der letzteren beginnt, obgleich die Tatsache an sich feststeht [1].

Es würde daher nichts nützen, das Getreide mit gewöhnlicher Luft zu kühlen, wenigstens nicht an feuchten Tagen, sondern man müsste trockene Luft zur Kühlung verwenden.

Wir wollen noch feststellen, welchen Wert die im Getreide vorhandene Wärme hat und wie weit sie bei der Kühlung des Getreides nutzbar gemacht werden könnte.

t sei die Temperatur des warmen Getreides, welches durch eigene Wasserverdunstung bis zur Aussentemperatur t_0 abgekühlt werden möge.

1 kg Wasser braucht $(606,5 - 0,7 \frac{t + t_0}{2})$ Wärmeeinheiten zur Verdampfung bei $\frac{t + t_0}{2}$ ° C.

Wenn das Getreide die spezifische Wärme c hat, so können $\frac{606,5 - 0,7 \frac{t + t_0}{2}}{c}$ kg Getreide durch diese Verdampfung um 1° C., oder

$\frac{606,5 - 0,7 \frac{t + t_0}{2}}{c (t - t_0)}$ kg um $t - t_0$ ° C. abgekühlt werden. 100 kg Getreide

würden demgemäss $G_2 = \frac{c \cdot (t - t_0) (100 - G_2)}{606,5 - 0,7 \frac{t + t_0}{2}}$ kg Wasser abgeben können

und bei Verdunstung derselben bis zur Aussentemperatur abgekühlt werden.

Beispiel: $t = 40$; $t_0 = 15$; $c = 0,47$ bei 13 pCt. Wassergehalt nach Formel (5 a)

$$G_2 = 2 \text{ pCt. Wasser.}$$

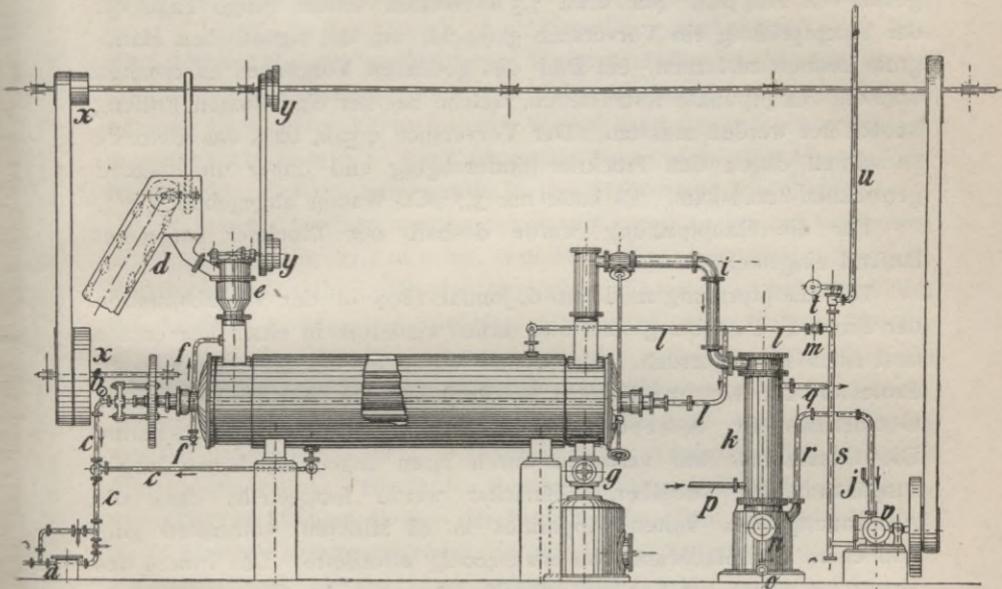
Diese bedeutende Wasserabgabe wird in Wirklichkeit nicht stattfinden, weil die Abkühlung nicht allein durch Verdunstung des Wassers, sondern auch durch Leitung und Strahlung geschieht. Die Überlegung zeigt aber, dass man mit der vorhandenen Wärme rechnen muss.

Aus den vorstehenden Bemerkungen dürfte hervorgehen, dass bei der Ausführung befriedigend arbeitender Trockenapparate trotz des physikalisch einfachen Vorgangs eine Reihe von praktischen Schwierigkeiten zu überwinden ist, welche sicherlich an der langsamen Ausbildung dieser wichtigen Vorrichtungen die Hauptschuld trägt.

2. Untersuchung des rotierenden Vakuumapparates von Emil Passburg.

Der Passburgsche Trockenapparat, welcher der Hauptprüfung unterzogen wurde, ist aufgestellt in der Versuchsstation dieser Firma, Charlottenburg, Salzufer 23 c. Er besitzt einen zylindrischen Trockenraum mit einer Länge von 4,91 m und einem Durchmesser von 0,85 m in welchem durch die Wirkung einer Luftpumpe ein hohes Vakuum herrschte, während sowohl durch einen Dampfmantel von aussen, wie auch eine im Innern befindliche Dampfheizröhrentrommel, die zum Austreiben und Verdampfen des Wassers nötige Wärme zugeführt wurde. Die gesamte Heizfläche des Apparates wird zu rund 30 qm angegeben. Die innere Heizvorrichtung wird durch ein Vorgelege in langsame Umdrehung versetzt und war durch ein mit ihr fest verbundenes Schaufelwerk imstande, das vermittelt einer selbsttätig arbeitenden (ebenfalls durch Vorgelege betätigten) Einfüllvorrichtung zugegebene Getreide allmählich dem anderen Ende des Gerätes zuzuführen, wo es von einem luftdicht abzuschliessenden Gefäss aufgenommen wird. Die Heizung des Trockenzylinders erfolgt durch den Abdampf einer gleichzeitig zur Unterhaltung

der Rotation des Apparates und zum Betriebe der Luftpumpe dienenden Dampfmaschine mit einem Zylinderdurchmesser von 170 mm bei einem Hube von 200 mm , welche ihrerseits von einem stehenden Kessel mit Dampf von etwa $5,5\text{ kg/qcm}$ Überdruck gespeist wurde. Der Regulator der mit einfacher Schiebersteuerung versehenen Dampfmaschine war ausgehängt; ihre Tourenzahl wurde am Eintrittsventil durch die Hand reguliert; sie betrug im Mittel 106 Umdrehungen in der Minute. Da



Abbild. 24.

der Auspuffdampf infolge der Bewegungswiderstände in den Heizräumen des Trockenzylinders eine Spannung bis zu $1,56\text{ kg/qcm}$ Überdruck besass, so dürfte der mittlere indizierte Dampfdruck $2-2,5\text{ kg/qcm}$ und damit die indizierte Leistung der Maschine $5-6\text{ PS.}$ betragen. Eine Indizierung der Maschine war nicht vorgesehen, wohl mit Rücksicht darauf, dass der gesamte Abdampf derselben zur Heizung des Trockenzylinders diene, also durch Feststellung der Menge desselben der gesamte Kraftbedarf ermittelt werden sollte. Dabei ist indessen zu beachten, dass bezüglich des Dampfverbrauches der Trockentrommel allein die Messung des kondensierten Abdampfes infolge des zweifellos vor-

handenen Wassergehaltes des die Maschine verlassenden Dampfes einen zu hohen Betrag liefern muss. Da indessen bisher keine brauchbaren Methoden vorliegen, um die Dampfmasse genau zu bestimmen, so ist man für die Korrektur des Schlussergebnisses auf Schätzungen angewiesen.

Der zur Trocknung verwendete gute Weizen enthielt ursprünglich 16,8 pCt. Wasser. Durch Zusatz von Wasser erhielt er einen Wassergehalt von 22,4 pCt. Mit etwa 7,5 dz Weizen wurde einige Tage vor der Hauptprüfung ein Vorversuch gemacht, um die eigentlichen Handgriffe kennen zu lernen, ein Bild des gesamten Vorganges zu erhalten und die Hauptpunkte festzustellen, welche bei der eigentlichen Prüfung beobachtet werden mussten. Der Vorversuch ergab, dass das Getreide zu schnell durch den Trockner hindurchging und daher ungenügend getrocknet herauskam. Es hatte nur 3,7 pCt. Wasser abgegeben.¹⁾

Für die Hauptprüfung wurde deshalb der Trockner langsamer laufend eingestellt.

Die Hauptprüfung fand am 6. Januar 1899 in der Versuchsstation der Firma E. Passburg statt und zerfiel wiederum in einen Vorversuch und einen Hauptversuch. Als Richter waren hierbei tätig die Herren: Professor Dr. Lorenz-Halle a. S., Professor Dr. Albert-Halle a. S., Gutsbesitzer Dr. Albert-Münchenhof, und Dr. Hoffmann-Berlin. Die Gesellschaft war vertreten durch ihren Ingenieur, Herrn Regierungsbaumeister Schiller. Zunächst wurde festgestellt, dass die Anwärmung des kalten Apparates in 48 Minuten vonstatten ging und einen Dampfaufwand von etwa 400 kg erforderte. Das Innere des Apparates zeigte am Schlusse der Vorwärmung eine Temperatur von +43° C.; gleichzeitig war auch die Temperatur im Prüfungsraum von +12° auf 18° gestiegen. Der Apparat hatte mithin an den Raum eine ganz beträchtliche Wärmemenge abgegeben, welche nur durch Umhüllung der Trockenzyylinder vermindert werden könnte.

Während des Vorversuches, der von 10 Uhr 50 Minuten bis 11 Uhr 38 Minuten vormittags dauerte, also 48 Minuten in Anspruch nahm, stieg

1) Das bei diesem Vorversuch angewendete Getreide hatte vor der Trocknung 20,95 pCt., nach der Trocknung 17,96 pCt. Wasser. Hieraus folgt

$$\frac{20,95 - 17,96}{100 - 17,96} = 3,7 \text{ pCt.}$$

die Raumtemperatur weiter bis auf 20° , das Vakuum hielt sich bei einem Barometerstande von 760 mm auf der Höhe von 709 mm (gemessen dicht vor der Luftpumpe) und fiel bei arbeitendem Einfüllapparat auf 684 mm zurück.

Bei diesem Vorversuche wurde nur das Hektolitergewicht des Getreides vor und nach der Trocknung festgestellt. Der normale Weizen zeigte $79,6$, der angefeuchtete $69,20$, der getrocknete bei 22° C. $75,6$, bei 16° C. $75,4$ und, nachdem er $2\frac{3}{4}$ Stunden gesackt war, $74,4$. Ein Rückschluss auf die prozentische Wasserveränderung ist aus diesen Zahlen nicht zu machen, doch lässt sich entnehmen, dass bei der Abkühlung im feuchten Versuchsraume Wasser wieder angezogen wurde [2].

Nachdem man sich somit überzeugt hatte, dass der Apparat ordnungsgemäss funktionierte, wurde in den Hauptversuch eingetreten.

Während desselben wurden insgesamt $1171,9\text{ kg}$ Weizen mit einem Wassergehalte von $22,4\text{ pCt.}$ in zwei Füllungen verarbeitet. Die erste Füllung wurde $12\text{ Uhr } 34\text{ Minuten}$ zugegeben, die zweite $1\text{ Uhr } 45\text{ Minuten}$; die Trocknung begann beide Male 8 Minuten später. Diese Teilung erwies sich als notwendig, da einerseits das Aufnahmegefäss nicht die ganze in etwa zwei Stunden zu verarbeitende Menge aufnehmen konnte, andererseits aber eine automatisch funktionierende Auslaufvorrichtung am Versuchsapparate nicht angebracht war. Trotzdem nun durch die Herausnahme einer Füllung der Beharrungszustand eine Unterbrechung von etwa 20 Minuten (Dauer der Entleerung) erfuhr, haben wir doch beide Chargen zusammengefasst, da sich in der Zwischenzeit der beiden Füllungen eine Messung des ausgetretenen und niedergeschlagenen Wassers sowie des Heizdampfes als untunlich erwies. Da übrigens die Temperatur- und Druckverhältnisse während der Trocknung der beiden Chargen kaum merklich voneinander abwichen, so dürfte unsere Zusammenfassung keinerlei Bedenken begegnen.

Während des Hauptversuches, dessen Gesamtdauer 2 Stunden und 14 Minuten betrug, stieg die Raumtemperatur von 21° stetig auf 24° an, dagegen schwankte die Temperatur im Innern des Trockenapparates von 60° bis $67,5^{\circ}$ mit einem Mittelwerte von $64,5^{\circ}$. Der Überdruck des Dampfes im Heizmantel betrug im Mittel $1,39\text{ kg/qcm}$ während der ersten, $1,31\text{ kg/qcm}$ während der zweiten Charge, während die entsprechenden Pressungen im inneren Heizapparate sich zu $1,53\text{ kg/qcm}$ und $1,44\text{ kg/qcm}$ ergaben. Sehr konstant hielt sich das Vakuum während

der ganzen Dauer des Versuches auf 707 *mm* Quecksilbersäule im Mittel; die Schwankungen betragen hier nur 2 *mm* nach oben und unten. Da der Barometerstand 767 *mm* während des Versuches war, so berechnet sich der absolute Saugdruck zu nur 60 *mm*, entsprechend einer Temperatur von 41,7°. Die Abweichung dieser Temperatur von der im Raume herrschenden, oben zu 64,5° (entsprechend einer absoluten Dampfspannung von 183 *mm*) angegebenen, ist auf folgendes zurückzuführen.

Durch die hohe Temperatur der Heizröhren und Heizwänden wird der aus dem Getreide entwickelte Dampf überhitzt.

Ein weiterer Einfluss auf die Temperatur kann durch Verluste an Luftleere entstehen, indem die in den Kondensator hinübergeführten Dämpfe und Luftmengen, welche infolge von unvollständigem Abschluss in den Trockner eintreten konnten, Reibungswiderstände hervorrufen, so dass in der Luftpumpe ein etwas höheres Vakuum auftreten wird, als im Trockner.

Im Verlaufe des Hauptversuches hatten sich nun im Kondensator 69 *kg* Wasser niedergeschlagen, also 5,89 pCt. vom Gewichte des eingebrachten feuchten Weizens. Die Messung des gleichzeitig angesammelten Kondensats des Heizdampfes, welches in einem grossen Sammeltopfe aufgefangen wurde, ergab 224 Liter oder, da dieses Wasser mit 68° dem Topfe entströmte, 219,5 *kg*. Mithin war der Aufwand an Heizdampf einschliesslich des Bedarfes beim mechanischen Betriebe des ganzen Trockenapparates 18,73 *kg* auf 100 *kg* nassen Getreides. Die Kühlwassermenge konnte mangels einer geeigneten Vorrichtung nicht ermittelt werden, sie lässt sich indessen wenigstens annähernd berechnen. Nimmt man an, dass die Kondensation sich ungefähr bei einer zwischen den Temperaturen 64,5° und 41,7° liegenden von etwa 54° vollzogen hat, so ist die latente Wärme des Dampfes rund 570 Kalorien, so dass im Kondensator bei einer Niederschlagsmenge von 5,89 *kg* pro 100 *kg* Getreide etwa 3360 Kalorien aufzunehmen waren. Das Kühlwasser floss nun mit einer Temperatur von +4° zu, schätzen wir seine nicht gemessene Abflusstemperatur zu 30° ab, so hat jedes Kilogramm desselben eine Wärmemenge von 26 Kalorien aufgenommen, womit sich der Kühlwasserbedarf zu rund 130 Liter auf 100 *kg* Getreide ergibt.

Es dürfte zweckmässig sein, die beiden Versuche und deren Ergebnisse in einer Übersicht nebeneinander aufzuführen.

	Versuch I	Versuch II
Temperatur im Arbeitsraum	21—23° C.	23—24° C.
Temperatur im Innern des Trockners	60—64° C.	65—67,5° C.
Getreidemenge	586 kg	586 kg
Dauer des Trocknens	58 Min.	55 Min.
Wassergehalt des feuchten Weizens	22,4 pCt.	22,4 pCt.
» » getrockneten Weizens	— »	17,1 »
Gewichtsverlust des feuchten Weizens	— »	6,4 »
Kondenswasser » » »	5,9 »	5,9 »
Hektolitergewicht vor der Trocknung	70,8 kg	70,8 kg
» nach der Trocknung.	75,0 »	74,6 »
Temperatur des Getreides nach der Entleerung .	42° C.	43° C.
vor der Trocknung . . . 96 pCt. } Keimkraft	98,0 pCt.	} Keimfähigkeit
nach der Trocknung. . . 86 » }	97,6 »	
	93,0 »	
	92,3 »	

Der Wassergehalt von 17,1 pCt. ist zwar für die Lagerung von Getreide zu hoch. Jedoch konnte am Tage der Prüfung wegen der vorgeschrittenen Zeit die betreffende Probe nicht weiter getrocknet werden.

Zur Beurteilung des Trockners reichten auch die erhaltenen Zahlen aus. Nur für die Prüfung der Backfähigkeit wurde ein Getreide verwendet, welches nachgetrocknet war.¹⁾

Die Backversuche von zwei Proben wurden im Auftrage der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft von Herrn Prof. Dr. Kreuzler, Poppelsdorf-Bonn, ausgeführt.

Probe 1 war unangefeuchteter und ungetrockneter Weizen. Probe 2 war angefeuchteter und getrockneter Weizen. Der Bericht über die Versuche lautet wie folgt:

»Um das für den Backversuch erforderte Mehl zu gewinnen, werden die Körner mittels einer gewöhnlichen Handmühle gröblich zerkleinert, und es wird das erhaltene Schrot auf einem feinen Siebe (Müllergaze aus Seide) so lange gebeutelt, bis die Mehlausbeute rund 34 pCt. vom Gewichte der Körner beträgt. Eine Beschränkung auf diesen (gegenüber der Praxis natürlich sehr dürftigen) Betrag hat für den gegenwärtigen Zweck nicht nur kein Bedenken, sondern erweist sich als nötig,

1) Der eine von uns wohnte einer solchen Nachtrocknung bei. Wie zu erwarten stand, ergab diese Trocknung eine etwas geringere Leistungsfähigkeit, weil die Wasserentziehung um so schwieriger vonstatten geht, je trockener das Getreide ist.

um mittels der im Laboratorium verfügbaren Geräte ein rein weisses, kleiefreies Mehl aus jedwedem Korn zu erzielen.

Für die Backprobe halte ich an dem Grundsatz fest, die Versuchsbedingungen für die Vergleichsobjekte in jeder Hinsicht nach Möglichkeit gleich zu gestalten: Für Mehle von normalem, mittlerem Feuchtigkeitsgrade (rund 14 pCt.) belehrte mich frühere Erfahrung, dass ein Gewichtsteil Wasser auf zwei Gewichtsteile Mehl das durchschnittlich günstigste Verhältnis zur Bereitung des Teiges gewährt. Für die Dimensionen meines Backapparates wurden demgemäss 25 g Mehl und 12,5 g Wasser nebst 0,6 g Hefe und 0,3 g Kochsalz als Vorschrift gegeben.

Um auch für Mehle von merklich abweichendem Feuchtigkeitsgrade das strenge Verhältnis beizubehalten, erscheint geboten, die Menge des zuzusetzenden Wassers auf den wirklichen Trockengehalt des Mehles zu gründen, derart, dass im Einklang mit obiger Vorschrift auf je 21,5 g des absolut trocken gedachten Mehles allemal 16,0 g Wasser (einschliesslich des im Mehl schon vorhandenen) zur Anwendung kommen. Auf Grund von Feuchtigkeitsbestimmungen (durch Trocknen von feinem Schrot der betreffenden Körner bei 105° C.) wurde nun auch bei den gegenwärtigen Proben das Verhältnis von luftgetrocknetem Mehl und zuzusetzendem Wasser dem obigen Gesichtspunkt entsprechend festgesetzt:

	Nr. 1	Nr. 2
Feuchtigkeitsgehalt der Probe. .	15,05 pCt.	12,21 pCt.

Das für den Backversuch vorgesehene Verhältnis (16 g Gesamtwasser auf 21,5 g Mehltrockensubstanz erforderte demnach

	Nr. 1	Nr. 2
Luftgetrockenes Mehl.	25,3 g	24,5 g
Wasserzusatz	12,2 »	13,0 »
zur Herstellung eines Teiggemenges von	37,5 g	37,5 g

Dazu kommen noch die bereits angegebenen Zusätze von Kochsalz und guter Presshefe, die übrigens in dem Wasser vorher schon verteilt wurden. In den für den Zweck vorgesehenen »Backkapseln« gelangte während zwei Stunden bei 30° C. der Teig zum Aufgehen und sodann zur Verbackung in dem auf 250° C. vorgeheizten Apparat während 20 Minuten.

Die nachstehenden Zahlenermittelungen für Volumen und Gewicht beziehen sich auf je zwei gleichzeitig und unter ganz gleicher Bedingung erzielten Gebäcke aus beiden Proben, und es wurde der ver-

mehrten Sicherheit wegen der ganze Versuch am nächstfolgenden Tage wiederholt.

Die Volummessungen geschahen alsbald nach Erkalten, die Gewichtsermittlungen erst 12 Stunden später, während welcher Zeit die Objekte unter einer Glaslocke aufbewahrt wurden.

Zeitangabe 1899	Volum (ccm)		Gewicht (g)	
	der Probegebäcke aus			
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2
Backversuche vom 23. Februar. . . .	82,2	81,0	30,2	31,4
	84,0	77,0	30,7	30,9
Mittel	83,1	79,0	30,5	31,2
Backversuche vom 24. Februar. . . .	79,0	81,0	30,6	30,6
	83,0	76,0	30,4	30,4
Mittel	81,0	78,5	30,5	30,5
Gesamtmittel .	82,05	78,75	30,5	30,83

Die Gewichtszahlen lassen hier zunächst nichts weiter ersehen, als dass die Ergebnisse der Methode recht gleichmässig ausfallen, wenn man gleichmässig arbeitet. Ein ausnahmsweise etwas höherer Befund (erstmaliger Versuch mit Nr. 2) dürfte sich durch den Umstand erklären, dass am Deckel der Backkapsel Wasser in Form adhärerender Tropfen sich während des Erkaltes verdichtet, von dem dann, bei nicht ganz vorsichtigem Öffnen Teile auf das Gebäck zurückfließen können.

Bei den Ermittlungen nach dem Volum lässt sich eine so weitgehende Übereinstimmung von vorne herein nicht erwarten, denn auch bei sorgsamstem Operieren lassen sich die nicht genau feststellbaren Zufälligkeiten, welche bei der Blasenbildung mitspielen, nie ganz beseitigen. Die dadurch bedingten unvermeidlichen Fehler sprechen selbstverständlich um so störender mit, wenn der Unter-

schied der Vergleichsproben — wie hier augenscheinlich der Fall — an sich nur geringfügig ist. Immerhin aber lassen unsere Zahlen wohl unzweideutig erkennen, dass die Unterschiede der beiden Proben im allgemeinen grösser als die des gleichartigen Materiales ausfielen und, wenn auch nur in geringem Betrag, zuungunsten von Nr. 2 sich gestalten. In Erwägung, dass nur einer von vier Versuchen das Gegenteil andeutet, im übrigen aber Einzelvergleich, Tagesmittel und Gesamtmittel durchaus gleichsinnig sprechen, wird man annehmen dürfen, dass Nr. 2 gegen Nr. 1 in bezug auf Volumausgiebigkeit unter sonst gleichen Bedingungen tatsächlich etwas zurücksteht. Der Unterschied ist aber offenbar nur gering und mutmasslich kaum von praktischer Tragweite.

Im übrigen bleibt zu bemerken, dass beide Proben keine hervorragend gute Backfähigkeit zeigen, insofern bei zahlreichen früheren Versuchen mit Weizen verschiedener Herkunft das Volumergebnis sich in der Regel zwischen 90 und 100 bewegte.

Ein den Backerzeugnissen der Praxis voll ebenbürtiges Ergebnis lässt sich bei derartigen Versuchen im kleinen und mit Mehl, das in angegebener Weise aus den Körnern erst zu diesem Zweck gewonnen wurde, nach meiner Erfahrung niemals ganz erreichen, was aber für die Ermittlung des relativen Wertes der zu vergleichenden Sorten wohl kaum einen Nachteil bedeutet. Zur Einsichtnahme, wie sich die Gebäcke mit unseren Laboratoriumsmitteln gestalten, schien es mir rätlich, einige der betreffenden Stücke dem Bericht beizuschliessen mit dem beiläufigen Bemerkung, dass die übrigen ganz ebenso aussehen.«

Aus dem Bericht ist ersichtlich, dass die Backfähigkeit trotz des mehrfachen Trocknens nur sehr wenig ungünstig beeinflusst wurde. Die Keimfähigkeit hatte durch die Trocknung etwas gelitten, wahrscheinlich dadurch, dass das Getreide zum Teil längere Zeit an den heissen Wandungen gelegen hat.

Das im Trockner befindliche Getreide ist nur schwierig vollständig zu entfernen. In solchen Fällen, in welchen nur immer eine Sorte Getreide getrocknet wurde, war dieser Mangel von keiner Bedeutung.

Hatte man dagegen verschiedene Sorten Getreide zu trocknen, so half man sich bis jetzt in der Weise, dass nach möglicher Entfernung des Trockengutes eine leicht absiebbare Frucht, z. B. Mais auf Weizen, nachgeschüttet wurde, welche bei den weiteren Umdrehungen

des Apparates das zurückgebliebene Getreide hinausdrängte und dann durch Absieben voneinander getrennt werden konnte. Da diese Art der Restentfernung nur ein Notbehelf ist, so beabsichtigt die Firma diesen Übelstand dadurch zu beseitigen, dass im Innern des Trockners Bürsten befestigt werden, welche imstande sind, das Getreide zu entfernen und die nach Belieben von aussen ohne Störung des Betriebes in und ausser Tätigkeit gesetzt werden können.

Das getrocknete Getreide zeigte nach der Entfernung aus dem Apparat 42—43° C. Es wurde in Säcke getan und kühlte sich so ab. Diese Art der Abkühlung ist aber bedenklich, weil in dem an Feuchtigkeit reichen Raume wieder Wasser aufgenommen wird, wie sich aus der mehrfach beobachteten Abnahme des Hektolitergewichtes während der Kühlung ergab [2].

Das Fehlen einer geeigneten Kühleinrichtung ist daher ein Mangel, der aber von der Wirksamkeit des Trockners selbst unabhängig ist. Die Firma hat die Absicht, die Anlage auch nach dieser Richtung hin zu verbessern.

Da es noch keine zweckmässige Kühlvorrichtung für Getreide gibt, diese Angelegenheit aber für die Getreidetrocknung von grundlegender Bedeutung ist, so muss man dieser Absicht den besten Erfolg wünschen.

3. Folgerungen aus der Versuchsanstellung.

a) Kosten des Trocknens.

Wir nehmen an, dass der Trockner bei normalem Betriebe 100 Tage im Jahre in Tätigkeit ist. Ferner stellen wir die Verzinsung des Anlagekapitals mit 4 pCt., die Abschreibung mit 10 pCt. und die Kosten für Reparaturen und Unterhaltung mit 1 pCt. in Rechnung, insgesamt demnach 15 pCt. des Anlagekapitals. Hierbei sind die Kosten für Gebäude und Grundstück nicht berücksichtigt.

Die Firma liefert Trockner nebst Zubehör von der Grösse des geprüften für folgende Preise:

Der Trockner selbst kostet	6 000 Mk.
1 Kondensator	650 »
Rohrverbindungen	500 »
Transmission	500 »
Pumpe mit Dampfmaschine	1 800 »

Hierzu würde dann noch gehören:

1 Dampfkessel von 6 <i>qm</i> Heizfläche. Preis 6×120	720 »
Einmauerung des Kessels	100 »
	<hr/>
Anlagekapital.	10 270 Mk.

* Legt man dagegen den bei der Prüfung stattgefundenen Dampfverbrauch zugrunde, so ergibt sich, dass ein grösserer Kessel und eine grössere Dampfmaschine erforderlich sind, wenn die nötige Sicherheit berücksichtigt wird.

Die Trocknung hatte 113 Minuten gedauert und der Dampfverbrauch betrug insgesamt 219,5 *kg*. In einer Stunde wurden demgemäss 116 *kg* Dampf verbraucht. Nehmen wir an, dass 17 *kg* Dampf eine PS in der Stunde zu liefern vermag, so würde eine Maschine von $\frac{116}{17} = 6,8$ PS hervorgehen.

Zur Sicherheit des Betriebes und für andere zugehörige Zwecke, z. B. zum Betriebe eines Elevators, müssen 25 pCt. hinzugefügt werden. Die Dampfmaschine müsste demnach 8,5 PS abgeben können. Rechnen wir als Preis für die Dampfmaschine 270 Mk. auf wirksame 1 PS, so kostet die Dampfmaschine rd. 1800 Mk.

Da eine wirksame PS nicht ganz so viel Dampf verbraucht, als 1 *qm* Heizfläche liefert, so würde ein Kessel von 6,8 *qm* Heizfläche reichlich genügen. Kostet der Quadratmeter 120 Mk., so würde der nötige Kessel 820 Mk. kosten. Die für den Betrieb nötige Luftpumpe von der Grösse: 250 *mm* Durchmesser des Zylinders, 320 *mm* Kolbenhub, welche beim Antrieb 4—5 PS, nach Herstellung des Vakuums aber 3—4 PS gebraucht, würde 1300 Mk. kosten.

Die Anlagekosten betragen daher:

1 Trockner	6 000 Mk.
1 Kondensator	650 »
Rohrverbindungen	500 »
Transmissionen	500 »
Dampfmaschine	1 800 »
Dampfkessel	820 »
Einmauerung des Kessels	100 »
Luftpumpe	1 300 »
	<hr/>
Summe	11 670 Mk.

Daraus ergeben sich folgende Betriebskosten für den Arbeitstag von 10 Stunden:

Abschreibung, Verzinsung, Reparaturen $\frac{116,7 \cdot 15}{100 \cdot 100} = 17,50$ Mk.

Kohlenverbrauch, unter der Annahme, dass 1 kg Kohle

$7\frac{1}{2}$ kg Dampf erzeugt: $\frac{116 \cdot 10}{7\frac{1}{2}} = 155$ kg zu

je 2 Pfg.	3,10 »
3 Arbeiter, 1 Heizer, 3 × 3 + 4	13,00 »
Schmier- und Putzmittel $7 \times 0,005 \times 10$	0,35 »
Kühlwasser $8 \text{ cbm} \times 0,2$ Mk.	1,60 »
Die Trocknung von 6210 kg Getreide kostet	35,55 Mk.

Die Trocknungskosten von 100 kg Getreide betragen demnach

$$\frac{3555}{6210} = 57,2 \text{ Pfg. und die Entfernung von 1 kg Wasser } 8,91 \text{ Pfg.}$$

Bei dieser Aufstellung wurden die Kosten der Montage, der Fracht usw. nicht berücksichtigt, weil diese Grössen sehr veränderlich sind.

Es hat sich jedoch ergeben, dass bei vielen Rechnungsaufstellungen der Praxis die Montage ungefähr mit 5 bis 6 pCt. des übrigen Betrages in Rechnung gestellt wird, dass ferner Fracht, Verpackung, Fundamente für die Maschinen und Unvorhergesehenes ungefähr 4 bis 5 pCt. beträgt.

Wenn also von Fall zu Fall diese Zahlen beträchtlich abweichen werden, so wird im allgemeinen ein Zuschlag von 10 pCt. für diese Aufstellungen nicht gar zu weit von der Wahrheit entfernt sein. Die Anlagekosten würden hierdurch um 1170 Mk. auf 12 840 Mk. steigen. Abschreibungen usw. betragen dann 19,26 Mk., so dass die zehnstündigen Betriebskosten 37,31 Mk. betragen.

Die Trocknung von 100 kg Getreide kostet demnach 60,1 Pfg. und die Entfernung von 1 kg Wasser 9,35 Pfg.

b) Beurteilung der Ergebnisse.

Da der Dampfverbrauch die Grundlage für die Kostenberechnungen ist, so müssen die Einflüsse auf diesen in den einzelnen Entwicklungsstufen des Betriebes untersucht werden.

Die Dampfmaschine hatte einen Wasserabscheider. Infolgedessen ist anzunehmen, dass der wirkliche Dampfverbrauch durch übergerissenes Kesselwasser nur unwesentlich beeinflusst wurde.

Ein desto grösserer Einfluss ist dagegen dem Umstande zuzuschreiben, dass der Trockner an die Umgebung eine bedeutende Wärme-

menge abgab. Im Taschenbuch der Hütte, 1899, S. 411, 412 sind zur Berechnung der Wärmeverluste folgende Formeln aufgeführt:

$$Q = K \cdot F z (t_1 - t_2)$$

$$K = k + 0,5 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right) \frac{2}{-1,9} \right]$$

Hierin bedeutet

F = Oberfläche des Körpers in Quadratmetern,

z = Zeitdauer des Wärmeübergangs in Stunden,

t_1 und t_2 = Temperaturen des Dampfes und der Luft = 108°C . und $22\frac{1}{2}^\circ \text{C}$.

T = absolute Temperatur des Dampfes = $273 + 108 = 381^\circ \text{C}$.

Q = übergehende Wärmemenge in W.-E.,

k = Übergangsgrösse für Wärme = $2 + 10 \sqrt{v}$, wobei v die Geschwindigkeit der vorbeiströmenden Luft ist.

Für ruhende Luft ist k = 4.

Die dem Drucke im Heizmantel ($1,35 \text{ kg}$ für 1 qcm entsprechende Temperatur ist 108°C . und der Temperaturunterschied mit der Aussenluft $108 - 22\frac{1}{2} = 85\frac{1}{2}^\circ \text{C}$. Es ist aber zu berücksichtigen, dass das kondensierte Wasser vor dem Verlassen des Heizmantels ebenfalls noch Gelegenheit hatte, an das Trockengut Wärme abzugeben, so dass es auf etwas unter 100°C . abgekühlt den Heizmantel verlassen haben dürfte. Da diese letzte Wärmeabgabe weit geringer ist, als die bei der Kondensation erzeugte, so wird der Temperaturunterschied nur wenig geringer sein. Doch wollen wir, um sicher zu gehen und der Bequemlichkeit wegen, einen Unterschied von 80°C . annehmen.

Der Heizmantel des Trockners hat eine Oberfläche von

$$0,85 \cdot \pi \cdot 4,91 = 13,1 \text{ qm}$$

Hierzu kommen noch die Stirnseiten und die mit dem Zylinder unmittelbar in Berührung stehenden Teile, welche durch Leitung Wärme erhalten und an die Luft abgeben, ferner kommen noch hinzu nicht-isolierte Dampfleitungen. Wir glauben nicht zu niedrig zu greifen, wenn die gesamte Oberfläche mit 15 qm in Rechnung gestellt wird.

Wir haben

$$K = 4 + 0,5 [14,5 - 1,9] = 10,3$$

$$Q = 10,3 \cdot 15 \cdot 80 = 12360 \text{ W.-E.}$$

Da die Luft sich tatsächlich in Bewegung befinden muss, so wird k grösser als 4, mithin Q bedeutender sein als eben berechnet wurde. Wird Dampf von 108°C . zu Wasser kondensiert und bis auf 100°C .

abgekühlt, so ist hierzu ebensoviel Wärme überzuführen, als wenn der Vorgang umgekehrt stattfindet, es sind also nötig

$$606,5 - 0,7 \cdot 108 + 8 \cdot 1,03 = 539,2 \text{ W.-E.}$$

worin 1,03 die spezifische Wärme des Wassers bedeutet.

Durch die Wärmeabgabe nach aussen werden demnach $\frac{12 \cdot 360}{539,2}$
 $= 23 \text{ kg}$ Dampf in der Stunde kondensiert.

Es war festgestellt worden, dass der Dampfverbrauch während der gesamten Versuchszeit von 134 Minuten 219,5 kg betrug. Während dieser Zeit war aber eine Pause von 21 Minuten eingetreten, während welcher der Trockner fortfuhr, Wärme nach aussen abzugeben und zwar soviel, dass $\frac{23 \cdot 21}{60} = 8 \text{ kg}$ Dampf verdichtet wurden.

Demzufolge wären $219,5 - 8 = 211,5 \text{ kg}$ Dampf in Rechnung zu stellen, was einem Dampfverbrauch von $\frac{211,5 \cdot 60}{113} = 112 \text{ kg}$ in der Stunde entspricht. Hiervon sind wieder abzuziehen 23 kg Dampf, welche in einer Stunde durch Wärmeverlust verdichtet werden, so dass ein wirklicher Dampfverbrauch von $112 - 23 = 89 \text{ kg}$ übrig bleibt, was gegenüber dem gefundenen Dampfverbrauch von 116 kg, eine Ersparnis von 27 kg oder etwa ein Viertel bedeutet.

Wollte man den Dampfverbrauch von 89 kg zugrunde legen, so würden einerseits die Anlagekosten geringer werden, weil Dampfkessel und Dampfmaschine, letztere schon wegen des geringeren Gegendruckes im Heizmantel, kleiner werden. Dagegen würden die Kosten der Isolierung auftreten.

Die Betriebskosten verringern sich ebenfalls bei der Abschreibung und beim Kohlenverbrauch, so dass die Trocknungskosten insgesamt nicht unwesentlich erniedrigt würden.

c) Ergebnisse.

1. Der Wassergehalt des Getreides wurde um 6,4 pCt. des Gesamtgewichts vermindert, was mit Rücksicht auf die Trocknungszeit von weniger als einer Stunde als gute Leistung zu bezeichnen ist.

2. In der Stunde wurden 621 kg Getreide getrocknet. Die Menge des Trockengutes richtet sich nach der Grösse der Anlage. Die Anlagekosten sollen bei grösseren Anlagen, auf die Tonne Getreide gerechnet,

bedeutend billiger werden, weil die Herstellung des Apparates und die Montage verhältnismässig erleichtert wird.

3. Die Menge des verdampften Wassers betrug 39,9 kg in der Stunde.

4. Die Menge des verbrauchten Dampfes betrug 18,7 kg für 100 kg Weizen oder 116 kg für die Stunde.

Für die Verdampfung von 1 kg Wasser aus dem Getreide wurden demnach $\frac{116}{39,9} = 2,9$ kg Dampf verbraucht, was mit einem Kostenaufwande von 8,91 Pfg. bezw. 9,35 Pfg. verbunden ist, wenn im letzten Falle Montage, Fracht usw. nach sehr der Veränderung unterworfenen Annahmen in Rechnung gestellt ist.

Durch Isolierung des Trockners und Einrichtung eines ununterbrochen arbeitenden Betriebes kann sowohl dieser Aufwand, als auch der Anlagebetrag verringert werden.

5. Die Keimfähigkeit des Getreides hatte etwas gelitten, daher wird die Leistungsfähigkeit für Saatgetreide durch Erniedrigung der Temperatur des Heizmantels etwas einzuschränken sein.

6. Die Backfähigkeit hatte kaum gelitten.

7. Die schwierige Entfernung der Getreidereste ist ein Mangel, doch liegt nach Angabe der Firma keine Schwierigkeit vor, eine geeignete verstellbare Bürstenvorrichtung im Apparat anzubringen, welche das vollständige Entleeren des Apparates vom Getreide bewirkt.

8. Da es für Getreide noch keine zweckmässigen Kühlvorrichtungen gibt, so ist das Fehlen eines solchen kein spezifischer Mangel des geprüften Trockners.

Die Kühleinrichtung ist aber eine Notwendigkeit und die Firma Emil Passburg, Charlottenburg, hat die Absicht, dieser wichtigen Angelegenheit ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Nachträge.

1. Man vergl. Stück 9 Nachtrag 3.

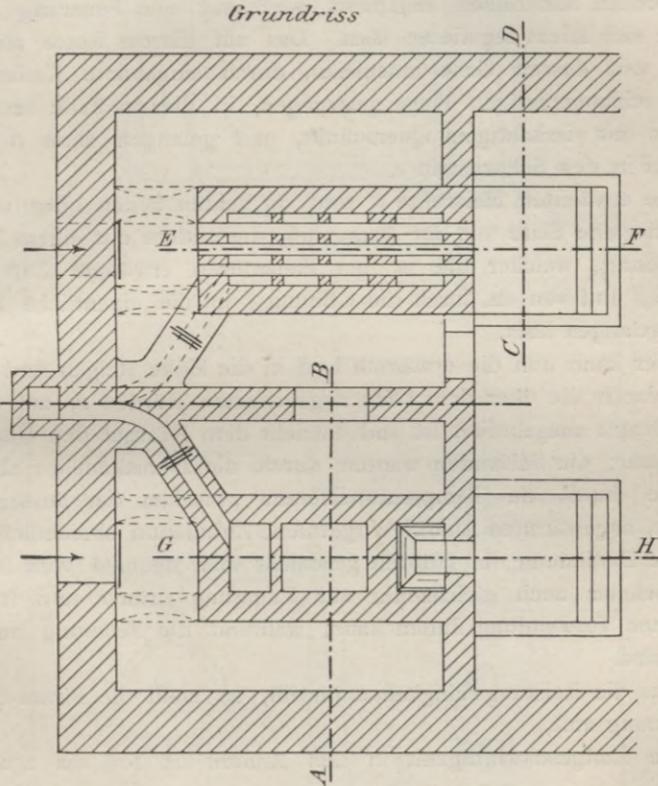
2. Man vergl. Stück 42, aus dem sich ergibt, dass die im Text geäusserte Ansicht nicht zutreffend ist.

Die Änderung des Hektolitergewichtes ist nicht so sehr auf Wasseraufnahme aus der Luft, als vielmehr den Gestaltsänderungen des Getreides während der Abkühlung und wohl auch Adhäsionsänderungen zuzuschreiben.

11. Hopfendarre „Triumph“.

Diese Darre ist konstruiert von Theodor Meister, Michelob und wird von der Maschinenfabrik Carl Gasch, Chodau in Böhmen, gebaut.

Der Unterschied von den bekannten Darrsystemen besteht der Hauptsache nach darin, dass die Feuergase nicht durch [die Rohre



Abbild. 25.

gehen, sondern diese von aussen umspülen, während das Innere der Rohre von der zu erwärmenden Luft durchstrichen wird und diese wieder durch die Erwärmung einen lebhaften Zug erzeugt.

Die folgenden 4 Abbildungen zeigen die Einrichtung der Darre.

Es ist zu beachten, dass die Einrichtung teils als Hürdentrocknung,

teils als Kastentrocknung gezeichnet ist, indem nach Wunsch die eine oder die andere Anordnung vom Fabrikanten geliefert wird. Die Trocknung auf Hürden ist ohne Zweifel zweckmässiger, verlangt aber mehr Arbeitskräfte als die Kastentrocknung. Aus diesem Grunde ist die Hürdentrocknung schwer einzubürgern.

In den Figuren ist *a* ein kleiner Rost, welcher den zur Verbrennung gelangenden Materialien angepasst wird und eine Feuerung darstellt, welche sich leicht regulieren lässt. Das auf diesem Roste angefachte Feuer und dessen Gase umspielen, durch eingebaute Kulissen *b* zu einem schlangenartigen Wege gezwungen, in diesem Falle sechs Heizrohre *c* mit vierkantigem Querschnitt, und gelangen dann durch den Fuchs *d* in den Schornstein *e*.

Die erwähnten Heizrohre *c* sind an beiden Seiten offen und zwar steht die eine Seite mit der Aussenluft, die andere mit einem Kanal in Verbindung, welcher die in den Heizröhren erwärmte Luft in die Kuppel *f* und von da durch die Öffnung *g* in die eigentliche Trockenstube gelangen lässt.

Hier kann nun die erwärmte Luft in die Höhe steigen und streicht dabei durch die über dem Ofen angeordneten Hürden *k*, auf welchen das Dörrgut ausgebreitet ist und entzieht dem Dörrgut den Überschuss an Wasser; die Schwaden werden durch die Dunstkanäle *i* abgeführt.

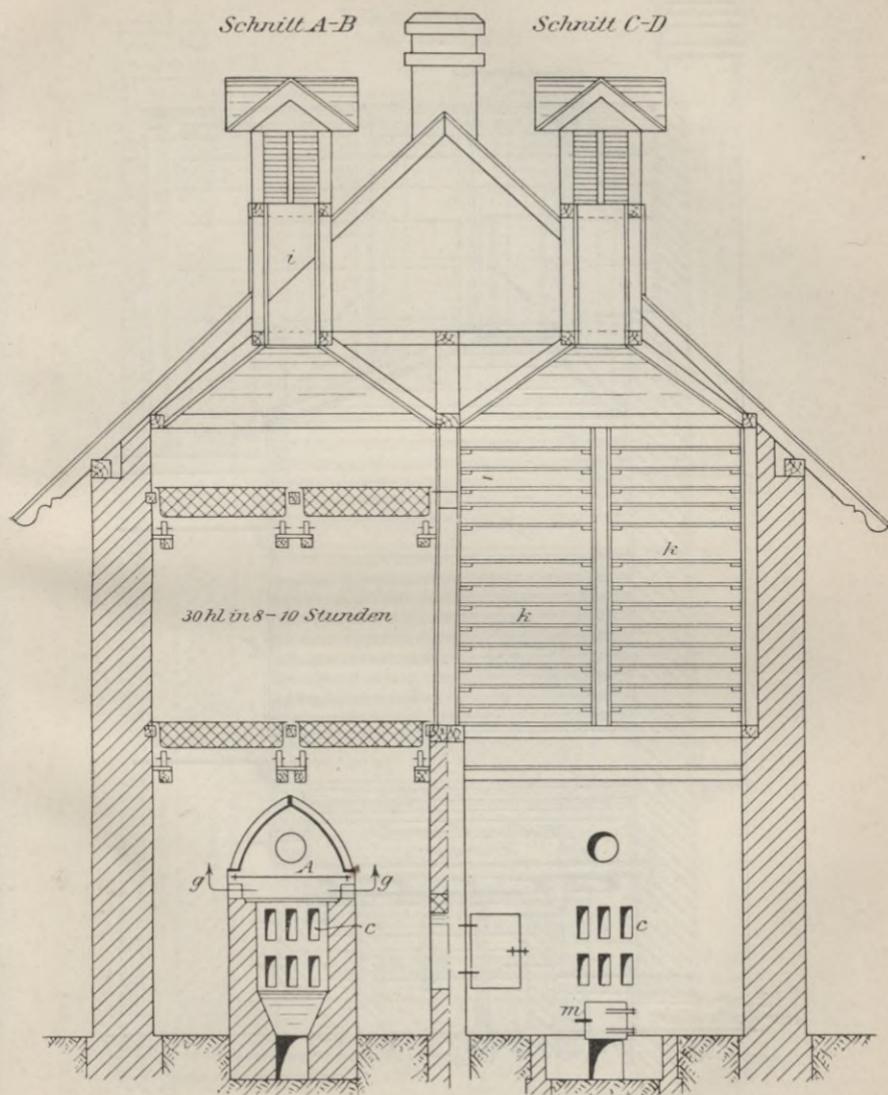
Die durch die Temperaturdifferenz zwischen der äusseren und inneren, angewärmten Luft hervorgerufene Zirkulation ist ziemlich lebhaft.

Die Bedienung der Hürden geschieht sehr bequem vom Raume *k* aus, welcher auch gleichzeitig zur Lagerung grüner und trockener Dörrgüter Verwendung finden kann, während die Feuerung bei *m* bedient wird.

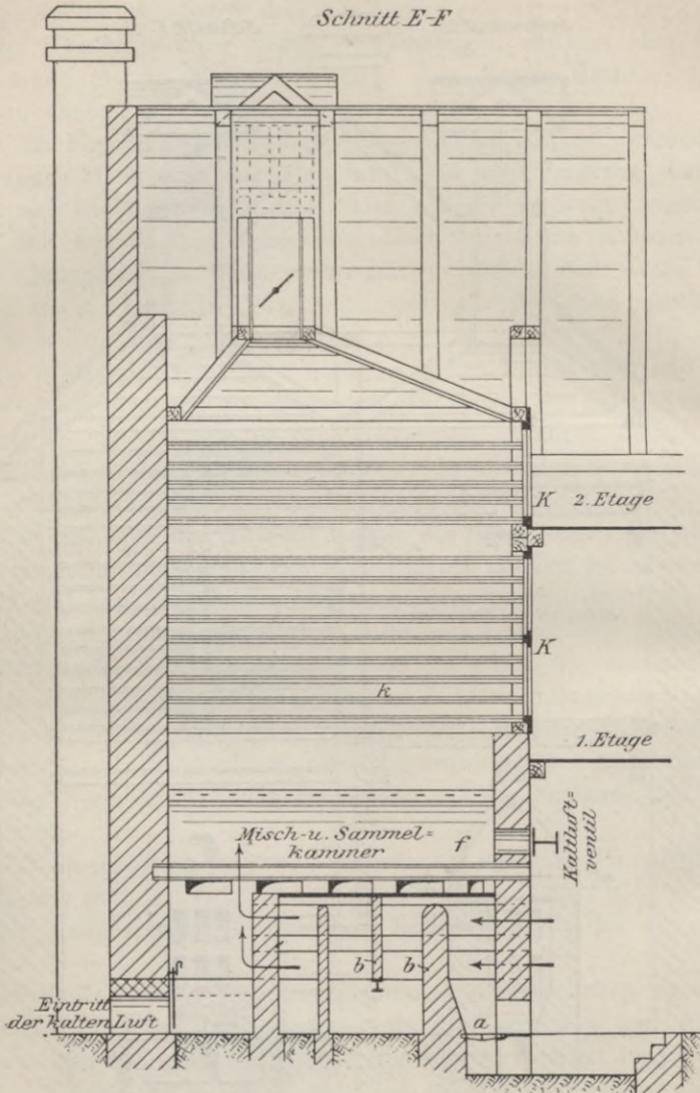
Was die Leistungsfähigkeit anbelangt, so stellt die Firma folgende Berechnung auf:

Die Luftgeschwindigkeit in den Rohren ist 105 bis 150 *m* pro Minute.

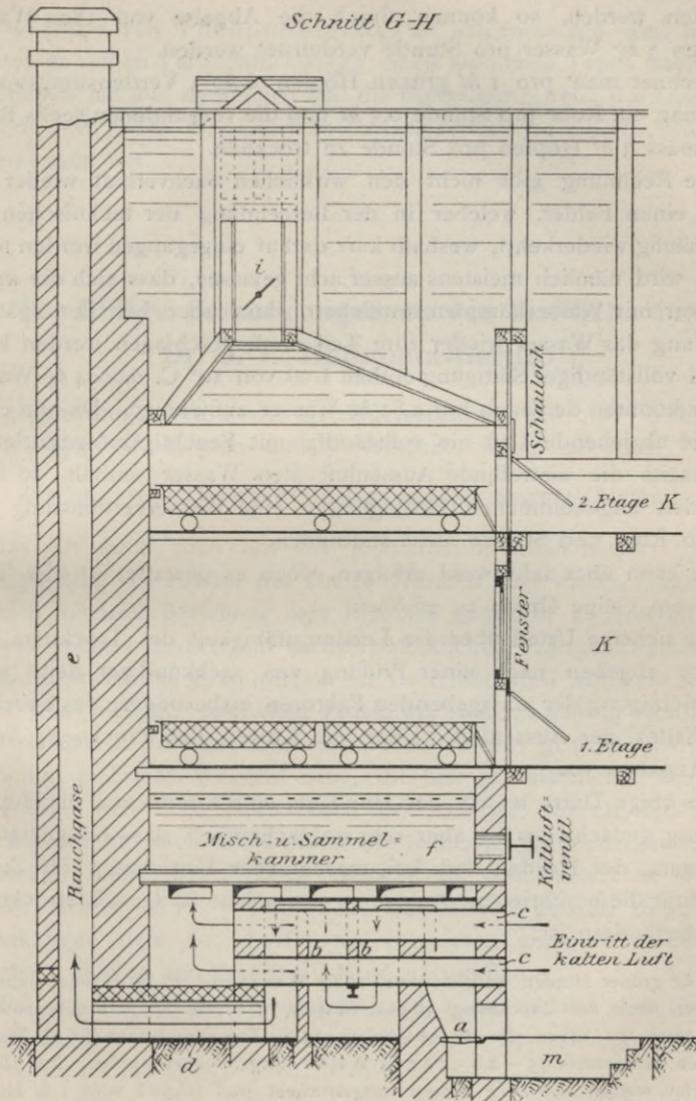
Da die Rohre einen Querschnitt von $0,15 \times 0,30$ *m* haben, so würden pro Stunde etwa 300 *cbm* Luft durch ein Rohr streichen und sich erwärmen. Nimmt man an, dass die erwärmte trocknende Luft eine Temperatur von 30° C. besitzt und durch die Wasserentziehung aus dem Hopfen um 20° C. abgekühlt wird, so können $300 \times 20 \times 0,3$ Wärmeinheiten abgegeben werden, wenn 0,3 die spezifische Wärme von 1 *cbm*



Abbild. 26.



Abbild. 27.



Abbild. 28.

Luft ist. Da 600 Wärmeeinheiten bei der Verdunstung von 1 *kg* Wasser gebunden werden, so können durch die Abgabe von 1800 Wärmeeinheiten 3 *kg* Wasser pro Stunde verdunstet werden.

Rechnet man pro 1 *hl* grünen Hopfen 6 *kg*¹⁾ Verdunstungswasser, so vermag ein Rohr pro Stunde 0,5 *hl* und die vorhandenen sechs Rohre demgemäss 3 *hl* Hopfen pro Stunde zu trocknen. —

Die Rechnung gibt nicht den wirklichen Sachverhalt wieder und enthält einen Fehler, welcher in der Berechnung der technischen Anlagen häufig wiederkehrt, weshalb kurz darauf eingegangen werden muss.

Es wird nämlich meistens ausser acht gelassen, dass sich die warme Luft zwar mit Wasserdämpfen anreichert, dass aber bei der späteren Abkühlung das Wasser wieder zum Teil niedergeschlagen werden kann.

Bei vollständiger Sättigung enthält Luft von 10° C. 0,0094 *kg* Wasser, 300 *cbm* könnten demnach nur 2,82 *kg* Wasser aufnehmen. Da nun einerseits die abziehende Luft nie vollständig mit Feuchtigkeit gesättigt ist, andererseits die eintretende Aussenluft stets Wasser enthält, so kann unter den angenommenen Bedingungen eine Wasserverdunstung von 3 *kg* pro Rohr und Stunde nicht stattfinden.

Sie kann aber sehr wohl erfolgen, wenn es gestattet ist, die Temperatur um einige Grade zu erhöhen.

Ein sicheres Urteil über die Leistungsfähigkeit des Trockners lässt sich nur abgeben nach einer Prüfung von sachkundiger Seite unter Berücksichtigung der massgebenden Faktoren, insbesondere des Feuchtigkeitsgehaltes der Aussenluft. Über die Kosten des Trocknens liegen keine Angaben vor.

Die obige Darre ist vor der Hand als eine Einrichtung für Hopfentrocknung gedacht; es ist aber sehr wahrscheinlich, dass bei geeigneter Abänderung der Horden und bei maschineller Einrichtung für Zufuhr und Abfuhr die beschriebene Anlage in eine solche für Getreidetrocknung leicht abzuändern ist.

100 *kg* grüner Hopfen enthält etwa 75 *kg* Wasser und 25 *kg* Trockensubstanz. Enthält er nach der Trocknung 10 pCt. Wasser, d. h. auf 90 *kg* Trockensubstanz 10 *kg* Wasser, so haben die ursprünglichen 25 *kg* Trockensubstanz 2,8 *kg* Wasser. Es müssen demgemäss 75 — 2,8 = 72,2 *kg* Wasser fortgetrocknet werden. Pro Hektoliter Hopfen werden aber 6 *kg* Wasser fortgetrocknet und folglich wird 1 *hl* Hopfen

etwa $\frac{100 \cdot 6}{72,2} = 8,3$ *kg* wiegen. Die Gewichtsschwankungen werden sehr bedeutend sein, daher ist die Rechnung nach Hohlmass zu vermeiden.

Nachtrag.

Die Darre von Theodor Meister ist aufgenommen, weil Bericht-erstatte in seinen Veröffentlichungen einen ähnlichen Typus noch nicht beschrieben hat und dann auch weil die Berechnungsweise der Leistungsfähigkeit von seiten des Fabrikanten Gelegenheit zu einigen kritischen Bemerkungen bot.

12. Einige Bemerkungen zu den Artikeln des Dr. J. F. Hoffmann-Berlin:

Der gegenwärtige Stand der Getreidetrocknung usw. in: »Blätter für Gersten-, Hopfen- und Kartoffelbau. 1899 und 1900.

Zuschrift vom Grafen Fr. Berg, Schloss Sagnitz (Livland).

Da ich mich eben mit der Konstruktion einer neuen Darre beschäftige, sind die Artikel des Dr. Hoffmann über diesen Gegenstand für mich in vieler Beziehung sehr lehrreich gewesen; andererseits habe ich aus meiner bisherigen landwirtschaftlichen Tätigkeit recht ausgedehnte praktische Erfahrungen im Getreidedarren sammeln können, da in den hiesigen baltischen Provinzen, wie im ganzen Norden von Russland und in Finnland alles Getreide immer gedarrt wird, und ich schon mehrmals versucht habe, die hier gebräuchlichen Darren zu verbessern. Ich habe beim Lesen der Aufsätze des Dr. Hoffmann zunächst nur für mich selbst bestimmte Bemerkungen niedergeschrieben, namentlich dann, wenn meine Ansicht im Widerspruch zu der des Dr. Hoffmann stand. — Ich habe Gelegenheit gehabt, diese meine Bemerkungen dem Dr. Hoffmann vorzulesen und er hat mich aufgefordert, sie ihm zur Veröffentlichung mitzuteilen.

Ich komme diesem Wunsche hiermit nach, glaube aber diese Erklärung wegen der Form, in welcher meine Bemerkungen abgefasst sind, ausdrücklich aussprechen zu müssen. —

1. Jahrgang 1899, Seite 417: Es stellt sich immer mehr heraus, dass die Frage der Getreidetrocknung von höchster wirtschaftlicher Bedeutung ist. Das Bedürfnis nach gut wirkenden Trocknern hat sich

besonders seit Errichtung der landwirtschaftlichen Kornhäuser fühlbar gemacht.

Es ist sehr erfreulich, dass Dr. Hoffmann den Nutzen des Getreidetrocknens anerkennt. Es ist geradezu merkwürdig, dass ausser im Norden Russlands, wo alles Getreide immer gedarrt wird, meines Wissens in der ganzen übrigen Welt diese einfache Prozedur unbekannt bleibt; namentlich im benachbarten Deutschland, wo die wissenschaftliche Bildung auch unter den Landwirten so reichlich verbreitet ist, sollte diese Frage doch schon lange erörtert und vollkommen gelöst sein. Man gibt sich in Deutschland viel Mühe, durch Sortenauswahl, Züchtung und Bodenkultur den Protcingehalt des einheimischen Getreides zu erhöhen, aber das Wenige, was auf diesem Wege erreicht werden kann, lässt man zum grossen Teil zugrunde gehen, indem das feuchte Getreide beim Lagern mehr oder weniger stockig wird, wobei sich gerade die wertvollsten stickstoffhaltigen Bestandteile am ehesten zersetzen. Es ist sehr charakteristisch für die Denkweise in Deutschland, dass selbst Dr. Hoffmann das Darren nur dann für notwendig hält, wenn das Getreide bereits einen stockigen Geruch bekommen hat. Im ganzen Norden von Russland, wo alles Getreide immer gedarrt wird, kann man es in »Salven« (kleinen Silos) aufbewahren, ohne dass es jemals stockig wird. —

2. Seite 418: Bei ungenügender Abführung der Wasserdämpfe, also bei schlecht wirkender Trocknung, kann die Wassererzeugung während längerer Dauer der Trocknung recht bemerklich werden.

Ich habe solches niemals bemerkt, das Darren wirkt zu rasch, um diese Erscheinungen zuzulassen. Wenn Feuchtigkeit und Wärme so langsam wirken, dass sie Keimung veranlassen, dann werden Atmung und Verbrennung intensiver werden. Bei beginnender Zersetzung und Pilzwucherung kann der Stoffverlust und namentlich die Bildung von Wasser noch hochgradiger werden; das zu verhindern, ist aber gerade die Aufgabe des Darrens und die hiesigen Darren, auch die allerprimitivsten, welche gar keine Ventilation haben, vermögen diese Aufgabe ohne Mühe zu lösen. Gedarrtes Getreide lässt sich jedenfalls recht lange ohne wesentlichen Stoffverlust und ohne Schädigung der Keimkraft aufbewahren. Dass man in Deutschland so allgemein an die Unbrauchbarkeit vorjähriger Saat glaubt, ist nur ein Beweis mehr dafür, dass die Art der Aufbewahrung nicht zweckentsprechend ist.

3. Seite 421: Zur Trocknung der Luft wird angeraten, sie durch tiefliegende Kanäle zu führen —

Erstens wird die in den Kanälen abgekühlte Luft bis zur Sättigung Feuchtigkeit enthalten und nur trocken werden, wenn sie nach der Abkühlung wieder entsprechend erwärmt worden, dann kann dieses Mittel aber nur für sehr kurze Zeit anwendbar bleiben, da die Wände der tiefen Kanäle durch die hindurchstreichende Luft sehr bald erwärmt sein werden und die Abkühlung dann überhaupt nicht mehr stattfindet.

4. S. 419, 422 und an mehreren anderen Stellen ist davon die Rede, dass beim Kühlen des gedarrten heissen Getreides mittels kalter Luft dieses trockene Getreide vermöge seiner hygroskopischen Eigenschaft aus der kalten Luft wieder Feuchtigkeit anziehe. Zunächst kann ich aus meiner Erfahrung sagen, dass solches nicht vorkommt; solange das Getreide heiss ist, dunstet es Feuchtigkeit aus, erst wenn es bis auf die Lufttemperatur abgekühlt ist, nimmt gar zu trockenes Korn wieder etwas Feuchtigkeit aus der Luft auf, aber keineswegs so viel, dass seine Haltbarkeit dadurch leidet.

Das Getreide nimmt nur dann wesentliche Mengen Feuchtigkeit aus der Luft auf, wenn es bedeutend kälter ist als die es berührende Luft. Wenn z. B. ein Getreidehaufen sich im Winter bis auf -10° oder gar -20° abgekühlt hat und darauf Tauwetter eintritt, wird die das kalte Getreide berührende warme Luft so weit abgekühlt, dass sich ein Niederschlag bildet; unter solchen Umständen, wenn die Luft beim Berühren des Kornes bis unter ihre Taupunkttemperatur abgekühlt wird, kann die Oberfläche des Getreidehaufens so weit nass werden, dass die Haltbarkeit des Kornes geschädigt wird. So lange die Luft aber kälter ist als das Korn, — und wenn es sich um das Kühlen des heissen, aus der Darre kommenden Getreides handelt, ist die zum Kühlen benutzte Luft jedenfalls viel kälter als das heisse Korn —, wird die Luft sich beim Berühren des Getreides erwärmen und dadurch trockener werden, also nur begierig sein, Feuchtigkeit aufzunehmen, niemals aber Feuchtigkeit abzugeben.

Dr. Hoffmann bespricht diese Gesetze der abnehmenden Feuchtigkeit bei zunehmender Temperatur der Luft an einer anderen Stelle sehr deutlich, hat aber hier die hygroskopische Kraft des trockenen

Korns, wie mir scheint, überschätzt, wenn er fürchtet, dass die zur Kühlung benutzte Luft dem Korn Feuchtigkeit abgeben könne.

5. Seite 426. In der Beschreibung der Darre des Ingenieurs Correl in Neustadt heisst es: »Vorteilhaft erscheint der Anschluss der Dampf- oder Kältezufuhr am unteren Ende der Rohrleitung bei *H*, wodurch das Gegenstromprinzip benutzt wird.«

Ich halte das Gegenstromprinzip zur Erwärmung der Luft für sehr günstig, zum Erwärmen des Korns aber nicht, das Korn sollte so rasch als tunlich auf die zulässig höchste Temperatur gebracht werden, darauf kann es mit weniger warmer Luft, die dem Korn nur noch wenig Wärme abzugeben braucht, durchlüftet werden, um den aus dem heissen Korn austretenden Dampf fortzuführen. Wenn das Korn kalt in die Darre eintritt, verbraucht es aber recht viel Wärme, wird diese vorherrschend durch heisse Luft geliefert, so soll man also hier die heisseste Luft verwenden, d. h. in diesem Fall nicht nach dem Prinzip des Gegenstromverfahrens.

Im allgemeinen scheinen mir die Darren, welche Dr. Hoffmann beschreibt, noch nicht soweit ausgebildet zu sein, dass überhaupt schon ein Vergleich ihrer Leistungen zulässig wäre. Wenn z. B. von einer Darre gesagt wird, dass der Heizkörper nicht gross genug sei, und die Fabrik es bereits unternommen habe, einen grösseren Heizkörper herzustellen, so ist dieser Mangel ein so wesentlicher, dass ihre quantitative Leistung ungenügend bleiben muss. Es ist allerdings sehr schwer, theoretisch vorherzubestimmen, wie gross der Heizkörper gemacht werden soll; bevor praktische Versuche dem Erbauer solches aber noch nicht gelehrt haben, kann die Darre nicht gut mit anderen in Wettbewerb gestellt werden.

Leider veranlassen die Patentgesetze die Erfinder, ihre Ideen so rasch als möglich gegen Nachahmung zu schützen; deshalb sind aber diese Ideen oft noch nicht bis in alle notwendigen Details ausgearbeitet.

Mehrmals spricht Dr. Hoffmann davon, dass unten an der Darre beim Auslauf des Korns eine »entsprechende« Verschlussvorrichtung angebracht sei. In diesen, mehr auf das Prinzip, nach welchem gedarrt wird, gerichteten Mitteilungen ist es ganz richtig, nicht auf alle Detailfragen einzugehen; wenn man aber, wie ich, Jahre darauf verwandt hat, eine »zweckentsprechende« Verschlussvorrichtung für den Auslauf

des Kornes aus der Darre zu konstruieren, so wird man mir den regen Wunsch, zu hören, was andere hierin geleistet haben, nicht verargen. Die Aufgabe, welche ich mir dabei gestellt habe, ist, dass das Korn in der ganzen Darre in beständiger langsamer Bewegung bleibe, also kontinuierlich ausflüsse, und dass die Geschwindigkeit, mit der solches geschieht, leicht und innerhalb recht weiter Grenzen verstellbar sei, damit das Darren je nach Bedarf: rasch bei hoher Temperatur oder trockenem Korn, und langsam bei niedriger Temperatur oder nassem Korn erfolgen könne.

Ich will hier noch einige Gesichtspunkte für die Konstruktion von Darren aussprechen. Eine grosse Hauptsache ist es, die Berührungsfläche des Kornes mit der heissen Luft möglichst gross zu machen, leider kostet die Ausführung dieser Forderung meist sehr viel. Dann soll der Erfinder die Wärmequelle möglichst so einrichten, dass er die Temperatur nach Bedarf steigern und abschwächen kann. Ein dritter Punkt ist der Luftzug. In Deutschland trocknet man das Korn, indem man es in einem Raum, wo möglichste Zugluft vorhanden ist, also mit grossen Mengen von Luft in Berührung bringt. Gewöhnlich ist die atmosphärische Luft nicht ganz mit Feuchtigkeit gesättigt und nimmt daher beim Vorüberstreichen noch Feuchtigkeit aus dem Korn auf, wie der Wind im Freien die ausgehängte nasse Wäsche trocknet. Dieser Prozess kann durch das Erwärmen des Kornes und der Luft sehr beschleunigt werden und darin besteht überhaupt das Darren. Die Wärmemenge und die Luftmenge nach den Umständen richtig zu bemessen, darin liegt die Hauptaufgabe des Erbauers einer Darre.

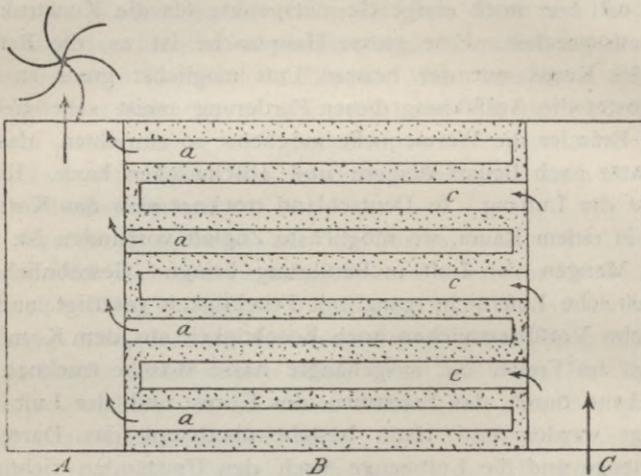
Über das Darren im luftleeren Raum habe ich oft nachgedacht, es schien mir für landwirtschaftliche Zwecke zu komplizierte und zu kostspielige Apparate zu fordern, es interessiert mich aber sehr, dass es wirklich möglich gemacht worden ist, für Silospeicher eine solche Darre zu bauen. Soweit ich aus der Beschreibung entnehmen kann, müssten mehrere Details an ihr noch verbessert werden, worauf sie voraussichtlich sehr brauchbar werden kann.

Sollte sich jemand für irgend eine Frage beim Darren interessieren, über die ich Auskunft geben kann, so werde ich sehr gerne dazu bereit sein.

6. S. 424. Der Ausdruck: »inverted troughs«, welcher in der Beschreibung einer amerikanischen Darre hier vorkommt, wird durch eine

Zeichnung näher erläutert. Diese scheint mir aber nicht die zutreffende Erklärung zu geben; ich verstehe den Ausdruck anders, und glaube die ganze Konstruktion dieser Darre beschreiben zu können, weil ich selbst eine Darre gebaut habe, die dieser Konstruktion gleich und auch Gelegenheit gehabt habe, später Darren zu sehen, welche offenbar die hier gemeinte Konstruktion hatten oder ihr doch sehr ähnlich waren.

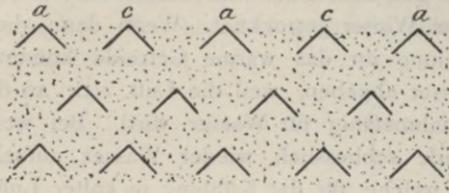
Man denke sich einen kastenartigen Raum, der in drei Abteilungen geteilt ist. Die mittlere Abteilung *B* (Abbild. 29) ist die grösste und



Abbild. 29.

enthält das zu darrende Getreide. Die Abteilung *C* wird von unten in der Richtung des Pfeiles mit heisser Luft, die an einem Heizkörper erwärmt worden, gespeist. Aus der Abteilung *A* saugt ein Ventilator die Luft aus. Nun handelt es sich darum, die heisse Luft durch das Getreide in die Abteilung *B* zu treiben, das wird in folgender Weise erreicht: Von der Abteilung *C* aus führen dreieckige Röhren (Winkelisen) in das Getreide hinein, deren Enden aber nicht bis in die Abteilung *A* hineinreichen, wie die kleinen Pfeile es andeuten, aber die heisse Luft aus *C* kann in diese Röhren hineinströmen. Von der anderen Seite gehen ähnliche Röhren aus der Abteilung *A* in das Getreide bis an die Abteilung *C* heran. Diese beiden Systeme von Röhren, die wir *a*-Röhren

und c -Röhren nennen wollen, laufen miteinander parallel, zwischen ihnen liegen also Kornschichten von gleicher Dicke und die Saugwirkung des Ventilators bei A wird die heisse Luft durch die Kornschichten hindurchsaugen; das Korn wird dabei erwärmt, ihm wird Wasser entzogen und die abgekühlte, feucht gewordene Luft durch den Ventilator ab-



Abbild. 30.

geführt. Die Form und Anordnung dieser Röhren kann eine sehr mannigfache sein, die einfachste Form ist die eines verkehrten Troughs »inverted troughs«, der Querschnitt durch die Abteilung B dieser Darre würde demnach etwa durch Abbild. 30 veranschaulicht werden.

Antwort auf die vorstehenden Bemerkungen.

Von J. F. Hoffmann-Berlin.

Es war mir sehr erfreulich, dass ein erfahrener Praktiker, wie Graf Berg, meine Arbeiten über die Kornhausangelegenheiten und besonders über die Frage der Getreidetrocknung kritisch verfolgt hatte und mir seine zum Teil abweichenden Meinungen mitteilte.

Die Bemerkungen waren mir sehr interessant und zu meiner Genugtuung fand sich Graf Berg bereit, dieselben hier zu veröffentlichen.

Über die Wichtigkeit der Getreidetrocknung und auch über die Schwierigkeiten, welche bei derselben auftreten, habe ich in diesen Blättern schon mehrfach berichtet, daher ist es mir angenehm, dass sich eine andere erfahrene Persönlichkeit über denselben Gegenstand auslässt, weil andere Verhältnisse andere Erfahrungen bedingen.

Für ganz besonders wichtig halte ich die mehrfach wiederkehrende Äusserung, dass in Nordrussland alles Getreide gedarrt wird. Diese

Behauptung erscheint uns in Deutschland geradezu wunderbar, um so wichtiger ist es, auf die Tatsache hinzuweisen und festzustellen, wie weit wir hier in Deutschland noch im Rückstande sind.

Auf einige Punkte der Bemerkungen werde ich etwas näher eingehen.

Zu 4. Es ist zu berücksichtigen, dass die Verhältnisse in Russland anders liegen als bei uns. Dort wird das Getreide bald nach der Ernte, und besonders im Winter getrocknet. Wenn dann die kalte Luft zum Zwecke der Kühlung an das warme Getreide kommt, wird letzteres noch weiter Wasser abgeben, weil die Luft sich an dem Getreide erwärmt und aufnahmefähig für Wasser wird. Bei weiterer Abkühlung wird das Getreide schliesslich wieder Wasser aufnehmen. Bei der Kürze der Zeit, welche für die Kühlung in kalter Luft erforderlich ist, und bei dem geringen Wassergehalt derselben wird die Wasseraufnahme nur sehr gering sein.

Hier in Deutschland wartet man aber mit der Trocknung bis die kalte Jahreszeit vorüber ist. Wenn dann in der warmen Witterung alles Umarbeiten vergeblich ist, dann endlich bequemt man sich zum Trocknungsprozesse.

In dieser heissen Jahreszeit ist die Kühlung viel schwieriger, als im Winter. Der absolute Wassergehalt der Luft ist auch im Sommer viel höher, so dass bei verhältnismässig geringen Temperaturschwankungen der Aussenluft letztere leicht Wasser abzugeben vermag. Je länger der Kühlungsprozess dauert, desto gefährlicher kann die Lüftung werden, und wir haben schon unangenehme Erfahrungen in dieser Angelegenheit gemacht, indem das auf den Boden gebrachte Getreide sich nicht weiter abkühlen wollte und zu schimmeln begann.

I daher halte ich meine Forderung für gerechtfertigt, dass unter den gegenwärtigen Umständen in Deutschland eine gut wirkende Kühlanlage nötig ist, um den Trocknungsbetrieb sparsamer zu machen.

Für den Fall, dass man auch in Deutschland das Getreide durchgängig im Herbst und Winter trocknen wollte, würde die Kühlanlage weniger unbedingt notwendig sein als gegenwärtig. Trotzdem wird aber das Vorhandensein einer solchen Anlage stets vorteilhaft sein, vorausgesetzt, dass sie wirtschaftlich arbeitet.

Zu 6. Die von mir beschriebenen amerikanischen Trockner, auf welche sich Graf Berg bezieht, habe ich nicht gesehen. Es unterliegt

aber keinem Zweifel, dass die in seiner Skizze angegebene Konstruktion richtig ist, da ich dieselbe ebenfalls in amerikanischen Zeitschriften gefunden habe. Der Irrtum von meiner Seite war dadurch entstanden, dass mir die innere Bauart der betreffenden Trockner in einem Schreiben aus Nordamerika durch einen Herrn mitgeteilt wurde, der dieselbe ebenfalls nicht gesehen hatte, sondern in dieser Beziehung nur seinen Vermutungen Ausdruck gab, die ich nicht in der Lage war zu kontrollieren.

Es ist mir sehr lieb, dass hier Gelegenheit gegeben ist, auf diesen Fehler hinweisen zu können.

13. Weitere Versuche an Getreidetrocknern.

I.

Versuche mit dem Getreidetrockner System Gustav Richter.

1. Vorbemerkungen.

Herr Gustav Richter hatte auf seinem Gute Falkenberg bei Grünau zur Trocknung von Kartoffeln, welche als Konserven dienen sollten, nach eigenen Ideen einen kleinen Tüchertrockner bauen lassen, den ich Gelegenheit hatte, in Tätigkeit zu sehen. Die Einrichtung des ganzen Apparates und die Anordnung der Einzelheiten wichen bedeutend von den mir bisher bekannten Konstruktionen ab und schien mir eine besonders rationelle Trocknung zu versprechen.

Ich machte daher Herrn Richter den Vorschlag, den Apparat für die Getreidetrocknung zu verwenden. Daraufhin wurde ein Trockner im grösseren Massstabe gebaut und dem Versuchs-Kornhause zur Prüfung angeboten. Dieses Angebot wurde gern angenommen, und ich beschäftigte mich umso lieber mit dem Trockner, als er vielseitige Beobachtungen zuliess und eine Anzahl von Einzelheiten klarstellte, welche mir für die Behandlung der Trockenfrage neue Gesichtspunkte boten.

Was die technische Ausführung anbelangt, so liess der Trockner vieles zu wünschen übrig. In seiner gegenwärtigen Ausführung sind viel zu häufig Reparaturen notwendig, welche das Trocknen beträchtlich

verteuern und verzögern. Ich glaube aber, dass die technischen Übelstände bei Dauerfabrikation in leistungsfähigen Maschinenwerkstätten sich wesentlich verringern werden.

Selbst wenn der Apparat, wie ich fürchte, im Verhältnis zu seiner Leistungsfähigkeit stets etwas teuer sein sollte, werde ich es nie bereuen, den Anstoss zum Bau desselben gegeben zu haben. Denn ich habe noch keinen Trockner beobachtet, welcher eine derartige qualitative Leistungsfähigkeit entwickelte. Man war imstande, auch das nasseste Getreide (von 50 pCt. etwa) in einem Durchgange innerhalb 3–4 Stunden bis zur Lagerfestigkeit zu trocknen.

Es ist selbstverständlich, dass die quantitative Leistung mit erhöhtem Wassergehalt des Getreides abnimmt. Andere Apparate sind aber überhaupt nicht imstande, sehr feuchtes Getreide so lange bei sich zu behalten, bis es trocken ist. Durch die rotierenden Trockner z. B. geht das Getreide vielleicht in 10–30 Minuten und in dieser Zeit kann von einer vollständigen Trocknung nassen Getreides nicht die Rede sein.

Die anderen Tüchertrockner, welche ich in Arbeit gesehen habe, würden meiner Schätzung nach, wenn alle Tücher belegt sind, für die Trocknung eines Getreides von 50 pCt. Wasser einen vollen Arbeitstag oder noch längere Zeit gebrauchen.

Es darf nicht verschwiegen werden, dass der gegenwärtige Trockner von Richter aber doch unter allen Umständen eine im Verhältnis zur Grösse des Apparates geringe quantitative Leistung besitzt, weil er zu schwach gebaut ist. Dieser Übelstand ist hervorgegangen aus gewissen Voraussetzungen beim Bau dieses Versuchstrockners, welche den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen. Hier liegt eben ein Mangel in der technischen Ausführung vor, dessen Beseitigung die Leistungsfähigkeit beträchtlich erhöhen würde. —

Mit dem Apparat sind nicht nur Getreidetrockenversuche gemacht worden, sondern es ist auch Grünmalz in Darmmalz umgewandelt worden.

Derjenige, welcher die Schwierigkeiten kennt, welche mit der Erzeugung von Darmmalz verbunden sind, wird nicht erwarten, dass bei einem derartigen Versuche auf einem neuen, noch in der Entwicklung begriffenen Apparate ein Malz von besonderer Güte erzielt wird. Auch in diesen Fällen war das Malz nicht erstklassig. Das Ergebnis war

aber doch höchst bemerkenswert. Denn es ergab sich die Möglichkeit, Malz in etwa ein Viertel der bisherigen Zeit herzustellen.

»Zeit ist Geld.« Daher ist der Tüchertrockner vielleicht berufen, eine Umwälzung auf dem Gebiete der Malzfabrikation hervorzubringen.

2. Die Einrichtung des Trockners

kann hier nicht näher beschrieben werden, weil das Patentverfahren schwebt. Es mag nur soviel erwähnt werden, dass durch zweckmäßige Anordnung des Apparates die warme Luft gezwungen wird, einen vorgeschriebenen Weg einzuhalten, der sie über das Getreide führt [2].

Die Heizung ist so reichlich angelegt, dass auch bei starker Lüftung die Temperatur über den unteren Tüchern bis gegen 120°C . gesteigert werden kann

Wir wollen hier noch auf einen Punkt hinweisen, welcher die später zu berechnenden Trocknungskosten unter Umständen nicht unwesentlich beeinflussen kann. Es sind nämlich noch keine Erfahrungen darüber gesammelt, wie lange die Lebenszeit der Tücher, besonders der unteren, sein wird.

Wir sind nicht in der Lage, ein endgültiges Urteil abzugeben; bei den hier durchgeführten Versuchen haben aber die Tücher eine solche Festigkeit bewiesen, dass wir vorläufig keinen Grund haben, eine besonders kurze Lebensdauer anzunehmen.

3. Ein Trocknungsversuch vom 23. Januar 1901.

a) Es wurden 32 Ztr. Gerste in 3 Stunden 40 Minuten getrocknet. In 10 Stunden könnte man also trocknen 4325 *kg*.

b) Der Dampfverbrauch betrug zur Anheizung 45 *kg*. In den nächsten drei Stunden betrug er 12, 12, 11 Eimer zu je 15 Liter pro Stunde.

In 10 Stunden sind demnach zu rechnen $1750 + 45 =$ rund 1800 *kg* Dampf.

c) Der Kraftverbrauch schwankt bei 110 Volt zwischen 19 bis 21 Ampère. Der Trockner für sich braucht 10 Ampère weniger.

Der ganze Kraftverbrauch ist $20 \times 110 = 2200$ Volt Ampère.

d) Der Wassergehalt des Getreides war

vor der Trocknung	18,7 pCt.
nach der Trocknung	<u>10,6 »</u>
	8,1 pCt.

Abnahme daher $\frac{100 \cdot 8,1}{89,4} = 9,1$ pCt. des ursprünglichen Getreidegewichts = 393,6 kg Wasser.

e) Die Feuchtigkeit beim Lufteintritt war $11,5 - 7,3 = 5,10$ mm = 50,5 pCt.

Die Luft war also verhältnismässig recht trocken.

f) Die Temperatur betrug zwischen den untersten Tüchern ungefähr 100° C. Im Getreide fand man etwa $70 - 75^{\circ}$ C.

Die Keimfähigkeit hatte durch die Trocknung nur unbedeutend gelitten.

4. Die Anlagekosten des Trockners.

a) Der Trockner mit Heizvorrichtung und Ventilator . 10 000 Mk.

Der Trockner hat tatsächlich bedeutend mehr gekostet.

Nach den Kalkulationen des Erbauers dürfte der oben angesetzte Preis bei fortlaufender Fabrikation den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen.

b) Doppelevator mit Schieber und Schnalle	392 »
Transmission	283 »
Riemen.	195 »

c) 1 qm Heizfläche eines Dampfkessels erzeugt 17 kg Dampf pro Stunde. Es sollen aber nach 3 b 180 kg erzeugt werden. Daher muss der nötige Kessel $\frac{180}{17} = 10,6$ oder rund 11 qm Heizfläche haben. Bei kleineren Kesseln hat man pro 1 qm Heizfläche 120 Mk. zu rechnen.

Ein Kessel mit 11 qm kostet demnach	1 320 »
Die Einmauerung	150 »

d) Die Dampfmaschine muss nach $3c \frac{2200}{736} = 3,0$ PS

liefern.

Zu übertragen . . 12 340 Mk.

	Übertrag	12 340 Mk.
Zur Sicherheit 25 pCt. mehr	= 0,8 PS	
Wegen 20 pCt. Arbeitsverlust wiederum mehr	<u>= 0,8 »</u>	
Sie muss leisten	4,6	
	oder rund 5,0 PS	
Man kann die Kosten für eine kleinere Dampfmaschine pro Pferd mit 275 Mk. ansetzen. 5 PS also	<u>1 350 »</u>	
Die Anlagekosten betragen daher		13 690 Mk.

5. Die Betriebskosten.

a) Verzinsung 4 pCt., Abschreibung 10 pCt., Reparaturen 1 pCt., insgesamt 15 pCt.

Bei 100 Arbeitstagen im Jahre erhält man so $\frac{13\ 690 \cdot 15}{100 \cdot 100} = 20,54$ Mk.

b) 1 kg Kohlen erzeugt durchschnittlich 7,5 kg Dampf.

Nach 3 b sind demnach pro Tag erforderlich $\frac{1800}{7,5} = 240$ kg

à 2 Pfg. = 4,80 »

c) 3 Arbeiter und 1 Heizer $3 \times 3 + 4$ = 13,00 »

d) Schmieröl, Putzwolle, Beleuchtung usw. pro Stunde

und Pferdekraft 0,5 Pfg., daher $5 \times 10 \times 0,005$ = 0,25 »

Die Trocknung kostet pro Tag = 38,56 Mk.

Es wurden fortgeschafft 393,6 kg Wasser. Die Entfernung von 1 kg

Wasser kostet demnach $\frac{38,59}{393,6} = 9,8$ Pfg.

Nehmen wir aber jährlich 300 Arbeitstage an, dann ist die Zahl unter 5 a durch 3 zu teilen.

Die täglichen Betriebskosten sind dann:

$$6,85 + 4,80 + 13,00 + 0,25 = 24,90.$$

Die Verdampfung von 1 kg Wasser würde dann 6,3 Pfg. kosten.

6. Vergleich mit dem Trockner auf Kloostergut Hadmersleben.

Dieser Trockner hatte von allen von mir geprüften Apparaten das beste Resultat ergeben.

Stellen wir die für ihn und für den Richter gefundenen Zahlen zusammen, so ergeben sich die Kosten der Fortschaffung von 1 kg Wasser, wie folgt:

Arbeitstage	Hadmersleben ¹⁾	Richter
100	8,3 Pfg.	9,8 Pfg.
300	6,0 «	6,3 «

Unten werde ich auseinandersetzen, dass die Annahme von 300 Arbeitstagen richtiger ist. Da aber in diesem Falle die Betriebskosten bei beiden Trocknern nicht sehr verschieden sind, so ist das Resultat für den Richterschen Trockner ohne weiteres als günstig zu betrachten.

Es gewinnt aber noch mehr an Wert, wenn man beachtet, dass der Richtersche Trockner sich noch in der Entwicklung befindet. Ferner ist er dem Trockner in Hadmersleben bezüglich der qualitativen Leistungsfähigkeit weit überlegen, denn Getreide mit hohem Wassergehalt lässt sich mit letzterem mit einem Durchgange nicht trocknen. Schliesslich ist noch folgendes zu beachten:

Anfang- und Endwassergehalt waren:

Hadmersleben	Richter
19,9 pCt. Wasser	18,7 pCt. Wasser
15,4 « «	10,6 « »

Der Arbeitsaufwand, um Getreide von 20 pCt. auf 15 pCt. zu bringen, ist weit geringer, als wenn dieselbe Menge Getreide von 15 pCt. auf 10 pCt. Wasser gebracht werden soll.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, würden die Zahlen des Richter sich gegenüber jenen von Hadmersleben nicht unbeträchtlich zugunsten des ersten Apparates verschieben.

7. Weitere Versuche.

a) Als Windmessungen angestellt wurden, machten wir die Bemerkung, dass der geheizte Trockner einen viel grösseren Luftzug hatte, als ohne Heizung. In einem Falle betrug die Windmenge $\frac{1}{2}$ pro Minute $203 m^3$ ohne Heizung, mit Heizung dagegen $287 m^3$, also $84 m^3$ mehr. Trotz der Schlangenwindungen, zu welchen die Luft gezwungen wurde, verursachte die Heizung einen derartigen Auftrieb, dass die geförderte Luftmenge um 40 pCt. zunahm. Allerdings ist die Anordnung des Heizkörpers bezüglich einer solchen Einwirkung sehr

1) Man vergleiche: Der gegenwärtige Stand der Getreidetrocknung. Stück 9 der Sammlung.

günstig getroffen, weil der Trockner direkt auf den Heizkörper montiert ist.

In einem anderen Falle waren zum Studium der Luftbewegung zwei Drittel der Tücher entfernt, so dass der Ventilator mehr Luft hindurchschaffen konnte.

Ohne Heizung gingen 410 m^3 pro Minute hindurch, mit Heizung dagegen 550 m^3 . Die Erwärmung verursachte also eine Luftvermehrung um 140 m^3 , also um mehr als 30 pCt. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass eine recht hohe Anordnung des Trockners, wo die Tücher auch möglichst weit voneinander stehen, den Kraftbedarf für die Luftbewegung sehr günstig beeinflussen würde. Dieses wäre sehr wichtig, weil doch gerade die Lüftung am meisten Kraft verbraucht.

b) Ein Hafer von 15,23 pCt. wurde getrocknet. Das Getreide ging in etwa 2 Stunden 40 Minuten in einer Schüttungshöhe von vielleicht 2 cm, also in verhältnismässig geringer Menge (weil die normale Schüttungshöhe für diesen Apparat etwa 5—6 cm ist) durch den Trockner und hatte dann einen Wassergehalt von 6,25 pCt. Dieses Resultat zeigt sehr deutlich die grosse qualitative Leistung des Trockners, denn soweit wird man in der angegebenen Zeit wohl kaum mit einem anderen der vorhandenen Trockner den Wassergehalt des Getreides herunterbringen können, es müsste denn tatsächlich geröstet werden.

Gemäss einer bereits oben gemachten Bemerkung müssen wir auch hier beachten, dass es viel schwieriger ist, Getreide von 10 pCt. Wasser auf 5 pCt. herabzusetzen als etwa von 15 pCt. auf 10 pCt.

c) Ein Posten von 1000 Ztr. havariertem Roggen wurde getrocknet, der einen Wassergehalt von etwa 50 pCt. aufwies. Liess man den Roggen in $3\frac{1}{2}$ Stunden durch den Trockner gehen, dann war er bis zur Lagerfähigkeit getrocknet.

Leider zeigte der Apparat gerade bei dieser Gelegenheit, dass ihm bei seiner leichten Bauart eine grosse quantitative Leistung nicht zugemutet werden durfte. Diese wurde bei schnellerem Gange natürlich grösser, man erzielte dann aber keine gute Trocknung.

d) Sehr interessant waren die Versuche, welche die Darstellung von Darmmalz aus Grünmalz bezweckten.

Zunächst wurden etwa 10 Ztr. Grünmalz, welche von der hiesigen Versuchs- und Lehrbrauerei geliefert wurden, zweimal durch den

Trockner gesendet, wobei jedes Korn bei jedem Durchgange $2\frac{1}{2}$ Stunden, insgesamt also 5 Stunden, im Trockner verblieb.

Das fertige Malz wurde nach einiger Zeit im analytischen Laboratorium des Instituts für Gärungsgewerbe untersucht.

Das Ergebnis war wie folgt:

Äussere Form und Farbe des Kornes: Hellgelb, meist voll.

Geschmack und Geruch: aromatisch.

Mehlkörper bei 100 Körnern:

glasig	2	braun	0
halbglasig	9	gelb	3
mehlig	89	weiss	97

Hektolitergewicht: 57,8 (54,5).

100 Gewichtsteile des eingesandten Malzes gaben:

Wasser 5,2 pCt. (4,49)

Trockensubstanz 94,48 »

Extrakt im feinsten Mehl des Malzes: 74,98 pCt.

Extrakt im feinsten Mehl der Trockensubstanz: 79,36 pCt. (78,7 pCt.).

Maltose im Extrakt: 65,18 pCt. (70,13 pCt.).

Endvergärung, scheinbar: 76,5 pCt.

Endvergärung, wirklich: 62,1 pCt.

Verhalten beim Maischen:

Verzuckerungszeit in 10 Minuten.

Eine 8,5 prozentige Würze lief blank.

In 7 cm tiefer Schicht: hellgoldgelb.

Farbentypus: 30 (27,9).

Tennenbehandlung: gut.

Darrbehandlung: befriedigend.

Auflösung: befriedigend.

Qualität: befriedigend für gelbe Biere.

Dieses Resultat muss für einen ersten Versuch als ausgezeichnet gelten. Die eingeklammerten Zahlen sind Werte, welche für dasselbe Grünmalz, aber für die Darrbehandlung auf den Horden der Versuchs- und Lehrbrauerei gilt.

Zunächst sehen wir, dass das Hektolitergewicht für den »Richter« grösser ist, was als ein ungünstiges Kennzeichen gilt.

Dagegen findet man weiter, dass der »Richter« sogar extraktreicheres Malz geliefert hat als die hiesige Darre.

Viel wichtiger ist aber ausserdem noch das Ergebnis, dass 5 pCt. weniger Maltose im Extrakt vorhanden ist als bei der bisherigen Darrbehandlung. Man würde also sehr vollmundige Biere von geringer Vergärung erhalten.

Ein zweiter Versuch gab ein weniger gutes Darrmalz, als versucht wurde in $3\frac{1}{2}$ Stunden abzudarren.

Ich habe den Eindruck empfangen, als ob hier die Vorwärmung nicht richtig geführt wurde und dass sich selbst in $3\frac{1}{2}$ Stunden ein brauchbares Malz herstellen lassen könnte. Das zum zweiten Versuch verwendete Grünmalz war übrigens nicht erstklassig.

Folgendes Ergebnis wurde erhalten:

Äussere Form und Farbe des Kornes: hellgelb, oft kleines Korn.

Mehlkörper bei 100 Körnern:

glasig	o	braun	o
halbglasig	17	gelb	10
mehlig	83	weiss	90

100 Gewichtsteile des eingesandten Malzes gaben:

Wasser 6,22 pCt.

Trockensubstanz 93,78 «

Extrakt im groben Schrot des Malzes: 66,12 pCt.

Extrakt im groben Schrot der Trockensubstanz: 70,51 pCt.

Maltose im Extrakt: 63,46 pCt.

Endvergärung, scheinbar: 77,6 pCt.

Endvergärung, wirklich: 63,0 pCt.

Verhalten beim Maischen: Verzuckerungszeit in 15 Minuten.

Die Würze lief zart schleiernd und gab den Farbentypus 44.

Die Temperatur zwischen den untersten Tüchern betrug wie beim ersten Versuche etwas über 100° C.

Nach diesen Resultaten ist es sehr berechtigt, an eine Zukunft des Tüchertrockners auf dem Gebiete der Malzbereitung zu glauben.

Selbstverständlich werden noch viele Versuche gemacht werden müssen, bis der Apparat ein fehlerfreies Malz liefert, das allen Anforderungen genügt.

Wenn dann aber die Zeit des Darrens auch nur auf die Hälfte derjenigen herabgesetzt wird, die gegenwärtig erforderlich ist, dann hat die Malzfabrikation schon viel gewonnen.

II.

Neue Berechnung der Trocknungskosten.

1. Zweck derselben.

In den bisher von mir angestellten Berechnungen der Kosten für die Trocknung einer Tonne Getreide oder für die Verdampfung von 1 kg Wasser aus Getreide wurden für die laufenden Betriebskosten bestimmte Sätze angenommen, welche sich besonders bezüglich der Kohlen verändert haben. Da auch die Kostenberechnungen selbst nach einem gebräuchlichen Schema aufgestellt wurden, welches in einzelnen Teilen nicht einwandfrei war, wie Verfasser später bemerkte, so schien es wünschenswert, die ganze Angelegenheit einer gründlichen Revision zu unterziehen.

Als Ausgangspunkt für die vergleichende Beurteilung verschiedener Trockner wurde bisher derjenige auf Klostersgut Hadmersleben betrachtet, weil er am billigsten arbeitete.

Jedoch ist der vor einiger Zeit im Versuchs-Kornhause geprüfte Trockner von Gustav Richter jenem in vieler Beziehung überlegen, und da auch das Zahlenmaterial bezüglich des Richterschen Trockners viel zuverlässiger ist, weil mit ihm eine ganze Reihe von Versuchen angestellt wurde, so soll letzterer fernerhin als Vergleichsapparat dienen.

2. Fabrikant und Käufer.

Vom Standpunkt des Ersteren kommt es wesentlich darauf an, festzustellen, ob sein Trockner wettbewerbsfähig ist. Für vergleichende Versuche wäre daher zur Beurteilung nötig, dass nur der Trockner selbst und ausserdem soviel Zubehör in Rechnung gestellt wird, als notwendig, aber auch ausreichend ist.

Alles Beiwerk dagegen, das mit der Örtlichkeit wechselt, also Transmissionen, Becherwerke usw., müsste für solche Zwecke, wenn zugänglich ausgeschaltet werden.

Der Vergleich der Trocknungskosten wird ferner dadurch bedeutend erschwert, dass die Versuche bald mit kleinen, bald mit grossen Apparaten angestellt werden. Auch bei kleinen Trocknern ist es meist nicht möglich, weniger als drei Arbeiter und einen Maschinisten anzunehmen, während dasselbe Personal selbst für eine dreifache oder noch grössere Anlage ausreichen würde.

Es soll in vorkommenden Fällen an der Hand von Zahlen aus der Praxis versucht werden, die gefundenen Werte auf Trockner von einer bestimmten normalen Leistung umzurechnen.

Für den Käufer kommt es darauf an, zu wissen, welchen Nutzen er vom Trockner zu erwarten hat.

Hier muss ein vollständiger Kostenanschlag auch für sämtliches Beiwerk vorliegen, welcher dann die Unterlage für die Berechnung der Trocknungskosten bildet.

3. Zahl der Arbeitstage im Jahre.

In den früheren Berechnungen wurde angenommen, dass der Trockner in 10 Jahren unbrauchbar ist.

Es wurde aber dabei die stille Voraussetzung gemacht, dass er 300 Tage im Jahre arbeitet.

Wird der Trockner aber nur 100 Arbeitstage im Jahre gebraucht, dann müsste er erst in 30 Jahren unbrauchbar sein, er würde also in einem Jahre nur ein Drittel soviel abgenutzt werden.

Die Abschreibungen wurden aber auch für den letzten Fall, wie häufig geschieht, so berechnet, als ob der Trockner in 10 Jahren unbrauchbar wird; daraus folgt, dass die Trocknungskosten höher berechnet wurden, als den Tatsachen entspricht.

Man rechnet bei unterbrochenem Betriebe mit Vorliebe ungünstig, weil durch Rostwirkung, Übungsmangel der Arbeiter usw. tatsächlich verhältnismässig teurer gearbeitet wird, als bei Dauerbetrieb.

Um diesen Schwierigkeiten zu entgehen, und um die Kalkulationen zu vereinfachen, sollen 300 Arbeitstage im Jahre angenommen werden [3].

4. Verzinsung, Abschreibung, Reparaturen, laufende Betriebskosten.

Die Verzinsung des Anlagekapitals mit 4 pCt. bleibt bestehen. — Die Abschreibung gibt an, wieviel der Apparat pro Jahr abgenutzt wird. Wenn er in einer Anzahl von Jahren unbrauchbar ist, so hat er einen bestimmten Altmaterialwert, der in jedem Falle wechselt.

Der Altmaterialwert und sämtliche jährlichen Abschreibungen und deren Zinsen zusammengenommen geben die Gesamtsumme, für welche der nun unbrauchbare Apparat neu angeschafft werden kann.

Es ist zu beachten, dass der Altmaterialwert in der Regel sehr klein ist gegenüber den Anschaffungskosten.

Er kann um so eher vernachlässigt werden, als diejenigen Fehler weit grösser sind, welche man durch unsichere Schätzung der Zeitdauer erhält, während welcher der Trockner als gebrauchsfähig angenommen wird.

Bisher wurde immer eine Durchschnittsdauer der gesamten maschinellen Anlage von 10 Jahren angenommen, was aber nicht zutrifft.

Die Gebrauchsdauer muss von Fall zu Fall berücksichtigt werden, und wo es zweckmässig ist, wollen wir auch den Wert des Altmaterials in Rechnung stellen.

Für die Antriebsmaschinen lässt sich ein- für allemal festsetzen, dass Dampfkessel und Dampfmaschinen gegen 20 Jahre vorhalten werden, Vorgelege noch länger. Dagegen werden Riemen und Elevatoren vielleicht nur 10 Jahre ausreichen. Wenn wir ohne Berücksichtigung des Altmaterialwertes 15 Jahre ansetzen, dann haben wir mit grosser Sicherheit für den Käufer gerechnet.

Die Reparaturkosten sind für jeden Apparat ausserordentlich verschieden und sie müssen ganz besonders von Fall zu Fall berücksichtigt werden.

Bezüglich der direkten Betriebskosten haben sich die Kohlenpreise geändert. Während sie früher mit 2 Pfg. pro Kilogramm in Rechnung gestellt wurden, müssen wir jetzt $2\frac{1}{2}$ Pfg. für je 1 kg annehmen.

Gemäss den oben erörterten Gesichtspunkten wollen wir jetzt die Trocknungsanlagen für den Richterschen Trockner berechnen.

5. Neue Kostenberechnung für den Richterschen Trockner.

Nach I.4 betragen die Anlagekosten 13 690 Mk., wovon 10 000 Mk. auf den Trockner mit Heizvorrichtung und Ventilator kommen.

Es muss aber noch einiges berücksichtigt werden, was zu einem vollständigen Kostenanschlag gehört. Aus vielen Rechnungsaufstellungen der Praxis hat sich ergeben, dass die Montage durchschnittlich mit 6 pCt. des übrigen Betrages in Rechnung gestellt wurde. Ferner betragen Fracht, Verpackung, Fundamente für die Maschinen und Unvorhergesehenes ungefähr 5 pCt.

Wenn nun auch von Fall zu Fall diese Zahlen im einzelnen beträchtlich schwanken werden, so dürfte doch ein Zuschlag von 11 pCt. für die Gesamtheit dieser Posten nicht gar zu weit von der Wahrheit abweichen.

Die Gesamtkosten würden demnach $13690 + 1506 =$ rund 15200 Mk. betragen, wovon $10000 + 1100 = 11100$ Mk. auf den eigentlichen Trockner und 4100 Mk. auf die übrigen Bestandteile kommen.

a) Die Verzinsung beträgt pro Jahr $15200 \times 0,04 = 608$ Mk.,
 pro Tag demnach $\frac{608}{300} \dots \dots \dots = 2,03$ Mk.

b₁) Der Trockner wird nach seiner jetzigen Einrichtung gewiss nicht länger als 10 Jahre vorhalten. Von seinen Bestandteilen wird die Heizanlage nach dieser Zeit fast vollständig erhalten sein und für den Besitzer also nahezu den ursprünglichen Wert haben. Sie kostet etwa 600 Mk. und kann mit 500 Mk. in Rechnung gestellt werden. Für die übrigen Bestandteile mögen 200 Mk., als gesamter Altmaterialwert also 700 Mk., angenommen werden.

Nach 10 Jahren müssten demnach 10400 Mk. beisammen sein, welche mit den 700 Mk. zusammen zum Bau eines neuen Trockners dienen könnten.

Die Abschreibung geschieht nach folgender Rentenformel

$$10400 = \frac{1,04^{10} - 1}{0,04} \cdot x.$$

$$x = 866\frac{2}{3} \text{ Mk. pro Jahr, pro Tag also } \frac{866,66}{300} \dots = 2,88 \text{ »}$$

b₂) Die Abschreibung der übrigen Bestandteile, deren Wert 4100 Mk. ist, hat in 15 Jahren zu erfolgen

$$4100 = \frac{1,04^{15} - 1}{0,04} \cdot y.$$

$$y = 205 \text{ Mk. jährlich; täglich also } \dots \dots \dots = 0,68 \text{ »}$$

c) Die Reparaturen wurden in der alten Kostenberechnung mit 1 pCt. angenommen. Der gegenwärtige Apparat braucht aber weit mehr. Es ist wahrscheinlich, dass auch bei besserer Ausführung stets etwa 2 pCt der gesamten Anlagekosten als Reparaturen zu rechnen sein werden.¹⁾

Zu übertragen 5,59 Mk.

1) Ob die Reparaturkosten der Tücher dieses Konto erheblich vergrößern werden, kann erst die Erfahrung lehren.

	Übertrag	5,59 Mk
$15200 \cdot \frac{2}{100} = 304$ Mk. pro Jahr oder pro Tag . . .		= 1,01 >
d) An Steinkohlen verbrauchte der Trockner 240 kg à 2½ Pf.		= 6,00 >
e) Die Kosten für die 3 Arbeiter und 1 Heizer sind im wesentlichen dieselben geblieben. $3 \times 3 + 4$ Mk. . .		= 13,00 >
f) Auch die Kosten für die Schmier- und Putzmittel, sowie für die Beleuchtung sind nicht sonderlich verändert. Wir rechnen wie bisher pro 1 Pferd und Stunde 0,5 Pfg. oder 0,005 Mk.		= 0,25 *
Insgesamt		= 25,85 Mk.

Die täglichen Betriebskosten sind also etwas grösser als in der bisherigen Berechnung bei 300 Tagen Arbeitszeit, wo sie nach I.5 am Ende mit 24,90 Mk. berechnet wurden.

Der Grund liegt in den erhöhten Kohlenpreisen, dem erhöhten Reparaturansatz und der durch Montage usw. vergrößerten Anlage-summe. Die geringeren Abschreibungsquoten sind daher weniger zur Geltung gekommen.

Da nach I.2.d. 393,6 kg Wasser fortgeschafft wurden, so kostet die Entfernung von 1 kg Wasser $\frac{2585}{393,6} = 6,6$ Pfg.

Im vorliegenden Falle wurden nach I.3.a 4325 kg Getreide getrocknet, so dass die Trocknung von 1000 kg oder einer Tonne $\frac{25,85}{4,325} = 5,98$ Mk. kostet. Man kann aber annehmen, dass unter normalen Bedingungen 5 pCt. oder 50 kg Wasser aus einer Tonne fortzuschaffen sind, während hier 9,1 pCt. entfernt wurden.

Die Trocknung einer Tonne Getreide würde also bei 5 pCt. Wasserentziehung $50 \times 6,6$ Pfg. = 3,30 Mk. kosten.

Berücksichtigen wir aber noch, dass die Trocknung bis auf 10,6 pCt. durchgeführt wurde, während ein Getreide von 12—13 pCt. Wassergehalt als durchaus trocken bezeichnet werden muss, ferner, dass die Trocknung um so kostspieliger wird, je tiefer der Wassergehalt, so können wir sagen, dass der **Richtersche Trockner** uns schon jetzt 1 Tonne durchschnittsfeuchtes Getreide für 3 Mk. trocknet.

Nachträge.

1. Was die Verwendung des Richterschen Trockners für Malzbereitung anbetrifft, so ist zu bemerken, dass in diesem Falle die Geschwindigkeit der Wasserverdampfung nicht die erste Rolle spielt, sondern dass die Darrführung nach gewissen, die schnelle Verdunstung mitunter hindernden Massregeln vorzunehmen ist, um ein Malz von bestimmter Stoffzusammensetzung und dadurch ein Bier mit gewissen wünschenswerten Eigenschaften zu erzielen. Jedenfalls wird die Leistung des Richterschen Trockners unter diesen Gesichtspunkten niedriger ausfallen, als sie bei unseren Versuchen gefunden wurde. Es steht aber zu erwarten, dass er trotzdem die Leistung der Hordendarre wesentlich übertreffen wird.

Weitere Bemerkungen über diesen Trockner finden sich in Nr. 15 dieser Sammlung (Leistungsfähige Gerstentrockner in der Praxis).

2. Über das Prinzip der Tüchertrockner vergl. man Abhandlung 9 und Abbild. 15.

3. Pro Tag wurden 10 Arbeitsstunden gerechnet.

Die Verhältnisse in der Praxis veranlassten eine nochmalige Abänderung der Einheiten, indem jetzt nicht mehr 300 Tage zu je zehn Stunden, sondern 100 Tage zu je 24 Stunden zugrunde gelegt werden.

Die Rechnungsergebnisse des Textes werden durch diese Abänderung nicht wesentlich beeinflusst.

14. Der Trockner des Versuchs-Kornhauses.

Die letzte Ernte (1902) ist in vielen Gegenden des Deutschen Reiches recht feucht ausgefallen. Wenn auch die der Erntezeit folgende trockene Kälteperiode bei einem grossen Teile des Getreides eine gute Nachdarrung verursachte, so scheint doch die Hauptmenge eine erhebliche Einbusse an Keimfähigkeit erlitten zu haben. Aus zahlreichen Gegenden hört man Klagen über das mangelhafte Wachstum der Gerste auf der Tenne.

Verfasser hat in vielen Veröffentlichungen darauf hingewiesen, dass die Trocknung des Getreides ein sicheres Mittel ist, nicht nur das Gewicht an Trockensubstanz durch Herabminderung der Atmung, sondern auch seine wertvollen Eigenschaften zu erhalten. Daher muss

jedermann, der mit Getreide zu tun hat, alle Fortschritte auf dem Gebiete der Getreidetrocknung mit Eifer verfolgen.

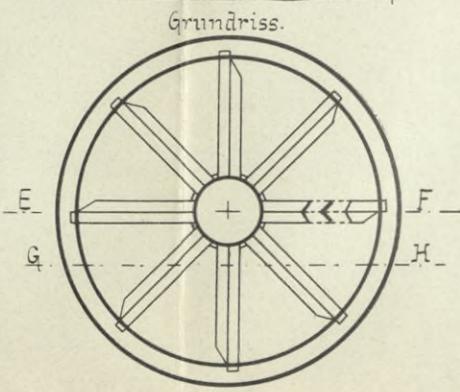
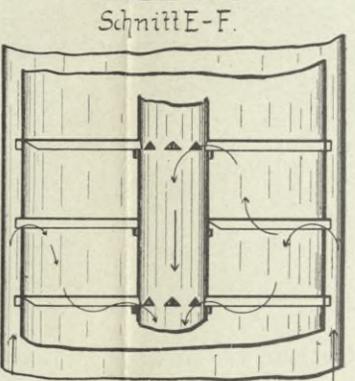
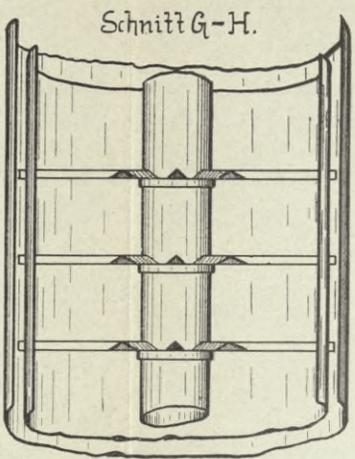
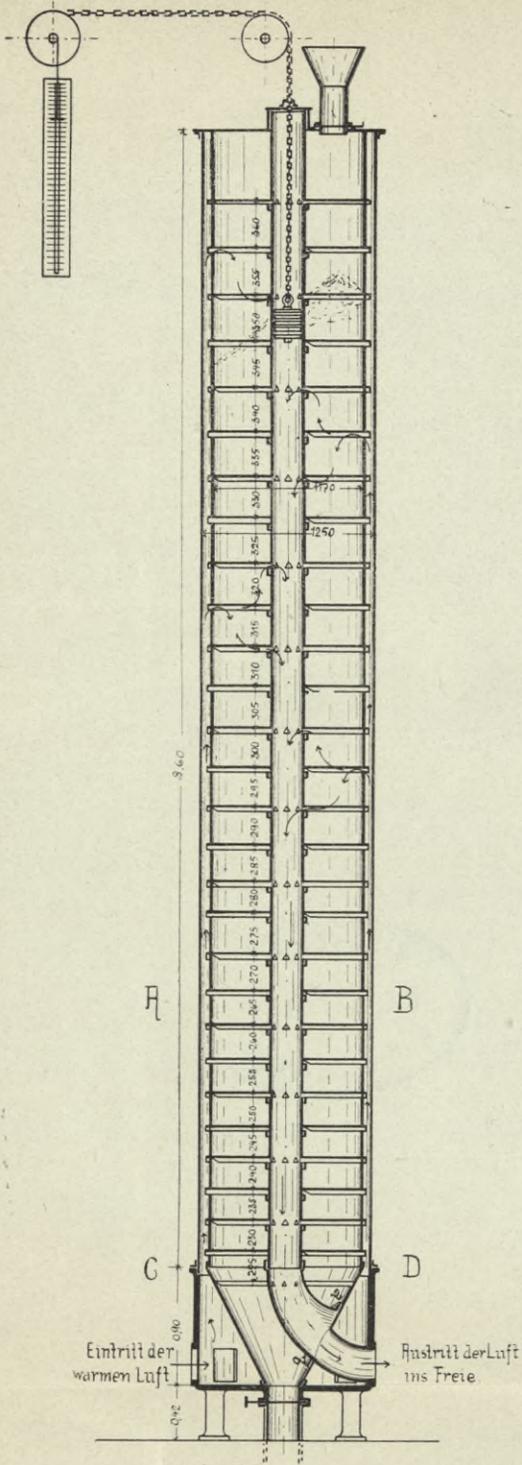
Nachstehend bringen wir die Beschreibung des Trockners im Versuchs-Kornhause, welcher nach Angaben des Verfassers umgebaut worden ist und wesentlich besser arbeitet als vorher. Seine Einrichtung und seine bisherige Wirkungsweise ist aus den Abbildungen 13 und 14 zu ersehen [1].

Drei gleichachsige Rohre bezw. Mäntel stehen ineinander. Die beiden inneren, welche das Getreide umfassen, sind mit Schlitzen versehen. Die erwärmte Luft wurde bisher durch einen Hochdruckventilator in das mittlere Rohr getrieben, trat aus diesem durch das Getreide, dann durch den äusseren Mantel in den äussersten ringförmigen Zwischenraum ging nach dem Röhrenkranz (Abbild. 14) und gelangte von hier aus ins Freie. Damit die Luft nicht entweichen konnte, ohne durch das Getreide gegangen zu sein, wurde im innersten Rohr ein kleiner eiserner Zylinder so eingestellt, dass seine untere Fläche sich etwas unter der Oberfläche des Getreides befand.

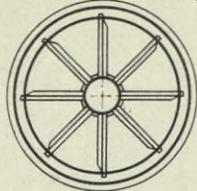
Der Hauptfehler dieses Verfahrens bestand darin, dass die Schlitze allmählich verstopften, so dass die Luft nur ungenügend und dann noch meist sehr ungleichmässig verteilt hindurchging. Diesem Übelstande sollte abgeholfen werden.

Die Grundlage für den Umbau bildete ein Prinzip, welches vermutlich zuerst in Nordamerika für die Getreidetrocknung angewendet worden ist, aber in Deutschland, wie Verfasser kürzlich erfahren hat, schon seit vielen Jahren zur Lüftung des Getreides gedient hat. (Im Original folgt nun die Beschreibung des Prinzips, die hier fortbleibt, weil sie dem Stück 12, Abbild. 29 und 30, zu entnehmen ist.)

Dieses Prinzip sollte also verwendet werden, um die Luftbewegung durch den Trockner des Versuchs-Kornhauses zu verbessern. Die wesentlichen Teile der Neueinrichtung ersieht man aus Plan III. Die Zeichnung stimmt in manchen Beziehungen nicht mit der gegenwärtigen Einrichtung überein, worauf wir noch zu sprechen kommen. Wegen der runden Anordnung des Trockners können die Winkeleisen nicht parallel liegen, sondern müssen sich strahlenförmig der Achse nähern. Es sind 180 Winkeleisen eingesetzt worden, von welchen 90 nach dem geschlitzten Innenrohr und 90 nach der entgegengesetzten Richtung, also nach der geschlitzten Wandung führen. Unterhalb der



Grundriss in Höhe A-B.



Grundriss in Höhe C-D.

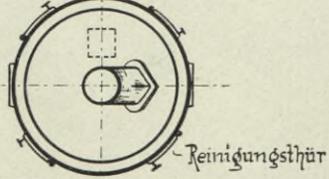


Fig. Thoms 1902.

Zu Seite 170.



Winkelleisen befinden sich die Öffnungen, durch welche die Luft hindurchtreten soll. Diese Öffnungen sind übrigens in überflüssiger Besorgnis von der ausführenden Firma zu klein gemacht worden. Es ist durchaus nicht zu befürchten, dass Getreide unter die Winkelleisen gelangt und durch die Löcher fällt. Ich habe durch Versuche festgestellt, dass unter den Winkelleisen ein ganz bedeutender, im Querschnitt gewöhnlich viereckiger Raum freibleibt. Die Öffnungen hätten weit grösser angelegt werden können, was für Luftzirkulation sehr vorteilhaft gewesen wäre [2].

Ferner wurde beim Umbau noch eine andere wesentliche Änderung getroffen, indem die Luft nicht von dem Innenrohr nach aussen, sondern den umgekehrten Weg machen sollte.

Wenn man nämlich den Querschnitt des Trockners und seine bisherige Wirkungsweise betrachtet, so findet man, dass die heisse Luft nach ihrem Durchtritt durch das Innenrohr mit der kleinsten Menge Getreide zusammenkommt. Bei ihrem Weiterschreiten durch das Getreide kommt sie aber mit immer grösseren Getreidemengen in Berührung, und da sie einerseits mit Feuchtigkeit angereichert wird, andererseits sich abkühlt, so wird sie diesen grossen Getreidemassen, die näher an der Aussenwand liegen, nur wenig Feuchtigkeit entziehen können. Ja, wir haben sogar gefunden, dass dieses Getreide nicht trockener sondern feuchter geworden war, während das dem Innenrohr anliegende sehr gut getrocknet wurde. Aus diesem Grunde sollte die Luft den umgekehrten Weg machen, d. h. sie sollte zuerst mit der grossen, der Aussenwand anliegenden Getreidemenge und auf ihrem weiteren Wege, wenn sie sich abgekühlt und mit Feuchtigkeit angereichert hatte, mit geringeren Getreidemengen in Berührung kommen.

Hierbei tritt aber ein anderer Übelstand auf: Die heisse Luft geht in den äusseren Mantel, erwärmt die Aussenwand und veranlasst dadurch eine bedeutende Wärmeabgabe nach aussen. Der Mantel muss also isoliert werden. Eine derartige Einrichtung verursacht natürlich Kosten, ohne dass dadurch der Trockner vor Wärmeabgabe gänzlich geschützt ist.

Die Befürchtung, dass die hierdurch entstehenden Wärmeverluste die Leistungsfähigkeit des Trockners sehr herabsetzen könnten, ist glücklicherweise nicht eingetroffen.

Der Trockner wirkt nun in der folgenden Weise: Die Luft wird

durch den Ventilator in den Rohrkranz getrieben, geht in den äussersten engen Mantel, dringt der Hauptsache nach durch die Öffnungen unter den 90 Winkeleisen, zum Teil auch durch die Schlitzte in das Getreide, tritt unter die gegenüberliegenden 90 Winkeleisen, geht in das Mittelrohr und von hier aus ins Freie.

Der Fassungsraum des Trockners ist durch die Einführung der Winkeleisen nur wenig verringert worden. Er nimmt auch jetzt noch etwa 130 Ztr. Roggen auf.

Die mit dem umgebauten Apparat angestellten Versuche zeigten sofort, dass die ganze Anordnung richtig war. Das Getreide trocknet vollkommen gleichmässig.

Dieser Vorzug der runden Anordnung macht sich auch geltend gegenüber dem amerikanischen Kastensystem, wo die an der Eintrittsseite der Luft liegenden Teile des Getreides stets weit mehr getrocknet werden, als an der Austrittsseite.

Die Leistung des Trockners und seine Wirtschaftlichkeit lässt gegenwärtig noch zu wünschen übrig; dieses liegt aber an Fehlern, die leicht abzustellen sind und die mit dem Prinzip nichts zu tun haben. Weil aber diese Fehler, insbesondere eine ungenügende Zuführung von heisser Luft, das Ergebnis der Trocknung wesentlich beeinflussen, so geben wir vorläufig keine Kostenberechnung. Wir werden diese nachholen, wenn der Trockner von seinen Mängeln befreit ist. Die Luftzufuhr ist bisher mit Absicht nicht geändert, weil zunächst festgestellt werden sollte, ob das neue System auch zweckmässig ist. Wäre die Luftzufuhr ebenfalls verbessert worden, dann hätte man kein Urteil darüber gewinnen können, inwieweit die Trocknung durch die neue Anordnung günstiger gestaltet wird. Andererseits hielten wir es nicht für zweckmässig, mit der Veröffentlichung bis zur Abstellung der Fehler zu warten, weil die Vorzüge des Verfahrens gegenüber vielen anderen so offener Natur sind, dass es nicht tunlich schien, denjenigen Kreisen, die sich für die Getreidetrocknung interessieren, seine Wirkungsweise bis auf unbestimmte Zeit vorzuenthalten [3].

Auf alle Fälle ist der Versuch, den bisher unbrauchbaren Trockner lebensfähig zu machen, als durchaus geglückt anzusehen. Die Erfahrungen, welche wir mit ihm gemacht haben, führen zu der Überzeugung, dass hier ein ausgezeichnetes System vorliegt. Eine besondere Annehmlichkeit bei diesem Trockner ist, dass er keine

beweglichen Teile besitzt, dass er keine Wartung nötig hat und dass keine Betriebsstörungen auftreten können.

Der Trockner wird vollgeschüttet und das Getreide bleibt solange unberührt und unbewegt im Apparate, bis man sich von seiner Trockenheit überzeugt hat. Sehr nasses Getreide muss unter den gegenwärtigen Verhältnissen mehrere Tage im Apparat liegen bleiben. Nach Abstellung der oben erwähnten Mängel wird ein Tag in den ungünstigsten Fällen ausreichen. Die zweckmässige Lüftungsanordnung veranlasst, dass das Getreide auch bei längerem Liegen im Trockner an keiner Stelle Schimmel bildet, was bei der alten Einrichtung oft genug eintrat.

Die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der abziehenden Luft ist häufig gemessen worden und man hat zu jeder Tageszeit einen sehr regelmässigen Verlauf der ganzen Trocknung feststellen können.

Das Versuchs-Kornhaus ist also in der angenehmen Lage, einen zwar nicht besonders leistungsfähigen aber sehr zuverlässig arbeitenden Trockner zu besitzen.

Da der Apparat von einer einfachen Bauart ist, so sind seine Anlagekosten verhältnismässig gering. Wenn es auch nie gelingen wird, mit diesem System das Wasser aus dem Getreide so energisch und mit solcher Schnelligkeit zu entfernen, wie mit dem Trockner von Richter, so machen ihn seine andern guten Eigenschaften doch ebenso empfehlenswert.

Als für die vorliegende Veröffentlichung eine exakte Zeichnung des Trockners angefertigt werden sollte, stellte sich heraus, dass einzelne Teile zweckmässiger angeordnet werden konnten. Insbesondere machte der zeichnende Ingenieur, Herr Thate, darauf aufmerksam, dass der Rohrkranz gänzlich fortfallen und durch die in der Zeichnung ausgeführte geeignetere Anordnung ersetzt werden könne. Hierdurch wird ein mehrfacher Vorteil erzielt: Der Rohrkranz veranlasst einen nicht unbedeutlichen Wärmeverlust und seine Isolierung ist jedenfalls schwieriger, teurer und weniger wirksam, als die Isolierung des nach unten verlängerten Mantels. Ferner lässt sich die Reinigung des Trockners von dem im Innern befindlichen Staube oder von dem etwa heruntergefallenen Getreide leicht durchführen.

Daher werden wir nicht verfehlen, ebenso wie die anderen Abänderungen auch diese bei der zuständigen Behörde zu beantragen.

Wir werden nicht unterlassen, über die Wirkung dieser Abänderungen seinerzeit Bericht zu erstatten [3].

Nachträge.

1. Man vergl. Stück 9.

2. Bei dem später zu besprechenden Trockner von Büttner sind an Stelle der Winkeleisen Kanäle von fünfeckigem Querschnitt gewählt worden, deren untere Seite offen ist und deren eine Kante, wie bei den Winkeleisen, oben liegt. Diese Anordnung gestattet die Lüftungsöffnungen sehr gross anzulegen.

3. Die seitdem erfolgte Aufstellung des Büttnerschen Trockners ist die Veranlassung gewesen, dass der hier beschriebene Trockner der Kornhauses bezüglich weiterer Versuchsanstellungen vorläufig in den Hintergrund treten musste.

15. Leistungsfähige Gerstentrockner in der Praxis.

Vortrag auf der Oktobertagung 1903 der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei.

Meine Herren! Seit verschiedenen Jahren beschäftige ich mich mit der Getreidetrocknungsfrage, und während dieser Zeit habe ich Gelegenheit gehabt, eine Reihe von Trocknern zu beobachten und zu prüfen. Immer wieder offenbarte sich die Tatsache, dass die Wasserentfernung aus dem naturfeuchten Getreide mit ganz besonderen Schwierigkeiten verbunden ist, dass es z. B. weniger Arbeit verursacht, Malz oder Kartoffeln von einer bestimmten Wassermenge zu befreien, als naturfeuchtes Getreide. Der Verein der Spiritus-Fabrikanten hatte vor einiger Zeit ein Preisausschreiben für Kartoffeltrocknungsverfahren erlassen, welches einen grossen Erfolg erzielte. Es ergab sich nämlich, dass mit einigen Systemen die Kartoffeln mit einem Aufwande von 3—4 Mk. pro Tonne getrocknet werden konnten unter Fortschaffung von 700 bis 750 *kg* Wasser. Die Entfernung von 1 *kg* Wasser kostet also etwa 0,5 Pfg. Hier sind Abschreibung und Verzinsung bei einer Arbeitszeit von 100 Tagen à 24 Stunden einbegriffen [2]. Bei der Trocknung naturfeuchten Getreides ist in vielen Fällen noch nicht der zehnte Teil der eben erwähnten Wassermenge zu entfernen und man sollte eigentlich glauben,

dass hierzu auch nur ein Zehntel der vorhergenannten Kosten erforderlich wäre, dass also die Trocknung mit 30 bis 40 Pfg. zu erzielen sein müsste. Dieser geringe Kostenaufwand wird niemals erreicht werden. Es gibt eine Reihe von Gründen, welche die Veranlassung bilden, dass Getreide verhältnismässig mehr Kosten pro 1 kg Wasserverdunstung verursacht als die Kartoffeln.

1. Man kann bei der Kartoffel viel höhere Temperaturen anwenden, weil einerseits keine Erhaltung der Keimfähigkeit in Frage kommt und weil andererseits die grosse Wasserverdampfung bei den Kartoffeln eine Abkühlung verursacht, die bei dem geringen Wasserüberschusse des naturfeuchten Getreides fehlt.

2. Der Arbeitsaufwand für die Wasserverdampfung ist um so geringer, je mehr Wasser sich in dem Material befindet. Letzteres besitzt in diesem Falle eine höhere Spannung des Wasserdampfes, welche die Verdunstung befördert.

3. Die Zellwände des Getreidekornes bieten dem Durchtritt des Wassers einen grossen mechanischen Widerstand, dessen Überwindung eine gewisse Zeit erfordert. Dieser Widerstand fehlt bei der zerkleinerten Kartoffel, denn hier fliesst das Wasser schon zum Teil heraus ohne weitere mechanische Beeinflussung.

Der Unterschied von dem unter 2. erwähnten Einfluss ergibt sich aus folgender Überlegung. Man fülle einerseits eine kleine Schweinsblase mit Wasser; andererseits feuchte man vielleicht 1 kg Stärke mit soviel Wasser an, als sie nur festhalten kann. Lassen wir dann beides an freier Zimmerluft liegen, dann wird die Stärke ihr überschüssiges Wasser verhältnismässig schnell durch Verdunstung abgeben. Der Gehalt an Wasser wird in einigen Tagen vielleicht bis auf 18 pCt. heruntergehen; von nun ab findet aber keine wesentliche Veränderung im Wassergehalt mehr statt; je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft wird er bald etwas höher, bald etwas niedriger sein.

Anders verhält sich dagegen das Wasser in der Blase. Es wird vielleicht Monate gebrauchen ehe es verdunstet ist, aber der endgültige Wassergehalt ist sehr klein, er wird nur wenige Prozent betragen. Bei höherer Temperatur wird der Wasseraustritt beschleunigt und auch weitergeführt. Das unter 2. erwähnte Wasserbedürfnis ist also etwas ganz anderes als das unter 3. gemeinte Wasserfesthaltungsvermögen. Beide Eigenschaften erfordern zu ihrer Überwindung einen bestimmten Arbeitsaufwand.

Diese drei Gründe sind es der Hauptsache nach — es gibt noch einige andere —, welche die Wasserentziehung aus dem feuchten Getreide bedeutend erschweren.

Als infolge der Bemühungen des Versuchs-Kornhauses auch die Fabrikanten der Getreidetrocknungsfrage eine erhöhte Aufmerksamkeit zuwendeten, erfolgten vielfach Angebote von Apparaten, deren Leistungsfähigkeit auf Grund der Trocknung anderer Stoffe angegeben wurde. Die nachträgliche Prüfung mit Getreide ergab dann stets eine wesentlich geringere Leistung. So wurde z. B. gefunden, dass der Ottosche Trockner aus Trebern in einer bestimmten Zeit 4—5mal soviel Wasser fortzuführen vermochte, als aus Getreide, bei demselben Dampfverbrauch und unter sonst gleichen Umständen.

Eine beliebte Rechnungsweise für die Leistung der Trockner bestand ferner darin, anzunehmen, dass für die Verdampfung von 1 kg Wasser 600 Wärmeeinheiten nötig wären. Da der Apparat X Kilogramm Wasser verdampfen sollte, so würden 600mal X Wärmeeinheiten und damit eine bestimmte Kohlenmenge erforderlich sein. Diese Berechnung entbehrt jeder Unterlage, wie ich gleich an einem Beispiel zeigen werde. Man denke sich einen Apparat, bei welchem die Trocknung durch heisse Luft vollzogen wird, die mittels Ventilator durch das Trockengut geht. Wir werden dann aus dem Getreide eine bestimmte Menge Wasser verdunsten können unter Verbrauch einer entsprechenden Kohlenmenge, welche nicht für den Betrieb der Dampfmaschine, sondern nur zur Trocknung verwendet wird. Nun stellen wir die Heizung ab, lassen aber den Ventilator weiterlaufen; dann werden wir bemerken, dass auch fernerhin eine Trocknung stattfindet; dass diese auch dann noch vor sich geht, wenn die Luft und das Getreide und der Trockner vollständig abgekühlt sind. Wir verdunsten hier also eine bestimmte Wassermenge, ohne dass auch nur das kleinste Gewicht an Kohle nötig ist.

Da diese Angelegenheit grosse Verwirrung angerichtet hat, und da es wichtig ist, sich ihrer Tragweite bewusst zu werden, so gestatte ich mir, sie nochmals im umgekehrten Sinne zu besprechen. Wir können also ein Getreide trocknen, ohne es zu erwärmen, ohne dass irgendwelche Aufwendung an Kohle für diesen Zweck erforderlich ist, vorausgesetzt natürlich, dass die verwendete Luft einen gewissen Grad von Trockenheit aufweist. Diese Luft können wir nun erhitzen, und wir

werden bei einem gut wirkenden Apparat mit sehr wenig Kohle auskommen. Berechnet man nun den Heizwert der auf diese Weise verbrannten Kohle und vergleicht die Zahl mit der Menge des verdampften Wassers, dann kann es geschehen, dass die Kohle mehr Wasser verdampft hat, als ihrem Brennwert entspricht. Etwas derartiges ist mir in der Tat als Mitglied des Preisgerichts bei dem vorher erwähnten Preisausschreiben für Kartoffeltrockner vorgekommen. Beim Apparat von Venuleth & Ellenberger fanden wir die zum erstenmal beobachtete Tatsache, dass auf 1 kg Wasserverdampfung weniger Feuerungsmaterial entfiel, als dem scheinbaren theoretischen Werte entsprach. Die eben angestellten Erläuterungen geben die richtige Erklärung für dieses Verhalten. Wir sehen also, dass die zur Heizung des Trockners erforderliche Brennstoffmenge ohne Hinzuziehung der anderweitig verbrauchten Energie ein ganz verkehrtes Bild von der Wirkung des Trockners gibt.

Ein besonderer Übelstand vieler Trockner, welche ich gesehen habe, besteht darin, dass sie das Getreide nicht so lange bei sich behalten können, bis es trocken ist. Bereits nach einer halben Stunde oder gar nach zehn Minuten verlässt es den Apparat und in dieser Zeit ist es bei den grossen Massen und den Temperaturen, die in Frage kommen, kaum durchgewärmt, geschweige denn, dass es reichlich Wasser abgegeben hat.

Der erste Apparat, welcher die Anforderungen der Praxis in qualitativer Beziehung zu befriedigen vermochte, war der Trockner des Gutsbesitzers Herrn Richter in Falkenberg bei Grünau. Dieser Apparat ist ein Tüchertrockner, bei welchem das Getreide sich auf einem endlosen, in sich zurücklaufenden Tuche von der einen Seite des Trockners nach der anderen bewegt, am Ende desselben auf das darunterliegende Tuch fällt und auf diesem den umgekehrten Weg einschlägt. In dieser Weise geht das Getreide auf einem langen Wege über verschiedene Tücher abwärts und zwar dem durch einen Ventilator erzeugten Luftzuge entgegen. Ein ganz besonderer Vorzug der Tüchertrockner besteht darin, dass auch das empfindlichste Material unter voller Schonung von Form und Eigenschaften auf ihnen getrocknet werden kann. Wie ich in einem eingehenden Bericht dargetan habe [2], gelang es mit dem Richterschen Trockner, auch das nasseste Getreide (havarierte Ware von etwa 50 pCt. Wassergehalt) in einem einzigen Durchgange im Laufe

von etwa 3 bis 4 Stunden bis zur Lagerfestigkeit zu trocknen. Dagegen war die quantitative Leistung im Verhältnis zu den Anlagekosten sehr gering. Meine Ansicht geht dahin, dass auch dieser Übelstand sich erheblich bessern lässt. Die Ausführung des im Versuchs-Kornhause aufgestellten Versuchsapparates war einer Firma übertragen worden, welche auf dem Gebiete des Trocknungswesens keine Erfahrung besass. Herr Richter hat den Vertrieb des Trockners einer anderen Firma übertragen. Leider habe ich nichts über weitere Versuche mit einem neuen Modell dieses Systems vernommen; und wenn seine Ausbildung, die meiner Meinung nach in weitgehendem Masse möglich ist, versäumt wird, dann wäre das im Interesse der ganzen Trocknungsfrage sehr bedauerlich. Für den Fabrikanten muss ein Trockner der Gegenstand eines besonderen Studiums sein, denn mit einigen wenigen, oberflächlichen Versuchen und Kalkulationen ist nichts getan. Ein und dasselbe System kann in verschiedenen Händen ganz verschiedene Ergebnisse liefern. Diese Erfahrung habe ich in sehr auffälliger Weise bei der vorhin erwähnten Prüfung der Kartoffeltrockner gemacht.

An einer Stelle wurde ein Verfahren vorgeführt, gemäss welchem Kartoffeln auf einer Darre getrocknet wurden. Die qualitative und quantitative Leistung dieser Einrichtung war so mangelhaft, dass die Preisrichter zu der Überzeugung von der vollständigen Unzulänglichkeit der Darre für die Kartoffeltrocknung gelangten. Als wir dann an einer anderen Stelle ebenfalls eine Darre zu prüfen hatten, welche von der Firma Rheinische Dampfkessel- und Maschinenfabrik Büttner, Uerdingen a. Rh., angemeldet war, da traten wir sämtlich mit grosser Voreingenommenheit in die Prüfung ein, indem wir der Meinung waren, dass sie eigentlich überflüssig sei, da die Darre die vorgeschriebene Leistung nicht erreichen werde. Um so grösser war unser Erstaunen, als nicht nur ein sehr gutes Produkt erhalten, sondern auch eine für die Verhältnisse recht hohe Leistungsfähigkeit erzielt wurde. Die Firma Büttner erhielt auf ihr Verfahren einen Preis.

Aus diesem Beispiele ersehen wir, dass ein bestimmtes System in guten Händen auch ein gutes Ergebnis liefert, in unerfahrenen Händen dagegen keinen Erfolg hat, was dann in den meisten Fällen dem Verfahren selbst zur Last gelegt wird. In ähnlicher Weise liegen die Verhältnisse beim Richterschen Trockner.

Nachdem also auch dieses in mancher Beziehung vortreffliche

System sich quantitativ als unzulänglich erwies, blieb noch die Notwendigkeit übrig, einen auch nach dieser Richtung hin leistungsfähigen Trockner zu schaffen und diese Forderung ist in den letzten Wochen erfüllt worden durch die oben bereits erwähnte Firma Büttner, Uerdingen a. Rh.

Diese Firma hat auf dem Gebiete des Trocknungswesens seit einer Reihe von Jahren bedeutende Erfolge zu verzeichnen gehabt, und es war uns daher sehr angenehm, als sie sich erbot, im Versuchskornhause auf eigene Kosten einen Trockner grossen Stiles aufzustellen. Der geplante Apparat sollte etwa 80 Ztr. naturfeuchtes Getreide in einer Stunde trocknen und es war mir eine besondere Freude, als ich der Firma nach den ersten Versuchen mitteilen konnte, dass die veranschlagte Leistung zutrifft, obgleich der in Frage stehende Trockner ihr erster, nach einem neuen System erbauter Apparat ist. Der Trockner könnte also bei beständiger Arbeit in 24 Stunden, unter der Voraussetzung, dass nicht mehr als 5 pCt. Wasser fortzuschaffen sind, gegen 2000 Ztr. Getreide trocknen — ein recht beachtenswertes Resultat [3].

Was nun seine Einrichtung anbetrifft, so liegt folgende Idee zugrunde, die auch beim Umbau des alten Trockners im Versuchskornhause angewendet wurde und dessen Leistungsfähigkeit bedeutend verbesserte: Man denke sich einen kastenartigen Raum, der in drei Abteilungen geteilt ist. Die mittlere Abteilung ist die grösste und enthält das zu trocknende Getreide. In die erste Abteilung tritt heisse Luft ein, aus der dritten Abteilung wird dieselbe Luft durch einen Ventilator herausgesaugt. Es handelt sich nun darum, die Luft aus der ersten Abteilung in die zweite und von hier in die dritte Abteilung überzuführen, was in folgender Weise erreicht wird: Von der einen Abteilung gehen Winkeleisen oder unten offene Röhren in das Getreide hinein, deren Enden aber nicht bis zu der letzten Abteilung reichen. Die heisse Luft kann nun unter die Winkeleisen und von hier aus in das Getreide gelangen. Von der andern Seite gehen ähnliche Röhren oder Winkeleisen in das Getreide bis nahe an die erste Abteilung. Diese beiden Systeme von Röhren laufen einander parallel. Zwischen ihnen liegen also Körnerschichten von gleicher Dicke und die Sauge Wirkung des Ventilators wird die Luft durch die Körnerschichten hindurchbefördern; das Korn wird dabei erwärmt, ihm wird Wasser ent-

zogen und die abgekühlte, feucht gewordene Luft wird durch den Ventilator fortgeführt. Ein zu dieser Zeichnung senkrechter Schnitt zeigt eine Reihe von Dreiecken, die das Profil der Winkeleisen darstellen, zwischen welchen das Getreide liegt [4]. Durch die eine Hälfte der Eisen strömt also die Luft dem Getreide zu, während sie in der anderen Hälfte der Eisen von dem Getreide fortgeht. Dieses Prinzip wurde also bei dem Büttnerschen Trockner verwendet, nur dass nicht ein kastenartiger Raum, sondern eine runde Anordnung gewählt wurde. Wie aus dieser grossen Zeichnung ersichtlich ist, besteht der Trockner aus einem Mittelrohr und einem weiten Mantel, beide schliessen das Getreide ein [5]. Ausserdem ist um das ganze noch ein weiterer Mantel gelegt, der nach aussen möglichst luftdicht abgeschlossen sein muss. Die Luft geht im vorliegenden Falle in das innere Rohr, tritt von hier aus in der oben geschilderten Weise durch das Getreide in den äussersten Zwischenraum und geht dann noch einmal hin und her. Die Trocknung erfolgt durch direkte Feuergase, indem Koks zur Verwendung gelangt.

Wie nicht anders zu erwarten stand, hat dieser erste Apparat Mängel, welche aber beseitigt werden können. Die bisherigen Versuche ergaben, dass die Keimfähigkeit des Getreides nicht litt, wenn die Eintrittstemperatur zwischen 84 und 100° C. lag. Das Getreide hatte hierbei eine Temperatur von 45 bis 70° C. angenommen.

Meine Herren, ich will nun eine Kostenberechnung für die Trocknung einer Tonne Gerste geben, indem ich zugleich bemerke, dass bisher nur wenige Versuche stattgefunden haben, welche bezüglich des Kohlenverbrauches noch der Kontrolle bedürfen.

Wir haben in einem Falle getrocknet 400 Ztr. Gerste, und zwar in 6 Stunden, und dabei sind entfernt worden 24 Ztr. Wasser. Wir würden also in der Lage sein, von einem solchen Material 1600 Ztr. in 24 Stunden zu trocknen, und dabei würden entfernt werden 96 Ztr. Wasser. Die Betriebskosten, welche unmittelbar in die Augen fallen, sind Löhne und Heizmaterial. Diese berechnen wir zunächst und vervollständigen dann nachher die Trocknungskosten dadurch, dass wir die Zinsen, Abnutzungs- und Reparaturkosten berücksichtigen.

Wir haben also hier festgestellt einen Kohlenverbrauch von 40 *kg* in einer Stunde, das wären also $40 \times 24 = 960$ *kg*, und die würden à 2 Pf. kosten 19,20 Mk. Für den Apparat sind notwendig zwei Arbeiter

am Tage, zwei Arbeiter in der Nacht, ferner ein Heizer am Tage und ein Heizer in der Nacht, also zusammen vier Arbeiter und zwei Heizer. Die Arbeiter mit 3 Mk., die Heizer mit 4 Mk. gerechnet, würde also an Löhnen herauskommen $4 \times 3 + 2 \times 4 = 20$ Mk. Die Heizung erforderte 6 hl Koks in 6 Stunden; 24 hl also in 24 Stunden à 1 Mk. = 24 Mk. Wir bekommen also: Kohlenverbrauch 19,20 Mk., Arbeitslöhne 20 Mk., Heizung 24 Mk., zusammen 63,20 Mk. Hiermit würden 1600 Ztr. getrocknet werden können. Wenn wir die Kosten für die Tonne berechnen, so erhalten wir 79 Pf. Aus jeder Tonne Getreide haben wir 60 kg Wasser verdampft, und wenn wir die Zahl 79 durch 60 dividieren, bekommen wir für 1 kg Wasserverdampfung 1,3 Pf.

Berücksichtigen wir nun die Anlagekosten, die Amortisation usw. — ich möchte Ihnen die einzelnen Zahlen nicht geben, sondern nur das Ergebnis mitteilen —, so stellen sich die Trocknungskosten auf 1,23 Mk. pro Tonne Getreide und 2,05 Pf. pro 1 kg Wasserverdampfung.

Meine Herren, dieses Resultat war so ausserordentlich günstig, dass ich mich selbstverständlich sehr gefreut habe. Meines Erachtens ist mit der Erzielung desselben die Frage der Getreidetrocknung im wesentlichen gelöst.

Ich möchte Ihnen nur noch einige Vergleiche mitteilen. Ich habe vorhin erwähnt, dass beim Trocknen der Kartoffeln eine Tonne ungefähr 3 bis 4 Mk. Kosten verursacht und dass die Wasserverdampfung pro 1 kg 0,5 Pf. kostet. Die Verdampfung von 1 kg Wasser aus Getreide kostet 2,05 Pf. Das heisst also: um 1 kg Wasser aus den Kartoffeln zu entfernen, hat man nur ein Viertel der Arbeit nötig als beim Getreide; aus den Gründen, die ich vorhin angeführt habe, dürfte das ungefähr den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen. Ich glaube kaum, dass man wesentlich unter 2 Pf. Kosten pro 1 kg Wasserverdampfung wird gelangen können.

Ferner habe ich mit Genehmigung des Herrn Geheimrats Delbrück auf der Darre der Versuchs- und Lehrbrauerei einen Trocknungsversuch mit Getreide angestellt und dabei folgendes gefunden: Es ergab sich eine Leistungsfähigkeit von 1109 kg in $4\frac{1}{2}$ Stunden, das würden also in 24 Stunden 5,9 Tonnen sein. Hier sind verdampft worden 122 kg Wasser; in 24 Stunden würden das ungefähr 650 kg sein, das sind 11 pCt. Für die Feuerung wurden verbraucht Briketts und zwar in 7 Stunden 196,5 kg, welche 2,55 Mk. kosteten; in 24 Stunden würden also verbraucht sein

für 8,75 Mk. Briketts. Die Betriebskosten stellen sich daher folgendermassen: Es sind angenommen zwei Arbeiter für den Tag und zwei Arbeiter für die Nacht, jeder zu 3 Mk., wir würden also erhalten vier halbe Arbeiter zu 3 Mk. = 6 Mk.

(Zuruf: Es sind vier ganze Arbeiter!)

(Geh. Regierungsrat Professor Dr. Delbrück-Berlin: Sie haben jedenfalls angenommen, dass die Arbeiter nur halb ausgenutzt werden.

Jawohl, ich habe angenommen, dass die Leute in der Zwischenzeit etwas anderes tun können; es bleibt also bei 6 Mk.

Die Kosten für den Wender werden in der Weise berechnet, dass wir seinen Kraftbedarf etwa zu 1 Pferdestärke annehmen, dazu sind nötig $2\frac{1}{4} \times 24 = 54$ kg Kohlen à 2 Pf. = 1,08 Mk. pro Tag. Es würden also im ganzen für Arbeiter 6 Mk., für Feuerung 8,75 Mk., für den Wender 1,08 Mk., zusammen 15,83 Mk. Kosten verursacht werden. Diese verteilen sich dann auf 5,9 Tonnen, wie ich vorhin angegeben habe, so dass pro Tonne Getreide 2,68 Mk. erforderlich sein würden; für 1 kg Wasserverdunstung würden 2,44 Pf. herauskommen. Wenn man nun die Anlagekosten, die Abnutzung, Verzinsung usw. berücksichtigt, so würden sich 3,84 Mk. für eine Tonne Getreide ergeben und für Wasserverdunstung 3,5 Pf. für 1 kg erforderlich sein.

Die Verzinsung usw. bezieht sich nur auf die innere Einrichtung. Falls auch der Bau zu berücksichtigen ist, würde das Ergebnis für die Darre sich gegenüber den anderen Trocknern noch etwas ungünstiger gestalten.

Das Resultat ist ja nicht glänzend; aber ich hatte geglaubt, dass es in der Tat noch ungünstiger herauskommen würde.

(Sehr richtig!)

Meine Herren, ich bin am Ende meiner Ausführungen, und wenn Sie mich mit Ihren Erfahrungen aus der Praxis in bezug auf die Getreidetrocknung unterstützen wollten, so würde ich Ihnen dafür sehr dankbar sein.

Nachträge.

1. Man vergl. Nachtrag 8 Stück 13.

2. Man vergl. Stück 13.

3. Es handelt sich hierbei um Futtergetreide, dem man verhältnismässig hohe Temperaturen bieten kann. Für Braugerste ist, wie sich aus weiteren Versuchen ergeben hat, etwa die halbe Leistungsfähigkeit anzunehmen, während die Leistung für Brotgetreide dazwischen liegt.

4. Man vergl. Stück 12, Abbild. 29 und 30.

5. Man vergl. auch Plan III im Stück 14.

IV.

Über Getreideschädlinge.

16. Zur Bekämpfung der Getreideschädlinge.

1. Das Auftreten des Käfers.

Als im vergangenen Winter (1901/1902) an einem Posten Getreide der Schmalkäfer (*Sylvanus frumentarius*) bemerkt wurde, war dieses zwar keine angenehme Entdeckung, sie beunruhigte uns jedoch nicht wesentlich, weil dieser Käfer leicht zu vertreiben ist. Das Getreide wurde ausserhalb des Versuchs-Kornhauses unter der Rampe aufbewahrt. Unsere Hoffnung, dass die grosse Kälte den Käfer vernichten würde, erfüllte sich nicht, sondern man bemerkte im Frühjahr im Gegenteil, dass er sich im Speicher selbst auszubreiten begann. Nun galt es gegen ihn vorzugehen.

Der betreffende Getreideposten, aus 9 Sack Gerste bestehend, wurde in einen kleinen abgegrenzten Kellerraum gebracht, welcher rund um die Türe einen dicken Teerstrich erhielt, damit das Ungeziefer nicht in den Speicher gelangen konnte. Hierauf wurden die Säcke geleert, das Getreide ausgebreitet und 1 kg schweflige Säure über das Getreide geleitet.

Der Erfolg war höchst wunderbar.

Am nächsten Tage wimmelte es nämlich von Käfern in der über dem Keller liegenden Arbeitshalle, aber nicht etwa von Schmalkäfern, sondern von schwarzen Rüsselkäfern (*Calandra granaria*), die wir bis dahin kaum bemerkt hatten [1]. Allerdings soll dieser häufig mit dem Schmalkäfer zusammen auftreten, er musste aber wohl erst in letzter Zeit zur stärkeren Entwicklung gekommen sein.

Im Keller wurde nachgesehen, was aus dem Getreide geworden war. Von Käfern, an toten sowohl als an lebendigen, war im Getreide

selbst nichts mehr zu bemerken. Aber man sah an den Wänden den schwarzen Rüsselkäfer, besonders in der Nähe des Teerstreifens, über welchen er auch wirklich hinüber gelangte, wenn auch offenbar unter grossen Anstrengungen und zum Teil dadurch, dass die stecken gebliebenen Käfer als Brücke dienten.

Der Schmalkäfer wurde überhaupt nicht mehr bemerkt.

Zu erwähnen ist, dass die Keimfähigkeit des Getreides erheblich gelitten hatte, dass also die Anwendung der schwefligen Säure nicht empfohlen werden kann.

Vom Keller aus hatte die Infektion der Arbeitshalle und des übrigen Speichers ihren Ausgang genommen, und wir mussten schärfer als bisher dagegen ankämpfen.

Zunächst wurde alles überflüssige Getreide, welches in Säcken herumstand, ferner alle Reste, Abfälle usw. fortgeschafft beziehungsweise als Hühnerfutter verkauft und beständig Jagd auf den Käfer gemacht.

Die Wände der Arbeitshalle wurden mit einer Antinonnlösung bestrichen und diese auch in die Spalten der Holzpfeiler eingespritzt. Wir haben allerdings nicht den Eindruck empfangen, als ob dieser Stoff sich für den vorliegenden Zweck als besonders geeignet erwiesen hat. Die später zu erwähnende Anilinlösung würde vermutlich besser gewirkt haben.

2. Versuche im Laboratorium.

Infolge der Käfer-Invasion wurden im Laboratorium Versuche angestellt, welche ein Mittel ergeben sollten, wie man das Ungeziefer am besten verjagen oder töten könnte, ohne die Keimfähigkeit des Getreides zu beeinträchtigen. Die Behandlung des Getreides mit Flüssigkeiten war ausgeschlossen, infolgedessen wurden die Käfer den Dämpfen verschiedener Flüssigkeiten ausgesetzt.

Öfter ist die Behauptung aufgestellt, dass der Käfer durch Kräuter, wie Nelken, Hollunder, Fenchel usw. zu vertreiben sein soll. Aus diesem Grunde wurden zunächst mit verschiedenen ätherischen Pflanzenölen Versuche angestellt, indem man in kleine vierkantige Fläschchen Käfer nebst einigen Getreidekörnern hineinbrachte und das Fläschchen mit einem Stopfen verschloss, der aus zusammengerolltem Filtrierpapier bestand und in das anzuwendende Öl eingetaucht worden war.

In anderen Fällen wurden die Käfer unter eine Glasglocke gestellt neben ein Gefäss, welches die wirksame Substanz enthält.

Man bemerkte, dass die angewandten Pflanzenöle auf die Käfer so unangenehm einwirkten, dass sie sich sofort tot stellten. Wenn man sie nach zwei Tagen an die frische Luft brachte, lebten sie allerdings in den meisten Fällen nach einiger Zeit wieder auf. Nur bei Eukalyptus, Majoran und Cumin blieben sie tot. Essigsäuredampf hatte keine Wirkung, dagegen veranlasste Essigäther den Tod in einem Tage. Ammonkarbonat schwächte den Käfer nur, ohne ihn zu töten, während er durch die Einwirkung von Ammoniakdämpfen in fünf Stunden getötet wurde. Formalingas hatte keine Wirkung. In 24 Stunden wurde der Käfer getötet durch die Dämpfe von Benzol und ähnlichen Körpern, von Amylalkohol, Aceton, Nitrobenzol usw.

Besonders wirksam waren Tetrachlorkohlenstoff, Anilin, Anilinwasser und Schwefelkohlenstoff, von welchen der erste wegen seines hohen Preises nicht weiter zu berücksichtigen ist.

Die tödliche Wirkung des Schwefelkohlenstoffgases ist schon längst bekannt.¹⁾

Jedoch wurde seine Wirkung auf die Keimfähigkeit des Getreides noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Wir fanden, dass eine 24stündige Einwirkung die Keimfähigkeit des Getreides bedeutend schädigte, während eine solche von vier bis sechs Stunden keinen Einfluss hatte, wenn nur das Getreide nachträglich gelüftet wurde.

Wesentlich vorteilhafter verhielt sich das Anilin. Die Keimfähigkeit einer Getreideprobe, welche acht Tage über Anilin im Exsikkator stand, hatte nicht gelitten. Auch Malz wurde bei derselben Behandlung weder an Geruch noch an Geschmack geschädigt, was durch eine direkte Vermischung und darauffolgende Kostprobe von sonst unbeteiligten Personen festgestellt wurde.

3. Die Anwendung der Laboratoriumsergebnisse in der Praxis.

Im wesentlichen ist die Art und Weise, in welcher die erhaltenen Resultate zu verwenden sind, bereits in Form von Vorschriften [3] veröffentlicht worden.

Wir möchten nur auf jenen Teil der Vorschriften besonders hinweisen, welche von der Desinfektion der Säcke handelt, weil dieser

1) Man vergl. Schiemenz, Wochenschrift für Brauerei 1897, Nr. 9. [2]

Punkt von grosser Wichtigkeit ist. Ferner müssen die Vorschriften bezüglich der Gefährlichkeit der verwendeten Stoffe mit Sorgfalt innegehalten werden.

Hier mag noch einiges erwähnt werden, was in den Rahmen der Vorschriften nicht hineinpasste.

Für einen Speicher, welcher hölzerne Siloschächte mit der amerikanischen Lattennagelung aufweist, war bis jetzt die Gegenwart des schwarzen Kornkäfers eine bedeutende Gefahr.

Die Brut siedelt sich nämlich in den Spalten und Rissen an und war bis jetzt durch kein Mittel zu entfernen. Von nun ab sind wir in der Lage, gerade Siloschächte gänzlich von Ungeziefer zu befreien, und zwar viel leichter als die offenen Böden.

Ein Versuch, um im Getreide selbst die Käfer zu töten, ist noch nicht angestellt worden, obgleich er von Wichtigkeit wäre. Sobald sich uns die Gelegenheit bietet, werden wir ihn ausführen. Zu diesem Zwecke müsste das verunreinigte Getreide oder Malz in einem eisernen Siloschachte lagern, und zwar nur so hoch, dass letzterer nicht mehr als bis zur Hälfte gefüllt ist; hierauf müsste die Methode gemäss der im folgenden Stück geschilderten Weise angewendet werden, jedoch mit der sehr zu beachtenden Vorsichtsmassregel, dass auf alle Fälle ein Benetzen des Getreides mit dem flüssigen Schwefelkohlenstoff vermieden wird. Erst wenn dieser durch Zerstäubung Gasform angenommen hat, darf seine Berührung mit dem Getreide erfolgen. Unter Einhaltung dieser Vorsichtsmassregel ist dann festzustellen, ob die Methode anwendbar ist, bezw. unter welchen Bedingungen sie das beste Ergebnis liefern würde.

Ohne Schwierigkeit leuchtet ein, dass die eben geschilderte Methode, sowohl was leere Siloschächte, als auch was infiziertes Getreide anbetrifft, auch bei anderen Schädlingen, z. B. gegen die Kornmotten, Verwendung finden kann. Diese hatten sich auch in einem Holzsilos des Versuchs-Kornhauses eingenistet, sind aber kaum noch bemerkt worden seitdem das Silo wegen des Kornkäfers desinfiziert wurde.

4. Einige weitere Beobachtungen und Erfahrungen.

Es wird zweckmässig sein, einige weitere Erfahrungen mitzuteilen, weil sie das Verhalten des Käfers unter verschiedenen Verhältnissen kennzeichnen.

In einem hiesigen Kornhause stellte sich in einem Jahre die Käferplage in hohem Masse ein und machte sich in den nächsten Jahren immer unangenehmer bemerkbar, so dass mehrere Frauen tagüber damit beschäftigt waren, die Käfer von den Wänden in Schaufeln zu fegen und zu verbrennen. Dieses Kornhaus, welches für gewöhnliche Bodenerlagerung eingerichtet war, erhielt Rieseleinrichtung.

Seit dieser Zeit nahmen die Käfer in ihrer Menge sehr schnell ab; im nächsten Jahre kamen sie nur in geringer Anzahl zum Vorschein; und seitdem ist dann überhaupt nichts mehr von Käfern bemerkt worden.

Hieraus ergibt sich der Schluss, dass eine kräftige Lüftung und Bewegung des Getreides den Käfer fernhält.

Dieser letztere Umstand wird wohl auch wesentlich sein bei jenen seit alters her gebrauchten Mitteln, die oben erwähnt wurden, nämlich bei Hollunder, Fenchel usw. Denn wenn einmal Mittel gegen Käfer angewandt wurden, fand auch jedesmal eine kräftige Umarbeitung statt, welche den Käfern sehr unangenehm war. Zwar haben wir bei unseren Versuchen gesehen, dass von den angewandten Mitteln Gase ausströmen, welche den Käfern in der Tat schädlich sind; jedoch treten die Gase bei der Verwendung dieser Mittel in der Praxis in solcher Verdünnung auf, dass an eine schädliche Wirkung nicht zu denken ist. Jedenfalls werden die Gerüche aber unangenehm empfunden und die Umarbeitung des Getreides vermehrt natürlich das Unbehagen, so dass die Käfer auswandern.

In bezug auf die Ausbreitung der Schädlinge im allgemeinen ist noch eine wichtige Bemerkung zu machen. Aus allen Beobachtungen scheint nämlich hervorzugehen, dass den Käfern, wie die Lüftung, auch die Trockenheit unangenehm ist. Man wird daher als Regel zu merken haben: Je trockener ein Kornhaus und je trockener das Getreide, oder das Malz, oder das Mehl, desto geringer ist die Gefahr einer allgemeinen Infektion.

Ferner sind folgende Beobachtungen bemerkenswert:

In einer Flasche, welche Getreide enthielt, bemerkte Verfasser einstens den schwarzen Kornkäfer. Die Flasche wurde an eine Luftpumpe gesetzt und die Käfer begannen beim Auspumpen der Luft unruhig zu werden. Bei einer Luftleere von 700 mm Quecksilbersäule verfielen sie in die bekannte Starre.

Liess man dann nur wenig Luft hinzu, so dass die Luftleere 600 *mm* betrug, oder mit anderen Worten, dass der Druck der Luft im Innern der Flasche $760 - 600 = 160$ *mm* Quecksilbersäule betrug, dann begannen sie wieder aufzuleben. Der Käfer vermag also in einer sehr verdünnten Luft zu leben.

Ob die Verminderung des Luftdruckes an und für sich oder der Mangel an Sauerstoff bei der hohen Luftverdünnung ihn in die Starre versetzt hat, haben wir nicht festgestellt. Wir vermuten das letztere auf Grund seiner harten, holzigen Beschaffenheit und auch auf Grund der folgenden Beobachtung.

Leitete man nämlich durch die Flasche einen Kohlensäurestrom, dann verfielen die Käfer sofort in die Starre, lebten aber wieder auf, wenn auch nur sehr wenig Luft hinzutrat.

Selbst Kohlenoxyd, hergestellt durch Hinüberleiten von Luft über glühende Kohlen, hatte in kurzer Zeit keine tödliche Wirkung.

Auch gegen dieses Gas besitzen die Käfer eine erstaunliche Widerstandsfähigkeit, sterben aber doch, wenn sie einige Wochen in einer solchen Umgebung verweilen müssen.

Das eben geschilderte Verhalten der Käfer gegen Kohlensäure könnte dazu führen, dieses Gas an Stelle von Schwefelkohlenstoff anzuwenden, um die Käfer in den starren Zustand zu bringen. In diesem Zustande würden sie das Getreide bezw. das Malz nicht schädigen, da sie weder fressen noch sich vermehren. Beim Herauslassen des Getreides aus den Siloschächten, wo es dieser Behandlung unterworfen werden müsste, könnte man es dann über eine Reinigungsmaschine gehen lassen, und die abgesehenen Käfer müssten verbrannt werden.

Ob ein in dieser Weise angewendetes Verfahren Erfolg haben würde, kann nur der praktische Versuch in grossen Mengen entscheiden. Auf alle Fälle ist aber die Kohlensäure vorzutrocknen,¹⁾ wenn sie nicht im trockenen Zustande geliefert wird, da sonst Schimmelbildung auftritt.

Nachträge.

1. Die Angelegenheit ist offenbar so zu erklären, dass Bodenmeister und Arbeiter des Versuchs-Kornhauses nicht bemerkt haben, wie der

1) Man vergleiche Oswald Winde, Wochenschrift für Brauerei, 1896, Nr. 4, S. 1156.

Schmalkäfer allmählich verschwunden ist und im Laufe der Zeit dem schwarzen Kornkäfer Platz gemacht hat. Der erstere wird, entgegen der im Text geäußerten Meinung, durch die Kälte wahrscheinlich vernichtet worden sein, während der eine erstaunliche Lebenszähigkeit besitzende Rüsselkäfer ihr widerstanden hat.

2. Die interessante Arbeit von Dr. P. Schiemenz ist im Auftrage des Instituts für Gärungsgewerbe ausgeführt worden.

3. Die Vorschriften sind in abgeänderter und vervollständigter Form im folgenden Stück 17 enthalten.

17. Zur Bekämpfung tierischer Schädlinge, insbesondere des schwarzen Kornkäfers.

I.

Bemerkungen und Vorschriften allgemeiner Art.

1. Infolge zweier Artikel über obiges Thema, von welchen der eine in den eingegangenen Blättern für Gersten-, Hopfen- und Kartoffelbau¹⁾, der andere in der Wochenschrift für Brauerei²⁾ erschienen, sind mehrfach aus landwirtschaftlichen Kreisen Anfragen eingelaufen, welche sich besonders auf die Vorrichtung beziehen, die bei der Desinfektion der hölzernen Siloschächte verwendet wird. Bekanntlich ist die Ansiedelung der Schädlinge in hölzernen Siloschächten ausserordentlich gefürchtet, weil die Brut zwischen den zahllosen Rissen und Spalten sich leicht ansiedelt und vermehrt und weil es kein Mittel gab, das Ungeziefer hieraus zu entfernen. Aus diesem Grunde blieb ein infiziertes Silo stets der Herd, von welchem aus die weitere Infektion des Speichers immer wieder erfolgte.

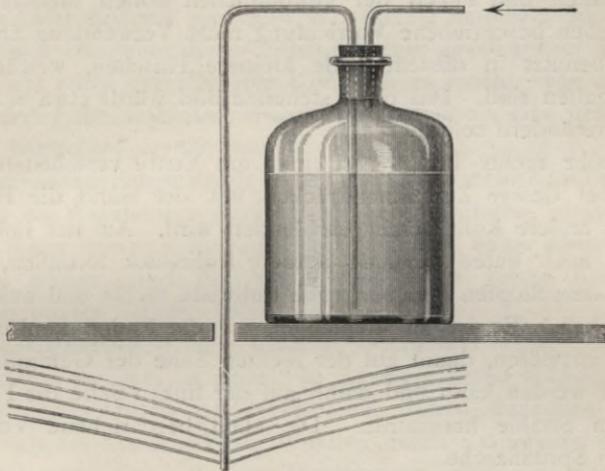
2. Durch die nebenstehend abgebildete Vorrichtung sind wir in der Lage, jedes Silo mit Leichtigkeit auch von den hartnäckigsten Schädlingen zu befreien.

Eine Flasche mit 25—30 kg Schwefelkohlenstoff erhält einen doppelt durchbohrten Gummipropfen. Durch seine Öffnungen gehen zwei Rohre, welche die aus der Zeichnung ersichtlichen Biegungen erhalten haben.

1) Oktober 1901.

2) Nr. 12, 1902.

Das lange Rohr ist am äusseren, unteren Ende verschlossen, enthält aber dafür seitlich mehrere kleine schräge eingebohrte Öffnungen. Wird nun die Flasche auf den Deckel eines Siloschachtes gestellt, so dass das längere Rohr durch eine kleine Öffnung in den Schacht hineinreicht (vergl. Abbild. 31), und drückt man mit einer Pumpe — z. B. mit einer grossen Radfaherpumpe — die Aussenluft kräftig hinein, dann wird die Flüssigkeit in das Silo getrieben. Der Druck veranlasst, dass die Flüssigkeit in weiten Strahlen bis an die Wandungen des Silos gespritzt



Abbild. 31.

wird. Da der Schwefelkohlenstoff sich leicht verflüchtigt, so verwandelt er sich sofort in Gas und dringt in alle Spalten und Löcher ein.

Ist der Schacht unten gut abgeschlossen, dann hält sich das Gas längere Zeit in ihm und tötet die Käfer, sowie diejenige Brut, welche in den Spalten sitzt.

Am nächsten Tage öffnet man den Schacht oben und unten, damit die Luft gut hindurchstreichen und das Gas entfernen kann. Am darauffolgenden Tage werden die Wände abgefegt und dann wird das tote Ungeziefer unten gesammelt.

Hat man nicht genügend Schwefelkohlenstoff angewendet, dann sind die Käfer nur scheinot und man muss sie sofort verbrennen.

Es ist noch zu beachten, dass Gummi von Schwefelkohlenstoff stark angegriffen wird, daher muss die ganze Handhabung rasch vonstatten gehen, und nach dem Gebrauch ist ein Stopfen aus anderem Material (Kork, Metall) auf die Flasche zu setzen. So lange der Apparat arbeitet, wirkt der Schwefelkohlenstoff nicht auf den Gummi, weil immer frische Luft in die Flasche geführt wird und hierdurch die schweren Dämpfe des Schwefelkohlenstoffs von ihm fern gehalten werden.

3. In solchen Fällen, wo es sich darum handelt, Flüssigkeit in Ritzen, Spalten und Fugen der gewöhnlichen Böden hineinzubringen, kann die eben beschriebene Vorrichtung nicht Verwendung finden.

Man benutzt in diesem Falle kleinere Flaschen, welche in der Hand zu halten sind. Das oben stehende Bild würde etwa in folgender Weise zu verändern sein:

Am Rohr rechts bringt man einen mit Ventil versehenen Gummiball an, bei dessen Zusammendrücken mit der Hand die Flüssigkeit durch das andere Rohr herausgeschleudert wird. Auf der linken Seite muss das nach unten gehende äussere Rohrstück fortfallen, so dass beide aus dem Stopfen herausragende Rohrteile rechts und links gleiche Gestalt haben. Es ist zu empfehlen, an die Enden konische Rohrstückchen anzulöten, damit auf der rechten Seite der Gummiball leicht aufgesteckt werden kann und damit auf der linken Seite die Flüssigkeit in dünnem Strahle austritt. Die eben beschriebene Vorrichtung nennt man Spritzflasche.

Auch in diesem Falle darf man die Flasche nicht mit dem Gummipfropfen verschlossen stehen lassen, wenn sich in ihr noch ein Rest von Schwefelkohlenstoff befindet.

4. Die Verwendung von Schwefelkohlenstoff erfordert grosse Vorsicht. Man hat besonders dafür zu sorgen, dass man sich beim Arbeiten stets über dem Schwefelkohlenstoff befindet, weil der entwickelte, sehr unangenehm riechende Dunst viel schwerer als Luft ist. Bei dauernder Einwirkung kann der Geruch schwere Nervenstörungen veranlassen [1].

Schwefelkohlenstoff ist sehr feuergefährlich, daher darf bei seiner Verwendung kein Licht in der Nähe sein. Es darf nur mit einer gut gesicherten elektrischen Lampe gearbeitet werden. Auch das Ein- und Ausschalten eines elektrischen Stromes darf nicht in der Nähe von

Schwefelkohlenstoff geschehen, weil die elektrischen Funken eine Explosion verursachen können. Die Nähe einer sich im Gange befindlichen Dynamo oder eines Elektromotors muss also vermieden werden. Eine glimmende Zigarre bringt Schwefelkohlenstoff mit Sicherheit zur Explosion, wenn das Gas in einem Raume in genügender Menge vorhanden ist [2].

5. Abgesehen vom Schwefelkohlenstoff, hat sich eine wässrige Anilinlösung oder besser Anilinmilch als sehr wirksam erwiesen. Man stellt sich diese Flüssigkeit her, indem man zu einem Eimer Wasser etwa ein Liter Anilinöl hinzugibt und tüchtig umrührt. In einer Luft, die mit den Dämpfen dieser Flüssigkeit bei gewöhnlicher Temperatur gesättigt ist, stirbt der schwarze Kornkäfer in einem Tage ab, was bei der grossen Lebensfähigkeit dieses Ungeziefers als eine hervorragende Wirkung betrachtet werden muss.

Einen erstaunlichen Erfolg haben wir im Versuchs-Kornhause erzielt, als hinter die Wandleisten Anilinlösung gegossen bzw. gespritzt wurde. Zahllose Käfer kamen sofort zum Vorschein und fielen dann tot nieder, auf dem Boden längs der Wand durch ihre grosse Anzahl einen schwarzen breiten Streifen bildend.

Schwefelkohlenstoff hatte nicht in so kräftiger Weise eingewirkt.

Auch das Anilinöl ist giftig. In Räumen, deren Wände unter Verwendung dieses Mittels gestrichen sind, dürfen Menschen nicht eher schlafen, als bis die schädliche Wirkung durch Verharzung des Anilins verloren gegangen ist. Bei der Verdünnung, welche in Bezug auf die vorliegenden Fälle in Frage kommt, dürfte diese in einigen Tagen vollendet sein.

Ein Vorzug des Anilinöls vor dem Schwefelkohlenstoff besteht darin, dass es nicht explosiv ist. Ein Nachteil des Anilinöls ergibt sich dagegen aus dem Umstande, dass dieser Stoff nur in wässriger Lösung zu verwenden und Wasser bekanntlich vom Getreidespeicher möglichst fern zu halten ist. In diesem Falle ist aber Wasser das kleinere Übel.

6. Das Ausspritzen der Falten, Fugen und Löcher geschieht auf alle Fälle besser mit Anilinlösung als mit Schwefelkohlenstoff. Da der Gummipfropfen durch jene Flüssigkeit nicht leidet, ist es mitunter zweckmässig, die oben beschriebene Spritzflasche in umgekehrter Haltung zu verwenden, also mit dem Pfropfen nach unten, nachdem man den Ball

abgenommen hat. Dann fliesst nämlich die Flüssigkeit von selbst durch das rechtsseitige kurze Rohr aus (vergl. Abbild. 31), und zwar mit einem um so dünneren Strahle, je enger der angesetzte Konus ist.

Wo es sich darum handelt grössere Mengen von Anilin zu verteilen, dürfte es sich empfehlen, jene Handspritzen zu gebrauchen, die man häufig in den Weinbergen zur Bekämpfung der Reblaus verwenden sieht und welche von den betreffenden Arbeitern auf dem Rücken getragen werden.

7. Von sonstigen Mitteln zur Bekämpfung der Getreideschädlinge ist zu bemerken, dass die ätherischen Öle, welche im Hollunder, in den Nelken usw. auftreten, dem Käfer zwar unangenehm, aber erst in so starken Dosen gefährlich sind, wie sie in der Praxis nicht zur Verwendung gelangen. Aber die Umarbeitung, welche mit solchen gewürzten Getreidehaufen vorgenommen wird, bereitet dem Käfer ebenfalls grosse Unbehaglichkeit, so dass diese beiden Einwirkungen ihn mitunter zum Verlassen eines Getreidehaufens bewegen.

Die Lüftung wirkt derartig auf ihn ein, dass er in den Rieselspeichern, soweit mir bekannt, überhaupt nicht vorkommt. Sehr arg infizierte Kornhäuser, welche diese Plage nicht bewältigen konnten, sind von ihr vollkommen befreit worden, als sie Rieseleinrichtung erhielten.

Ferner ist zu bemerken, dass das Ungeziefer um so weniger vorkommt, je trockener das Getreide ist. Getreide und Malz, welches so trocken ist, dass es sich in eisernen Siloschächten tadellos hält, wird hier vom Ungeziefer meist verschont.

8. Es ist stets ein grosser Fehler, in schwächerer Weise gegen das Ungeziefer vorzugehen, bezw. von den betreffenden Mitteln ungenügende Mengen zu verwenden.

Es scheint, als ob die Schädlinge sich zum Teil an die giftigen Stoffe gewöhnen können, und es ist daher wichtig, von vornherein so kräftig wirkende Mengen zu verwenden, dass dieser unangenehme Fall nicht eintritt.

II.

Vorschriften in bezug auf einzelne Fälle.

1. Die Infektion der Kornhäuser scheint in der Regel durch Säcke zu erfolgen.

Damit nun die Verbreitung der Schädlinge durch Säcke vermieden wird, muss eine grosse Tonne mit Deckel oder ein ähnliches Gefäss dazu dienen, alle in den Speicher zur Aufbewahrung gelangenden Säcke aufzunehmen und zu desinfizieren.

Für diesen Zweck genügt in der Regel die Besprengung von etwa 100 Säcken mit einem Liter Schwefelkohlenstoff. Nötigenfalls muss man etwas mehr von der Flüssigkeit verwenden. Sind die Käfer wirklich abgestorben, was nach einem Tage meist der Fall ist, so können die Säcke herausgenommen und durch andere ersetzt werden.

Man lasse sich nicht durch den Scheintod der Käfer täuschen; sie sind wirklich tot, wenn sie sich nach einem Tage Aufenthalt in frischer Luft nicht bewegen. Es ist stets zweckmässig, die zusammengefügten Schädlinge zu verbrennen.

2. Wenn Käfer auf einem Boden oder in einem Behälter eingeknistet sind, muss dieser vom Getreide befreit werden, und dann muss man Wände und besonders alle Fugen und Winkel mit der zu verwendenden Flüssigkeit behandeln. Die letzteren sind, wie unter (I. 5) bemerkt, am besten mit einer Anilinlösung auszuspritzen.

Hat man dagegen ganze Wände zu behandeln, dann muss man sich nach den gegebenen Verhältnissen richten. Soll der Boden oder der Kasten bald wieder in Gebrauch genommen werden, muss man Schwefelkohlenstoff verwenden, weil dieser leicht verdunstet. Ist man aber in der angenehmen Lage, den Kasten ein oder zwei Wochen entbehren zu können, dann bestreicht man die Wände mittels eines Pinsels mit der Anilinlösung. Auch das Ausspritzen der Löcher und Spalten lässt sich mit Hilfe des Pinsels in vielen Fällen gut ausführen.

Das Arbeiten mit dem Anilinöl ist weit angenehmer und bequemer als mit Schwefelkohlenstoff. Die nach der Behandlung mit Schwefelkohlenstoff zusammengefügten Käfer muss man sofort verbrennen, damit sie nicht wieder aufleben.

3. Sehr zweckmässig ist das Weissen des Speichers unter Beihilfe von Anilin. Zum Anrühren des Kalkes verwendet man nicht reines Wasser, sondern eine solche Anilinmilch, dass ein Eimer gebrauchsfähiger Kalk ein Liter Anilin enthält. Einer so behandelten Wand darf das Getreide natürlich erst nach dem Eintrocknen des Anilinöls anliegen.

4. Bei der Infektion von Siloschächten ist so zu verfahren, wie unter (I. 2) angegeben wurde, unter Verwendung des dort beschriebenen

Apparates. Jedoch darf in solchen Fällen nur unter Aufsicht und nach den Vorschriften einer verantwortlichen Persönlichkeit gearbeitet werden.

5. Ist ein Getreide mit Käfern besetzt, dann kann man auf diesen Haufen mehrere Schüsseln mit Schwefelkohlenstoff stellen und letzteren von selbst verdunsten lassen. Je nach den Umständen muss man das Verfahren ändern.

6. Bisweilen kann es sich empfehlen, das Getreide nach der unter (I. 2) angegebenen Methode im Siloschacht zu behandeln; nur muss die Einwirkung des Schwefelkohlenstoffes nach kürzerer Zeit, etwa nach sechs Stunden, durch Umarbeiten des Getreides aufgehoben werden. Diese kurze Zeit der Einwirkung schädigt weder die Keimfähigkeit noch beeinflusst sie den Geschmack oder den Geruch der Maische, die aus so zu behandelndem Malz bereitet wird.

Das Material befreit man durch Aspirator und Siebe vom Geruch und von den schein- toten Käfern. Letztere muss man sofort verbrennen.

Eine nachträgliche Erwärmung des Materials bei 50° bis 60° C. auf der Darre oder im Trockner würde durch Vernichtung der Brut sehr gute Dienste tun. Die Trocknung vor der Behandlung mit Schwefelkohlenstoff ist nicht zu empfehlen, weil die Käfer sich im Speicher ausbreiten würden.

Nachträge.

1. Im Kornhause sind solche gefährlichen Ansammlungen von Schwefelkohlenstoff nur bei sehr grosser Unvorsichtigkeit denkbar.

2. Von manchen Seiten ist befürchtet worden, dass die Schilderung von der Gefährlichkeit des Schwefelkohlenstoffes ein Hindernis für die Einführung dieses Mittels sein wird. Wir sind der Meinung, dass, wenn jemand ernstlich daran denkt seinen Speicher sauber zu halten, er davon nicht abgeschreckt wird. Die Eigenschaften des Stoffes mussten geschildert werden und die Vorschriften sind eben dazu da, auf die Vorsichtsmassregeln aufmerksam zu machen. Richtet man sich nach ihnen, dann ist das Mittel ungefährlich.

Das Ausprobieren dieses Mittels im Versuchs-Kornhause hat den Verfasser und die Arbeiter in so eingehende Berührung mit dem Gase gebracht, wie sie derjenige nicht nötig hat, welcher nur die Vorschriften zu beachten braucht. Trotzdem haben wir in gesundheitlicher Beziehung keine Schädigung erfahren.

18. Auf welche Weise kann man sich beim Ein- oder Verkauf von Gerste oder Malz vergewissern, ob man Getreideschädlinge (Kornkäfer usw.) mitgekauft bzw. verkauft hat?

Von Professor Dr. Paul Lindner. Institut für Gärungsgewerbe.

Es kommt nicht selten vor, dass Brauereien Gerste und Malz kaufen und nachträglich erfahren, dass darin auf dem Getreideboden der eine oder andere der bekannten Getreideschädlinge in grösserer Menge auftritt. Man sucht nun, sich so viel wie möglich an dem Lieferanten schadlos zu halten.

Das ist aber oft leichter gedacht als getan, weil die nachträgliche Beweisführung, dass vor dem Einbringen der betreffenden Lieferung keine der in Rede stehenden Schädlinge auf dem Getreideboden der Brauerei vorhanden waren, oft ihren Haken hat.

Der Lieferant sucht natürlich die Schuld von sich abzuwälzen und weist auf die in der Brauerei jedenfalls oder sehr wahrscheinlich schon vorhanden gewesenen Tierchen hin.

Ein zur Begutachtung herbeigerufener Sachverständiger kann, namentlich wenn in der in Rede stehenden Lieferung angefressene Körner nicht gefunden werden, oft auch nichts Bestimmtes entscheiden.

Um aus solchen Ungewissheiten ein- für allemal herauszukommen, möchte ich empfehlen, dass bei jeder Abnahme einer Getreide- oder Malzlieferung im Beisein des Käufers und Verkäufers eine von verschiedenen Stellen genommene Durchschnittsprobe — vielleicht 1—2 kg — in einem sauberen Glasgefäss verkorkt und versiegelt wird.

Sind Käfer auch nur in geringer Anzahl in dem Getreide vorhanden gewesen, dann wird es nicht lange dauern, namentlich bei Aufbewahrung der Gefässe im warmen Zimmer, bis dieselben sichtbar werden. Diese junge Brut kann dann als corpus delicti in der am besten mit dem Siegel des Lieferanten versiegelten Flasche demselben vorgestellt werden.

Die Aufbewahrung von Getreide in Beuteln ist für diese Zwecke weniger geeignet, weil dasselbe hier zu leicht trocknet, und allzu grosse Trockenheit die Entwicklung der Tiere schädigt. In einer zugekorkten Glasflasche dagegen bleibt nicht nur die ursprüngliche Feuchtigkeit er-

halten, sie wird auch noch vermehrt durch die Atmung der Körner und der Tiere.

Ich habe die Beobachtung oft genug gemacht, dass Käfer, die mit einer Anzahl Körner in ein kleines, nur mit einem losen Wattenpfropf verschlossenen Fläschchen zusammengespart wurden, nach kurzer Zeit zugrunde gingen, während sie im zugekorkten Glase immer munterer wurden.

Das häufige Umschaukeln des Getreides auf den Speichern und Getreideböden, namentlich bei trockenem Wetter, wirkt offenbar auch in diesem Sinne förderlich für die Unterdrückung etwa vorhandener Schädlinge. Vielleicht, dass man noch auf andere Weise als durch Umschaukeln oder durch Erhitzen auf der Darre eine Austrocknung des Getreides, und damit auch der Schädlinge, herbeizuführen lernt. (Verteilung Wasser anziehender Substanzen in dem Haufen, ohne sie jedoch mit dem Getreide zu mischen.)

Was die Form der Glasgefäße anlangt, so halte ich die bei Ausstellungen von Gerstenproben in Anwendung gebrachten, hutpilzartig geformten Schaugläser für besonders geeignet zur fortlaufenden Beobachtung der Proben in bezug auf die Entwicklung der tierischen Schädlinge.

Von den zurzeit auf der Gallerie des Instituts zur Ansicht ausgestellten Getreideproben zeigen vereinzelte jetzt schon eine ziemlich kräftige Käferentwicklung.

In den eigenartig geformten Gläsern, die dem Beschauer den Blick auf eine grosse Fläche gestatten, kann man die fortschreitende Verwüstung des Getreides vorzüglich beobachten.

Vielleicht werden diese Vorschläge manchem Käufer und Verkäufer erwünscht kommen.

Nachtrag.

Auf Plan IV bringen wir die wichtigsten Getreideschädlinge, welche entnommen sind aus: Professor Dr. P. Lindner, Mikroskopische Betriebskontrolle. (Verlag Paul Parey, Berlin.)

Die wichtigsten Kornschädlinge.

(Aus: Mikroskopische Betriebskontrolle von Prof. Dr. Paul Lindner, Abteilungsvorsteher am Institut für Gärungsgewerbe. Verlag: Paul Parey, Berlin.)

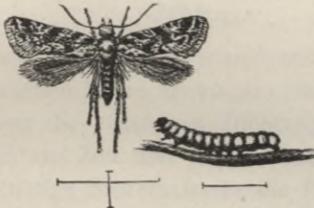


Der schwarze Kornkäfer (*Calandra* resp. *Sitophilus granaria*).

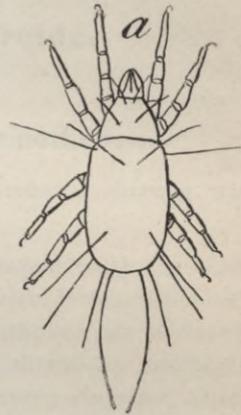
Links Puppe, in der Mitte der Käfer, beide stark vergrößert. — Rechts Larve und Käfer an Gerstenkörnern, kaum vergrößert.



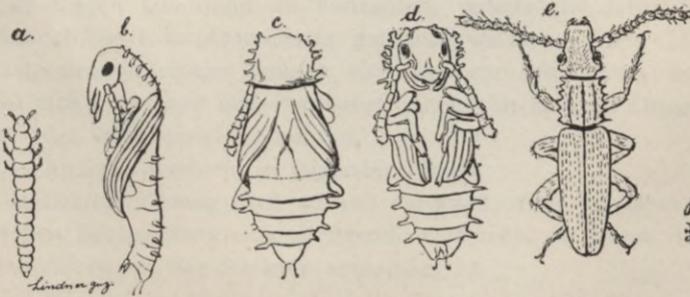
Maiskäfer
(*Tribolium ferrugineum*).



Kornmotte (*Tinea granella*).



Getreidemilbe.
Ansicht von der Rückenseite
(natürl. Grösse etwa $\frac{1}{2}$ mm).



Entwicklung des Getreideschmalkäfers (*Silvanus frumentarius*)

a Larve, *b* bis *d* Puppe von der Seite, von oben und von unten besehen, *e* ausgebildeter Käfer, *f* derselbe in natürlicher Grösse.

V.

Mikroben auf dem Getreide.

19. Vereinfachung bei bakteriologischen Züchtungsmethoden.

Eine Verdünnungsmethode zum Zwecke der Mikroben-Isolierung und
-Zählung.

Bei der Untersuchung von verschiedenen Getreidesorten auf Zahl und Art der vorhandenen Mikroorganismen (Bakterien, Hefen, Schimmelpilzen) fand Verfasser die bisherigen Züchtungsmethoden als unzulänglich. Sie erforderten viel Zeit und viel kostbare Kulturböden und boten dennoch nicht die nötige Sicherheit für die Isolierung einzelner Arten, indem diese entweder die Gelatine verflüssigten oder, wie die Proteusarten, auf der Oberfläche des Nährbodens ausschwärmten und sich auf diese Weise mit anderen Kolonien vermischten.

Um diesen Übelstand zu vermeiden, musste die Lindnersche Tropfenmethode¹⁾ in Anwendung gebracht werden. Diese Methode gestattet, dass in einem Tropfen sich nur ein Individuum befindet, welches sich entwickelt und fortpflanzt, ohne von anderen Organismen gestört oder verunreinigt zu werden.

Die Analyse geschieht in folgender Weise:

Die Bakterienlösung wird so weit verdünnt, dass bei einer mikroskopischen Beobachtung eine genügende und nicht zu grosse Anzahl²⁾ von Individuen im Gesichtsfelde vorhanden ist.

1) Wochenschrift für Brauerei 1896, S. 81.

2) Diese Anzahl richtet sich danach, wie man weiter zu arbeiten gedenkt, und wird am besten durch einige Vorversuche ausprobiert.

Einige Tropfen hiervon werden in geschmolzene Fleischsaftgelatine geträufelt, die Lösung gut durchgeschüttelt und das Ganze in eine Petrischale gegossen. Mit dem Rest der im Reagenzglas zurückgebliebenen Gelatine werden auf die innere Deckelseite der Petrischale Tropfen aufgetragen, indem man mit dem Rande des Probierrglases schnell hintereinander die nach oben gehaltene Glasfläche berührt. Es gelingt leicht, 20 bis 30 tadellose Tropfen auf die Glasfläche zu bringen, wenn nur dafür gesorgt wird, dass durch schnelles Arbeiten ein zu starkes Abkühlen der Gelatine verhindert wird.

Ebenso ist erforderlich, dass die Petrischale vor dem Gebrauch abgekühlt ist, weil die Tropfen auf der warmen Petrischale verlaufen, wie die Tröpfchen bei der Lindnerschen Methode¹⁾ auf einem warmen Deckgläschen. Wenn durch irgend einen Umstand oder durch Mangel an Übung die Gefahr eintritt, dass die Gelatine zu dickflüssig wird, so tut man gut, das betreffende Reagenzglas, natürlich mit Wattepfropf versehen, eine kleine Weile in einen Becher mit Wasser zu stellen, dessen Temperatur durch das kleine Flämmchen eines Sparbrenners stets auf ca. 35 bis 40° C. gehalten wird.

Nachdem die Tropfen fertiggestellt sind, bleibt noch ein kleiner Rest im Probierrglase, welchem nun der Inhalt eines andern Gelatine-röhrchens zugesetzt wird. Hierdurch entsteht eine stärkere Verdünnung, welche man nach gutem Durchschütteln weiter verarbeitet, indem die Gelatine wieder in eine Petrischale gegossen wird und mit dem Rest Tropfen auf die innere Fläche des Deckels gemacht werden. Dieses Verfahren wird mit drei bis vier Petrischalen wiederholt, und man hat, sofern richtig verdünnt war, stets einzelne Tropfen, in denen sich ein einzelnes Individuum befindet, welches sich ungestört zur Kolonie entfalten kann.

Von der Kolonie lässt sich leicht eine Probe zur näheren Untersuchung nehmen, oder dieselbe kann beliebig lange aufbewahrt werden, selbst wenn sie aus verflüssigenden Bakterien besteht, ohne in die Gefahr zu geraten, durch benachbarte Kolonien verunreinigt zu werden.

Die andere Hälfte der Petrischale, welche die Hauptmenge an Gelatine enthält, kann benutzt werden, um die Kolonien direkt oder mit schwacher Vergrößerung zu zählen.

Verfasser bestimmte die Anzahl Kolonien im Gesichtsfelde an

1) Mikroskopische Betriebskontrolle von Paul Lindner, S. 74.

mehreren Stellen und berechnete hieraus die Gesamtmenge der Kolonien in der Petrischale. Hieraus liess sich dann die Anzahl der Keime auf Gerste usw. berechnen.

Der eingangs erwähnte Übelstand, dass bei einer grösseren Menge von Untersuchungen eine bedeutende Verschwendung an Gelatinenährmaterial stattfindet, machte sich auch bei dieser Methode bemerkbar.

Das folgende Verfahren beseitigte diesen Fehler:

Die zu untersuchenden Organismen wurden in sterilem Wasser in solcher Verdünnung verteilt, dass die Lösung gerade noch eine Trübung zeigte. Hiermit wurden die weiteren Versuche angestellt.

Sechs Probiergläser, je ca. 5 bis 10 *ccm* steriles Wasser enthaltend, wurden mit den Zahlen 1 bis 6 bezeichnet. Probierglas Nr. 1 wurde dann mit einigen Tropfen der Bakterienlösung versetzt, gut durchgeschüttelt, davon einige Tropfen in Nr. 2 gegeben, dieses Glas gut durchgeschüttelt, hiervon einige Tropfen in Nr. 3 gegeben usw., so dass Nr. 6 die grösste Verdünnung aufwies. Alle sechs Gläser wurden nun gänzlich ausgegossen und die geringen Reste, welche die Organismen enthielten, zur weiteren Verarbeitung hingestellt.

Vor sich auf den Arbeitstisch legte man ein Stück steriles Filtrierpapier, auf dieses umgekehrt die sechs Hälften von drei Petrischalen.

Nun goss man die sterile Fleischsaftgelatine, welche im Wasserbade auf ca. 38° R. erwärmt war, in Probierglas 6, also in die verdünnteste Lösung. Dieses Glas wurde, selbstverständlich unter Ausschluss jeder Infektionsgefahr, tüchtig durchgeschüttelt, der Inhalt von Glas 6 in Glas 5 gegossen, dieses in das Wasserbad von 38° C. gestellt und mit Nr. 6 die Tropfenkultur auf eine der bereitgehaltenen Petrischalen in der Weise gemacht, wie oben beschrieben wurde. Die Petrischale wurde umgekehrt wieder auf das Papier gesetzt und das mit Wattepfropf versehene Reagenzglas wagerecht auf den Tisch gelegt, wo die Gelatine erstarrte. Die Berührung der letzteren mit dem Wattepfropf wurde verhindert.

Das erwärmte Reagenzglas Nr. 5 wurde in Nr. 4 entleert, dieses ins Wasserbad gestellt, mit Nr. 5 die Tropfenkultur in der anderen Hälfte der zuerst benutzten Petrischale angestellt usw.

Hatte man die Gelatine in Nr. 1, also in die konzentrierteste Lösung übergossen und durchgeschüttelt, so konnte man den Überschuss ent-

weder fortgiessen oder in ein anderes steriles Reagenzglas tun, um etwa die Entwicklung von Gasen oder dergleichen zu beobachten.

Diese Methode machte es möglich, mit einem Gelatineröhrchen sechs und mehr Verdünnungen herzustellen.

Bei einiger Übung erreichte man leicht, dass entweder ein Reagenzglas oder einige Tropfen in der Petrischale Reinkulturen enthielten. —

Es ist selbstverständlich, dass man schnell und mit grosser Vorsicht arbeiten muss, um Infektion zu vermeiden.

Die Methode ist besonders dazu geeignet, Organismen bei höheren Temperaturen zur Entwicklung zu bringen, indem man die Petrischalen zur Vermeidung der Verdunstung mit einem Gummiring umgibt und die Reagenzgläser mit einem Korkpfropfen oder einer Gummikappe versieht.

Wegen der Dünnwandigkeit der Probierröhrchen lässt sich das Wachstum der Kolonien auf der ebenfalls dünnen Gelatineschicht mit dem Mikroskop ausgezeichnet verfolgen.

20. Wie gross ist die Zahl der Mikroorganismen auf dem Getreide unter verschiedenen Bedingungen?

Man weiss schon lange, dass auf dem Getreide eine Menge Mikroorganismen sitzen. Wenn es verarbeitet wird, so kann man, je nach den Bedingungen, bald eine starke Bakterienentwicklung, bald Hefen-, bald Schimmelentwicklung bemerken. Man weiss ferner, dass halbe und zerschlagene Körner auf der Tenne leicht schimmeln und dass dadurch auch das andere, aus ganzen Körnern bestehende Getreide in Mitleidenschaft gezogen wird. Man weiss endlich, dass bei der Weiche eine riesige Bakterienentwicklung eintritt, sobald das Weichwasser nicht öfter erneuert wird. Das Weichwasser riecht, und das Getreide verfällt leicht der Fäulnis.

Wieviel Mikroorganismen und welche Arten auf dem Getreide sitzen, ist aber noch sehr wenig bekannt, und die Beantwortung dieser Fragen

war eine mir gestellte Aufgabe. Die erste dieser Fragen soll hier beantwortet werden.

Von jeder Getreideprobe wurden 7,5 g mit 300 *ccm* Wasser eine halbe Stunde bei gewöhnlicher Temperatur unter häufigem Umschütteln stehen gelassen. Ein Tropfen dieser Flüssigkeit wurde dann in den verflüssigten Nährboden getan, darin durch Schütteln gut verteilt und die Mischung in eine Petrischale gegossen

Als Nährböden wurden benutzt:

- a) Fleischextrakt-Agar,
- b) Fleischextrakt-Gelatine,
- c) Bierwürze-Agar.

Die Zusammensetzung der Nährböden war folgende?

	a	b	c
Wasser	1000,0	1000,0	1000,0
Fleischextrakt	8,0	8,0	8,0
Agar	8,0	—	8,0
Gelatine	50,0	100,0	50,0
Glyzerin	10,0	—	—
Ammonnitrat	5,0	5,0	5,0
Kaliumphosphat (primär)	2,5	2,5	2,5
Magnesiumsulfat	1,25	1,25	1,25

a und b wurden mit kohlensaurem Natron (Na_2CO_3) ganz schwach alkalisch gemacht und dann filtriert; c wurde mit Phosphorsäure schwach angesäuert und filtriert.

Die Petrischalen blieben zwei bis drei Tage bei Zimmertemperatur stehen, hierauf wurden die Schalen a und c noch einer Temperatur von 37° C. ausgesetzt, um auch die nur bei höherer Temperatur gedeihenden Organismen zur Entwicklung zu bringen.

Auf dem Fleischextrakt-Agar wurde die Gesamtzahl der entwickelten Keime festgestellt; auf der Fleischextraktgelatine wurden die verflüssigenden Bakterien und auf dem Bierwürze-Agar die zur Entwicklung gekommenen Pilzkeime (Schimmelpilze, Hefen) gezählt. Die Zählung selbst geschah mit der geringsten Vergrösserung des Mikroskopes, dessen Gesichtsfeld vorher in seinem Grössenverhältnis zur ganzen Petrischale festgestellt wurde. Bei den vorliegenden Versuchen war zufällig das Gesichtsfeld so gross, dass es ziemlich genau den hundertsten Teil der angewendeten Petrischalen bedeckte. Wurden also an zehn beliebigen Stellen der Petrischale die Kolonien gezählt und diese

Zahlen addiert, so gab die Multiplikation dieser Summe mit zehn die Anzahl der Keime in einem Tropfen der angewendeten Flüssigkeit. Multipliziert man diese Zahl wiederum mit 100, so hat man die Anzahl der Keime auf 0,1 g Gerste, indem 25 Tropfen als 1 *ccm* gerechnet werden. In den Fällen, wo nur wenig Kolonien angegangen waren, wurde natürlich die Zahl direkt ohne Mikroskop festgestellt.

Aus der folgenden Tabelle ersieht man, wie verschieden gross die Anzahl der Keime auf ein und demselben Getreide sein kann. Offenbar befinden sich auf einzelnen Körnern ungeheuer viele Organismen, während andere nur wenig damit verunreinigt sind. Wird nun solch ein Getreide verarbeitet, so gleichen sich die mehr und weniger verunreinigten Stellen aus. Bei der Mälzerei ist es daher von höchster Wichtigkeit, besonders am Anfang der Weiche das Wasser möglichst häufig zu wechseln, damit die durch das Wasser losgeweichten Mikroorganismen sofort weggeschwemmt werden und nicht Zeit haben, sich zu vermehren. Eine Probe quellreifer Gerste aus der Versuchs- und Lehrbrauerei enthielt 70 000 bis 124 000 Keime auf 0,1 g, welche auf Fleischsaftgelatine angingen; auf Würzelgelatine gediehen 2800 Kolonien. Diese Zahlen sind ziemlich gering und zeugen von der guten Behandlung der Gerste in der Weiche.

Bei den vorhergehenden Versuchen wurde das Getreide nur von den groben Verunreinigungen befreit, wie es in der Praxis (Brauerei usw.) üblich ist. Es war aber doch interessant zu wissen, wie gross die Menge der Mikroorganismen auf einem gänzlich tadellosen, gesundem Getreide ist. Zu dem Zwecke wurde eine sehr gut geputzte Gerste von vorzüglicher Beschaffenheit ausgewählt. Da auch hierin stets noch halbe und zerschlagene Körner vorhanden waren, so wurden diese sorgfältig ausgesucht und entfernt. Aus Grundsatz wurde lieber mehr als weniger fortgetan; alles, was nur irgendwie verdächtig aussah, wurde ausgemerzt. Mit solchen gesunden Körnern wurden die folgenden Versuche angestellt.

Eine Probe, ganz so behandelt, wie bei den früheren Versuchen angegeben, ergab auf 0,1 g Gerste 16 000—20 000 Keime, welche auf Fleischsaftgelatine wuchsen. Diese Gerste wurde in einer Blechbüchse aufbewahrt und nach etwa drei Monaten wieder untersucht; sie zeigte auf 0,1 g nur noch 112 Keime. Die Keime mussten auf der Gerste also im Laufe der Zeit zum grössten Teile abgestorben sein. Bei der

Nummer	Getreideart	Herkunft	Bakterien in 0,1 g		
			in Summa	Darunter solche, welche die Nährgelatine verflüssigen	und Schimmelpilze
4 ¹⁾	Russische Gerste .	Odessa	212 000	0	400
9 ¹⁾	Südruss. Roggen .	Odessa	19 000	0	0
12 ¹⁾	Ghirke Weizen . .	Odessa	24 000	0	600
19 ¹⁾	Rumän. Weizen . .	Braila	7 400	0	800
	Gerste	}	403 200	6 400	0
	Hafer			774 000	1 600
	Roggen	Oberamtmann Mankiewicz, Falkenhede	469 600	12 160	160
	Weizen			1 104 500	8 200
	Hafer	}	80 600	3 400	40
	Weizen			115 150	0
	Hafer	Amtsrat Sander, Himmelsthür	61 600	38 000	0
	Weizen			159 800	1 400
	Gerste	}	1 164 000	—	—
	Hafer			240 000	—
	Roggen	Botzenhardt, Haidhausen bei München	133 100	3 600	480
	Weizen			195 000	5 600
	Hafer	}	516 000	7 700	0
	Roggen			844 000	167 000
	Weizen	}	282 000	9 000	320
	Gerste			115 200	1 000
	Hafer	Amtsrat Hecker, Schwerin	32 400	die Mehrzahl	160
	Roggen			126 900	2 800
	Hafer	}	176 000	1 200	400
	Roggen			132 000	4 600
	Weizen	}	204 000	200	400
	Gerste			9 000	3 000
	Hafer	Amtsrat Fleck, Kerkow	408 000	11 400	200
	Roggen			856 000	Gelatine
	Weizen		1 024 000	—	44 000
	Roggen	C. Lucke, Petershausen bei Offenbach	136 000	200	1 200
	Weizen			208 000	1 800
	Roggen	}	40 000	1 200	1 400
	Gerste			64 000	1 600
	Hafer I	}	112 000	3 800	400
	Hafer II			216 000	3 200

1) Die Proben 4, 9, 12, 19 waren bereits in der Versuchsstation Rostock i. M. untersucht worden, von wo aus uns dieselben nebst Angabe der Nährbodenzusammensetzung gütigst zugewendet wurden. Die in Rostock gefundenen Zahlen sind folgende:

zweiten Analyse hatte sich im Gegensatz zu den Bakterien die Zahl der Schimmelpilze nicht oder nur wenig vermindert. Die auf dieser Gerste gefundene Keimzahl war überhaupt die geringste, welche ich je gefunden habe.

Aus der letzten Bestimmung und aus verschiedenen qualitativen Versuchen, die zu noch späteren Zeiten gemacht wurden, ergab sich die Bestätigung der längst bestehenden Annahme, dass auf einem trocken und sauber aufbewahrten Getreide die Anzahl der Keime stetig mit der Zeit abnimmt.

Wird die Gerste in der Brauerei verarbeitet, so macht sie erst einen Weichprozess durch. Hierbei wird Wasser verwendet, welches ebenfalls Mikroorganismen enthält, die durch die Weiche auf die Gerste gelangen und ein falsches Bild von der Anzahl der Urbewohner der Gerste geben würden. Für den vorliegenden Zweck musste die Gerste in sterilen Geräten und mit sterilem Wasser behandelt werden.

Die Einrichtung geschah in folgender Weise: (Abbild. 32)

Zwei Glasrohre von 30 mm innerer Weite und $\frac{1}{2}$ m Länge wurden durch ein Stück Gummischlauch an einander befestigt und auf beiden Seiten mit durchlochtem Gummistopfen versehen. Die Öffnungen wurden dann in bekannter Weise abgeschlossen. Das ausgedämpfte Doppelrohr wurde mit etwa 150 g der gereinigten Gerste und einer genügenden Menge sterilen Wassers beschickt. Durch häufiges Hin- und Herneigen wurde die Gerste gut im Wasser verteilt und benetzt, dann der Apparat senkrecht an einem Stativ befestigt. Das Weichwasser konnte beliebig oft erneuert werden, indem nur nötig war, den unteren Verschluss (aus Schlauch und Glasstöpsel bestehend) zu entfernen, um das Wasser

Nummer	in Summa	verflüssigende	Schimmelpilze
4	{ 95 800 1 700 000	900 15 900	300 1400
9	{ 11 600 895 000	800 6 600	600 1200
12	{ 68 200 245 200	900 7 100	200 500
19	{ 3 200 4 400	0 0	1100 1200

in ein untergestelltes Gefäss ablaufen zu lassen, und durch frisches Wasser zu ergänzen. Das Waschen der Gerste liess sich auf diese Weise leicht ausführen. Um das Hinzutreten neuer Keime zu verhüten, wurde der obere Stopfen mit einem abwärts gebogenen Glasrohr versehen.

Trotz der sorgfältigen Auswahl der Gerste trat bei jedem Weichversuch, mehr oder minder stark, ein unangenehmer Geruch auf, der desto stärker wurde, je länger die Gerste mit demselben Weichwasser in Berührung blieb. Überall da, wo dieser Geruch auftrat, war ein Termobakterium, *Proteus hom.*, zugegen, durch welches höchst wahrscheinlich der faulige Geruch veranlasst wird¹⁾.

Wenn die Gerste nicht gar zu lange mit diesem faulig riechenden Weichwasser in Berührung war, konnte der Geruch von der Gerste durch fleissiges Waschen mit Wasser entfernt werden.

Während der Weiche wurden Gase, wahrscheinlich Kohlensäure, Wasserstoff und Sumpfgas, entwickelt. An einem warmen Sommertage war die Entwicklung von Gas so stark, dass das Wasser 10—15 *ccm* stieg und reichlich überfloss, während überall an der Gerste Gasblasen sassen, die das Wasser verdrängten.

Bei der Untersuchung einer Weichprobe, die so behandelt war, wie es in der Praxis üblich ist, zeigte sich die Anzahl der Mikroorganismen innerhalb der Zahlen, die oben für eine quellreife Gerste aus der Versuchs- und Lehrbrauerei gefunden wurden. Die halben und verletzten Körner in der Praxis sind also in Bezug auf die endgültige Anzahl von Bakterien in der Weiche ohne Bedeutung, wenn nur sonst die Handhabung des Weichprozesses richtig ist. Die Übelstände, die verletzte und halbe Körner mit sich bringen, machen sich erst auf der Tenne bemerkbar.

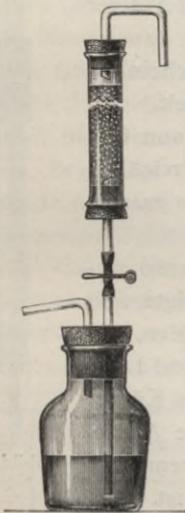
Einige Proben von normal mit sterilem Wasser geweicher Gerste



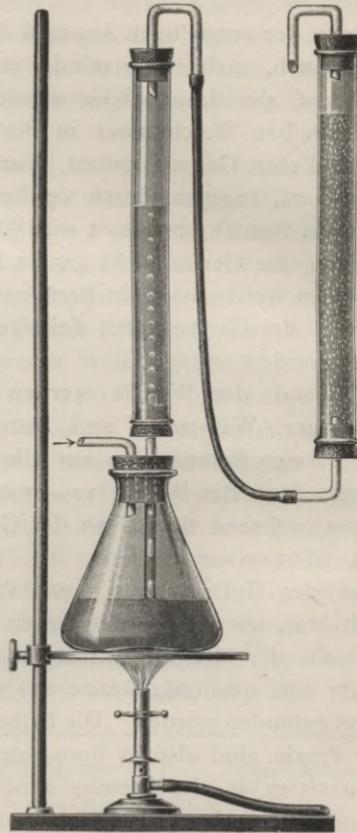
Abbild. 32.

1) Über den als Fäulnisbakterium bekannten *Proteus hom.*, der bei allen Getreideuntersuchungen am häufigsten auftrat, sowie über die anderen auf dem Getreide gefundenen Arten der Mikroorganismen soll in einer weiteren Arbeit berichtet werden.

wurden nun in demselben Rohre, nachdem das Wasser abgelassen und die oberen Rohre abgenommen waren, der Keimung bei gewöhnlicher Temperatur überlassen. Während aber die eine Probe während und nach der Weiche gelüftet und das Rohr unten für den Abfluss der ge-



Abbild. 33.



Abbild. 34.

bildeten Kohlensäure offen blieb, wurde die andere Probe nicht gelüftet und unten abgeschlossen.

Die Lüftung der Weiche geschah durch eine Anordnung, welche aus Abbild. 33 ersichtlich ist: Die Luft passiert ein Luftfilter, drückt auf den Wasserspiegel in der Flasche und treibt dasselbe in das aufrechtstehende Doppelrohr.

Ist der Wasserspiegel so weit gesunken, dass die untere Öffnung des Rohransatzes frei wird, so dringt Luft hinein, und diese durchstreicht die Gerste. Soll nicht mehr gelüftet werden, so stellt man die Luftzufuhr ab und schaltet die über der Flasche angegebene Klemme ein, um ein allmähliches Sinken des Wassers im Rohr zu verhindern. Das obere Rohr wird nach beendeter Weiche abgenommen und der Stopfen mit der abwärts gebogenen Röhre auf das untere Rohr gesetzt. Um die keimende Gerste zu lüften, wurde dasselbe Prinzip angewendet, wie aus Abbild. 34 ersichtlich ist. Das erste Rohr, welches von der Luft durchstrichen wird, dient dazu, dieselbe ordentlich mit Feuchtigkeit zu sättigen, damit das keimende Getreide durch den Luftstrom nicht ausgetrocknet wird. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft wird noch durch Erwärmung des von ihr zu durchstreichenden Wassers erhöht¹⁾. Die Lüftung bei dem vorliegenden Versuch geschah bei gewöhnlicher Temperatur sowohl von oben als auch von unten.

Am sechsten Tage wurden Proben von oben und unten entnommen und die Anzahl Keime festgestellt, welche sich auf 0,1 g der Gerste befanden.

		Gesamtzahl	in Würzelatine	anaërob gewachsen
Nr. 1 gelüftet	oben	27—28 Millionen	—	4000
	unten	220 Millionen	—	26 Millionen
Nr. 2 nicht gelüftet	oben	30—40 Millionen	15—16 Millionen	3—5 Millionen
	unten	15—20 Millionen	7—8 Millionen	—

Aus den beiden Versuchen lässt sich folgendes ersehen:

Bei der gelüfteten Gerste, also unter Bedingungen, wie sie ungefähr in der Mälzereipraxis stattfinden, tritt nach unten hin eine viel grössere Vermehrung von Bakterien auf als oben. Der Grund liegt darin, dass Wasser und Kohlensäure nach unten sinken und der Entwicklung von

1) Die Anstellung der Versuche ist etwas umständlicher beschrieben, als für den vorliegenden Artikel nötig erscheint, jedoch ist dies mit Rücksicht auf einen ferneren Artikel geschehen, in welchem ich auf die Anordnung und die Figuren zurückgreifen muss.

Bakterien förderlich sind, während oben in der Nähe der Oberfläche weniger Feuchtigkeit und Gegenwart von Luft die Entwicklung der Bakterien einschränken.

Es ist auffallend, dass die Vermehrung der Bakterien in so hohem Masse nach unten hin zunimmt. Hier wirkt jedenfalls nicht nur das allmählich nach unten hin sickernde Kondenswasser, welches vom Atmungsprozess der Gerste herrührt, sondern auch die in dem Wasser zurückgehaltene Kohlensäure. Denn auch in Versuch 2, wo wir doch an der Oberfläche sicher mehr Kohlensäure haben als in Versuch 1, ist die Anzahl der Bakterien grösser als hier. Bei Gegenwart von grösseren Mengen Kohlensäure tritt aber wiederum eine geringere Vermehrungskraft ein, was sich aus Nr. 2 unten ergibt, wo die Anzahl der Bakterien am geringsten ist, obgleich hier doch reichlich Wasser vorhanden war. Die Anzahl der anaeroben Bakterien wächst, je mehr Wasser und Kohlensäure vorhanden ist. In Nr. 2 unten war dieselbe sehr gross; die quantitative Bestimmung gelang in diesem Falle nicht, weil die Gelatine sehr schnell verflüssigt wurde. Die Probe Nr. 2 roch im hohen Grade faulig, während Nr. 1 in den oberen Teilen einen normalen Geruch hatte. Die vorliegenden Versuche bestätigen die für die Mälzereipraxis bekannten Vorschriften:

1. Man soll das Weichwasser häufig wechseln, besonders am Anfange.
2. Man soll auf der Tenne dafür sorgen, dass das kohlensäurehaltige Wasser gut abfließt.
3. Man soll für guten Luftzutritt sorgen.

Diese Vorschriften sind auch dann zu befolgen, wenn man eine ideal gute Gerste verarbeitet.

Nachträge.

Mit den Mikroben auf dem Getreide hat sich Verfasser noch längere Zeit beschäftigt, hatte aber nicht Gelegenheit die betreffenden Beobachtungen zu veröffentlichen.

Es sei kurz bemerkt, dass reichlich normale und wilde Hefen und Torulaarten gefunden wurden.

Von den Schimmelpilzen war am merkwürdigsten *Dematium pullulans* und zwar durch seine auffallende Variationsfähigkeit; ferner durch seine schleimige Beschaffenheit, wodurch er mehr als andere

Pilze befähigt ist, in feuchten Körnern eine Verstopfung der Poren zu verursachen, was eine Herabsetzung der Keimfähigkeit zur Folge hat.

Sonderbar ist auch der Umstand, dass dieser Pilz in einzelnen Entwicklungsstadien mit verdünnter Jodlösung intensive Blaufärbung gibt, als ob er aus Stärke besteht. Bei weitem am interessantesten ist sein Verhalten bei verschiedenen Temperaturen, auf welches hier nicht näher eingegangen werden kann.

Von Bakterien hat Verfasser, wie im Text bereits angegeben wurde, besonders die Proteusarten beobachtet, unter welchen wieder der Proteus hominis sich durch seine hervorragende Fähigkeit auszeichnete, auf der Gelatine auszuschwärmen.

Über Selbstverwundung und Atmung

II. Die Wirkung der Selbstverwundung von pflanzlichen
Nähr- und Fruchtsäften

Die Frage der Selbstverwundung und Selbstverwundung von Pflanzen, welche durch die Wirkung von Fruchtsäften hervorgerufen wird, ist eine der ältesten und wichtigsten der Wissenschaft und hat in neuerer Zeit eine besondere Bedeutung erlangt.

Am 17. VII. 1878 veröffentlichte der wissenschaftliche Botaniker Professor Dr. H. B. S. P. in München über die Selbstverwundung von Pflanzen eine Abhandlung, in welcher er sich über die Selbstverwundung und Selbstverwundung derselben ausspricht.

In dem Vortrag, welchen er über die Selbstverwundung von Pflanzen an der botanischen Fakultät in München gehalten hat, hat er die Selbstverwundung von Pflanzen als eine Art von Selbstverwundung bezeichnet, welche durch die Wirkung von Fruchtsäften hervorgerufen wird.

Die Selbstverwundung von Pflanzen ist eine Art von Selbstverwundung, welche durch die Wirkung von Fruchtsäften hervorgerufen wird. Sie ist eine Art von Selbstverwundung, welche durch die Wirkung von Fruchtsäften hervorgerufen wird. Sie ist eine Art von Selbstverwundung, welche durch die Wirkung von Fruchtsäften hervorgerufen wird.

Die Selbstverwundung von Pflanzen ist eine Art von Selbstverwundung, welche durch die Wirkung von Fruchtsäften hervorgerufen wird. Sie ist eine Art von Selbstverwundung, welche durch die Wirkung von Fruchtsäften hervorgerufen wird.

VI.

Über Selbsterwärmung und Atmung.

21. Ein Beitrag zur Selbstentzündung von pflanzlichen Nähr- und Futterstoffen.

Einleitung.

Die Frage der Selbsterhitzung und Selbstentzündung von Heu, Getreide, Kleie, Malz usw. hat den Praktiker von jeher viel beschäftigt, während ihr die Wissenschaft erst in neuerer Zeit mehr Aufmerksamkeit zuwendet.

Auf der XVIII. Generalversammlung der wissenschaftlichen Station für Brauerei in München hielt Herr Dr. Brand einen Vortrag über das Aufbewahren von fertigem Malz, in welchem er auch über die Selbsterwärmung und Selbstentzündung desselben sprach.

An den Vortrag schloss sich eine lebhafte Diskussion, welche das Interesse der beteiligten Kreise für diesen Gegenstand bewies.

Herr Professor Delbrück nahm in einer Vorlesung in der Berliner Brauerschule (Referat von Windisch, Wochenschrift für Brauerei 1895, Nr. 5) auf diesen Vortrag Bezug und betonte dann besonders, dass die Vermeidung von Temperaturdifferenzen im Malzhaufen von grosser Wichtigkeit ist, weil sonst aus wärmeren Stellen Wasser verdunstet und an kühlen Stellen wieder niedergeschlagen wird. Das hierbei gebildete Kondenswasser giebt natürlich den Mikroben willkommene Gelegenheit, sich kräftig zu vermehren.

Die nachfolgenden Experimente bilden die Anlage zu einem von Herrn Prof. Dr. Delbrück und mir abgefassten Gutachten, welches

sich auf einen im Jahre 1895 in der Scheune des Herrn Sch. zu E. stattgefundenen Kleiebrand bezieht. Die Versuche wurden Anfang Januar dieses Jahres (1897) begonnen und im wesentlichen Ende April abgeschlossen, bis auf die Experimente mit der elektrischen Glühlampe und einige Kontrollbestimmungen.

Die Arbeit zerfällt in zwei Teile, von welchen der erste die Versuche und der zweite Erläuterungen dazu bringt, so dass die Buchstaben und Zahlen in den beiden Teilen einander entsprechen. Eine Ausnahme machen die Experimente über Gärung und Gaswechsel welche unter I und V getrennt aufgeführt, in den Erläuterungen aber unter I zusammengezogen wurden.

Versuche.

Die Experimente wurden von folgenden Gesichtspunkten aus an- gestellt:

- I. Es musste erforscht werden, bis zu welchem Grade sich Kleie ohne äussere künstliche Wärmezuführung erwärmen kann: Selbsterhitzung.
- II. Es musste festgestellt werden, bei welcher niedrigsten Temperatur Selbstentzündung von Kleie stattfinden kann.
- III. Es musste festgestellt werden, ob die aus Kleie unter irgend welchen Umständen entstandene Kohle pyrophor ist oder nicht.

Hieran schliessen sich:

- IV. Experimente, welche die schwere Brennbarkeit der Kleie unter gewissen Bedingungen zeigen.
- V. Experimente über den Gaswechsel der Kleie unter ver- schiedenen Bedingungen.

I. Gärungen.

a) Einige 100 g Kleie wurden mit etwa der $2\frac{1}{2}$ -fachen Wassermenge bei 50° C. zur Gärung gebracht. Am andern Tage wurde diese gärende Masse, mit einer grösseren Menge Kleie und der nötigen Wassermenge vermischt, abermals bei 50° C. zur Gärung angesetzt. Dieses Verfahren wurde mehrere Male wiederholt, bis etwa 3 kg gärende Substanz vorhanden war, welche nun, ringsum von normaler Kleie umgeben, in einen Sack von 20 Liter Inhalt getan wurde. Der besseren

Handhabung wegen wurde dieser Sack in einen durchlochten Blechzylinder von 25 cm Durchmesser und 40 cm Höhe gesetzt, in welchen er gut hineinpasste. Das Blechgefäß stand in einem Kasten, der 55 cm Höhe, 56 cm Breite, 70 cm Länge hatte. An allen Seiten des Zylinders befand sich eine mindestens 15 cm dicke Schicht Watte, welche oberhalb des Gefäßes etwa 20 cm hoch aufgetragen wurde. Die Temperaturen wurden an einem langen Thermometer abgelesen, welches bis mitten in die Kleie hineinreichte. Die Anfangstemperatur bei diesem Versuch war 31° C. Sie stieg in 2 Tagen auf 50° , erreichte nach 3 Tagen ihr Maximum bei $50\frac{1}{2}^{\circ}$ C. und begann dann langsam zu sinken. Bakteriengärung. Der gärende Teil enthielt 59 pCt. Wasser.

b) Bei einem ferneren Versuche, der in ähnlicher Weise bei 35° C. angesetzt war, ging die Temperatur in 6 Stunden bis auf $27\frac{1}{2}^{\circ}$ zurück, stieg in den nächsten 18 Stunden bis auf 49° und sank dann langsam. Als der Versuch unterbrochen wurde, zeigte das Thermometer in der Mitte $48\frac{1}{2}^{\circ}$, etwas weiter nach oben 54° .

Noch weiter nach oben war eine lebhaft Schimmelbildung eingetreten, welche auch an der Peripherie in geringem Grade stattgefunden hatte. In der Mitte war die Masse durch die Bakteriengärung braun.

c) 2 kg Kleie wurden mit 2 Litern kochendem Wasser durchgerührt. Hierzu wurden 300—400 g Kleie genommen, welche ebenfalls mit kochendem Wasser angesetzt waren und 7 Tage bei 56° C. gestanden hatten. Die ganze Kleienmenge wurde wie bei den vorigen Versuchen angegeben, weiterbehandelt. Die Temperatur war nach dem Anstellen 50° und sie sank bis zum andern Morgen unter 35° . Dann stieg sie in 24 Stunden bis auf 56° , welches die höchste Temperatur ist, die ich bei meinen Gärversuchen beobachtet habe.

Die Kleie zeigte nach dem Aufschneiden des Sackes die gärende Masse scharf abgegrenzt von der normalen bzw. verschimmelten Kleie. Der gärende Teil war braun gefärbt, ungefähr wie Torf, roch nicht unangenehm säuerlich, genau wie Cichorie und zeigte saure Reaktion. Das mikroskopische Bild zeigte nur eine Art von Bakterien, welche Formen wie Heubazillus hatten.

Auch bei diesem Versuch zeigte sich oben eine kräftige, an der Peripherie eine geringe Schimmelbildung. Diese Schimmelvegetation gibt der davon betroffenen Kleie ein eigentümlich schmutzig weisses Aussehen.

d) $7\frac{1}{2}$ kg Kleie wurden mit 10 Liter kalten Wassers durchgerührt und in einen Sack getan. Dieser wurde in den durchlochtem Zylinder und der Zylinder in den Watekasten gestellt. Die Temperatur stieg langsam, hatte in 4 Tagen mit $45\frac{1}{2}^{\circ}$ C. ihr Maximum erreicht und sank dann langsam. Um zu sehen, ob etwa Sauerstoff eine Temperatur-Erhöhung veranlassen würde, leitete ich solchen aus einer Bombe ein, als das Temperatur-Maximum überschritten war. Es wurde aber gar keine Temperaturänderung bemerkt. Die Temperatur war etwas weiter nach oben $3-4^{\circ}$ höher. Beim Herausnehmen wurde bemerkt, dass auch diese Kleie sauer roch und reagierte und dunkler getarbt war als normale Kleie; doch traten diese Eigenschaften nicht so sehr hervor wie beim vorigen Versuch.

e) $1\frac{1}{2}$ kg Kleie wurden mit 3 Liter kochendem Wasser durchgerührt und in einen durchlochtem Zylinder von $17\frac{1}{2}$ cm Höhe und $16\frac{1}{2}$ cm Durchmesser gebracht. Dieses mit einem Deckel versehene Gefäss wurde mitten in einen grossen Sack Kleie, etwa 2 Ztr. enthaltend, getan. Der Sack wurde in eine grosse Kiste gestellt, auf deren Boden 10 cm hoch Sägespäne lagen. Rings um den Sack wurden Sägespäne eingeschüttet und noch über dem Sack einige Dezimeter hoch aufgetragen. Die Kiste hatte 870 cm Breite, 1170 cm Länge, 660 cm Höhe. Die Sägespäne wurden hoch aufgehäuft, so dass die Gesamthöhe der Isolierungsschicht über einen Meter betrug.

Ein langes Thermometer reichte durch eine Öffnung des Deckels in die Mitte der Kleie hinein. Der untere Teil der Skala war noch von Sägespänen bedeckt, so dass immer nur wenig vom Quecksilberfaden zu sehen war. Kurze Zeit nach dem Anstellen betrug die Temperatur 65° ; am andern Tage war sie bis unter 27° zurückgegangen und stieg dann langsam. Nach 16 Tagen war die Maximaltemperatur von 53° C. erreicht; sie hielt sich einige Tage auf derselben Höhe und begann dann langsam zu sinken, so dass sie einen Monat nach dem Beginn des Versuchs auf 46° C. stand. —

Das durchlochtem Gefäss wurde herausgenommen und zeigte wie gewöhnlich als äussere Umgebung eine geringe Schimmelbildung, welche besonders an solchen Stellen auftrat, wo die Kleie Lufträume hatte. Im Innern war die Gärung durch Bakterien veranlasst, welche das Aussehen der Kleie aber nicht sehr geändert hatte. In diesem Falle war der Geruch aber nicht sauer, sondern teils faulig, teils nach

Heringslake, teils nach Pferdemist riechend. Der faulige Geruch war am hervortretendsten. Hierbei hatten sich trotz der niedrigen Temperatur braune bis schwarze Destillationsprodukte gebildet, welche sich am Deckel des Gefässes niedergeschlagen hatten. Auch diese entwickelten einen fauligen Geruch.

Weil diese Probe mit verhältnismässig viel Wasser versetzt worden war, drang ein Teil der Flüssigkeit aus den seitlichen Öffnungen heraus. Es bildete sich ein fest zusammengebackener Klumpen, so dass die an der Aussenseite des Gefässes sitzende Kleie, welche teils schimmlig, teils faulig roch, nur schwierig vom Gefäss zu trennen war.

II. Versuche zur Feststellung der niedrigsten Temperatur, bei welcher sich Kleie selbst entzündet.

A. Versuche mit äusserer Wärmezuführung.

a) $\frac{1}{2}$ kg Kleie wurde ohne irgend welchen Wasserzusatz fest in einen Leinwandsack gestopft und dieser in einen auf 100° vorgewärmten Trockenschrank gesetzt, dessen Temperatur nun gesteigert wurde. Es trat Selbstentzündung ein, als das Thermometer im Trockenschrank 144° zeigte.

b) α . 1 kg Kleie im Sack gab nach 3--4 Stunden bei 170° Selbstentzündung. Die Kleie verbrannte über Nacht.

Bevor Rauch auftrat, machte sich auch hier wie bei sämtlichen Versuchen dieser Reihe ein eigentümlicher Geruch bemerkbar, der an geröstetes Brot erinnert und welcher bei weiterer Erhitzung brenzlich wurde.

β . In denselben Thermostaten wurde ein etwas grösserer Sack mit Kleie getan, der etwas Leinöl zugesetzt war. Nach 4 Stunden trat Rauch auf, und die Masse verbrannte, aber langsamer als in α . Das Öl hatte also keine Beschleunigung der Verbrennung bewirkt. Der Sack mit der brennenden Kleie, welcher auf einer Asbestplatte über Nacht gelegen hatte, sah gebräunt aus, aber nicht verkohlt. Es war kein Rauch zu sehen, und der Geruch war nicht besonders stark. Als ich den Sack mit einer Schere etwas aufschnitt, kam eine Rauchwolke heraus, und das Innere, welches bis dahin nur langsam weiter geschwelt hatte, geriet in lebhaftes Glut. Diese wurde durch neugebildete Asche gleich verringert, und die Kleie schwelte langsam bis zum andern Tage

weiter, bis schliesslich nur Asche und eine äussere Schicht zurückblieb. Die auffallende äussere Schicht, welche bei allen Versuchen dieser Reihe, und auch bei den unter III angegebenen Experimenten auftrat, bestand in diesem Falle aus dem Sack und einer daran haftenden verkohlten Kleieschicht. Bei den meisten gelungenen Proben, wie auch bei diesen beiden letzten war der Sack nur an einer kleinen Stelle durchgebrannt, von wo aus die Glut in das Innere weiter ging und die Kleie aufzehrte.

c) Zwei Beutel aus grober Leinwand, von denen der eine mit vorgetrockneter, der andere mit normaler Kleie gefüllt war, wurden in einen Trockenschrank gestellt, welcher auf 150° C. vorgewärmt war. Die Temperatur sank in kurzer Zeit unter 140° und stieg langsam auf 180° . Der Beutel mit der vorgetrockneten Kleie entwickelte nach 3 Stunden Rauch und wurde $\frac{3}{4}$ Stunden später, als er stark qualmte, herausgenommen. Etwa $\frac{1}{3}$ von der Auflagefläche des Sackes war dunkel gebräunt bis nahezu schwarz. An keiner Stelle war der Sack durchgebrannt. Die Masse rauchte immer stärker und erregte starken Husten. Schliesslich fing sie an zu glühen und verbrannte in etwa 12 Stunden. Der andere Sack mit der normalen Kleie entzündete sich nicht.

d) In einem Trockenschrank differierten an beiden Seiten die Temperaturen je nach deren Höhe $10-15^{\circ}$ C.¹⁾ Für dieses Experiment wurde der Schrank vorgewärmt und zeigte links 121° , rechts 135° . Die Thermometer waren etwa 1 cm über der als Unterlage dienenden Asbestplatte befestigt. Das Thermometer links stak in etwa 2 kg Kleie, die sich in einem Pappkasten befanden. Um zu beobachten, ob Holz irgend einen Einfluss auf den Gang der Erhitzung habe, wurde ein Stück Kienholz schräg in die Kleie und in gleicher Entfernung von Thermometer und Seitenwand hineingesteckt.

Der Verlauf des Experiments ist aus Tabelle auf S. 218 zu ersehen.

Um $6\frac{1}{2}$ Uhr wurde das Gas abgedreht. Am nächsten Morgen war die Temperatur in der Kleie bis auf 238° gestiegen. Vom Thermometer bis zum Holz ging ein dunkler Streifen, der sich nach einiger Zeit schnell über die ganze Oberfläche der Kleie ausbreitete,

1) Der Thermostat stand mit einer Seite dicht an der Wand und zeigte daher hier höhere Temperaturen als auf der andern Seite.

Uhr	Temperatur in der Kleie °C. — (121° ausserhalb der Kleie) ¹⁾	Temperatur im Schrank °C. 135
10 ¹ / ₄	50	127
11 ¹ / ₄	86	180
12 ³ / ₄	90	165
1 ¹ / ₄	88	164
2 ¹ / ₂	83	171
3 ¹ / ₂	81	167
4 ¹ / ₂	81	165
5 ¹ / ₂	83	174
6 ¹ / ₂	87 (150° ausserhalb der Kleie) ¹⁾	170

wahrscheinlich infolge der durch Öffnen des Schrankes hinzutretenden Luft. Hierbei trat am Thermometer und am Holz Rauch heraus. Zwei Stunden später war die Temperatur noch dieselbe. (Von 3¹/₂ Uhr bis zu dieser Zeit wurden die Angaben von den sehr zuverlässigen Dienern notiert.) Als ich am nächstfolgenden Tage hinzukam, fand ich die Masse fast vollständig verbrannt. Während der langsamen Verbrennung hatte auch eine trockene Destillation stattgefunden, denn die Wände des Trockenschrankes waren mit ölartigen Tröpfchen bedeckt, und eine schwarze, teerige und stark riechende Flüssigkeit war auf die Kacheln geflossen, auf denen der Schrank stand. Die Hitzeentwicklung war eine so riesige gewesen, dass aus dem Holz unterhalb der Kacheln eine Menge Harz herabgeträufelt war; dabei war die Entfernung der Kleie von den Kacheln etwa 33 bis 34 cm.

Bei einem ähnlichen Versuch hatte man nach Eintritt der Selbstentzündung das Thermometer vergessen herauszunehmen. Als man später nachsah, war nicht nur die Quecksilberkugel gesprungen, sondern das Glas war zum Teil geschmolzen, was auf eine sehr grosse Hitzewirkung schliessen lässt.

e) Der Versuch wurde unter denselben Bedingungen angestellt, es trat aber keine Selbstentzündung ein. Das Stück Holz war in der Kleie hell und unverändert geblieben, ausserhalb der Kleie war es gebräunt. Der Pappkasten war unten, wo er auf der Asbestplatte auflag, nur wenig gebräunt; im Innern, wo die Kleie auflag, war die Bräunung

1) D. h., das Thermometer würde bei Abwesenheit der Kleie an derselben Stelle 121 bzw. 150° gezeigt haben.

stärker. Die Kleie selbst war am Boden geschwärzt, von wo ab die Farbe nach oben rasch heller wurde. Am Boden war die Kleie ziemlich fest zusammengebacken.

f) Derselbe Versuch.

Uhr	Temperatur in der Kleie ° C.	Temperatur im Schrank ° C.
8 $\frac{1}{2}$	—	146
11 $\frac{1}{2}$	95	140
2	92	135
6	122	146
9	135	204

Es trat Selbstentzündung ein. Das Stück Holz war da, wo es durch die Mitte der Kleie ging, am meisten verkohlt und brach an der Stelle entzwei. Das unterste Ende, welches der Wärmequelle am nächsten lag, war nur teilweise verkohlt. Das aus der Kleie hervorragende Stück war wenig gebräunt wie beim vorigen Versuch.

g) Derselbe Versuch mit 10 pCt. Wasserzusatz gab keine Selbstentzündung. Die Kleie war fest zusammengebacken, besonders am Boden, wo die Heizwirkung am grössten war.

h) Zwei dichtgewebte leinene Säcke von je 1 Liter Inhalt wurden mit Kleie gefüllt, fest zugebunden und für je einen Thermometer eine Öffnung eingeschnitten. Beim Hineinlegen der Säcke zeigte der Schrank ungefähr 140° C. Ein Thermometer zwischen beiden Säcken zeigte die mittlere Temperatur des Schrankes an.

Der Verlauf des Experiments ist aus folgender Tabelle zu ersehen.

8 $\frac{1}{2}$ Uhr angestellt	Temperatur der Kleie links ° C.	Thermometer ° C.	Temperatur der Kleie rechts ° C.
9 $\frac{1}{2}$	53	131	69
10 $\frac{1}{2}$	73	140	85
11 $\frac{1}{2}$	77	142	95
3 $\frac{1}{2}$	94	140	124
4 $\frac{1}{2}$	83	125	113
5 $\frac{1}{2}$	96	160	140 riecht
6	102	165	165 Rauch
6 $\frac{1}{4}$	106	150	183 starker Qualm
6 $\frac{3}{4}$	145		

Die Kleie rechts verbrannte, während die Kleie links sich abkühlte. Der linke Sack war am Boden etwas angekohlt.

Die nicht angebrannte Kleie wurde am andern Morgen weiter erhitzt. Um 7 Uhr wurden die Flammen unter dem Trockenschrank angezündet.

Uhr	Temperatur der Kleie am Boden ° C.	Temperatur im Schrank ° C.
9	75	175
10	197	165
11	210	170

Die Entzündung fand statt und zwar war sie offenbar zwischen 9 und 10 Uhr eingetreten.

i) Dieser Versuch wurde wieder in einem Pappkasten angestellt. Die Kleie erhielt ein Thermometer in der Mitte und ein anderes an der Vorderseite. Beide waren bis auf den Boden in die Kleie gesteckt.

Uhr	Temperatur in der Kleie		Temperatur im Schrank ° C.
	Mitte ° C.	Seite ° C.	
1 ¹ / ₂	83	100	150
2	83	101	160
2 ¹ / ₂	83	105	160
3	85	108	165

Selbstentzündung wurde nicht abgewartet.

k) Ein kleiner Haufen Kleie wurde in den Trockenschrank auf Asbest gelegt, als die Temperatur darin 170° C. zeigte.

Uhr	Temperatur in der Kleie ° C.	Temperatur im Schrank ° C.
11	—	170
12	110	165
1	127	—
2 ¹ / ₂	128	136
3 ¹ / ₄	starker Qualm	145

Die Kleie brannte in der Mitte fort, während eine Randzone von Kleie zurückblieb.

l) Ein Sack wurde so aufgehängt, dass er weder die Wandungen noch die Unterlage berührte, welche aus einem durchlochtem Eisenblech mit darüber gelegter Asbestplatte bestand. Die Unterlage war 3—4 *cm* von dem doppelwandigen Boden des Schrankes entfernt. Der Schrank wurde stark erwärmt, so dass darin die Temperatur in 3 Stunden auf ungefähr 200° C. stieg. Der Sack schwärzte sich an der Stelle, wo er der

Unterlage am nächsten hing. Als sich lebhaft Rauch entwickelte, war die Temperatur in der Mitte der Kleie etwa 80°C . Der Sack wurde herausgenommen und begann in freier Luft immer stärker zu rauchen. Die Kleie war in der Mitte noch sehr nass und zeigte beim Auseinandernehmen nur an der einen Stelle Neigung zum Weiterbrennen. Die völlige Verbrennung der Kleie wurde nicht abgewartet, sondern der Sack der Kesselfeuerung überlassen.

m) Ein Sack mit Kleie wurde $50\text{--}60\text{ mm}$ von der Unterlage entfernt aufgehängt und der Thermostat erwärmt. Die Temperatur in der Kleie stieg in 7 Stunden auf 158°C ., im Schrank auf 197°C ., ohne dass Selbstentzündung eintrat. Der Sack war nur wenig gebräunt. Am nächsten Tage wurde weiter erhitzt. Die Temperatur stieg in 3 Stunden in der Kleie auf 170°C ., im Schrank auf 197°C . $\frac{3}{4}$ Stunden später brannte die Kleie, wobei das Thermometer 188°C . in der Kleie und 195°C . auf der Asbestplatte anzeigte. Es liess sich nicht sagen, ob das Thermometer in der Kleie an der heissesten Stelle steckte. Der Sack verbrannte zu einem kleinen Teile, während die Kleie im Innern total veraschte. Der Sack war aussen mit vielen kleinen Tröpfchen bedeckt, welche durch die trockene Destillation entstanden waren, und welche lebhaft brannten, wenn man denselben ein brennendes Streichholz näherte.

n) Ein Sack mit Kleie wurde $30\text{--}40\text{ mm}$ von der Unterlage entfernt aufgehängt. Ein Thermometer war so in die Kleie hineingesteckt, dass es am untern Teile den Sack berührte, also noch möglichst von der strahlenden Wärme der Unterlage getroffen werden musste.

Uhr	Schrank $^{\circ}\text{C}$.	Temperatur in der Kleie $^{\circ}\text{C}$.	
—	—	79	Bei diesen Temperaturen wurde die Kleie einige Stunden gehalten und abends das Gas abgedreht. Am nächsten Morgen um 7 Uhr wurde das Gas wieder angezündet
—	—	102	
$9\frac{1}{4}$	187	121	
$10\frac{3}{4}$	197	152	
12^{50}	182	164	
$1\frac{3}{4}$	182	166	
3	184	171	
5	195	178	
6	207	187	

Um 6 Uhr abends machte ich meine Beobachtungen, öffnete den Schrank, bemerkte zwar einen Darrgeruch, aber durchaus keinen Rauch; ich drehte das Gas ab, weil ich mir keinen Erfolg mehr von dem Experiment versprach. Als ich am nächsten Morgen nachsah, war die Kleie verbrannt. Der Sack war noch ziemlich erhalten und wie beim vorigen Experiment mit vielen leicht brennbaren Tröpfchen bedeckt.

o) Ein kleiner Sack Kleie wurde zur Selbstentzündung gebracht. Als starker Qualm auftrat, wurde der Sack aufgeschnitten. Die brennende Kleienprobe hatte alle Farbenschattierungen, von wenig gebräunt bis schwarz. Sie war ziemlich fest zusammengebacken und entwickelte einen starken, brenzlich riechenden Qualm. Man konnte einzelne Teile dieser Probe nicht in der Hand halten, weil die Hitzeentwicklung zu gross war. Liess man aber faustgrosse Stücke einige Sekunden liegen, so konnte man sie bequem in der Hand halten, obgleich sie innen weiter brannten.

p) Ein Haufen Stärke und ein Haufen Kleie von gleicher Grösse wurden einige Tage bei mehr als 100° C. getrocknet. Dann wurde die Temperatur gesteigert. Bei 176° C. trat Selbstentzündung der Kleie ein, während die Stärke am Boden verkohlt war, aber nicht brannte. Im übrigen sah die Stärke gelb aus und zeigte wenig Veränderung. Die verkohlte Stärke gab mit Jod keine Reaktion mehr. Die Selbstentzündung der Kleie wurde nach dem Abstellen der Wärmequellen nur mit Mühe unterdrückt indem man eine Glasschale darüber stülpte um den Sauerstoff der Luft möglichst abzuhalten. Die Kleie war an den Seiten dunkelbraun und gab lebhaftere Stärkereaktion. Die in der Mitte befindlichen Teile waren schwarz, gaben keine Stärkereaktion und zeigten unter dem Mikroskop keine oder geringe Struktur. Die Kleie war nur wenig zusammengebacken.

B. Versuche mit innerer Wärmequelle.

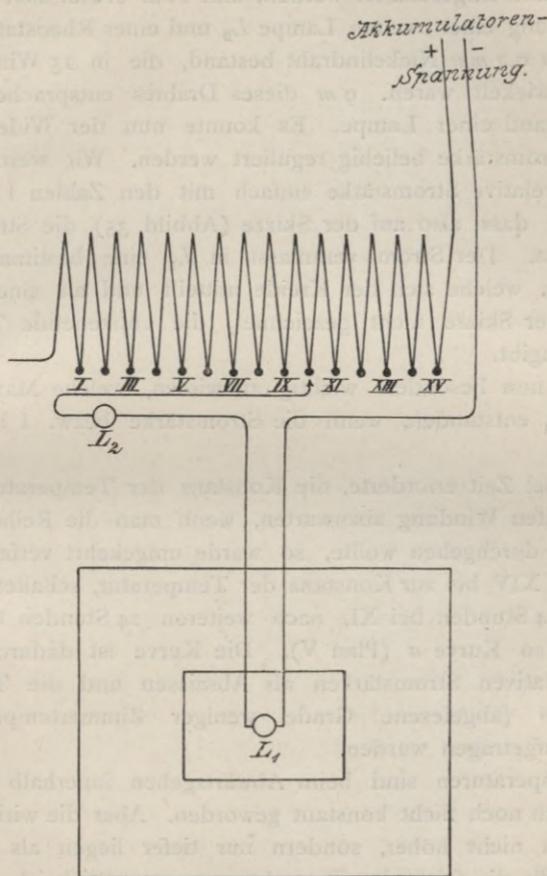
a) Versuch mit einem Dampfrohr, welches in Kleie gelegt und durch welches Dampf von 6 Atmosphären Spannung geschickt wurde. Dieser Versuch ist später kurz beschrieben und erläutert.

b) Versuche mit der elektrischen Glühlampe.

Nach einigen Vorversuchen wurden die Experimente in folgender Weise angestellt:

a) Eine Kiste von den Dimensionen 35 cm Länge, 22 cm Breite,

20 cm Höhe wurde mit Kreidepulver gefüllt, welches dieselbe Wärmeleitfähigkeit wie Kleie besitzt. In der Mitte des Pulvers wurde eine Glühlampe befestigt, deren Metallteile und obere Glasteile sorgfältig mit Asbestpapier umwickelt waren, so dass nur die eigentliche untere



Abbild. 35.

Glocke direkt von der Kreide berührt wurde. Dicht an der Glocke befand sich die Quecksilbersäule eines langen Thermometers. Die Kiste mit Kreide wurde in eine grössere mit Watte von den Dimensionen 55 cm Höhe, 56 cm Breite und 70 m Länge gestellt, und zwar so, dass

die kleine Kiste ringsum mit einer Watteschicht von mindestens 15 cm umgeben war. Wurde die Lampe L_1 (Abbild. 35) direkt mit den Akkumulatoren verbunden, so stieg die Temperatur in der Kreide bis zu einer Höhe, welche für unsere Zwecke sich nicht eignete. Es musste also Widerstand eingeschaltet werden, und zwar erwies sich als passend die Einschaltung einer zweiten Lampe L_2 und eines Rheostaten, welcher aus 11—12 m 0,2 mm Nickelindraht bestand, die in 15 Windungen um ein Brett gewickelt waren. 9 m dieses Drahtes entsprachen ungefähr dem Widerstand einer Lampe. Es konnte nun der Widerstand und damit die Stromstärke beliebig reguliert werden. Wir werden im folgenden die relative Stromstärke einfach mit den Zahlen I bis XV bezeichnen, so dass also auf der Skizze (Abbild. 35) die Stromstärke X angegeben ist. Der Strom veranlasst in L_1 eine bestimmte Wärmeentwicklung, welche sich der Kreide mitteilt und an einem Thermometer (in der Skizze nicht gezeichnet) die entstehende Temperatursteigerung angibt.

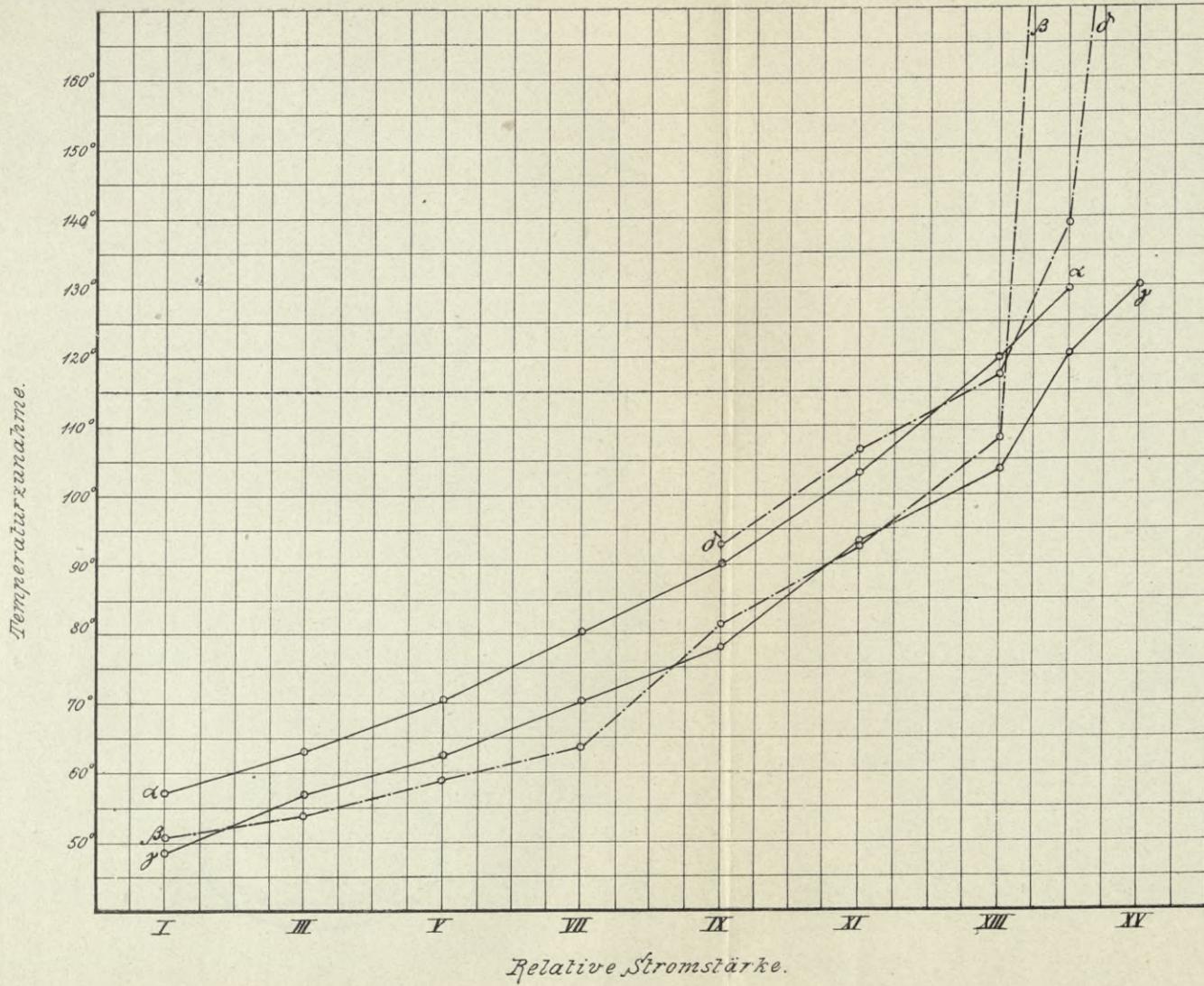
Es war nun besonders wichtig zu wissen, welche Maximaltemperaturen in L_1 entstanden, wenn die Stromstärke bzw. I bis XV vorhanden war.

Da es viel Zeit erforderte, die Konstanz der Temperatur auch nur in jeder zweiten Windung abzuwarten, wenn man die Reihe von I bis XV aufwärts durchgehen wollte, so wurde umgekehrt verfahren. Man schaltete bei XIV bis zur Konstanz der Temperatur, schaltete dann bei XIII, nach 24 Stunden bei XI, nach weiteren 24 Stunden bei IX usw. und erhielt so Kurve a (Plan V). Die Kurve ist dadurch erhalten, dass die relativen Stromstärken als Abszissen und die Temperaturerhöhungen (abgelesene Grade weniger Zimmertemperatur) als Ordinaten aufgetragen wurden.

Die Temperaturen sind beim Abwärtsgehen innerhalb 24 Stunden wahrscheinlich noch nicht konstant geworden. Aber die wirkliche Temperatur kann nicht höher, sondern nur tiefer liegen als die Kurve angibt, was für die folgenden Betrachtungen wesentlich ist.

β) Nach diesem Versuch wurde an Stelle des Kreidepulvers Kleie erwärmt. Es wurde bei I bis zur Temperatur-Konstanz geschaltet, dann jeden Tag um zwei Windungen weiterschaltet bis XIII, dann wieder am nächsten Tage auf XIV geschaltet.

Man sieht, dass die punktierte Linie β zwischen VII und IX un-



o o o

Plan V.



regelmässig verläuft, was vielleicht schon auf eine Oxydation oder einen Zerfall bei etwa $70 + 15 = 85^{\circ}$ C. schliessen lässt. Zwischen XIII und XIV stieg die Temperatur rapide. Bei etwa 240° C. wurde der Strom abgestellt, worauf die Temperatur beständig fiel.

γ) Der folgende Versuch wurde genau in derselben Weise mit Kreidepulver angestellt. Kurve γ verläuft sehr unregelmässig, was darauf zurückzuführen ist, dass hier immer nur eine Ablesung notiert wurde, während bei den beiden ersten Versuchen innerhalb mehrerer Stunden drei Ablesungen gemacht und aus ihnen das Mittel genommen wurde.

δ) Der Versuch mit Kleie wiederholt, indem bei XI angefangen wurde. Als hier die Temperatur konstant war, wurde weiter geschaltet und alle 24 Stunden eine Windung höher gegangen.

Die Resultate der Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die beiliegende Skizze (Plan V) gibt die graphische Darstellung, in welcher die vollen Linien den Verlauf der Erwärmung mit Kreidepulver, die punktierten Linien denjenigen mit Kleie bezeichnen.

Versuche mit Kreidepulver.

Stromstärke	Vorversuche	Versuch α Skala rückwärts geschaltet ° C.	Versuch γ Skala vorwärts geschaltet ° C.
	° C.		
I		70,1 - 13 = 57,1	64,4 - 16 = 48,4
III	70 - 15 = 55; 66,3 - 15 = 51,3	76,9 - 14 = 62,9	72,5 - 16 = 56,5
V	76,3 - 15 = 61,3	85,3 - 15 = 70,3	77,9 - 15,7 = 62,2
VII		96,0 - 16 = 80,0	86,0 - 15,8 = 70,2
IX		105,5 - 16 = 89,5	91,3 - 14,0 = 77,3
XI		118,9 - 16 = 102,9	109,0 - 16 = 93,0
XIII		136,3 - 17 = 119,3	120,6 - 17 = 103,6
XIV		146,3 - 17 = 129,3	138,1 - 18 = 120,1
XV		Temperatur nicht gemessen	151,0 - 21 = 130,0

Versuche mit Kleie.

	Vorversuch	Versuch β	Versuch δ
I		63,9 - 13,3 = 50,6	—
III	70 - 15 = 55	67,1 - 13,3 = 53,8	—
V		74,1 - 15,4 = 58,5	—
VII		79,5 - 16,4 = 63,1	—

	Vorversuch	Versuch b	Versuch d
IX		98,1 - 17,0 = 81,1	115,6 - 23 = 92,6
XI		111,6 - 19,0 = 92,6	119,0 - 23 = 96,0
XIII		125,3 - 17,5 = 107,8	141,0 - 24 = 117,0
XIV		über 240	163,0 - 24 = 139,0
XV		—	in einigen Stunden über 200°, dann abgestellt.

Versuche β und δ zeigen, dass die Kleie sich bei etwa 130° C. zersetzt. Die Zersetzung bei Versuch β ist plötzlicher eingetreten, wodurch auch die schnellere Temperaturerhöhung herrührt.

III. Experimente um aus Kleie pyrophore Kohle zu erhalten.

Die ersten Experimente nach dieser Richtung hin misslangen vollständig.

a) Heu wurde in einem Kolben über Asbest auf hohe Temperatur erhitzt. Nach dem Ausschütten der gebildeten Kohle erhielt ich einige Funken, aber im allgemeinen eine so geringe Feuererscheinung, dass dieselbe mit den Angaben Rankes¹⁾ nicht übereinstimmte.

b) Heu wurde in ein Rohr gestopft und dieses nach den Angaben Wohltmanns in eine feine Spitze ausgezogen. Nach stundenlangem Erhitzen auf 300° wurden die Rohre zerschlagen, ohne ein Resultat zu geben.

c) Heu wurde in einem Kolben von 200 ccm gestopft, darauf Wasser gegossen und nach 12 Stunden das überschüssige Wasser fortgetan. Auf das Heu, welches bis in den Hals reichte, wurde faseriger Asbest gepresst und der Hals des Kolbens zu einer Spitze mit feiner Öffnung ausgezogen. Das Heu wurde nun etwa 10—11 Stunden einer Hitze von 210—225° C. (die letzte Zahl zeigt immer die Endtemperatur an) ausgesetzt. Das Heu war nur zum Teil verkohlt. Als der Kolben zerschlagen wurde, erhielt ich zum ersten Male ein wirkliche pyrophore Kohle: Es geriet ein kleiner Teil der Kohle in Brand und veraschte.

d) Dasselbe Experiment gelang ohne Wasserzusatz nicht.

e) Feuchtes Heu in einem Bechergläse bei 230—240° C. einige Stunden erhitzt gab keine pyrophore Kohle, obgleich die Verkohlung weiter fortgeschritten war, als im Experiment c.

1) Literatur in den Erläuterungen.

f) Heu im Kolben mit einer 5prozentigen Leinöl-Emulsion versetzt und 6 Stunden bei 200—235° C. erhitzt, gab Selbstentzündung.

g) Heu wurde im Kolben mit einer 5prozentigen ätherischen Öllösung versetzt, die überschüssige Lösung am anderen Tage fortgegossen und der Äther im Wasserbade verdunstet. Der fast zugeschmolzene Kolben wurde 2—3 Stunden lang erhitzt. Nach dem Zerschlagen des Kolbens trat Selbstentzündung ein.

Bei diesem Experimente trat zum ersten Male ohne künstliches Anblasen eine grosse Flamme auf, während bis dahin in günstigen Fällen nur eine schwache Glut bemerkt wurde. In anderen Fällen bemerkte man nur eine kurze Rauchentwicklung, und erst später aus der Aschenbildung, dass pyrophore Kohle vorgelegen hatte.

h) Ein Kolben mit Kleie wie bei den vorhergehenden Experimenten eingerichtet, wurde 6 Stunden bei 200—235° erhitzt. Nach dem Zerschlagen desselben entzündete sich die Kleie von selbst.

Bei der Kleie verläuft der Vorgang in folgender Weise: Mit fortschreitender Verkohlung zieht sie sich ziemlich stark zusammen und die Wandung des Kolbens bedeckt sich mit zahllosen Tröpfchen, welche von der trockenen Destillation herrühren und wahrscheinlich mit jenen identisch sind, welche in Versuchsreihe II angegeben wurden.

Aus dem zerschlagenen Kolben rollt die zusammengebackene Masse und stösst wenig Rauch aus. Man bemerkt weiter nichts, und die Kleiekugel kann man ohne bedeutende Wärme zu spüren, bequem in der Hand halten. Am nächsten Tage findet man die Kugel noch äusserlich unverändert. Berührt man sie jedoch, so zerfällt sie, und man bemerkt, dass die Kugel gänzlich zu Asche verbrannt ist und nur eine dünne, äussere unveränderte Haut geblieben ist. Dieses Verhalten ist ganz ähnlich demjenigen, welches schon in der Versuchsreihe II näher beschrieben wurde, wenn sich Kleie in einem Sack bei 170° und darüber entzündete.

i) Alte und etwas frischere Kleie wurden unter denselben Bedingungen im Kolben verkohlt. Die Temperatur ging während vier Stunden von 200—250° C.

Nach dem Zerschlagen des Kolbens wurden beide Kugeln kräftig angeblasen. Sie gerieten beide in Brand und eine helle Flamme schlug 10—15 cm hoch auf, welche aber bald erlosch. Die Kugeln ver-

brannten dann in gewöhnlicher Weise bis auf eine dünne äussere Schicht.

k. α) Etwa 1 kg Kleie wurde in eine Flasche getan, zur Extraktion der Fette mit Äther übergossen und das Ganze unter mehrfachem Umschütteln stehen gelassen. Am anderen Tage wurde der Äther durch Leinwand abgegossen und durch frischen ersetzt.

Dasselbe Verfahren fand zum dritten Male statt. Hierauf wurde die Kleie auf Filtrierpapier ausgebreitet und der Rest des Äthers verdunstet. Ein Kolben wurde mit dieser extrahierten Kleie vollgestopft.

β) Ein Kolben wurde mit normaler Kleie vollgestopft. Beide Kolben wurden nicht ausgezogen, sondern nur mit einem Asbestpfropfen versehen und mehrere Stunden bis auf 250° erhitzt.

Beide Proben gaben nach dem Zerbrechen der Kolben in gleicher Weise Selbstentzündung.

Ein Teil des Ätherauszuges wurde eingedunstet; der Rückstand gab beim Erwärmen einen brenzlichen Geruch, der sehr an jenen erinnert, welcher beim Erwärmen der Kleie im Trockenschrank auftritt.

IV. Experimente, welche zeigen, dass unter bestimmten Umständen die erhitzte Kleie nicht von selbst weiter brennt.

a) Das Erhitzen einer Kleieprobe im Porzellantiegel mehrere Tage lang (mit Unterbrechung in der Nacht) bis auf 270° gab keine pyrophore Kohle.

b) Bei 170° C. mehrere Stunden im Tiegel erhitzt, zeigte die Kleie am Boden Schwärzung; sie war etwas zusammengebacken, sonst oben wenig verändert.

c) Kleie wurde im schräg gestellten Tiegel durch einen Bunsenbrenner an der Seite bis zur lebhaften Flammenbildung erhitzt. Nach Fortnahme des Brenners erlosch die Flamme und die Verkohlungs-schritt nicht weiter fort.

d) Kleie wurde im Tiegel bei 140° einige Stunden getrocknet, dann noch heiss über einen Bunsenbrenner gebracht und wie beim vorigen Versuch behandelt. Die Flamme brannte nach der Entfernung des Brenners immer schwächer und erlosch noch bevor auch nur die Oberfläche durchweg geschwärzt war. Die Kleie kühlte sich ab.

e) Eine Handvoll Kleie wurde auf einer Asbestplatte getrocknet, dann mit der Flamme entzündet. Die Oberfläche brannte eine Zeit-

lang, bald verlosch die Flamme und die darunter liegende Kleie blieb unverändert.

f) Ein Sack mit Kleie, der schon zu rauchen anfang, kühlte sich an der Luft ab und geriet nicht in Selbstentzündung. Am andern Tage wurde der Sack auf einen Dreifuss gelegt und eine Stelle mit einem darunter gestellten Bunsenbrenner so lange geglüht, bis eine Flamme entstand. Der Brenner wurde fortgenommen, und die Flamme erlosch nach kurzer Zeit. An derselben Stelle dauerte das durch den Bunsenbrenner verursachte Glühen noch einige Zeit fort, ohne aber weiter um sich zu greifen. Im Gegenteil kühlte sich die Masse bald ab, und an der gebrannten Stelle wurde eine dicke Kohlschicht festgestellt.

V. Experimente, welche sich auf den Gaswechsel in Kleie unter verschiedenen Bedingungen beziehen.

a) In einem Metallgefäß von etwa 20 Litern Inhalt, wurde Kleie zur Gärung gebracht, indem ein Teil der Kleie, etwa 5 kg, mit 7 bis 8 Litern kochendem Wasser versetzt wurde. Nach etwa 8 Tagen wurden die herausgesaugten mit Luft gemischten Gase untersucht.

Es wurde kein Ammoniak gefunden. Ferner wurde gefunden, dass die entwickelte Kohlensäure weniger als 10 Vol.-pCt. Wasserstoff enthielt. Näheres in den Erläuterungen.

b) Als Kleie mit kaltem Wasser in einem Kolben zur Gärung angesetzt und das Gasleitungsrohr unter Wasser gehalten wurde, bemerkte man ein deutliches Aufsteigen des Wassers. Auf diese Beobachtung hin wurde folgendes Experiment angestellt:

Drei Rohre von je $\frac{1}{2}$ m Länge wurden mit Kleie gefüllt, etwa die gleiche Gewichtsmenge Wasser hinzugefügt und die Rohre parallel zusammengefügt, aber so, dass die Luft die drei Rohre hintereinander durchstreichen konnte. Hierauf wurden sie in ein grosses Wasserbad gelegt, dieses erwärmt und Luft hindurchgesaugt. Die Temperatur des Wasserbades stieg in $3\frac{1}{2}$ Stunden auf etwa 88° C. Die Analyse im Orsatschen Apparat ergab folgende Werte:

bei 69° C.	4,3 ccm	Kohlensäure
	18,9 »	Sauerstoff
bei 80° C.	5,9 ccm	Kohlensäure
	16,6 »	Sauerstoff

bei 88° C.	5,2 ccm	Kohlensäure
	16,9 »	Sauerstoff
bei 93° C.	1,3 ccm	Kohlensäure
	19,4 »	Sauerstoff
bei 95° C.	1,0 ccm	Kohlensäure
	20,0 »	Sauerstoff

Dasselbe Experiment angestellt, aber die Kleie nur mit 10 pCt. Wasser angefeuchtet, gab ein ähnliches Resultat:

bei 29° C.	0,2 ccm	Kohlensäure
	19,5 »	Sauerstoff
bei 44° C.	1,4 ccm	Kohlensäure
	18,6 »	Sauerstoff
bei 55° C.	1,0 ccm	Kohlensäure
	19,2 »	Sauerstoff
bei 61° C.	0,6 ccm	Kohlensäure
	19,9 »	Sauerstoff
bei 70° C.	0,9 ccm	Kohlensäure
	20,1 »	Sauerstoff
bei 82° C.	2,9 ccm	Kohlensäure
	17,3 »	Sauerstoff
bei 87° C.	3,5 ccm	Kohlensäure
	16,5 »	Sauerstoff
bei 89° C.	0,1 ccm	Kohlensäure
	20,1 »	Sauerstoff

Das Gas, welches in den Röhren zurückblieb und bis zum anderen Tage abkühlte, ergab 0,7 ccm Kohlensäure, 19,8 ccm Sauerstoff. Die gewöhnliche Luft gab mit dem Orsatschen Apparat 0,1—0,2 ccm Kohlensäure und 20,7 ccm Sauerstoff.

Erläuterungen zu den Experimenten.

I.

Die Wärmequellen bei der Selbsterhitzung von Kleie sind ebenso wenig oder noch weniger erforscht als diejenigen von Heu, Getreide usw. Doch drängen sich bei der näheren Betrachtung der Umstände, unter denen Kleie gewonnen und aufbewahrt wird, einige Gedanken über die Ursachen der Selbsterhitzung auf, denen wir hier zur Prüfung näher treten wollen.

Die Wärmemengen, welche aus den nachfolgend angeführten

Quellen herrühren, könnte man leicht berechnen, wenn die Umsetzungen und die näheren physiologischen Vorgänge bekannt wären. Die verschiedenen Prozesse, seien sie physikalische, chemische oder physiologische, sind so wenig erforscht, dass man zur Anstellung von Berechnungen immer einige mehr oder weniger gewagte Voraussetzungen machen muss, wie es bei den meisten folgenden Berechnungen nötig sein wird. Trotzdem muss man dieselben heranziehen so weit es geht, weil man durch sie im grossen und ganzen eine ungefähre Vorstellung von der Wirkungsweise der fraglichen Vorgänge erlangen kann.

1. Die erste Wärmequelle gibt schon das Mahlen und die mechanische Bearbeitung der Kleie. Diese Wärmequelle kommt für Laboratoriumversuche nicht in Betracht.

2. Durch das Zerkleinern des Getreides werden die Millionen von kleinen Öl- und Fetttropfchen, welche zusammen eine sehr grosse Oberfläche besitzen, mehr der Luft ausgesetzt. Da die Fette und Öle zum Teil aus ungesättigten Verbindungen bestehen, welche Sauerstoff begierig aufnehmen, so tritt durch die Oberflächenwirkung eine Wärmequelle auf. Wenn man sich diesen Vorgang durch eine Rechnung klar macht, bemerkt man, dass trotz der 4 pCt. Fett, welche Kleie enthält, die Temperaturerhöhung doch nur sehr mässig ist, falls man annimmt, dass die Sauerstoffaufnahme nur bis zur Bildung gesättigter Verbindungen geht. Wir wollen voraussetzen, dass von den 4 pCt. Fett die Hälfte, also 2 pCt., aus ungesättigten Verbindungen besteht, wir wollen ferner annehmen, dass diese 2 pCt. Fett Leinölsäure sind, demnach pro Molekul 1 Molekul Sauerstoff aufnehmen können. Die Aufnahme von 1 Atom Sauerstoff entwickelt in organischen hochmolekularen Verbindungen ungefähr 50 000 Wärmeeinheiten pro Molekul. Das Molekulargewicht der Leinölsäure ist 252, welche durch Aufnahme von 2 Atomen Sauerstoff etwa 100 000 Wärmeeinheiten erzeugen. 1 g Leinölsäure erzeugt also $\frac{100\ 000}{252} = 400$ Wärmeeinheiten bei der Oxydation. In der Kleie ist aber nur $\frac{1}{50}$ der Säure vorhanden, folglich wird 1 g Kleie bei der Oxydation der Säure $\frac{400}{50} = 8$ Wärmeeinheiten erzeugen. Diese 8 Wärmeeinheiten werden das Gramm Kleie erwärmen, und da die Wärmekapazität derselben nur $\frac{1}{3}$ ist, so wird sie um $3 \times 8 = 24^\circ$ C. erwärmt werden, vorausgesetzt, dass keine Wärme verloren geht.

Wollte man statt Leinölsäure gewöhnliche Ölsäure annehmen, welche nur halb so viel Sauerstoff aufnimmt, so könnte die Wärmeerhöhung nur 12° C. betragen. Die entwickelte Wärmemenge könnte nur dann erheblich grösser sein, wenn man annehmen dürfte, dass die Fette und Öle nicht dabei bleiben, gesättigte Verbindungen zu bilden, sondern dass sie durch weitere Oxydation zerfallen.

Andererseits besitzen aber die Öle und Fette gerade bei höherer Temperatur ein stärkeres Oxydationsvermögen, so dass dieser die Selbsterhitzung fördernde Prozess vielleicht erst später eingreift.

Für die vorliegenden Untersuchungen können wir auch der zweiten Wärmequelle experimentell nur schwer näher treten, schon deshalb, weil durch das längere Lagern der Kleie eine weitgehende Oxydation eingetreten ist, bevor die Untersuchung in Angriff genommen wird.

3. Die Atmung. Es ist bekannt, dass lagerndes Getreide, Mehl usw. unter Wärmeentwicklung Kohlensäure und Wasser bildet unter Umständen, bei welchen die nächste Wärmequelle, die Gärung, noch nicht in Betracht gezogen werden kann. Die Aufmerksamkeit auf diesen Vorgang wurde durch eine Beobachtung gezogen, aus welcher hervorging, dass feuchte Kleie Sauerstoff absorbiert. Infolgedessen wurden Experimente angestellt, welche feststellen sollten, ob die Sauerstoffabsorption etwa auch bei höherer Temperatur und bei weniger feuchter Kleie eintritt.

Die Experimente sind unter Vb näher beschrieben und ergaben als Resultat, dass die Kleie, feuchte sowohl als ziemlich trockne, Sauerstoff absorbiert. Die Absorption wächst mit der Temperaturerhöhung, erreicht bei etwa $85-90^{\circ}$ C. das Maximum und hört plötzlich auf. Es scheint, als ob bei dieser Temperatur das Eiweiss (Protoplasma) gerinnt und damit die Sauerstoffaufnahme aufhört. In welchen Mengen der Sauerstoff aufgenommen wurde, konnte aus Mangel an Zeit nicht bestimmt werden. Es lässt sich auch nicht sagen, ob diese Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe etwas anderes ist als die normale Atmung bei niedriger Temperatur.

3. Die Gärung. Diese tritt dann ein, wenn der Wassergehalt und die Temperatur ein bestimmtes Minimum überschreiten. Mikroben sind stets vorhanden, entweder als Bakterien oder Schimmelpilze in vielen verschiedenen Arten. Es entwickeln sich diejenigen Organismen im Überschuss, denen die gebotenen Lebensbedingungen, d. h. der Nähr-

boden und die Temperatur, am besten zusagen. Bei der Lebenstätigkeit der Mikroben wird Wärme entwickelt, und zwar in einer solchen Masse, dass man schon bei der Gärung kleiner Mengen deutliche Temperaturerhöhung bemerkt, während sich bei den anderen vorher angeführten Wärmequellen eine solche nur dann bemerkbar macht, wenn die Substanzen in grossen, die Wärme schlecht fortleitenden Haufen liegen.

Die Vermehrung und die Lebenstätigkeit der Mikroben wird um so stärker, je höher die Temperatur steigt. Diese Temperaturerhöhung wird aber durch sie selber erzeugt. Es findet also eine wechselseitige Potenzierung statt, welche bis zu einem Maximum geht. Von hier ab wird die Lebenstätigkeit hemmend beeinflusst; die schwächeren Mikroben sterben ab, die stärkeren arbeiten weiter und erhöhen die Temperatur, bis sie schliesslich auch absterben oder Sporen bilden, welche bei günstigeren Bedingungen wieder aufleben. Der Verlauf der Gärung in grossen Haufen ist natürlich ein anderer als in Gefässen, die leicht abgekühlt werden, und wo die Gärung bald aufhört, weil das Nährmaterial aufgezehrt oder durch die Ausscheidungsprodukte vergiftet wird.

Durch die Atmung der Kleie wird Wasser erzeugt. Wird dieses an irgend einer Stelle zum Tropfen kondensiert, so kann dieser der Herd einer Mikrobenentwicklung werden. Das Wachstum und die Vermehrung der kleinen Lebewesen ist ebenfalls von einer Wasserausscheidung begleitet, welche wiederum anderen Individuen das Fortleben erleichtert. Wir müssen annehmen, dass die Bakterien, von einem Zentrum ausgehend, sich entwickeln, durch den Lebensprozess Wärme erzeugen und sich radiär vor der selbstgebildeten Wärme zurückziehen. Hierdurch ziehen sie immer grössere Kugelschalen in Mitleidenschaft und verhindern zugleich, dass die im Zentrum gebildete Wärme entweichen kann.

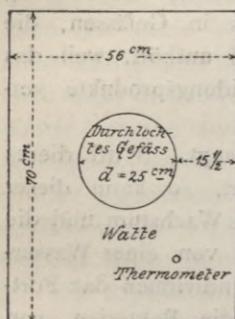
Falls die Gärung von mehreren Zentren ausgeht, werden die Wärme erzeugenden von Mikroben durchsetzten Kugelschalen interferieren, und der gesamte Verlauf der Selbsterhitzung wird beschleunigt werden.

Wie schon erwähnt, wird der Gärung eine Grenze gesetzt durch die wachsende Temperatur. Die höchste Temperatur, welche bei solchen Gärungen beobachtet worden ist, wurde durch Cohn mit 71°C . festgestellt. (F. Cohn, Vortrag am 15. Juni 1890. 68. Jahresbericht

der schles. Ges. für vaterl. Kultur 1890. Über Wärmeerzeugung durch Schimmelpilze und Bakterien.) Die Gärung geschah mit Stallmist und der Erreger war der Heubazillus.

Ich konnte mit Kleie nur eine Temperatur von 56° C. erreichen.

Die von mir angestellten Experimente sind unter Ia bis e näher beschrieben. Die Kleie wurde zur Einleitung der Gärung nicht künstlich geimpft, sondern es sollten die in ihr enthaltenen Mikroben zur Entwicklung gebracht werden. Bei einigen Experimenten habe ich die Kleie direkt mit kochendem Wasser behandelt, um von vornherein den thermophilen Organismen ein Übergewicht zu erteilen. Dieses Verfahren gab mir die besten Resultate, denn ich erhielt die höchsten Temperaturen, und das mikroskopische Bild zeigte nur eine Sorte von Mikroben, d. h. der Gärungsverlauf war ein reiner.



Abbild. 36.

Um die Wärmeabgabe möglichst zu beschränken, durften die angewendeten Kleiemengen nicht zu gering und die isolierenden Medien in nicht zu kleinen Dimensionen genommen werden. Die Ausmasse einer Versuchsanstellung sind schon früher angegeben; doch wird es wünschenswert sein, dieselben durch eine Skizze (Abbild. 36) deutlicher zu machen. Man sieht, dass eine Watteschicht von mindestens $1\frac{1}{2}$ cm das Gefäß mit Kleie umgibt, und es konnte angenommen werden, dass hierbei der Wärmeverlust ein sehr geringer sein würde. Doch wurde bei einem

Versuche mit Getreide festgestellt, dass auch hier der Wärmeverlust recht beträchtlich sein kann. In das durchlöcher-tes Gefäß war feuchte Gerste gebracht worden, welche durch Schimmelbildung Wärme entwickelte. In gleicher Entfernung vom Blechgefäß und von der äusseren Wandung steckte in der Watte ein Thermometer, welches einen etwaigen Wärmeübergang angeben sollte. Nachdem die Temperatur im Getreide 14 Tage lang ziemlich konstant geblieben war und sich nur wenig im Sinne der äusseren Temperatur änderte, wurde der Kasten in ein Zimmer geschafft, wo die Temperatur durch einen Siemens-Gasofen Tag und Nacht auf derselben Höhe gehalten wurde.

Man bemerkte hier deutlicher, dass sich die Innentemperatur mit

der des Zimmers änderte. Als das Zimmer einige Tage bei 19—20° C. gehalten worden war, wurde die Aussentemperatur an einem Tage plötzlich von 19½ auf 24° C. gebracht, Die Folge war, dass die Temperatur in der Watte in zwei Tagen ebensoviel stieg und dass auch die Temperatur im Getreide in dieser Zeit um 1½° C. höher ging.

Temperatur	23. Januar °C.	25. Januar °C.
Im Zimmer	19,5	24,0
In der Watte	23,0	27,5
Im Getreide	39,5	41,0

Man ersieht aus diesem Experiment, dass es bei Laboratoriumsversuchen nur in beschränktem Masse möglich ist, die Wärmeableitung zu verhindern.

Wenn wir in der Mitte irgend einer Kleiemenge eine Wärmequelle haben, so wird hier die Temperatur steigen. Ein Teil der Wärme wird aber nach aussen abgegeben, und solange dieser Teil geringer ist als die erzeugte Wärme selbst, wird die Temperatur in der Mitte höher gehen. Sobald Wärmeabgabe und Wärmequelle gleich sind, hört die Temperatursteigerung auf. Umgeben wir nun die Kleiemenge noch mit einer Wärmeschutzmasse oder, was ebenso wirkt, mit wärmerer Luft, so tritt in der Mitte der Kleie wieder so lange eine Wärmesteigerung auf, bis ein Gleichgewicht zwischen Wärmequelle und Wärmeabgabe stattfindet. Hieraus folgt, dass bei einer langsam verlaufenden Gärung die erzeugte Wärmemenge von der abgeleiteten bald erreicht und im Gleichgewicht gehalten wird und daher keine hohe Temperatur der Wärmequelle erzielt werden kann.

Verläuft die Gärung dagegen sehr schnell, so dass in kurzer Zeit viel Wärme entwickelt wird, so muss auch die Temperatur hochsteigen. Nur unter der Bedingung wird die Temperatur in beiden Fällen gleich hoch steigen, wenn das Ableitungsvermögen der Masse sehr gering ist.

Um bei Gärungen im Laboratorium eine möglichst hohe Temperatur zu erhalten, muss der Kleie eine bedeutende Quantität Wasser hinzugefügt werden.

In der Praxis liegt die Sache ganz anders. Hier ist meist nur so viel Wasser vorhanden, dass die Mikroben leben und sich vermehren können. Die grosse Masse und die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit

des Materials hält die Wärme zusammen, und diese kann dazu verwendet werden, um das überschüssige Wasser zu verdunsten und andere Umsetzungen einzuleiten.

Es lässt sich vorläufig gar nicht angeben, ob und wie viel andere Faktoren noch dabei beteiligt sind, solche Umsetzungen anzuregen. Wir wollen hier nur auf die Verkohlung organischer Substanzen näher eingehen, welche man unterscheiden kann in solche, die unter Abschluss der Luft (trockene Destillation) und solche, die unter Luftzutritt stattfindet. Bei der Mehrzahl der Fälle in der Praxis wird die Verkohlung nach beiden Richtungen hin ihren Verlauf nehmen.

Es mögen einige Beispiele angeführt werden.

1. Wenn man Dampfrohre mit Sägespänen umgibt, so verkohlen die letzteren im Laufe der Zeit. Es ist vorgekommen, dass sie in Brand gerieten, wenn man sie vom Rohr loslöste und damit der Luft aussetzte.

2. Wenn man sich eine verdünnte (käufliche) Milchsäure herstellt und von derselben kochend so viel zu Kleie setzt, dass diese etwa 5 pCt. Säure enthält und dann das gut durchgerührte Gemisch bei 90 bis 100° C. in einem Thermostaten stehen lässt, so tritt allmählich eine Karamelisierung ein, die sich durch den Geruch bemerkbar macht. Die Kleie wird, wo das Wasser verdunstet ist, immer dunkler und schliesslich schwarz, so dass offenbar eine Verkohlung stattfindet. Unter dem Mikroskop sieht man, dass besonders die Kleberzellen verkohlt sind.

Auch mit Wasser allein erwärmt zeigt die Kleie allmählich eine dunkle Färbung. Dieses tritt aber langsam und nicht so intensiv ein wie bei Zusatz von Säure.

3. Wird feuchtes Grünmalz gedarrt, so kann schon bei 60—65° C. Karamelisierung und damit Beginn der Verkohlung eintreten. Ob der lösliche Zucker oder die löslichen Eiweissstoffe diesem Prozess zuerst verfallen, ist noch nicht festgestellt.

4. Bei dem Versuche Ic bemerkte ich bei der Herausnahme der Kleie einen eigentümlichen, nicht unangenehmen Geruch nach Zichorie, der auch bei einer noch vorhandenen Probe deutlich wahrnehmbar ist. Die Masse war stark gebräunt wie Torf. Es war hier also eine Art Humusbildung, Vertorfung eingetreten, obgleich die Temperatur nur niedrig war und die Einwirkung nicht lange Zeit dauerte.

Diese Erscheinung ist noch weit deutlicher bei den Experimenten Cohns eingetreten (a. a. O.). Bei der Beschreibung des Experimentes mit Gras schildert er, dass dasselbe sich zuerst bräunte und dann bei etwa 57° C. in eine schwarzbraune, stallmistähnliche Masse verwandelte, welche bis auf die Hälfte zusammensank.

5. Bei Luftzutritt geht der Vertorfungs- und Verkohlungsprozess auch bei gewöhnlicher Temperatur beständig vor sich. Das beweisen die Torfmoore.

6. Holz, welches bei gewöhnlicher Temperatur einer beständigen Feuchtigkeit ausgesetzt ist, verfällt allmählich dem Verkohlungsprozess. Noch jüngst zeigte mir Herr Dr. Lindner ein Stück Holz, welches aus der Schwankhalle der Versuchsbrauerei herrührte und welches gänzlich einer richtigen befeuchteten Holzkohle glich. Die mikroskopische Untersuchung zeigte nur wenig Schimmelpilze, aber eine bedeutende Vegetation einer eigentümlichen Torulaart.

Wir sehen aus den Beispielen, dass eine Verkohlung unter recht verschiedenen Verhältnissen stattfinden kann, und dass die Tatsache der Verkohlung auch bei niedriger Temperatur fessteht. Ferner steht fest, dass die gärenden Massen einer bedeutenden Schwindung unterliegen. Beispiele hierfür sind das eben angeführte Experiment Cohns, wo das Gras auf die Hälfte zusammensank, dann Medem (Jahrbuch der Deutschen Landwirtschaft 1894), der einen Heuhaufen anführt, welcher auf den vierten Teil zusammensank.

Wir wollen nun zu beweisen suchen, dass diese Veränderungen nur unter grosser Wärmeentwicklung stattfinden können, wobei es ganz gleichgültig ist, durch welche Prozesse das Schwinden des Materials oder die Verkohlung desselben vor sich geht.

Dass bei der Zersetzung in der Regel Wärmeentwickelungen stattfinden müssen, ergibt sich aus folgender Betrachtung:

Die Pflanze hat die Eigenschaft, unter dem Einflusse des Sonnenlichts und der Sonnenwärme aus einfachen Körpern (Kohlensäure, Wasser, Stickstoff oder Salzen) solche von hochmolekularer Zusammensetzung zu erzeugen, indem sie unter Sauerstoffabgabe Wärme bindet. Solche Körper sind Stärke, Fett, Eiweissstoffe usw. Zerfällt der Körper in seine einfachen Bestandteile, gleichgültig durch welche Einwirkung, so müssen in demselben Masse wieder Wärmeeinheiten in Freiheit gesetzt werden.

Wir stellen uns eine doppelte Aufgabe:

1. Die Wärmeentwicklung resp. die Temperaturerhöhung soll festgestellt werden, wenn ein Teil des Materials vollständig verbrennt.

2. Die Wärmeentwicklung resp. die Temperaturerhöhung soll festgestellt werden, wenn das Material in Kohle und beliebige andere Bestandteile unter Luftabschluss zerfällt.

Im Kalender für die landwirtschaftlichen Gewerbe 1896, herausgegeben vom Verein der Spiritus-Fabrikanten Deutschlands, ist im Anhang von E. Wolf die Zusammensetzung der Futtermittel angegeben.

Unter ihnen sind zwei Arten von Kleie, von welchen wir hier die Mittelzahlen angeben und zugleich die Verbrennungswärmen für den betreffenden Prozentgehalt berechnen.

	Zusammensetzung	Verbrennungswärme pro Gewichtseinheit
Wasser	12,9 pCt.	—
Asche	3,9 »	—
Rohprotein	13,9 »	$\frac{5800 \cdot 13,9}{100} = 806$ Kal.
Rohfaser	8,1 »	$\frac{4180 \cdot 8,1}{100} = 339$ »
Stickstofffreie Extraktstoffe .	56,6 »	$\frac{4180 \cdot 56,6}{100} = 2366$ »
Fett	3,8 »	$\frac{9400 \cdot 3,8}{100} = 357$ »
		<hr/>
	Summa	3868 Kal.

Hieraus berechnet sich die Verbrennungswärme der Trockensubstanz zu 4440 Kalorien.

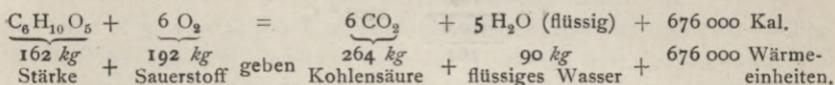
Die Zahlen sind der von Stohmann in der »Zeitschrift f. physik. Chemie« 1890, Heft 4, niedergelegten Zusammenstellung der »Verbrennungswärme organischer Verbindungen« entnommen, indem aus den entsprechenden Zahlen der Mittelwert berechnet wurde.

In derselben Zusammenstellung von Stohmann finden wir die Verbrennungswärme von Stärke zu 4180 pro Gewichtseinheit oder 676000 pro Molekül angegeben. Diese Verbrennungswärme ist zwar geringer als diejenige der Kleie, doch werden die folgenden Betrachtungen wesentlich vereinfacht, wenn wir sie zuerst auf die Stärke und erst nach den erhaltenen Resultaten auf die Kleie beziehen.

Die spezifische Wärme beider Körper ist jedenfalls als gleich anzunehmen.

Die erste Aufgabe, welche wir zu lösen haben, ist folgende:

Im Zentrum eines grossen Stärkehaufens seien durch irgendwelche Umstände von 2 kg Stärke 1 kg total zu Kohlensäure und Wasser verbrannt. Die dabei entwickelte Wärmemenge sei nur dem restierenden Kilogramm Stärke mitgeteilt, was wir uns so vorstellen können, dass ringsum das fragliche Kilogramm viele andere Kilogramm Stärke denselben Prozess durchgemacht haben, welche somit die Wärmeabgabe aus dem Zentrum verhindern. Welche Temperatur muss das Zentrum haben?



Auf 1 kg Stärke bezogen, würde man folgende Aufstellung erhalten:

$$1 \text{ kg Stärke} + \frac{192}{162} \text{ kg Sauerstoff geben } \frac{264}{162} \text{ kg Kohlensäure} + \frac{90}{162} \text{ kg flüssiges Wasser} + \frac{676\ 000}{162} \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Wir haben hier nicht mit flüssigem Wasser sondern mit Wasserdampf zu tun. Um 1 kg Wasser zu verdampfen werden 600 Wärmeeinheiten gebunden. Die $\frac{90}{162}$ kg Wasser werden also $\frac{54\ 000}{162}$ Wärmeeinheiten binden, welche von $\frac{676\ 000}{162}$ abzuziehen sind. Also werden bei der Verbrennung von 1 kg Stärke $\frac{676\ 000}{162} - \frac{54\ 000}{162} = \frac{622\ 000}{162}$ Wärmeeinheiten entwickelt; d. h. theoretisch könnte 1 kg Wasser um $\frac{622\ 000}{162} \text{ }^\circ\text{C.}$ erwärmt werden.

Diese Wärmemenge wird sowohl dem zurückbleibenden 1 kg Stärke als auch den bei der Verbrennung erzeugten Gasen mitgeteilt. Wenn wir also die entwickelte Wärmemenge dividieren durch diejenigen Wärmemengen, welche nötig sind, um alle in Frage kommenden Substanzen um einen Grad zu erwärmen, so erhalten wir die Temperaturerhöhung.¹⁾

1) Die Luft enthält 77 Gew.-pCt. Stickstoff und 23 Gew.-pCt. Sauerstoff; auf 16 kg Sauerstoff kommen also 53,6 kg Stickstoff, und auf 6 Kilogramm-Moleküle Sauerstoff kommen $12 \times 53,6$ kg Stickstoff.

	kg	spez. Wärme	
Kohlensäure	264	$\times 0,217$	= 57,28 Kal
Wasserdampf.	90	$\times 0,4805$	= 43,25 »
Stickstoff, welcher dem Sauerstoff beigemengt ist . . .	$12 \times 53,6^1$	$\times 0,2438$	= 156,80 »
Stärke.	162	$\times 0,33$	= 53,46 »
			<u>310,79 Kal.</u>

Da die Berechnung auf 1 kg Stärke zurückgeführt wird, so ist diese Zahl durch 162 zu teilen. Wir erhalten also eine Temperaturerhöhung.

$$t = \frac{\frac{622\ 000}{162}}{\frac{310,8}{162}} = 2001^\circ \text{ C.}$$

Rechnen wir noch die Temperatur der Umgebung hinzu, so erwir eine Temperatur von etwa $2015\text{--}2020^\circ \text{ C}$. Man ersieht aus der Rechnung auch gleich, dass Zähler und Nenner in gleicher Weise durch das Molekulargewicht geteilt werden, dass also die Temperaturerhöhung theoretisch unabhängig von der Menge ist.

In der Praxis ist diese Wärmeerhöhung von ihr aber sehr abhängig, weil bei kleinen Mengen (sofern die Verbrennung nicht plötzlich mit Flamme geschieht) die Wärme rasch fortgeleitet wird. Je grösser die in Frage kommende Masse und je schlechter das Leitungsvermögen des betreffenden Materials ist, desto näher kommt die im Zentrum gebildete Temperatur dem theoretischen Wert.

Die Wärmeleitung, die Ausstrahlung und andere Wärmeverluste lassen sich ausschalten durch Bildung möglichst grosser Haufen.

Auch die fehlerhafte Betrachtung, dass von 2 kg Stärke durch Zersetzung 1 kg Stärke zerstört wird und 1 kg Stärke zurückbleibt, während wir doch tatsächlich eine vertorfte oder verkohlte Substanz erhalten, deren Verbrennungswärme höher ist als diejenige der Stärke, wird in der nächsten Aufgabe richtig gestellt.

Aber ein anderer Faktor lässt sich nicht ausschalten, nämlich die Wirkung der in der Stärke (Kleie usw.) von vornherein enthaltenen

1) Die Luft enthält 77 Gew.-pCt. Stickstoff und 23 Gew.-pCt. Sauerstoff; auf 16 kg Sauerstoff kommen also 53,6 kg Stickstoff, und auf 6 Kilogramm-Moleküle Sauerstoff kommen $12 \times 53,6$ kg Stickstoff.

Wassermenge. Wir müssen also unsere obige Rechnung daraufhin korrigieren.

Normale Kleie enthält 12—13 pCt. Wasser. Ein Wassergehalt von 15 pCt. dürfte als ziemlich hoch zu betrachten sein. Wir wollen daher die Aufgabe lösen: Wie hoch würde sich unter den vorher angenommenen Bedingungen die Stärke erwärmen, wenn sie 15 pCt. Wasser enthält?

Auf 162 kg trockner Stärke kommen hiernach 28,6 kg Wasser. Dieselbe Menge Wasser hatte aber sowohl die verbrannte als auch die zurückgebliebene Stärke. Es sind folglich 57,2 kg Wasser pro 162 kg Stärke mehr zu verdampfen als bei der ersten Berechnung.

$600 \times 57,2 = 34\,300$ Kal. sind abzuziehen von 622 000. Es bleiben folglich 587 700 Kal., welche auch noch an das jetzt in Rechnung gestellte Wasser einen Teil der Wärme abgeben. Wir erhalten auf diese Weise schliesslich

$$t = \frac{587\,700}{310,8 + 57,2 \cdot 0,4805} = 1738 \text{ C.}$$

Mit Berücksichtigung der Aussentemperatur von etwa 15°C . könnte die Stärke theoretisch eine Temperatur von 1750°C . annehmen, wenn im Innern eines grossen Haufens durch Gärung, Atmung usw. eine grössere Masse bis auf die Hälfte verschwindet.

Da wir annehmen können, dass die Temperaturerhöhung innerhalb gewisser Grenzen proportional der Verbrennungswärme ist, so würde für eine Kleie mit 15 pCt. Wasser eine Verbrennungstemperatur von $\frac{4440 \times 1750}{4180} = 1860^\circ \text{C}$. resultieren.

Es könnte noch der Einwurf gemacht werden, dass die Annahme der vollständigen Verbrennung falsch sei, dass sich ausser Kohlensäure noch andere Gase bilden, z. B. Ammoniak, Wasserstoff usw. Da hier besonders die bei der Gärung gebildeten Gase in Frage kommen, so wurden diese in einem Falle untersucht.

Wie in Versuch Va erwähnt, wurde ausser Kohlensäure nur wenig Wasserstoff gefunden. Ammoniak konnte nicht nachgewiesen werden. Hier, wie in fast allen Fällen gab die gärende Masse bei reichlicher Kohlensäureentwicklung eine saure Reaktion.

Nur in einem Falle, Versuch Ie, war die Gärung schwach alkalisch verlaufen. Hier trat auch der Trimethylamin-Geruch und andere faulige

Gerichte auf, welche die Entwicklung von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen begleiten.

Es musste darauf verzichtet werden, diese Vorgänge näher zu studieren, weil auch hierbei die Bedingungen massgebend sind, unter welchen sich die Kleie in der Praxis befindet.

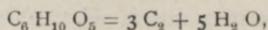
Es ist wahrscheinlich, dass bei geeigneten Bedingungen, besonders durch Impfen mit den entsprechenden Erregern, die Entwicklung von Ammoniak, Wasserstoff usw. in reichlicher Masse stattfinden kann. Aber diese Fälle werden in der Praxis wohl selten vorkommen, wobei dann eine Selbstentzündung viel schwieriger eintreten würde, als bei normaler Oxydation.

Jedenfalls ist durch Versuch Va, welcher fast bei Luftabschluss verlief, dargetan, dass selbst bei Bedingungen, die den anaëroben Mikroben günstig sind, die Kohlensäurebildung bevorzugt wird.

Es ist folglich anzunehmen, dass bei der normalen Gärung an gasförmigen Produkten, bis auf geringe Mengen Wasserstoff und Spuren von Kohlenwasserstoffen, nur Kohlensäure entsteht, weshalb die oben angegebene Berechnung der möglichen Wärmeerhöhung im wesentlichen bestehen bleibt.

Die zuletzt durchgesprochene Aufgabe setzte voraus, dass das verschwundene Material sich in Kohlensäure und Wasser umgesetzt hatte. Tatsächlich resultiert aber Kohle. Wir müssen uns hier die Frage vorlegen: Welches ist wohl die wahrscheinlichste Gleichung, nach welcher Kleie bezw. Stärke verkohlt?

Da die Kleie bei Anwendung einer inneren Wärmequelle, von welcher später die Rede sein wird, und unter Sauerstoffmangel ohne Bildung riechender Gase verkohlt, so hat die folgende Gleichung



nach welcher die Hauptmenge der Stärke glatt in Kohle und Wasser zerfällt, viel Wahrscheinlichkeit für sich. Die Annahme dieser Gleichung ist schon deshalb berechtigt, weil auch andere bekannte Prozesse in ähnlicher Weise verlaufen. Konzentrierte Schwefelsäure z. B. entzieht den Kohlenhydraten Wasser unter Abscheidung von Kohle. Wir wollen nun festzustellen suchen, ob bei diesem Zerfall Wärme aufgenommen oder abgegeben wird. Wir stellen die folgenden Wärme Gleichungen auf:

1. $C_6H_{10}O_5 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 5 H_2O$ (flüssig) + 676 000 Kal.
 1a. $C_6H_{10}O_5 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 5 H_2O$ (gasförmig) + 622 000 »¹⁾
 2. $6 C + 6 O_2 = 6 CO_2$ + 576 000 »

Ziehen wir Gleichung 2 von 1a ab, so erhalten wir

3. $C_6H_{10}O_5 - 6 C = 5 H_2O$ gasförmig + 46 000 Kal. oder
 $C_6H_{10}O_5 = 6 C + 5 H_2O$ gasförmig + 46 000 Kal.

Man sieht sofort, dass Wärme entwickelt wird, wenn Stärke in Kohle und Wasser zerfällt.

Die 46 000 freiwerdenden Kalorien teilen sich dem Wasserdampf und der Kohle mit.

Die spezifische Wärme des gasförmigen Wassers ist 0,48. Die spezifische Wärme der Kohle ist für die verschiedenen Temperaturen sehr verschieden. Für sehr hohe Temperatur ist sie etwa 0,47. Für niedrige Temperatur, etwa 130° C., von wo ab man die intensivere Verkohlung annehmen kann, ist sie 0,22. Die mittlere spezifische Wärme ist im Verlauf des Prozesses also etwa 0,35. Hieraus berechnen sich die Wärmemengen, welche die Temperatur der Kohle und des Wasserdampfes um 1° C. erhöhen, wie folgt:

$$\begin{array}{r} \text{Ko. spez. Wärme} \\ \text{Wasserdampf } 90 \times 0,48 = 43,2 \text{ Kal.} \\ \text{Kohle } . . . 72 \times 0,35 = 25,2 \text{ »} \\ \hline 68,4 \text{ Kal.} \end{array}$$

Die Temperaturerhöhung ist demnach

$$\frac{46\,000}{68,4} = 673^\circ$$

d. h. wenn Stärke in Kohle und Wasser zerfällt, kann theoretisch eine Temperatur von etwa 690° C. entstehen. Der Zerfall von Kleie in Stickstoff, Kohle und Wasser würde zweifellos eine noch höhere Temperatur hervorbringen. Wir haben somit in der Verkohlung eine fünfte Wärmequelle, zu welcher sich als sechste Wärmequelle die Sauerstoffabsorption durch die gebildete Kohle gesellt.

Der Zerfall von Kleie und Stärke kann aber auch nach verschiedenen anderen Richtungen stattfinden, wobei meist Wärme entwickelt wird.

Findet dagegen eine Wasserstoffentwicklung statt, so kann die

1) $5 \times 18 \times 600$ Wärmeeinheiten werden zur Vergasung des Wassers verbraucht.

Rechnung sogar eine Wärmeabsorption ergeben. Doch haben wir diesen Fall nicht zu berücksichtigen, denn

1. bei der Gärung wird kein oder nur wenig Wasserstoff entwickelt,
2. durch Experimente, welche später besprochen werden, ist bewiesen, dass tatsächlich bei der Verkohlung eine Temperaturerhöhung stattfindet.

Die hier durchgerechneten Aufgaben sind in der Praxis nicht von einander zu trennen; es wird weder eine vollkommene Verbrennung noch eine vollständige Verkohlung stattfinden. Die theoretische Verbrennungstemperatur wird sich also zwischen 700 und 1900° C. bewegen.

Da sich Kleie, wie Experimente zeigen, mit aller Sicherheit unter 200° C. entzündet, so würden nach den berechneten Beispielen nur Bruchteile der erzeugten Wärmemengen genügen, den Kleiehaufen in Brand zu setzen.

Wenn man bei den Laboratoriums-Gärungen nicht höhere Temperaturen erhält, als etwa 70° C., so liegt das an der Unmöglichkeit, die Wärme in geringen Substanzmengen aufzuspeichern. Die Verhältnisse in der Praxis sind im Laboratorium gar nicht zu erzeugen. Das Studium der Selbsterhitzung könnte erst dann als einwandfrei gelten, wenn Kleiehaufen von mindestens 2 m Höhe zur Verfügung ständen.

II A.

Die hierher gehörigen Experimente sollten feststellen, bei welchen niedrigsten Temperaturen Kleie zur Selbstentzündung gebracht werden kann. Diese Versuche waren sehr interessant, aber sie zeigten in Verbindung mit den unter IV angegebenen Experimenten, dass die Selbstentzündung mitunter äusserst leicht eintrat, während es unter anderen Bedingungen gar nicht möglich war, die zu lebhafter Flamme angezündete Kleie zum selbständigen Weiterbrennen zu bringen.

Wegen der langen Zeitdauer der Versuche und wegen der Unberechenbarkeit der Reaktionen, welche zum Teil bei Nacht, als jede Flamme abgedreht war, eintraten, war es mir leider nicht möglich, den Verlauf aller Entzündungen zu verfolgen. Einige Beobachtungen wurden in meiner Abwesenheit von den beiden zuverlässigen Dienern gemacht,

deren Angaben ich aufnahm, als ich mich durch weitere Experimente von der Richtigkeit derselben überzeigte.

Die Versuche wurden in einem doppelwandigen Trockenschrank angestellt, dessen durchlochte Unterlage mehrere Etagen höher oder tiefer gestellt werden konnte, und welche mit einer dicken Asbestplatte belegt war. Die Kleie wurde entweder fest in einen Pappkasten von 2 Liter Inhalt oder in einen Sack von 1—2 Liter Inhalt gestopft.

Im allgemeinen wurde festgestellt, dass die Kleie sich bei 170 bis 180° C. entzündete; andererseits waren Temperaturen über 200, ja 300° nötig, wieder in anderen Fällen war die Kleie schon in Brand geraten, wenn das darin stehende Thermometer noch weit unter 100° zeigte. Aus diesen Beobachtungen lässt sich ersehen, dass die Selbstentzündung von Kleie von ganz bestimmten Bedingungen abhängig ist.

Bei Versuch d ist bemerkenswert, dass die Kleie erst eine gewisse Trockenheit haben muss, bevor sie sich selbst entzündet. Dieses ist auch ganz erklärlich, denn vorhandenes Wasser würde ein über 100° C. höheres Steigen der Temperatur nicht gestatten, sondern eine weitere Wärmezuführung würde nur dazu dienen, das überschüssige Wasser zu verdunsten.

Wenn in der Praxis behauptet wird, dass Wasserzuführung die Selbstentzündung von Heu, Baumwolle oder Kleie herbeiführt, so rührt dieser Schluss aus einer falschen Erklärung der Tatsachen her. Man muss vielmehr annehmen, dass die betreffenden Stoffe im Innern eine hohe Glut beherbergen. Wird nun Wasser hinzugeführt und kommt dieses durch Hindurchsickern mit den Glutstellen in Berührung, so tritt eine mächtige Dampfwickelung ein, welche das Material sprengt, Risse schafft und den Sauerstoff der Luft eindringen lässt. Dieser findet natürlich in dem stellenweise noch glühenden Material einen willkommenen Angriffspunkt, die Glut zu heller Flamme anzufachen.

Der interessanteste Versuch ist e, welchen ich nicht ganz verfolgen konnte. Die abgelesenen Zahlen halte ich für richtig, wenn ich sie mit einem späteren Experimente i, welches in einem Sack angestellt war, vergleiche.

Ich vermutete, dass die Temperatur im Kasten ungleichmässig verteilt sein könnte, und stellte demgemäss den Versuch k an, welcher diese Vermutung bestätigte. Mit einem Sack habe ich dasselbe

Experiment nicht wiederholen können, weil mir die Zeit dazu fehlte. Doch dünkt es mich unwahrscheinlich, dass bei einem gleichmässig aufliegenden Sack eine grössere Differenz eintreten sollte. In Versuch i ist bemerkenswert, dass die Temperatur in drei Stunden auf 200° stieg, während dies sonst pro Stunde um $5-6^{\circ}$ geschah.

Diese Experimente beweisen auch, dass die Kleie schon pyrophor ist, wenn die gesamte Masse noch nicht die Siedetemperatur des Wassers erreicht hat und nur einzelne Stellen eine höhere Temperatur aufweisen.

Eine auffallende Reaktion trat ferner beim Experiment o ein, wo die Kleie ebenfalls erst nach dem Abstellen der Wärmequelle in Brand geriet. Hier war zwar die Temperatur des Schrankes ziemlich hoch. Der Beutel mit Kleie hing aber $30-40\text{ mm}$ von der Unterlage entfernt, und die Wärmezufuhr geschah nicht durch Strahlung und Leitung zugleich, wie bei den früheren Versuchen, wo der Beutel auflag, sondern durch Strahlung allein, was natürlich eine weit langsamere Wärmeaufspeicherung in der Kleie zur Folge hatte.

Den Verlauf der Entzündung kann man sich wie folgt denken: Die Wärme teilt sich gemäss der schlechten Leitungsfähigkeit der Kleie dieser nur langsam mit. Ist nun eine gewisse Temperaturhöhe erreicht so beginnen die chemischen Reaktionen, resp. der einfache Zufall, durch welche Wärme in Freiheit gesetzt wird. Wegen der schlechten Leitungsfähigkeit der Kleie kann diese frei gewordene Wärme nur langsam entweichen. Sie hat also Zeit, weitere chemische Zersetzungen einzuleiten, wodurch wieder Wärme entwickelt wird. Dieser Vorgang verursacht eine Anhäufung von Wärme und gegen 150° eine Entzündung. Aus dieser Betrachtung ist zu ersehen, dass eine Kleie höhere Temperatur zeigen kann wie der Schrank oder die Wärmequelle und dass doch keine Selbstentzündung eintritt.

Ich will hier eine Beobachtung mitteilen, die leider nicht von mir gemacht ist und die sich nicht zum zweiten Male zeigen wollte, an deren Richtigkeit ich nicht zweifle, weil sie sich aus den sonstigen Eigenschaften der Kleie leicht erklären lässt: Ich hatte um ein Kupferrohr einen überall durchlochten Kasten von etwa 50 cm Seite anbringen lassen. In den Kasten wurde Kleie getan und durch das Kupferrohr Dampf von 6 Atm. Spannung, also einer Temperatur von 166° C. , geschickt. Das Thermometer zeigte nach einigen Tagen

in Mitte der Kleie am Rohr 150° . Dann wurde der Dampf abgestellt und bald darauf mit 3 Atm. Druck hindurchgeschickt. Infolge dessen sank die Temperatur auf 132° , zeigte aber vier Stunden nach dieser letzten Beobachtung 187° , d. h. 20° höher als die der höchsten Wärmequelle! Am nächsten Tage war die Temperatur wieder auf 135° gesunken. Ich erkläre mir den Vorgang durch die Annahme, das beim Abstellen des Dampfes und der darauf folgenden Temperaturerniedrigung der Sauerstoff der Luft hinzutrat und eine plötzliche Wärmeerhöhung durch Oxydation veranlasste. Die Temperatur stieg dadurch, aber nicht bis zur Selbstentzündung, weil das gutleitende Kupferrohr die übermässige Wärme gleich fortleitete. Wäre an Stelle des Kupferrohrs irgend ein schlechter Leiter gewesen, so hätte unzweifelhaft Selbstentzündung stattgefunden. Diese Überlegungen führten mich dazu, die innere Wärmequelle in anderer Weise anzulegen. Bevor ich auf diesen Gegenstand eingehe, müssen einige Beobachtungen nochmals erwähnt werden, die bei der soeben besprochenen Reihe von Experimenten gemacht wurden.

1. Sämtliche Verbrennungen traten ohne oder mit kaum sichtbarer Feuererscheinung auf. Die Kleie veraschte unter Entwicklung eines stechenden Rauches, der in einigen Fällen gering, in anderen Fällen ziemlich bedeutend war, und dessen Menge, wie mir schien, mit dem Wassergehalt der Kleie im Zusammenhang stand. Trockene Kleie entwickelt weniger Rauch als nasse.

2. Die verbrannte Kleie bildete stets eine verkohlte Kruste. Die Säcke waren mehr oder weniger verkohlt, und an deren Innenseite sass eine verkohlte Kleiekruste.

3. Soviel ich beobachten konnte, ging der Selbstentzündung stets eine wenn auch geringe Verkohlung voraus.

Ob diese durchaus nötig ist, lässt sich nicht ohne weiteres sagen. Vielleicht liegen auch hier die Verhältnisse in der Praxis bei grossen Mengen anders. Wenigstens ist bei Heu (Medem, Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1883 S. 53—54) nachgewiesen, dass ein braunes, sonst dem Aussehen nach unverändertes Heu, pyrophor war, welches aber vom Vieh begierig gefressen wurde, also nur Anfänge von Verkohlung zeigte. Auch hier ist die pyrophore Eigenschaft sicher davon abhängig, dass das Heu gänzlich trocken ist und die Hitze begonnen hat, Zersetzungen unter Bräunung des Materials einzuleiten.

4. Wenn man Kleie bis zur Selbstentzündung erhitzt und dieselbe auseinanderbricht, tritt Rauch und eine so starke Hitze auf, dass man die Kleie nicht in der Hand halten kann. Lässt man sie aber einen Augenblick liegen, so kühlt sich die schlecht leitende Oberfläche ab und man kann nun die Kleie ruhig in der Hand halten. Die vor der Wärme schützende Oberfläche ist aber nicht etwa durch den Zutritt der Luft erzeugte Asche, sondern unverbrannte verkohlte Kleie. Die Glut zieht sich nach innen und erzeugt dort Asche, während die Oberfläche unverändert bleibt.

5. Auf der Hülle der verbrannten Kleie bilden sich kleine Tröpfchen (Destillationsprodukte), welche bei Annäherung eines brennenden Streichholzes lebhaft aufflammen.

II B.

Die sehr verschiedenen Resultate, welche ich bei der soeben besprochenen Versuchsreihe erhielt, schob ich auf die schlechte Wärmeleitung der Kleie, und sie veranlassten mich, nach einer Methode zu forschen, vermittels welcher sich im Innern der Kleie eine Wärmeanhäufung erzielen liess. Die Anwendung des elektrischen Stromes als Wärmeerzeuger war naheliegend, aber es war schwierig, die richtige Form zu finden, in welcher diese stattfinden konnte, ohne die Versuche über die gestattete Zeit auszudehnen. Die schliesslich angenommene Art des Versuches mit der Glühlampe, welche unter den Experimenten beschrieben ist, war genügend genau und gab auch die gewünschte Aufklärung. In anderer Beziehung ist es wünschenswert, den Versuch in einem fest verschlossenen Gefäss zu wiederholen, um die Sauerstoffaufnahme aus der Luft vollständig zu verhindern.

Bei der Anstellung des Experimentes war ich von der Voraussetzung ausgegangen, dass die Wärmeerzeugung des Stromes bei der Steigerung desselben eine Zersetzung herbeiführen müsste. Diese Zersetzung musste Wärme freigeben, ob Sauerstoff zur Kleie hinzutrat oder nicht, wie die beiden früher berechneten Aufgaben fordern. Die Voraussetzung erwies sich als richtig, denn bei 130° C. tritt ein deutlicher Zerfall unter Wärmeentwicklung ein.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass bei Versuch β die Wärmeentwicklung rapide ist, während sie bei Versuch δ viel langsamer stattfindet. Die Gründe für dieses Verhalten sind noch zu studieren.

Die Experimente zeigen, dass ein Temperaturüberschuss von 110 bis 120° über die Aussentemperatur nötig ist um den durch Wärmeentwicklung bemerkbaren Zerfall der Kleie unter den gewählten Bedingungen herbeizuführen. Der Schluss, dass nun auch erst bei dieser Temperatur die Zersetzung beginnt, wäre meiner Ansicht nach falsch. Die Zersetzung beginnt sicher viel früher, was sich auch aus dem Verlauf der graphischen Darstellung schliessen lässt. Die dabei entwickelte Wärme ist aber so gering, dass sie sich mit der Aussenwärme leicht ausgleichen kann und nicht zur Anstauung gelangt. Demnach müssten die Zersetzungstemperaturen bei Anwendung eines grösseren Haufens früher bemerkt werden.

Wir knüpfen nun an eine frühere Betrachtung an, nach welcher sich die Wärme in einem Zentrum durch Gärung und Atmung anhäuft. Die Kohlensäureentwicklung hört plötzlich bei 90° C. auf. Auch die Gärung kann bei diesen Temperaturen nicht mehr fortschreiten.

Aber andere Prozesse, die schon im Verein mit den früher angegebenen sich an der Zerstörung des Materials beteiligt haben, schreiten fort und verstärken ihre Wirkung mit wachsender Temperatur: Diese Prozesse sind:

- a) Die Sauerstoffaufnahme durch die Fette und Öle, die vielleicht nicht nur bis zur Sättigung der Verbindungen, sondern noch unter Zerfall stattfindet.
- b) Die Zersetzung des Materials durch die bei der Gärung gebildeten nicht flüchtigen Stoffe, z. B. Enzyme, Säuren usw., welche einen stufenweisen Abbau des Materials bis zur Verkohlung veranlassen.
- c) Die Verkohlung durch andere Prozesse, welche noch unbekannt sind.
- d) Die Sauerstoffaufnahme durch die auf beliebiger Weise gebildete Kohle.

Diese chemischen Vorgänge, besonders aber die, schon früher an mehreren Beispielen gezeigte, bei den verschiedensten Temperaturen mögliche Verkohlung, entwickeln genügend Wärme, um die Temperatur weiter zu steigern.

Bei jedem höheren Temperaturgrad wird der Zerfall und damit wieder die Temperatursteigerung beschleunigt, so dass die Tempe-

ratur von 130° C. in einer von verschiedenen Umständen abhängigen Zeit erreicht wird.

Wenn diese Temperatur erreicht ist, tritt ein rascher Zerfall des Materials ein, welche von einer gefährlichen Wärmeentwicklung begleitet wird. Da die Kleie sich gegen 150° bei Zutritt der Luft entzündet, so sind hiermit die Bedingungen erschöpft, welche den Erwärmungs- und Entzündungsprozess der Kleie veranlassen.

III.

Früher ist schon erwähnt, wie allgemein verbreitet der Verrotfungs- und Verkohlungsprozess ist. Torfmoore können pyrophor werden und in Brand geraten. Die Frage drängte sich auf, ob Kleie ähnlich wie Heu pyrophore Kohle bildet. Nach den soeben besprochenen Experimenten war dies wohl sehr wahrscheinlich, aber noch nicht bewiesen. Die Experimente, welche ich in bezug darauf mit Kleie machte, wollten anfangs nicht gelingen. Auch die ersten Versuche, welche ich mit Heu anstellte, gelangen nicht, obgleich ich mich genau nach den Vorschriften von Ranke (Liebig's Annalen Bd. 147, S. 360) und Wohltmann (Zeitschrift für Versicherungswesen 1894, N. 36) richtete. Ranke stellte seine Versuche im Becherglase oder im Kolben an, welche er im Ölbad bis über 300° erhitzte. Wohltmann benutzte Glasröhren, welche voll Heu gestopft und bis auf eine kaum sichtbare Öffnung ausgezogen wurden. Diese wurden im Trockenschrank über 200° erhitzt. Um grössere Mengen der Verkohlung auszusetzen und damit das Resultat sicherer zu gestalten, benutzte ich Kolben von 200 *ccm* Inhalt, deren Anwendung bei den einzelnen Experimenten näher beschrieben ist.

Man ersieht aus der Beschreibung der Experimente, dass diese erst unter bestimmten Bedingungen gelingen. Ich vermutete, dass die Verwendung von frischem Heu oder Grummet die Experimente von Wohltmann und Ranke gelingen liess und dass meine Experimente wegen der Verwendung von altem, abgelagerten Heu misslangen.

Um das letztere in einen dem frischen Heu etwas ähnlicheren Zustand zu versetzen, behandelte ich dasselbe vor der Verkohlung zuerst mit Wasser. Das Resultat war günstig und führte mich auf eine Ansicht welche durch einige folgende Experimente bestätigt zu werden schien. In den Pflanzen sind Öle und Fette vorhanden, welche aus Ver-

bindungen von unvollständig gesättigten Säuren mit Glycerin bestehen. Diese Verbindungen werden durch gespannten Wasserdampf zersetzt und das Glycerin durch die Dämpfe entführt. Es bleiben also Fette zurück, welche zum Teil leicht oxydierbar sind und bei diesem Prozess Wärme entwickeln. Diese Annahme schien die Ergebnisse der vorliegenden Experimente leicht zu erklären. Feuchtes Heu, im Becherglase erhitzt, gab keine pyrophore Kohle (Versuch IIIe), während dasselbe Experiment im ausgezogenen Kolben gemacht (Versuch IIIc) gelang. Ich nahm an, dass hier überhitzte Wasserdämpfe entstanden, welche nur unter grossem Widerstand durch den Asbestpfropfen und das enge Rohr entweichen konnten. Hierdurch wurden die Glyceride zersetzt und das Glycerin mit den Wasserdämpfen fortgeführt, während die Öle zurückblieben. Diese Auffassung wurde noch bestätigt, als ich bei ganz trockenem, ölhaltigem Heu (Versuch g) eine ausgezeichnete Selbstentzündung bei wenig über 200° gehender Erhitzung hatte.

Die Experimente, welche nun mit Kleie gemacht wurden, gelangen nach diesen Versuchen über Erwarten gut; sie bewiesen, dass pyrophore Kohle bei einer Temperatur von etwa 250° leicht entstehen kann.

Das Experiment *ka* widerspricht der vorhin aufgestellten Annahme; doch will ich hier auf die unzähligen Tröpfchen hinweisen, welche sich bei der Verbrennung im Beutel auf diesem und bei der Verkohlung im Kolben auf der inneren Glaswandung bemerkbar machen. Von diesen Tröpfchen habe ich schon früher gesprochen. Sie rühren von der trockenen Destillation her, haben das Aussehen von kleinen Fetttröpfchen und sind (wenigstens auf dem Sack, denn auf der Kolbenwandung habe ich den Versuch nicht gemacht) leicht entzündlich, mit Sprühregen brennend, wenn man ihnen ein brennendes Streichholz nähert. Es muss noch durch nähere Untersuchungen festgestellt werden, was dies für Verbindungen sind. Vielleicht sind es bei der trockenen Destillation entstehende Fette, Terpene, Öle, welche leicht Sauerstoff absorbieren und die Selbstentzündung erleichtern.

Worauf überhaupt die Pyrophorität der Kohle beruht, ist noch nicht sicher festgestellt. Man nimmt bis jetzt eine rapide Absorption von Sauerstoff und Verdichtung desselben durch die äusserst zahlreichen Poren verkohlter Substanzen an, wodurch Wärme erzeugt und der Oxydationsprozess eingeleitet wird.

Die hier angestellten Untersuchungen, welche auf die Ursachen der Pyrophorität gerichtet waren, haben ergeben, dass die pyrophore Kohle unter Umständen eine lebhaftere Reaktion auf Jodkalium — Stärkekleister ausübt, so dass die Gegenwart von Ozon sehr wahrscheinlich ist.

Ob hier wirklich Ozonbildung oder sonstige Aktivierung des Sauerstoffs stattfindet, muss der weiteren Forschung überlassen bleiben.

IV.

Unter dieser Nummer sind noch einige Experimente aufgeführt, über welche sich sonst nicht viel sagen lässt, welche aber zeigen, dass es unter Umständen recht schwierig ist, Kleie zum selbständigen Weiterbrennen zu bringen. Zur Erklärung dienen die im Abschnitt III gemachten Auseinandersetzungen.

Die unter V angeführten Experimente sind schon weiter oben erläutert.

Fassen wir die in der vorstehenden Arbeit festgestellten Tatsachen zusammen, so ergibt sich folgender Verlauf der Selbsterwärmung und Selbstentzündung von in grossen Massen gelagerter Kleie:

1. In der ruhenden Kleie findet fortgesetzt Wärmebildung statt durch die Atmung, indem unter Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft die organische Materie in Kohlensäure und Wasser umgewandelt wird.

2. Die gebildete Kohlensäure entweicht, und das gebildete Wasser macht die Kleie feucht. Das nunmehr warme und feuchte Material gerät durch die zur Entwicklung kommenden Mikroben in Gärung. Die Endprodukte der Gärung sind wiederum Kohlensäure und Wasser, neben geringen Mengen Kohlenwasserstoffen und Wasserstoff, sowie organischen Säuren, Enzymen usw. Auch durch diese Stoffumsetzungen wird Wärme erzeugt.

3. Die Gärung tritt schneller ein, wenn die Kleie vorher schon nass und warm war, es genügt aber zu ihrer Einleitung, das selbst-erzeugte Wasser.

4. Die Temperaturhöhe, welche hierbei im Kleinen entwickelt wird, ist von mir im Maximum auf 56° C. festgestellt. Herr Prof. Dr. Cohn, Breslau, erlangte bei seinen Versuchen mit anderem Material über 70° C.

5. Bei diesen Temperaturen setzt nun eine stärkere Oxydation ein, indem der Sauerstoff schneller aufgenommen wird. Die Temperatur in der Kleie steigt weiter, bis auch diese Oxydation bei 90° C. plötzlich aufhört.

6. Gärung und Atmung und die eben erwähnte stärkere Oxydation haben jetzt ihre Rolle ausgespielt.

Aber andere Prozesse, unter ihnen besonders diejenigen, welche die Verkohlung des Materials bewirken, schreiten unter Wärmeentwicklung fort und steigern langsam die Temperatur. Mit jedem höheren Wärmegrad wird die Zersetzung, und damit die Wärmesteigerung beschleunigt, so dass die Temperatur allmählich auf 130° C. gelangt.

7. Sobald diese Temperatur überschritten ist, findet eine sehr schnelle Selbsterwärmung statt, welche unter viel schnellerer Verkohlung und durch diese bedingt sich vollzieht.

8. Bei allen diesen Vorgängen wird Material verbraucht und zwar derartig, dass es bis auf die Hälfte und noch weiter zerstört werden kann.

Bei so weitgehenden Zersetzungen ergibt die theoretische Rechnung die Möglichkeit einer Temperatursteigerung bis 1900° C.

9. Das wirkliche Brennen der Kleie findet nach den angestellten Versuchen bei etwa 150 — 200° C. statt; die gebildeten Wärmemengen reichen also, wenn sie auch nur zu einem geringen Teile zur Anstauung kommen, in jedem Fall aus, die Selbstentzündung hervorzu-
bringen.

10. Diese ist aber durch den Zutritt des Sauerstoffs der Luft bedingt.

11. Die äusseren Wahrnehmungen, welche bei der Erwärmung bis zur Verbrennung gemacht werden, sind die folgenden:

- a) Die Farbe der Kleie verändert sich; sie wird dunkler und schliesslich schwarz.
 - b) Es tritt zuerst ein Röstgeruch auf, der später brandig wird.
 - c) Es tritt Rauch auf, welcher die Schleimhäute und die Augen reizt.
 - d) Die Asche hat ein ganz charakteristisches grau-weisses Aussehen und fühlt sich wie feiner Sand an.
 - e) Die brennende Kleie umgibt sich mit einer schlecht leitenden, verkohlten, aber unverbrannten Schicht.
-

Ich bin mir wohl bewusst, dass die vorstehenden Auseinandersetzungen nicht erschöpfend sind und an manchen Stellen der Klärung bedürfen. Doch muss mich die Kürze der bewilligten Zeit entschuldigen, in welcher es nicht möglich war, eine so umfangreiche Materie nach allen Richtungen hin zu bearbeiten. Es genügt für den vorliegenden Zweck, dass 1. die Möglichkeit der Selbstentzündung von Kleie festgestellt worden ist, und dass 2. die Bedingungen festgelegt sind, unter denen die Selbstentzündung erfolgen kann.

Nachschrift.

Auf der letzten Hauptversammlung der Zuckertechniker in Halle hielt Herr Dr. Herzfeld (Kulmsee) einen Vortrag über Selbstentzündung mit Experimenten.

Den Vortrag habe ich gehört; sie enthielten keine solchen Gesichtspunkte, welche veranlassen konnten, die hier niedergelegten Anschauungen abzuändern. Die Experimente habe ich nicht gesehen. Als ich mich über diese bei Herrn Dr. Herzfeld persönlich unter Angabe der Gründe informieren wollte, verwies er mich auf die Veröffentlichung des Vortrages, welche in etwa 14 Tagen erfolgen sollte. Da aber das Gutachten notwendig abgeliefert werden musste, so konnte ich nicht die Veröffentlichung abwarten. Ich weiss also nicht, ob die Experimente des Herrn Dr. Herzfeld nur mit Kohle oder auch mit weniger reduzierten Substanzen gemacht worden sind, und in wie weit sie zur Klärung der vorliegenden Frage beitragen.

22. Über Selbsterwärmung.

Von Dr. G. Marienhagen.

1. Einleitung.

Eine der Hauptaufgaben des Versuchs-Kornhauses ist es, die Bedingungen festzustellen, welche erforderlich sind, um den gesunden Zustand des Getreides, insbesondere die Keimfähigkeit sowie seine Backfähigkeit als auch die Quantität und Qualität seiner Materie zu erhalten. Da nun die Gesunderhaltung des Getreides die Vermeidung

aller Einflüsse einschliesst, durch welche es Schaden erleiden bezw. verderben kann, so hat die obige Aufgabe auch die Feststellung der Bedingungen zu behandeln, welche derartige Erscheinungen veranlassen. Zu diesen gehören die Selbsterwärmung, Schimmelbildung, Schwitzen, Auswuchs, Schwindung, Trocknen, ungeeignete Lagerung usw.

Von den schädlichen Einflüssen ist die der Selbsterwärmung von der grössten Tragweite für die Praxis, weshalb dieselbe im nachstehenden einer näheren Betrachtung unterzogen werden soll.

Um einerseits das Auftreten derselben verhindern und andererseits nach ihrem Entstehen das Getreide einer zweckmässigen Behandlung unterziehen zu können, muss man die Bedingungen kennen, unter denen sie entsteht. Das Wesen der Selbsterwärmung besteht darin, dass in einem Getreidehaufen durch den infolge von Wasserüberschuss gesteigerten Atmungsprozess mehr Wärme erzeugt als fortgeleitet wird und durch diese Wärmeansammlung die Temperatur des Getreides steigt, also die Aussentemperatur übertrifft. Jedoch nicht jeder Fall, in welchem das Getreide eine höhere Temperatur als die Aussentemperatur zeigt, ist eine Folge von Selbsterwärmung; es kann eine solche Erscheinung dadurch entstehen, dass die Aussentemperatur plötzlich sinkt, hingegen das Getreide, welches seine Temperatur nicht so schnell ändern kann, da es die Wärme langsamer leitet als die Atmosphäre, diejenige der letzteren übertrifft. Bei der Betrachtung des Beobachtungsmaterials dieser Erscheinung erscheint zunächst die Tatsache bemerkenswert, dass die Selbsterwärmung meist in der warmen Jahreszeit, besonders im Sommer und bei frisch geerntetem Getreide, auftritt. Dieser Hinweis dürfte genügen, um die Wichtigkeit der Temperaturbeobachtung darzutun. — Die gebräuchlichste Methode, in der Praxis selbsterwärmtes Getreide zu behandeln, besteht in der Vergrösserung der Berührungsfläche mit der Luft, indem man es flacher ausbreitet, bis es die Temperatur der äusseren Umgebung angenommen hat. Gesetzt nun den Fall, das Getreide hätte weiter keine Veränderung als den Temperatenausgleich mit der Luft erfahren, so müsste bei wiederholter Lagerung unter den ursprünglichen Bedingungen, also auch annähernd gleicher Lufttemperatur, die Selbsterwärmung in derselben Stärke wieder auftreten. Jedoch der folgende Fall aus der Praxis wird zeigen, dass dies nicht geschieht, sondern noch eine andere Erscheinung vor sich geht.

2. Selbsterwärmung von Mais.

Frisch geernteter Mais traf im Hochsommer (1901) im Kahn mit starker Selbsterwärmung für das Versuchs-Kornhaus hier ein. Die Schichthöhe, in welcher er gelagert war, betrug $1\frac{1}{2}$ — 2 m. Die höchste Temperatur war etwa $\frac{1}{4}$ m von der Oberfläche und betrug etwa 52° C. Das Getreide roch deutlich nach Alkohol, war schon stark vom Schimmel befallen und hatte den verhältnismässig niedrigen Wassergehalt von 16 pCt.

Das Entladen ging nur sehr langsam vor sich, da die Frucht nicht gleiten und nicht durch Siebe gehen wollte. Nach dem Umarbeiten zeigte der Mais nur einen Wassergehalt von 15 pCt. an. Es war also 1 pCt. Wasser durch diese Behandlung von der Atmosphäre aufgenommen. Von dem Mais, dessen Temperatur mit der Luft jetzt ausgeglichen war, wurden unter andern zwei Partien auf zwei gleichartigen Schüttböden von je $2\frac{1}{2}$ m Breite und je 4 m Länge gelagert und zwar die eine Partie in 2 m die andere in 1 m hoher Schicht. Da nun die Lufttemperatur in der nächsten Zeit annähernd gleich hoch blieb und die eine Partie Mais wieder in 2 m hoher Schicht gelagert wurde, also die äusseren Bedingungen annähernd dieselben waren wie im Kahne, so war es interessant zu wissen, welchen Einfluss der Verlust von ungefähr 1 pCt. Wasser auf die Selbsterwärmung ausüben würde. Ausserdem konnte man eventuell das Entstehen derselben sowie ihr Verhalten im Haufen von verschiedener Schichthöhe und an verschiedenen Stellen desselben Haufens beobachten. Da aber voraussichtlich die Temperatur an ein und derselben Stelle sehr schwanken würde, so wurde sie täglich abgelesen und durch die Zusammenstellung der Verlauf der Erwärmung festgestellt. Ferner wurde der augenblickliche Stand der Erwärmung durch gleichzeitige Temperaturbeobachtung an Stellen in verschiedener Höhe bestimmt. Im folgenden sind nun die einzelnen Fälle näher beschrieben.

3. Temperaturbeobachtungen in der 1 m hohen Schicht.

In der 1 m hohen Schicht wurde die Temperatur an zwei Stellen täglich beobachtet, deren Entfernung von oben $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ m betrug; der letzte Punkt lag also in der Mitte des Haufens. In der folgenden Tabelle I ist eine Zusammenstellung der Temperaturbeobachtungen wiedergegeben wodurch der Verlauf der Erwärmung der betreffenden

Stellen ersichtlich ist. Derselbe ist in beiden Fällen zunächst ansteigend bis zu einem Höhepunkte und beginnt darauf allmählich wieder einen tieferen Stand einzunehmen. In diesem Falle liegt das Maximum des Mittelpunktes tiefer als dasjenige der höheren Stelle.

Tabelle I.

Temperaturbeobachtungen in der 1 m hohen Schicht Mais.

Tag	Verlauf der Erwärmung.	
	Stelle D Entfernung $\frac{1}{4}$ m von der Oberfläche Temperatur ° C.	E $\frac{1}{2}$ m von der Oberfläche Temperatur ° C.
1.	—	27
2.	—	28 $\frac{1}{2}$
3.	—	29
4.	—	29 $\frac{1}{2}$
5.	—	—
6.	—	30
7.	29 $\frac{1}{2}$	30 $\frac{1}{2}$
8.	32	30 $\frac{1}{2}$
9.	34	30 $\frac{1}{2}$
10.	33 $\frac{3}{4}$	29 $\frac{1}{2}$
11.	—	28 $\frac{1}{2}$
12.	—	—
13.	34	26 $\frac{1}{4}$

Ferner wurde noch die Temperatur gleichzeitig an Stellen in verschiedener Höhe beobachtet; der Stand der Erwärmung, welcher sich hierdurch ergibt, ist durch die Tabelle II wiedergegeben. Auch hier liegt in beiden Fällen wie vorhin das Maximum der Temperatur $\frac{1}{4}$ m von oben, obgleich man annehmen sollte, dass im Mittelpunkte des Getreides die höchste Temperatur sich zeigen würde; denn dieser ist mehr als die anderen Stellen von der Wärme schlecht leitenden Getreideschicht beeinträchtigt, und die Wärme könnte sich hier am leichtesten aufhäufen. Wie diese Tatsache zu erklären ist, wird sich später zeigen.

Tabelle II.

Stand der Temperatur in der 1 m hohen Schicht Mais.

Tag	Entfernung von der Oberfläche cm	Temperatur ° C.
9.	8 $\frac{1}{2}$	26 $\frac{3}{4}$
9.	10 $\frac{1}{2}$	28
9.	12 $\frac{1}{2}$	29
9.	25	33 $\frac{3}{4}$
9.	50	29 $\frac{1}{2}$

4. Temperaturbeobachtungen in der 2 m hohen Schicht.

Die Temperaturen wurden täglich an drei Stellen beobachtet, welche $\frac{1}{2}$, 1 und $1\frac{1}{2}$ m von der Oberfläche entfernt waren. Der Verlauf der Erwärmung ist durch die Tabelle III dargestellt.

Tabelle III.

Temperaturbeobachtungen in der 2 m hohen Schicht Mais.

Verlauf der Erwärmung.

Tag	Stelle A	B	C
	$\frac{1}{2}$ m von der Oberfläche Temperatur ° C.	1 m von der Oberfläche Temperatur ° C.	$1\frac{1}{2}$ m von der Oberfläche Temperatur ° C.
1.	—	28 $\frac{1}{2}$	28 $\frac{1}{2}$
2.	—	29 $\frac{1}{2}$	29 $\frac{1}{2}$
3.	—	30 $\frac{1}{2}$	30 $\frac{1}{2}$
4.	—	31 $\frac{1}{2}$	31 $\frac{1}{2}$
5.	—	33	32 $\frac{3}{4}$
6.	—	—	—
7.	—	36 $\frac{3}{4}$	35 $\frac{1}{4}$
8.	38	39 $\frac{1}{4}$	36
9.	42	40 $\frac{1}{2}$	36
10.	44	41 $\frac{1}{2}$	36
11.	45	40 $\frac{3}{4}$	35 $\frac{1}{4}$
12.	44 $\frac{1}{2}$	40	34 $\frac{1}{2}$
13.	—	—	—
14.	42 $\frac{1}{2}$	38	32 $\frac{3}{4}$

Auch hier verläuft die Erwärmung an der höheren Stelle stärker als an der tieferliegenden und hat ein Maximum von 45° C. an dem höchsten Punkte $\frac{1}{2}$ m von oben.

Ebenfalls wurden auch Temperaturbeobachtungen gleichzeitig an Stellen in verschiedener Höhe aber derselben senkrechten Richtung gemacht. Der Verlauf dieser Beobachtungen ist in Tabelle IV angegeben. Hier liegt das Maximum von 46° C. $\frac{1}{4}$ m von oben, welches zugleich die höchste beobachtete Temperatur in diesem Getreidehaufen ist. Es ist wohl einleuchtend, dass die Stelle B Tabelle III einen stärkeren Verlauf der Erwärmung zeigt als Stelle C, da die Wärmeleitung nach aussen geringer ist. Obgleich man von diesem Standpunkt aus annehmen müsste, dass die Erwärmung von A mit C, etwa in gleicher Höhe verlaufen würde, zeigt sich im Gegenteil ein höherer Verlauf als in B. Die gleichartige Erscheinung zeigt sich auch auf

Tabelle IV, insofern nämlich die Mitte tiefere Temperaturen hat als die höher liegenden Stellen.

Tabelle IV.

Temperaturbeobachtungen in der 2 m hohen Schicht Mais.

Stand der Erwärmung am 11. Tage.

Entfernung von der Oberfläche cm	Temperatur ° C.
12 $\frac{1}{2}$	41
25	46
50	45
100	40 $\frac{3}{4}$
150	35 $\frac{1}{4}$

5. Vergleich der Selbsterwärmung in Haufen verschiedener Höhe.

Um den Einfluss der Schichthöhe auf die Selbsterwärmung kennen zu lernen, werden im folgenden die Beobachtungen an den beiden Partien Mais verglichen, welcher in der Höhe von 1 und 2 m unter dem Einfluss einer durchschnittlichen Lufttemperatur von 21 $\frac{1}{2}$ ° C. auf den Böden lagern. Die höhere Partie zeigte ein Maximum von 46° C. in $\frac{1}{4}$ m Tiefe und eine Differenz mit der Lufttemperatur von 24 $\frac{1}{2}$ ° C. Die 1 m hohe Partie dagegen hatte ihren Höhepunkt von 34° C. ebenfalls in $\frac{1}{4}$ m Tiefe und übertraf die Aussentemperatur um 12 $\frac{1}{2}$ ° C. Die Temperaturunterschiede können als Mass für die Selbsterwärmung gelten. Die Stärke der Erwärmung verhielt sich also wie 24 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$ oder wie 2 : 1, also in diesem Falle wie die Schichthöhen. Hätte man andererseits die Differenz zwischen der höchsten Temperatur des Mittelpunktes und der Aussentemperatur als Mass für die Stärke der Erwärmung angenommen, so würde man zu dem gleichen Resultat gelangen. Denn in der 2 m hohen Schicht betrug die höchste Temperatur im Mittelpunkte 41 $\frac{1}{2}$ ° C., mithin ihre Differenz mit der Lufttemperatur 20° C., hingegen zeigte die 1 m hohe Partie 30 $\frac{1}{2}$ ° C. als Maximum der Mitte, also eine Differenz von 9° C. Das Verhältniss war also wie 20 : 9 oder etwa wie 2 : 1. Die Selbsterwärmung verhielt sich in diesem Falle ebenfalls wie die Schichthöhen.

6. Wie ändert sich in einem Haufen die Temperatur in senkrechter Richtung?

In der 2 m hohen Partie betrug der Höhepunkt der Temperatur 36° , $41\frac{1}{2}^\circ$ und 45° C. in $\frac{1}{2}$ m, 1 m und $1\frac{1}{2}$ m Höhe (vom Boden aus gemessen), die Stärke der Erwärmung also:

° C.	° C.	° C.
36	$41\frac{1}{2}$	45
$21\frac{1}{2}$	$21\frac{1}{2}$	$21\frac{1}{2}$
$14\frac{1}{2}$	20	$23\frac{1}{2}$

Die Höhen verhielten sich wie $\frac{1}{2}$ m : 1 m : $1\frac{1}{2}$ m, die entsprechende Erwärmung wie $14\frac{1}{2}^\circ$: 20° : $23\frac{1}{2}^\circ$ C. Die letzte Temperatur ist ohne Zweifel etwas zu tief gefunden, da nämlich zur Zeit dieser Bestimmung die Aussentemperatur etwas gesunken war.

An die Stelle von $23\frac{1}{2}^\circ$ C. kann man daher richtiger etwa 25° C. setzen; dann würde also die Proportion lauten:

$$\frac{1}{2} \text{ m} : 1 \text{ m} : 1\frac{1}{2} \text{ m} = 15^\circ : 20^\circ : 25^\circ \text{ C.}$$

Die Erwärmung im Haufen wächst also mit der Höhe; in diesem Falle entspricht die Zunahme der Schichthöhe um $\frac{1}{2}$ m einer Temperaturerhöhung um 5° C. In grösserer Höhe ist die Temperatur niedriger, weil dort durch stärkere Verdunstung des Wassers sowie durch Ausstrahlung mehr Wärme fortgeführt wird.

7. Wie ändert sich die Selbsterwärmung an einem Punkte, dessen Höhe vom Boden gegeben ist, wenn die Höhe der darüber lagernden Getreideschicht geändert wird?

Es soll in diesem Falle der Mittelpunkt der 1 m hohen Partie in Betracht kommen, dessen Selbsterwärmung 9° C. betrug. Wie hoch würde letztere nun bei einer Schichthöhe sein, welche diesen Punkt um $1\frac{1}{2}$ m überragt. Man findet dieselbe in der 2 m hohen Partie und zwar an der Stelle, welche $1\frac{1}{2}$ m von oben entfernt und zugleich mit dem Mittelpunkte der 1 m hohen Partie in gleicher Höhe liegt; die Stärke der Erwärmung beträgt $14,5^\circ$ C. Die Selbsterwärmung ist also in einem Punkte um so grösser, je höher die darüber lagernde Getreideschicht.

8. Beobachtungen des Wassergehaltes in Mais.

Ausser den Temperaturbeobachtungen wurden noch Wasserbestimmungen in der 2 m hohen Partie Mais an Stellen in verschiedener Höhe gemacht.

In Tabelle V ist der damalige Stand des Wassergehaltes im Getreide und zugleich der entsprechende Temperaturstand wiedergegeben.

Tabelle V.

Beobachtungen über Temperatur und Wassergehalt in der 2 m hohen Partie Mais.

Tag	Entfernung von der Oberfläche <i>cm</i>	Temperatur ° C.	Wassergehalt pCt.
14.	19	—	16,85
14.	25	43	15,31
14.	50	42 ¹ / ₂	14,22
14.	85	—	14,34
14.	100	38	—

Auch bei einer anderen Partie Mais wurden Beobachtungen in dieser Hinsicht gemacht, welche in Tabelle VI dargestellt sind. Es findet sich hier eine auffallende Analogie zwischen dem Temperaturstande und dem Wassergehalte des Getreides; beide nehmen mit der Höhe zu.

Tabelle VI.

Beobachtungen über Temperatur und Wassergehalt in einer anderen Partie Mais.

Entfernung von der Oberfläche <i>cm</i>	Temperatur ° Ct.	Wassergehalt pCt.
25	42	16,18
50	41	—
80	38 ¹ / ₂	15,79

Wie schon erwähnt, sollte wegen der schlechten Wärmeleitung des Getreides die Mitte eine höhere Temperatur haben; die Tatsachen zeigen aber das Gegenteil, in diesen Fällen wenigstens. Daher muss eine besondere Ursache hierfür vorhanden sein, die in der Wanderung des Wassers, welche durch die warme Luftströmung nach oben geführt wird, eine genügende Erklärung findet. Denn wie bekannt, erhöht der Wassergehalt die Atmung des Getreides bedeutend. Es wird also unter

sonst gleichen Bedingungen die Stelle mit höherem Wassergehalt die höhere Temperatur haben.

Auch durch die vergleichende Betrachtung der 2 *m* hohen Partien Mais auf dem Boden und im Kahne, welche beide unter dem Einfluss einer durchschnittlichen Lufttemperatur von $21\frac{1}{2}^{\circ}$ C. lagerten, erkennt man den Einfluss des Wassergehaltes. Der Mais im Kahne hatte einen mittleren Wassergehalt von 16 pCt.; die höchste beobachtete Temperatur fand man in etwa $\frac{1}{4}$ *m* Tiefe. Dieselbe betrug etwa 53° C., während ihre Differenz mit der Aussentemperatur $31\frac{1}{2}^{\circ}$ C. ergab. Die Partie auf dem Boden hingegen hatte anfangs einen Wassergehalt von 15 pCt. und eine Höchsttemperatur von 46° C. in $\frac{1}{4}$ *m* Tiefe, welche also um etwa $24\frac{1}{2}^{\circ}$ C. die Lufttemperatur übertraf. Die Stärke der Selbsterwärmung nahm mit Verminderung des Wassergehalts ab und verhielt sich also in diesen beiden Fällen wie $31\frac{1}{2}:24\frac{1}{2}$ oder wie 20:15, während der Wassergehalt im Verhältnis von 16:15 stand. Die Erhöhung des Wassergehaltes um einen geringen Betrag steigert also die Temperatur verhältnismässig bedeutend.

23. Über die Atmung der Gerstenkörner.

Von Dr. R. Kolkwitz.

Privatdozent an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin.

I. Einleitung.

Über die Versuche, welche im folgenden beschrieben werden sollen, habe ich bereits eine vorläufige Mitteilung in den diesjährigen Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft (1901, Bd. XIX, Heft IV, S. 285 bis 287) unter dem Titel »Über die Atmung ruhender Samen« veröffentlicht.

Wie dort mitgeteilt ist, handelte es sich zunächst um die Prüfung der Frage, wie stark ruhende Samen atmen, d. h. wieviel Milligramm Sauerstoff sie aufnehmen und wieviel Milligramm Kohlensäure sie ausscheiden.

Ich habe mich darauf beschränken müssen, das Quantum abgegebener Kohlensäure zu messen, wiewohl auch eine genaue Prüfung der verbrauchten Sauerstoffmengen von Wichtigkeit gewesen wäre.

Es stellte sich aber bald heraus, dass die Atmung des untersuchten Materials so schwach war, dass sich einer exakten Bestimmung der aufgenommenen Sauerstoffmengen erhebliche Schwierigkeiten in den Weg stellten.

Die spärlichen Literaturangaben zeigen, dass das vorliegende Thema nur wenig und noch dazu unter Erzielung widersprechender Resultate bearbeitet worden ist. So sei beispielsweise erwähnt, dass Detmer¹⁾ und Kochs²⁾ auf Grund ihrer Versuche die Atmung trockener Samen leugnen, während van Tieghem und Bonnier,³⁾ sowie Müntz⁴⁾ solche konstatierten.

Die sicher ermittelte Tatsache, dass bei längerem Lagern von Samen deren Trockengewicht abnimmt, wenn auch nur ganz allmählich,⁵⁾ kann kaum einen Zweifel darüber lassen, dass auch trockene Körner noch atmen, und dass negative Resultate voraussichtlich ihren Grund in zu kurzer Versuchsdauer oder zu geringer Menge verwendeten Versuchsmaterials haben.

Nach dem eben Gesagten muss natürlich die Kohlensäureabgabe bei ruhenden Samen sehr gering sein. Da man nun weiss, dass poröse Körper gerade die Kohlensäure stark absorbieren, und diese Tatsache nach eigens hierauf gerichteten Versuchen auch von trockenen Körnern

1) Detmer, Über die Einwirkung verschiedener Gase auf Pflanzenzellen. Landwirtschaftl. Jahrb. Bd. 11, 1882, S. 229.

Detmer, Physiologie des Keimungsprozesses, 1880, S. 263.

Detmer, Das pflanzenphysiologische Praktikum, 2. Aufl. 1895, S. 113.

Vergl. auch Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. 1897, S. 576 und Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 1882, S. 487.

2) W. Kochs, Kann die Kontinuität der Lebensvorgänge zeitweilig völlig unterbrochen werden? Biolog. Centralbl. Bd. 10, 1890, S. 686.

Vergl. auch Flahault, *Éléments de biologie végétale*, 1901, S. 49.

3) van Tieghem et Bonnier, *Recherches sur la vie latente des graines*. Comptes rendus de l'Académie de Paris. 1882, S. 25.

4) A. Müntz, Sur la conservation des grains par l'ensilage. Comptes rendus de l'Académie de Paris, 1881, Bd. 92, S. 97 u. 137.

5) Müntz, l. c. S. 137.

Vergl. ferner: Fr. Haberlandt: Die Keimfähigkeit unserer Getreidekörner, ihre Dauer und die Mittel ihrer Erhaltung. Biedermanns Centralblatt, Bd. 3 (1873), S. 359.

A. Nowacki, Anleitung zum Getreidebau. 2. Aufl. 1893, S. 238.

gilt,¹⁾ so könnte man von vornherein geneigt sein, der Ermittlung der abgeschiedenen CO_2 überhaupt keinen gültigen Wert zur Beurteilung der Atmungsintensität beizumessen.

Solchen sicherlich schwerwiegenden Bedenken gegenüber wäre aber einzuwenden, dass erstlich die absorbierte Kohlensäure von den Samen im Vakuum selbst nur schwer abgegeben wird, und dass zweitens die Abgabe dieses Gases nach den von mir vorgenommenen Versuchen mit der Dauer derselben fortwährend steigt, auch wenn die ausgeschiedene CO_2 in der Versuchsflasche bleibt.

In solcher Atmosphäre wäre dann der CO_2 -Gehalt höher als in der gewöhnlichen Luft, und man kann demnach nicht annehmen, dass trockene Samen aus Zimmerluft CO_2 ab- oder absorbieren, dagegen an CO_2 -reichere Luft solche unter sonst gleichen Umständen abgeben.

Ich glaube deshalb, dass solche Einwände zwar berechtigt sind, in Wirklichkeit aber die vermuteten Fehlerquellen nicht mitspielen.

Ferner liesse sich der Einwand erheben, dass die abgeschiedene Kohlensäure vielleicht nicht von den trockenen Samen, sondern von Bakterien- und Schimmelpilzsporen herrührt, welche den Körnern aussen anhaften. Darauf müsste man zunächst wieder einwenden, dass, wie oben erwähnt, mit der Zeit ja das Trockengewicht der Körner abnimmt, dass diese also unstreitig CO_2 ausscheiden.

Dann wäre auch nicht einzusehen, weshalb lufttrockene Sporen atmen sollten, Samen dagegen nicht. Beide sind ja bezüglich ihrer biologischen Aufgaben ganz entsprechende Gebilde mit auffallend übereinstimmenden Eigenschaften und ähnlichen chemischen Inhaltsbestandteilen, da sie alle im wesentlichen Eiweissstoffe, Kohlehydrate und Fette speichern.

Über die Atmung trockener Sporen liegen, glaube ich, bis jetzt noch keine Untersuchungen vor. Man könnte sie natürlich mit Penicilliumsporen oder frisch gesammeltem Lycopodiumstaub leicht anstellen.

Nimmt man an, dass bezüglich der Atmung Sporen und Samen

1) Jos. Böhm, Über das Verhalten von vegetabilischen Geweben und von Stärke und Kohle zu Gasen. Botanische Zeitung 1883.

Dehérain et Landrin, Recherches sur la germination. Annales des sciences naturelles, 5. sér. Bd. 19, S. 364—367, S. 390.

sich ähnlich verhalten, so kann die durch Pilze und Bakterien verursachte Fehlerquelle füglich vernachlässigt werden, da die protoplasmatische Substanzmenge der Sporen den Samen gegenüber gleich Null zu setzen ist.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen wollen wir zur Schilderung der verwendeten Versuchsmethoden übergehen, wobei sich zeigen wird, dass eine gewisse Eigenart derselben durch eine weitere Reihe zu fürchtender Fehlerquellen ganz wesentlich bedingt worden ist.

II. Versuchsmethoden.

Die einfachste Art und Weise, die abgeschiedene Kohlensäure exakt zu messen, wäre die, dass man in das die zu untersuchenden Körner enthaltende Gefäss CO_2 -freie Luft eintreten liesse und den austretenden Strom zur Absorption der eventuell ausgeatmeten Kohlensäure durch Barytlauge leitet.

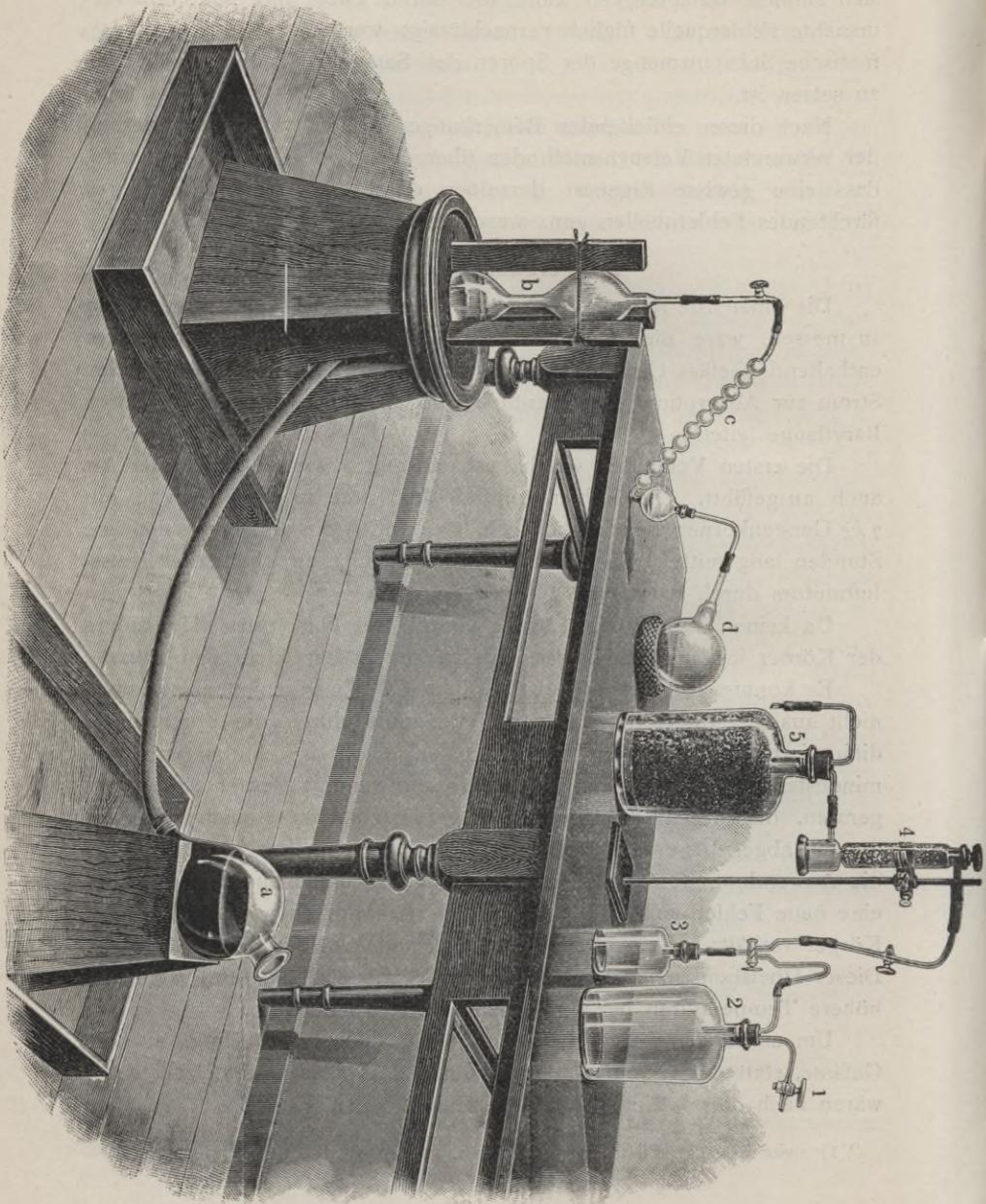
Die ersten Versuche, welche ich anstellte, wurden in dieser Art auch ausgeführt. Die kohlensäurefreie Luft trat in eine Flasche mit 7 kg Gerstenkörner (Feuchtigkeitsgehalt 11,3 pCt.) ein und wurde mehrere Stunden lang mittelst eines kleinen, sehr gleichmässig arbeitenden Heissluftmotors durch Barytlauge gesogen.

Da keine Trübung der Lösung eintrat, war klar, dass die Atmung der Körner innerhalb mehrerer Stunden unmessbar klein sein musste.

Es konnte aber möglicherweise doch CO_2 ausgeschieden, nur noch nicht aus den Interzellularräumen der Samen durch die Fruchtschale diffundiert sein¹⁾. Um diese Fehlerquelle zu eliminieren, war mindestens zeitweise Luftverdünnung notwendig; ferner schien es geraten, die Flasche erst mehrere Tage verschlossen stehen zu lassen, um die abgegebene Kohlensäure sich anhäufen zu lassen. Da hierbei die Anwendung von Gummistopfen nicht zu umgehen war, entstand eine neue Fehlerquelle, da Gummi sich bekanntlich wie ein lebender Körper verhält: er nimmt Sauerstoff auf und scheidet Kohlensäure ab. Dieser Übelstand musste besonders dann zu befürchten sein, wenn ich höhere Temperaturen bei den Versuchen verwendete.

Um einwandfrei zu arbeiten, blieb deshalb nichts übrig, als die Gefässe, statt mit Gummistopfen zu verschliessen, zuzuschmelzen; dann waren nach dieser Richtung alle Bedenken beseitigt.

1) Siehe Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., 1897, Bd. I, S. 534, 535.



Abbild. 37.

Ich könnte nun weiter hervorheben, dass grössere Mengen von Körnern in Thermostaten sich nur langsam erwärmen, dass dann die peripherisch gelegenen Wasserdampf abgeben könnten, den die zentralen, kälteren auf sich niederschlagen u. a. m. Es mögen aber diese wenigen Angaben genügen, um zu zeigen, dass Form und Grösse der Gefässe, sowie die Konstruktion des ganzen Atmungsapparates durch Rücksichtnahme auf zahlreiche derartige Fehler, die leicht unterlaufen können, bedingt ist.

Zur Erleichterung der Beschreibung des Apparates sei auf den beigegebenen Holzschnitt verwiesen.

Wir wollen annehmen, die in dem Gefäss *d* angesammelte Kohlensäure solle gemessen werden.

Zu dem Zwecke wurden zunächst die beiden Kugeln *b* mit Quecksilber gefüllt und zwar durch Heben des starkwandigen Glasgefässes *a*, welches mit etwa 30 kg Quecksilber gefüllt und mittelst eines mit Hanfeinlage versehenen Gummischlauches mit *b* verbunden war. Der Glashahn oberhalb *b* war natürlich geöffnet und das Kugelrohr *c* noch nicht angeschlossen.

War das Quecksilber bis zum Hahn gestiegen, so wurde dieser geschlossen und das Gefäss *a* wieder niedergesetzt, wobei das Quecksilber in *b* blieb. Hierauf wurde mittels eines Stückchens Druckschlauch das mit 100 *ccm* Barytlaug gefüllte Kugelrohr *c* angeschlossen und in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise mit dem oben zugeschmolzenen Glasgefäss *d* verbunden.

Wurde nun die zugeschmolzene Glasspitze mit Hilfe einer Drahtzange innerhalb des Gummischlauches¹⁾ abgekniffen, so stand die zu untersuchende Luft mit dem übrigen Volumen des ganzen Apparates in Verbindung.

Wurde jetzt der Glashahn geöffnet, so sank das Quecksilber aus *b* in *a* und sog die Luft des Gefässes *d* durch die Barytlaug. Fassten *d* und die Doppelkugel *b* je 2 Liter, so war die Luft auf ziemlich genau die Hälfte verdünnt, wenn alles Quecksilber aus *b* ausgeflossen war. Hob ich jetzt *a* wieder, um *b* von neuem zu füllen, so war jetzt

1) Da dieser Gummischlauch durch die scharfen Glaskanten leicht leiden kann, ist es nötig, ihn durch Einblasen von Luft unter Wasser auf seine Brauchbarkeit von Zeit zu Zeit zu prüfen.

sicherlich die Hälfte CO_2 absorbiert; enthielt das Gefäß *d* also 8 mg CO_2 , so waren jetzt nur noch 4 darin.

Dieselbe Operation wurde nun von neuem vorgenommen und so oft wiederholt, bis der noch bleibende Rest Kohlensäure so gut wie Null war. Die sukzessive Absorption des Gases lässt sich also durch die Reihe 8, 4, 2, 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ usw. wiedergeben, d. h. nach achtmaligem Heben war die Kohlensäure sicher genügend absorbiert.

Die für einen solchen Versuch erforderliche Zeit betrug etwa 10 Minuten. Wurde zur Kontrolle jetzt eine frisch gefüllte Kugelhöhre eingeschaltet, so ergab die nachfolgende Titration natürlich keine Kohlensäure mehr.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu bemerken, dass der Barytlaugenvorrat auf seinen Titer gegen Oxalsäure erst eingestellt wurde, wenn die zu prüfenden 100 *ccm* in eine Kugelhöhre eingefüllt und dann wieder ausgegossen worden waren; so hatte ich gleich durch richtiges Einstellen des Ausgangstitors die beim Eingiessen der Lauge durch Kohlensäureabsorption aus der Luft entstehende Fehlerquelle ausgeschaltet. Da der Experimentator sehr bald das Quantum CO_2 abschätzen lernt, welches innerhalb bestimmter Zeit von einer abgewogenen Menge Körner ausgeatmet wird, so ergibt sich daraus leicht, wie oft die mit Quecksilber gefüllte Glaskugel gehoben werden muss, um alle Kohlensäure zu absorbieren. Zudem hat man in dem nach der Titration sich ergebenden Resultat eine genügende Kontrolle.

Ich wüsste an dem geschilderten Apparat keinerlei Nachteile zu nennen; er arbeitet schnell und sicher.

Man braucht nicht zu fürchten, dass während dieses Auspumpens die Versuchskörner soviel Feuchtigkeit aufnehmen könnten, dass dadurch die Atmung gesteigert wird, denn erstlich dringt die Feuchtigkeit nur langsam ein und dann ist die Versuchsdauer eine viel zu kurze (10 Minuten).

Bei dieser Anordnung hat man also den vorher erwähnten Vorteil des Evakuierens der Interzellularen in den Körnern. Man verdünnt zwar nur auf $\frac{1}{2}$ Atmosphäre, dafür aber zu wiederholten Malen; zudem würde ein 2 Liter fassendes Gefäß von der abgebildeten Gestalt bei weitergehender Verdünnung leicht springen. Es empfiehlt sich auch zur Sicherheit, Gefäße mit rundem statt abgeflachtem Boden zu nehmen, wiewohl diese Vorsichtsmaßregel nicht unbedingt erforderlich ist.

Man kann nun die Körner in Flaschen verschiedener Grösse füllen und dabei mannigfach abgestufte Quantitäten benutzen. Im allgemeinen dürfte es sich empfehlen, die verwendeten Gefässe nicht soweit anzufüllen, dass nur ein kleines Luftvolumen übrig bleibt, weil dann eventuell Sauerstoffmangel eintreten könnte.

Wir wissen zwar aus der botanischen Literatur¹⁾, dass die Pflanzenatmung durch ziemlich erhebliche Verringerung des Sauerstoffgehaltes kaum beeinflusst wird, doch ist zu beachten, dass grössere Anhäufungen von Kohlensäure Vergiftungserscheinungen zur Folge haben²⁾.

Im allgemeinen brach ich die Versuche ab, wenn sich 2 bis 10 mg CO₂ gebildet hatten.

Der zweite in der Figur abgebildete Apparat dient dazu, alle zu Beginn eines Versuches in der Versuchsflasche, welche mit Körnern beschickt ist, vorhandene Kohlensäure zu entfernen, und zwar auch unter teilweisem Evakuieren.

Dazu wurde die Stelle 1 mittelst Druckschlauch mit einem Wasserstrahlgebläse verbunden und dadurch die Flasche 2 meist soweit evakuiert, dass nur noch ein Innendruck von $\frac{1}{4}$ Atm. blieb. Nr. 3 ist die mit Körnern beschickte Versuchsflasche, welche hier im Gegensatz zu Gefäss d einen Gummistopfen mit Glasrohr trägt. Solche Flaschen verwendete ich für feuchtes Material, das sich in die vorher beschriebenen, enghalsigen Flaschen schwerer einfüllen liess. Das Glasröhrchen wurde gleichfalls zugeschmolzen, wenn alle CO₂ entfernt war.

Diese Flasche 3 steht ausserdem mit einer Flasche (5) in Verbindung, welche mit von Kalilauge durchtränkten Bimssteinstücken gefüllt wurde. Hinter dieser Flasche 5 wurde ein Trockenturm (4) eingeschaltet, der mit geglühten Chlorkalziumstücken gefüllt war. Die Bedeutung dieser Einrichtung für die Absorption der Luftkohlensäure und das nachfolgende Trocknen durch den Chlorkalziumturm dürfte ohne weiteres verständlich sein.

Der doppelt durchbohrte Hahn gestattet einerseits, das Gefäss 3 mit 2 in Verbindung zu setzen und dadurch zum Teil zu evakuieren,

1) Vergl. z. B. C. Stich: Die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung. Flora 1891, S. 11.

2) Vergl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Aufl. Bd. 1, S. 575.

andererseits durch Zuführung CO_2 -freier Luft den normalen Druck wieder herzustellen. Natürlich wurde der die Flasche 5 verschliessende Glaspfropf während dieser eine Anzahl Mal wiederholten Operationen entfernt. Nach Beendigung derselben wurde, wie gesagt, das Zuführungsröhrchen zu Flasche 3 zugeschmolzen oder schnell ein anderer Gummistopfen mit bereits verschlossenem Röhrchen aufgesetzt.

Die Flasche 5 wurde am Boden mit etwas Kalilauge gefüllt und deshalb so gross gewählt, um der Mühe des öfteren Erneuerns des Flascheninhalts überhoben zu sein. Sie enthielt, nebenbei bemerkt, nach dem Füllen mit Bimsstein noch 4 Liter Luft, es war also nicht nötig, zwischen 5 und 4 zur Kontrolle noch Barytlauge einzuschalten.

Bezüglich des Titrierens und der Herstellung der Titerlösungen verweise ich auf meine Arbeit in Pringsheims Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXXIII, 1898, S. 145: »Über die Wirkung des Lichtes auf die Atmung der niederen Pilze.«

Die Trockengewichtsbestimmungen führte ich in der Weise aus, dass ich etwa 5 g geschrotener Körner in eine leichte, flache Glasdose einfüllte, in einem kupfernen Trockenschrank, dessen Doppelwände im unteren Teile mit verdünntem Glycerin gefüllt waren; mehrere Stunden lang auf etwa 104°C . erhitzte.

III. Versuche.

Zu den jetzt näher zu beschreibenden Versuchen verwendete ich Früchte der Gerste und zwar von *Hordeum distichum*, die im wesentlichen alle gleich gross waren. Ihre Länge betrug durchschnittlich 8 mm, ihre Breite 3,6 mm. Die kleineren Früchte der vier Reihen Seitenblüten waren in geringem Prozentsatz auch eingestreut. Ihre Keimung bewies, dass sie nicht taub waren.

Das Material war sauber geputzt und wurde vorher noch einmal auf Unkrautsamen und Käfer durchgesehen.

Andere Samen als die der Gerste habe ich bei meinen Versuchen nicht verwendet, wiewohl ich überzeugt bin, dass vergleichende Untersuchungen mit anderen Samen noch bemerkenswerte Resultate erzielen werden.¹⁾

1) Wichtige Angaben über den Wassergehalt verschiedener Samen findet man bei R. Hoffmann, Beiträge zum Keimungsprozess. Landwirtschaftliche Versuchstationen 1865, Bd. 7, S. 48.

Um beim Niederschreiben der Versuchsdaten nichts wesentliches auszulassen und übersichtliche Versuchsprotokolle zu erhalten, füllte ich stets folgendes Schema aus:

Versuch Nr.

1. Zweck
2. Vergangenheit der Körner
3. Gewicht der Körner
4. geschrotete oder ganze Körner?
5. Temperatur
6. Feuchtigkeit
7. { Beginn } Tag und Stunde
 { Schluss }
8. Gefässsorte
9. Titer
10. Resultat

Wie schon vorher erwähnt, wurden zu den Versuchen Flaschen verschiedenster Grösse verwendet. Enthielten sie beispielsweise nur 200 g Körner, so konnte der Versuch mehrere Wochen dauern, bei Verwendung von 5—11 kg dagegen nur wenige Tage.

Einfluss der Feuchtigkeit.

Die Untersuchung ergab, dass bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 10 bis 12 pCt.¹⁾ pro Kilogramm innerhalb 24 Stunden bei Zimmertemperatur 0,3 bis 0,4 mg CO₂ abgegeben wurden, bei 14 bis 15 pCt. Feuchtigkeit 1,3 bis 1,4 mg.

Dabei standen die Versuchsflaschen stets in einem Dunkelschrank, wiewohl ein Einfluss des diffusen Lichtes schon wegen der das atmende Gewebe verdunkelnden Fruchtschale kaum anzunehmen ist.

Die hier mitgeteilten Daten sind meines Wissens die ersten zahlenmässigen Belege für den Atmungsbetrag ruhender Samen.

Will man die Atmung von Körnern untersuchen, welche mehr als 15 pCt. Feuchtigkeit enthalten, so muss man relativ frisch geerntetes Material benutzen, da künstlich befeuchtete Körner ein wesentlich abweichendes Verhalten zeigen, wie folgendes Experiment lehrt: Es wurde

1) 10 pCt. Feuchtigkeit heisst hier: auf 90 g Trockensubstanz entfallen 10 g Wasser.

ein Quantum Gerstenkörner eine halbe Stunde lang in Leitungswasser eingeweicht und dann auf einem grossen, paraffinierten Drahtnetz, an welches Luft von oben und unten treten konnte, ausgebreitet. Nach 8 Stunden waren die Körner aussen wieder ganz trocken und nach weiteren 14 Stunden, während welcher Zeit sie wiederholt, auch über Nacht, gewendet wurden, besaßen sie einen Feuchtigkeitsgehalt von 15 pCt. Nach den vorher beschriebenen Versuchen hätte 1 kg solcher Körner innerhalb 24 Stunden 1,5 mg CO₂ ausscheiden müssen; es ergaben sich aber 13 mg, also etwa neunmal mehr.

Man ersieht daraus, wie verschieden natürliche und künstliche Durchfeuchtung des Samens sind, und wie grossen Irrtümern man sich bei seinen Versuchen aussetzen könnte, wenn man dabei berechnetes Material verwenden würde.

Ähnliche Versuche habe ich mit gleichem Erfolg wiederholt an gestellt.

15 bis 16 pCt. Feuchtigkeit bezeichnen ungefähr die Grenze zwischen trockenen und ganz schwach weichen Körnern. Würde man beispielsweise Körner von einem solchen oder etwas höheren Feuchtigkeitsgehalt in einer Kaffeemühle zermahlen, so würde man deutlich spüren, dass solche Körner ein wenig zähe und nicht brüchig trocken sind.

Die genannten Feuchtigkeitsgrade bezeichnen also einen Wendepunkt in der Konsistenz des Samens, und damit fängt auch die Atmungskurve ähnlich wie bei Flechten¹⁾ intensiv zu steigen an.

Nehmen wir zunächst den Feuchtigkeitsgehalt von 33 pCt., der schon hoch ist, so erhalten wir pro Kilogramm innerhalb 24 Stunden eine Kohlensäureabgabe von etwa 2000 mg (= 2 g), also eine Zunahme um das etwa 700fache gegenüber einem Feuchtigkeitsgehalt von 11 pCt.

Wird dagegen die Temperatur bei gleichbleibender Feuchtigkeit auf das Dreifache gesteigert, so erhalten wir nur eine zwanzig- bis vierzigfache Zunahme der Atmungsintensität.

Müntz hat hierüber keine bestimmten Angaben gemacht; er spricht nur von einer progression énorme bei Steigerung der Feuchtigkeit und von einer progression très rapide bei Erhöhung der Temperatur (l. c. S. 99).

1) Jumelle, Recherches physiologiques sur les lichens. Revue générale. 1892, Bd. 4.

Frisch geerntete Körner haben zumeist einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 19—20 pCt. Um die vom Wassergehalt der Körner abhängige Atmungskurve genau festzulegen, müsste man solche Körner, die mir aber nicht zur Verfügung standen, untersuchen. Ich habe deshalb befeuchtete und nachträglich wieder getrocknete Früchte benutzen müssen. Von diesen schied bei 20,5 pCt. Wassergehalt 1 kg in 24 Stunden bei Zimmertemperatur 359 mg CO₂ aus, bei 16,9 pCt. in der gleichen Zeit 123 mg CO₂.

Einfluss der Temperatur.

Die Atmung steigt mit der Temperatur und zwar in der Weise, dass bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 10—12 pCt. bei 30° etwa 6 mg und bei 50° gegen 15 mg pro Kilogramm innerhalb 24 Stunden ausgeschieden werden.

Diese Werte sind relativ gering, wenn man bedenkt, dass bei Steigerung der Feuchtigkeit eine viel erheblichere Atmung einsetzt.

Ich habe, wenn die benutzten Thermostaten sorgfältig einreguliert waren, kein Beschlagen der Gefässe mit Wasserbläschen gesehen; schwankte die Temperatur, dann beschlugen sich die Wände, aber auch dann stellte ich eine verhältnismässig noch geringe Atmung fest, die vielleicht das Doppelte des bei exakten Versuchen ermittelten Wertes betragen konnte.

Bei allen diesen Versuchen wurde nachträglich die Keimfähigkeit der Körner geprüft. Meist war sie ungeschwächt erhalten geblieben, bei ungünstig verlaufenen Versuchen dagegen blieb sie aus und die Körner nahmen einen etwas säuerlichen Geruch an.

Bei solchen mit höheren Temperaturen angestellten Versuchen kann man leicht bedenkliche Fehler begehen. Ich hob früher schon hervor, dass eine gleichmässige Erwärmung aller Körner wichtig sei. Man wird also gut tun, zu solchen Versuchen nicht zu viel Körner zu verwenden und während der Erwärmung die Gefässe öfter umzuschütteln. Die Beachtung dieser Punkte ist schon deshalb wichtig, weil sonst die Körner erst nach einer Reihe von Stunden gleichmässig durchwärmt sind und dadurch die Zeit des Versuchsanfanges inkorrekt machen. Dann entsteht natürlich beim Erwärmen in den zugeschmolzenen Gefässen ein Überdruck, der von Einfluss auf die

Atmung sein könnte, sich aber kaum umgehen lässt, wenn man die Feuchtigkeit einigermassen konstant halten will.

Ferner ist nicht ohne weiteres vorauszusehen, ob Hygroskopizität der Samen und Wasserkapazität mit der Temperatur sich so ändern, dass nicht Wasser in flüssiger Form von den Samen ausgeschieden werden kann, wenn auch die Luft völlig mit Wasserdampf gesättigt ist. Coupin¹⁾ scheint nach dieser Richtung hin Beobachtungen gemacht zu haben, denn er betrachtet die Wasserdampfabgabe seitens der Samen als einen Lebensprozess.

Wir dürfen aber nicht vergessen, dass wohl alle diese Fehlerquellen voraussichtlich dazu beitragen, die Atmung zu erhöhen. Lässt sich vielleicht auch die eine oder andere schwer umgehen, so zeigen die erhaltenen Werte doch immerhin keine auch nur im entferntesten so energische Steigerung der Atmung wie durch ausgesprochene Erhöhung der Feuchtigkeit.

Bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 14—15 pCt. erhielt ich, wie gesagt, pro Kilogramm in 24 Stunden bei Zimmertemperatur 1,3 bis 1,5 mg CO₂, ferner bei etwa 30° 7—8 mg, bei 40° gegen 20 mg CO₂, also eine der ersten Versuchsserie einigermassen entsprechende Zahlenreihe.

Steigt die Temperatur über 50° C. so hört nach Müntz die physiologische Atmung auf, und es setzt eine, auf rein chemische Prozesse zurückführbare CO₂-Abgabe ein.²⁾ Ich habe zwar keine speziellen diesbezüglichen Versuche angestellt, möchte diese Angabe aber zum mindesten in diesem Umfange,³⁾ bezweifeln, da auf 100° C. und etwas darüber erhitzte Gerstenkörner keimungsfähig bleiben.

Über den Einfluss von Temperaturschwankungen auf die Atmung liegen zwar in der Literatur⁴⁾ Untersuchungen vor, aber nur von Vicia

1) Coupin, Sur la dessiccation naturelle des graines. Comptes rendus de l'Académie de Paris, Bd. 117 (1893), S. 1111—1113.

2) Vergl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Aufl. (1897), Bd. I, S. 554.

3) Vergl. auch E. Heckel; Nouvelles recherches physiologiques sur la germination des graines. Journal de Botanique 1889.

4) Palladine, Influence des changements de température sur la respiration des plantes. Revue générale de Botanique 1899, Bd. 11, S. 241.

Vergl. auch Ziegenbein, Untersuchungen über den Stoffwechsel und die Atmung keimender Kartoffelknollen sowie anderer Pflanzen. Pringsheims Jahrbücher f. wissensch. Botanik, 1893, Bd. 25.

Faba. Danach ist es nicht gleichgültig, welche Behandlung (bezüglich zulässiger Temperatur) die Pflanze am Tage vorher erfahren hat.

Einfluss des Sauerstoffs.

Bei erhöhtem Sauerstoffgehalt der Luft, etwa bei einer Mischung von gleichen Teilen Luft und Sauerstoff, nimmt, wie zu erwarten war, die Atmungsintensität zu.

Dabei ist vor allem die Tatsache wichtig, dass auch bei trockenen Körnern durch Sauerstoffzufuhr die Kohlensäureabgabe steigt, weil dadurch bewiesen wird, dass die trockene Fruchtschale der Gerste für Gase durchlässig ist¹⁾.

Während in gewöhnlicher Luft pro 1 kg Körner in 24 Stunden 1,5 mg CO₂ ausgeatmet werden, steigt diese Zahl bei erhöhtem Sauerstoff auf etwas über das Doppelte (3,7 mg). Bei grösserem Feuchtigkeitsgehalt der Körner dürfte das Verhältnis nach einigen zur Orientierung angestellten Versuchen ein ähnliches sein.

Einfluss des Zerstückelns.

Es ist seit langem bekannt, dass man dem Maiskorn einen erheblichen Teil seines Endosperms rauben kann, ohne dadurch das Auskeimen beim Befeuchten zu verhindern; es zeigt sich nur, dass die junge Keimpflanze je nach der Grösse des abgetrennten Stückes Nährgewebe mehr oder weniger kümmerlichen Wuchs zeigt.

Für die von mir benutzte Gerste gilt, wie meine eigens darauf gerichteten Versuche lehrten, genau das gleiche.

Danach ist also ohne weiteres mit Sicherheit zu vermuten, dass durch Querteilung eines trockenen Kornes die Atmung desselben nicht erlöschen wird, zumal nach neueren Untersuchungen wegen der Doppelbefruchtung dem Endosperm eine gewisse Individualität gegenüber dem Keimling zukommt. Man weiss ferner mit Sicherheit, dass einzelne Kotyledonen mancher Leguminosen sich nach dem Auslegen in feuchter Erde zum mindesten bewurzeln, ein Beweis dafür, dass Samentteile, welche nichts vom Embryo enthalten, noch lange leben können. Endlich sei noch darauf hingewiesen, dass kleine Kartoffelstücke, auch wenn sie keine Augen enthalten, nicht ohne weiteres absterben.

1) Vergl. auch B. Schmid, Über die Einwirkung von Chloroform auf ruhende Samen. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. 19 (1901), S. 71.

Diese wenigen Daten dürften zur Genüge zeigen, dass der Pflanzenkörper weitgehende Zerstückelung verträgt, ohne dass die einzelnen Teile sogleich zugrunde gehen.

Es darf uns deshalb nicht wundern, dass trockene Gerstenkörner, wenn sie grob zerschroten werden, noch atmen.

Die Intensität der Atmung solcher zerschrotenen Gerstenkörner steht zu derjenigen der ganzen meist im Verhältnis von 3 : 2, wenigstens bald nach dem Zerschroten.

In meiner Mitteilung in der Deutschen Botanischen Gesellschaft sprach ich die Vermutung aus, dass diese Steigerung der CO_2 -Abgabe auf die erleichterte Sauerstoffzufuhr oder auf Wundreiz zurückzuführen sein möchte. Mir ist aber nachträglich noch eingefallen, dass noch eine andere Erklärungsmöglichkeit zutreffen könnte. Das Zerschroten wurde nämlich meist in einer Kaffeemühle vorgenommen. Dabei werden naturgemäss einzelne Teile der Körner stark gequetscht, wodurch eine ungleiche Verteilung, gleichsam ein lokales Zusammenpressen der noch vorhandenen geringen Wassermenge sehr wahrscheinlich ist. Es könnte dadurch der Feuchtigkeitsgehalt an manchen Stellen 15—16 pCt. übersteigen, wobei dann eine intensivere Atmung beginnen würde. Spezielle Versuche zur Beantwortung dieser Fragen würden gewiss zum Ziele führen; man könnte z. B. die Atmung grosser Mengen stark getrockneter Körner nach dem Zerkleinern messen, weil hier an ein Zusammenpressen kleiner Flüssigkeitsmengen viel schwerer zu denken ist.

Werden solche zerschrotenen Körner mit Wasser übergossen, so durchfeuchten sie sich natürlich sehr rasch und jedenfalls auch gleichmässiger als ganze Körner, welche bei einem Wassergehalte von 33 pCt. zum Teil immer noch etwas mehlig sein können. Durchnässte, zerschrotenen Gerstenkörner haben einen Feuchtigkeitsgehalt von 50 pCt. bis 55 pCt.,¹⁾ und atmen pro Kilogramm innerhalb 24 Stunden gegen 3000 mg (= 3 g) CO_2 aus. Ich brauche an dieser Stelle wohl kaum nochmals hervorzuheben, dass solche Versuche natürlich nicht 24 Stunden dauerten, sondern diese Zahl durch Rechnen erhalten wurde; man braucht ja nur zu bedenken, dass nach obigem 50 g des Versuchsmaterials in der Stunde schon 6 mg CO_2 abgeben.

1) Der maximale Feuchtigkeitsgehalt der Gerste beträgt 62 pCt. Vergl. R. Hoffmann, Beiträge zum Keimungsprozess. Landwirtschaftliche Versuchsstationen, 1865, Bd. 7, S. 51.

Teilt man die noch trockenen Körner mittelst eines Taschenmessers quer in zwei Hälften und sondert die den Keimling enthaltenden von den reinen Endospermhälften, so kann man nach dem Zerkleinern und gleichmässigen Befeuchten untersuchen, ob das embryonale, noch ruhende Keimpflänzchen stärker atmet als das Nährgewebe. Diese Vermutung liegt deshalb nahe, weil nach den Untersuchungen von Burlakow¹⁾ nach erfolgtem Auskeimen die Keimpflanze stärker atmet als das Nährgewebe. In der Tat ergab sich für die den Keimling enthaltenden Hälften eine etwa dreimal stärkere Atmung, so dass schon im ruhenden Samen eine charakteristische physiologische Prädisposition des Keimlings gegenüber dem Endosperm vorliegt.

Ferner sieht man aus diesem Versuch ganz deutlich, dass die Atmung nicht etwa durch Bakterien, welche sich dank der Feuchtigkeit während des Versuches vermehrt hätten, herrührt, denn dann müsste man für beide Versuche dasselbe Resultat erhalten haben, weil nicht anzunehmen ist, dass an den den Keimling enthaltenden Hälften mehr Bakterien gesessen hätten.

Es lag nun nahe, die Zerkleinerung der Körner noch weiter zu treiben und sie zu einem regelrechten Mehl zu zerreiben, welches natürlich nicht so fein sein konnte, dass nicht noch massenhaft ganze Zellen darin gewesen wären.

Dieses Zermahlen wurde mittels einer durch Elektrizität betriebenen Kugelmühle vorgenommen. 1 *kg* dieser Masse gab bei Zimmertemperatur und einem Feuchtigkeitsgehalte von 10—11 pCt. in 24 Stunden etwa 80 *mg* CO₂ ab, also auffallend viel. Es wäre deshalb erwünscht gewesen, den gleichzeitig verbrauchten Sauerstoff zu ermitteln. Wir werden aber im folgenden hören, dass eine Reihe weiterer Versuche mit Samen überhaupt eine viel eingehendere chemische Untersuchung fordern und deshalb schon etwas aus dem Rahmen dieser Arbeit herausfallen.

Durchfeuchtet man nun solches Mehl, so beginnt schon nach wenigen Stunden eine beträchtliche Kohlensäureabgabe, so dass nach 24 Stunden 1 *kg* gegen 1600 *mg* CO₂ abgibt.

1) Burlakow, Über Atmung des Keims des Weizens, *Triticum vulgare*. Arbeiten der Naturf.-Ges. zu Charkow, Bd. 31 (1897), Beilage, S. 1—15. Referiert in Just, Botanischer Jahresbericht 1897, Bd. I, S. 142.

Es liessen sich dieselben Werte unter Zugrundelegung eines fünfstündigen sowohl als 15stündigen Versuches berechnen. Später entwickelten sich natürlich reichlich Bakterien, und dieselbe Masse gab dann gegen 5000 *mg* (= 5 *g*) CO_2 ab, wobei dann von einer Lebensatmung des Mehles vielleicht nicht mehr die Rede ist. Ich zweifle nicht daran, dass beim Befeuchten des frisch hergestellten Mehles tatsächlich Kohlensäure durch die von der Wasserzufuhr erweckte Lebensfähigkeit des Plasmas als Endprodukt eines normalen Atmungsprozesses erzeugt wird. Wie lange aber die Lebensfähigkeit des trockenen sowohl wie befeuchteten Mehles anhält, kann ich nicht sagen. Dass selbst kleine Teile einer Zelle von dieser gesondert noch einige Zeit leben können, wissen wir aus der Assimilationstätigkeit isolierter Chlorophyllkörner.

Man kann sich sehr wohl denken, dass Teilchen eines ruhenden Plasmas recht lange am Leben bleiben können.

Durch das Zermahlen wird gewiss dasjenige Plasma, welches eine Quetschung erfährt, abgetötet. Wir werden also bei Mehl keine so hohe Atmungszahl erwarten dürfen als bei zerschroteten Körnern. Immerhin ist das Verhältnis von 3000:1600 sehr auffallend; man wird also wohl noch annehmen müssen, dass bei dem zusammengeklebten, feuchten Mehl der Sauerstoff viel schwerer zutreten kann als bei nur zerschroteter Gerste.

Befeuchtet man endlich das Mehl statt mit Wasser mit absolutem oder 96prozentigem Alkohol, lässt diesen einige Tage einwirken und dann nach flachem Ausbreiten abdunsten, so gibt das Mehl beim nunmehrigen Befeuchten mit Wasser wieder reichliche Mengen von Kohlensäure ab, welche aber pro Kilogramm innerhalb 24 Stunden nicht ganz 1000 *mg* (= 1 *g*) betragen.

Man sieht also, die Mengen ausgeschiedener Kohlensäure werden immer kleiner, so dass man natürlich nach einer solchen Behandlung der Körner bezüglich ihrer Lebensfähigkeit schon stutzig werden muss.

Versetzt man endlich statt mit Alkohol das Mehl oder Schrot mit 2prozentiger Quecksilberchloridlösung, die nach unseren bisherigen Erfahrungen alles abtöten muss, so entwickeln sich pro Kilogramm innerhalb 24 Stunden nur noch gegen 30 *mg* CO_2 .

Die Tatsache, dass das tote Material auch noch Kohlensäure ab-

gibt, ¹⁾ wenn auch in geringer Menge, zeigt uns deutlich, dass der weitere Ausbau der zuletzt angeführten Versuche im Verein mit solchen über Einwirkung der Desinfektionsmittel mit besonderer Gründlichkeit und Vorsicht zu erfolgen hat, vor allem unter sorgfältiger Berücksichtigung der chemischen Veränderungen. In meiner ersten Mitteilung (in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft) habe ich bereits die Perspektive angedeutet, welche ein vorsichtiges Weiterverfolgen der angeführten Versuche eröffnen könnte.

(Pflanzenphysiologisches Institut der Universität und botanisches Institut der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin.)

Nachträge.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Lufttrockene Gerstenkörner, d. h. solche mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 10—15 pCt., erzeugen pro Kilogramm innerhalb 24 Stunden bei Zimmertemperatur durch Atmung 0,3—1,5 mg Kohlensäure.

2. Steigt der Feuchtigkeitsgehalt der Gerstenkörner über 15 pCt., so nimmt die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure überraschend schnell zu. So ergaben sich für einen Wassergehalt von 20,5 pCt. pro Kilogramm innerhalb 24 Stunden bei Zimmertemperatur 359 mg Kohlensäure, für einen solchen von 33 pCt. unter sonst gleichen Verhältnissen etwa 2000 mg. Werden zu diesen Versuchen die Körner künstlich durchfeuchtet, so ist streng darauf zu sehen, dass die Durchfeuchtung eine gleichmässige ist.

3. Zunehmende Temperatur bedingt nur eine verhältnismässig geringe Steigerung der Atmungsintensität. Bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 14—15 pCt. ergaben sich dementsprechend pro Kilogramm Gerstenkörner innerhalb 24 Stunden bei etwa 15° C. 1,3—1,5 mg CO₂, bei 30° C. etwa 7—8 mg CO₂, bei 40° C. etwa 20 mg CO₂.

Erhitzen auf 100° C. hebt bei vielen Körnern die Keimfähigkeit nicht auf.

4. Vermehrter Sauerstoffgehalt der Luft steigert die Atmungsintensität der Gerstenkörner, aber nicht sehr erheblich.

5. Zerstückeln der Körner hebt den Atmungsprozess nicht auf.

1) Vergl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Aufl. (1897), Bd I, S. 554.

Johannsen, Über Fortdauer der Atmungsoxydation nach dem Tode. Botanische Zeitung 1887, S. 762.

Bei blossen Querteilen der Körner lehrt der Versuch, dass die den Keimling enthaltenen Hälften etwa dreimal stärker atmen als der embryo-freie Teil des Nährgewebes. Grobes Zerschroten und selbst feines Zermahlen bedingen eine Zunahme der Atmungsintensität.

Die Atmung steigt bei solchem mehr oder weniger mehlartigen Zustande naturgemäss enorm an, sobald die Masse befeuchtet wird.

6. Nach Behandlung der zermahlenden Körnermassen mit Desinfektionsmitteln (wie Alkohol und Sublimat) wird die Kohlensäureabgabe zwar stark vermindert aber nicht vollkommen aufgehoben. Ob bei diesen Erscheinungen Enzymwirkungen im Spiele sind, können erst weitere Versuche lehren.

24. Verfahren und Apparat zur Messung der Getreide-temperatur in Siloschächten.

Die Temperaturmessung in Siloschächten ist ein schwieriges Problem, weil die Druckwirkungen im Innern der Schächte viel grösser sind, als man zu glauben geneigt ist.¹⁾

Im Versuchs-Kornhause wird gegenwärtig eine Methode verwendet, welche diese Temperaturmessungen in zuverlässiger Weise gestattet. Das Prinzip besteht darin, dass eine an einem Drahtseil befestigte eiserne Hülse, welche im Innern das Thermometer enthält, durch eine geeignete Vorrichtung mit Gewalt in das Getreide gezogen wird, hierin verweilt und dann zur Ablesung der Temperatur wieder herausgezogen wird. Plan VI zeigt die Anordnung deutlich. Das Bild rechts gibt sie in einer Übersicht, während das Bild links im vergrösserten Massstabe die zur Bewegung der Thermometer erforderliche Vorrichtung zeigt.

Rechts sehen wir die Thermometerhülsen t in den Schächten, welche durch Drahtseile über die Rollen r gezogen werden.

Die Zugvorrichtung ist in drei Ansichten gezeichnet.

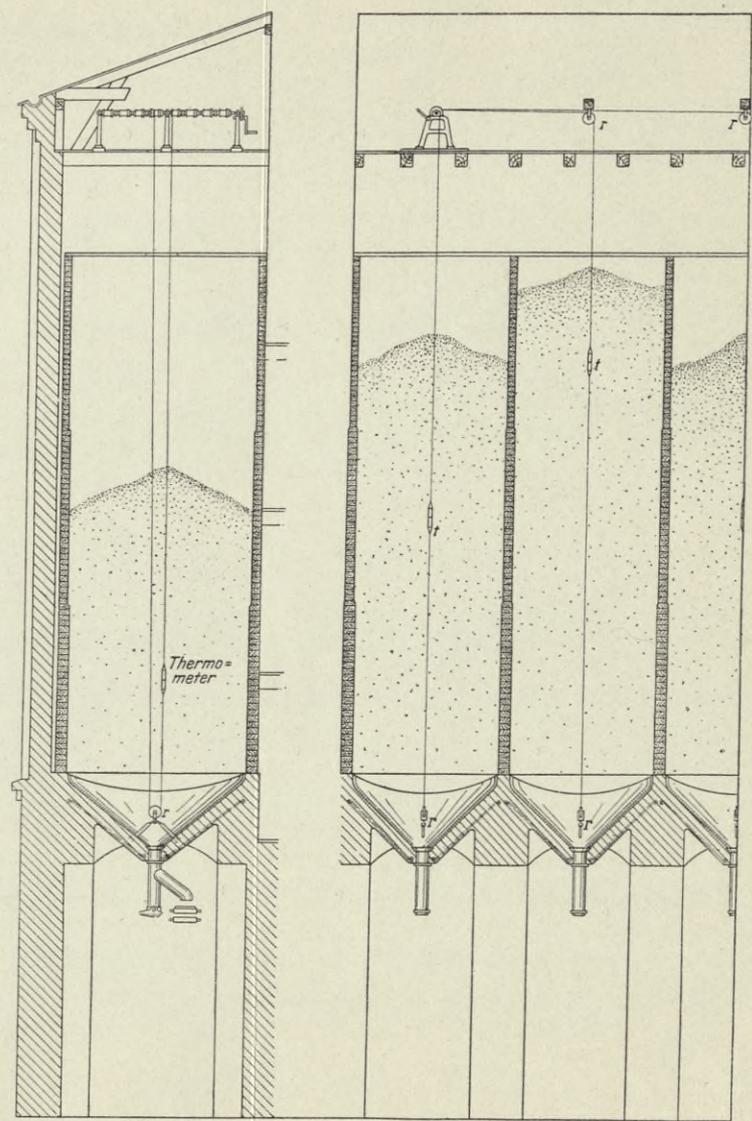
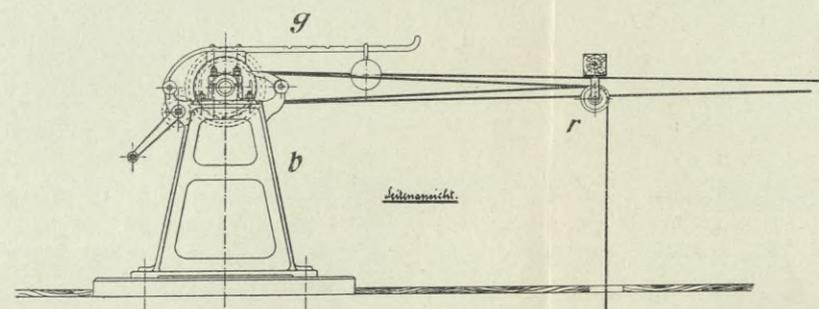
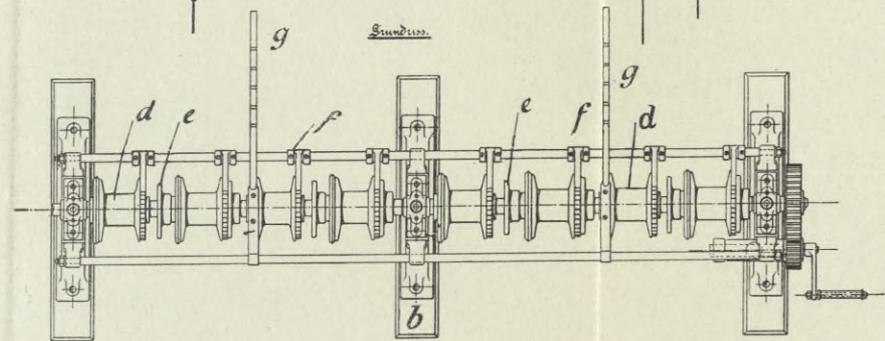
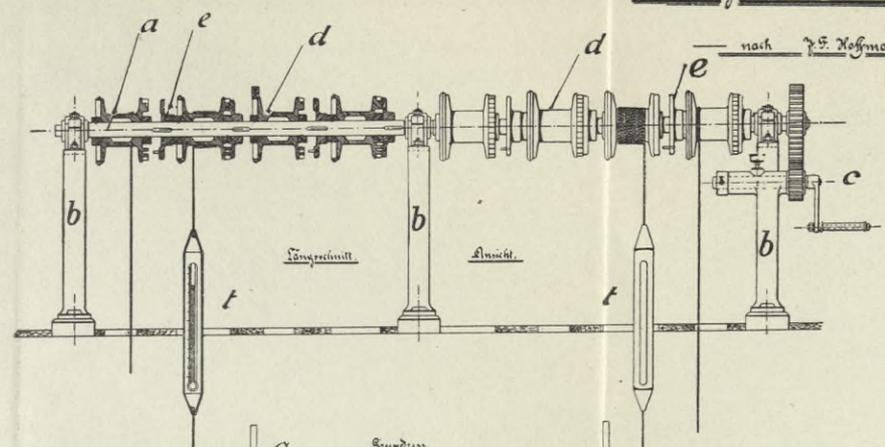
a ist die Welle; sie ruht auf drei Lagerböcken b und hat an einer Seite das Rädervorgelege c . d sind Trommeln, um welche sich das

1) Man vergl. Abhandlung 28: Beobachtungen im Versuchs-Kornhause. II.

Vorrichtung zum Messen der Temperatur

des Getreides in den Silohächten

nach F. Hofmann



a Welle
bb Lagerböcke
c Rädervorgelege
dd Seiltrömeln

ee Mitnehmertrommeln
ff Sperrklinken
gg Bremshebel
rr Drahtseilrollen
tt Eiserne Hülsen
für Thermometer.

Plan VI.



Drahtseil schlingt. Zu jedem Siloschacht gehören zwei solcher Trommeln; während sich nämlich das Seil auf der einen aufwickelt, wird es von der anderen abgewickelt. *e* sind Trommeln zum Mitnehmen der Seiltrommeln *d*. Sie werden durch Nuten in der Welle derart festgehalten, dass sie sich mit jener mitdrehen müssen, jedoch längs den Nuten verschoben werden können. Diese Trommeln weisen Seitenstifte auf, die auf der Abbildung zu sehen sind. Will man nun veranlassen, dass eine Seiltrommel mitgenommen wird, dann schiebt man den Mitnehmerstift in die Öffnung hinein, welche die Seiltrommel für diesen Zweck seitlich enthält, und setzt die Welle mit Hilfe der Kurbel in Bewegung. *f* sind Sperrklinken, welche dazu dienen sollen, das Mitgehen derjenigen Seiltrommeln zu verhindern, welche nicht mitgehen sollen.

Wie oben bereits bemerkt wurde, sind für jeden Siloschacht zwei Trommeln erforderlich. Wenn nun die eine unter Einschaltung des Mitnehmers zur Aufwicklung des Drahtseils dient, muss die andere lose Trommel sich abwickeln. Im allgemeinen hat diese dann die Neigung, sich zu lockern, so dass eine Seite des Seils schlaff wird. Hierdurch nimmt es auf den Rollen *r* eine unrichtige Lage an, wodurch Festklemmen oder andere Betriebsstörungen entstehen. Um diesen Übelstand zu vermeiden, wird auf die lose Trommel der Bremshebel gelegt, welcher dafür sorgt, dass die ausser Tätigkeit befindliche Seite des Seiles straff gespannt bleibt. Der Bremshebel ist auf einer Stange verschiebbar.

Die seitliche Verschiebung der einzelnen Rollen auf der Welle wird durch Stellringe verhindert. Die Abbildungen zeigen die Einrichtung für die vier Siloschächte des Versuchs-Kornhauses.

Als Beispiel nehmen wir nun an, dass im letzten Siloschacht, zu welchem die beiden letzten Trommeln rechts gehören, die Temperatur festgestellt werden soll, dann ist wie folgt vorzugehen:

Man setzt die beiden zugehörigen Sperrklinken ausser Tätigkeit und verbindet die rechte Trommel mit dem entsprechenden Mitnehmer durch Einschieben des Stiftes. Hierauf überzeugt man sich, dass die übrigen Mitnehmer mit ihren zugehörigen Trommeln nicht in Verbindung stehen und dass die Sperrklinken der Seiltrommeln eingeschaltet sind.

Der Bremshebel rechts muss durch ein Gewicht angedrückt werden,

der linke Hebel dagegen kommt nicht in Frage. Nun setzt man das Rädervorgelege in Bewegung; hierdurch wickelt sich das Drahtseil auf die Trommel rechts auf, während die linke Trommel sich abwickelt, wodurch das Thermometer in den Siloschacht hineingelangt.

Am nächsten Tage windet man das Thermometer heraus. Für diesen Zweck wird die Trommel links in Verbindung mit dem Mitnehmer gebracht, während die Trommel rechts ausgeschaltet, aber durch den Bremshebel belastet wird. Man dreht dann die Kurbel nach einer Richtung, welche jener vom Tage vorher entgegengesetzt ist. Auf diese Weise wird das Thermometer aus dem Siloschacht herausgezogen. Die eiserne Hülse enthält einen Schlitz, durch welchen man die Temperatur am Thermometer sofort ablesen kann, ohne dass ein Herausnehmen desselben erforderlich ist. Das Thermometer ist gegen das Eisen noch gesichert durch Einlegen von etwas Watte, wodurch nicht nur die etwaigen Stosswirkungen abgeschwächt werden, sondern wodurch auch die Wärmeleitung verschlechtert wird, so dass während des Herausziehens keine wesentlichen Temperaturänderungen auftreten können.

Für die Bedürfnisse der Praxis ist dieses Verfahren ausreichend. Sobald es sich um genauere Messungen handelt, muss man ein Maximumthermometer, für manche anderen Zwecke sogar ein Maximum- und Minimumthermometer in die Hülse einlegen. Die Hülse ist oben und unten auseinanderschraubbar. Zur Erzielung eines möglichst geringen Widerstandes ist sie an den Enden zugespitzt. Die Aussenweite der Hülsen im Versuchs-Kornhause beträgt 25 *mm*.

Bezüglich der Kräfte, die beim Hinein- und Herausbringen der Thermometer zur Geltung kommen, wurde folgende Beobachtung gemacht: Unter Ausschaltung der angegebenen Zugvorrichtung ging das Drahtseil vom Thermometer, welches sich in der Mitte des Getreides befand, aufwärts über eine Rolle, dann abwärts. Hier wurden Gewichte angehängt, welche ergaben, dass man bei Roggen ungefähr 108 *kg* anhängen musste, wenn man das Thermometer nach oben in Bewegung setzen wollte. Zog man in derselben Weise an der anderen Seite des Drahtseiles, so musste man ungefähr 70 *kg* mehr, also 178 *kg*, anwenden, um das Thermometer weiter in das Getreide hinein in Bewegung zu setzen. Bei Hafer waren ungefähr $\frac{3}{4}$ dieser Gewichte erforderlich. Die Siloschächte sind ohne Trichter 12 *m* hoch.

Was nun die Zweckmässigkeit der in Rede stehenden Einrichtung

anbetrifft, so können wir mitteilen, dass sie uns bereits gute Dienste geleistet hat, wenn es sich darum handelte, festzustellen, ob ein Getreideposten der Umarbeitung bedürftig war oder nicht. Es kommt häufig genug vor, dass man die Böden alle belegt hat. Erhält man dann einen grösseren Getreideposten, der nicht ganz trocken ist, oder der verhältnismässig kurze Zeit nach seiner Ernte eingelagert wird, dann ist es bedenklich, ihn in Siloschächten aufzubewahren. Hat man aber eine solche Vorrichtung, dann lassen sich die Vorgänge im Siloinneren leicht kontrollieren. Man beobachtet einmal täglich oder auch wöchentlich die Temperatur. Bemerkt man, dass diese höher liegt als diejenige der Aussenluft in der letzten Zeit, und findet man dann eine weitere regelmässige Steigerung, so befindet sich das Getreide im Zustande der Selbsterwärmung, und es muss gründlich gelüftet werden.

Noch notwendiger würde eine solche Vorrichtung sein, wenn man getrocknetes Getreide in Siloschächten aufbewahren wollte. Kurze Zeit nach der Trocknung ist die innere Arbeit des Kornes immer noch sehr bedeutend, und wenn die Abkühlung nicht in genügender Masse stattgefunden hat, dann kann das Material leicht Selbsterwärmung zeigen. Die einige Tage hintereinander ausgeführte Temperaturmessung würde bald Aufklärung darüber geben, ob das Material sich in einem lagerfesten Zustande befindet.

Wir vertreten den Standpunkt, dass es zweckmässig wäre, wenn jeder mit Siloschächten versehene Speicher wenigstens in zweien derselben die besprochene Temperaturmessvorrichtung enthalten würde.

Andere Methoden der Temperaturmessung in Siloschächten haben sich bisher als nicht brauchbar erwiesen.¹⁾

1) Man vergl. die vorhergehende Anmerkung.

VII.

Der Wasserdampf der atmosphärischen Luft und sein Verhalten zum Getreide.

25. Der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft.

I. Teil.

i. Veranlassung der gegenwärtigen Veröffentlichung.

Mit der Verarbeitung des Beobachtungsmaterials beschäftigt, das im Versuchs-Kornhause gesammelt worden war, stiess Verfasser stets auf eine besondere Schwierigkeit, darin bestehend, dass der Ausdruck Dampfspannung häufig gebraucht werden musste, ohne den die Beobachtungen sich nicht genügend erklären liessen und ohne den die Schlussfolgerungen nicht klar durchgeführt werden konnten. Der Ausdruck ist für die Techniker von so grosser Wichtigkeit, wie wohl kaum ein anderer. In der Dampfmaschinenlehre wird er beständig angewendet, die Erscheinungen, die mit ihm verbunden sind, treten hier aber so deutlich auf, dass eine eingehendere Erklärung nicht nötig erscheint.

Bei der Getreidelagerung handelt es sich aber um die geringen Spannungsänderungen des Wasserdampfes in der Luft, die wir im gewöhnlichen Leben nur ebensowenig bemerken wie die Änderungen des Luftdruckes selbst. Da sie dennoch einen wesentlichen Einfluss auf den Zustand des Getreides ausüben können, so ist die Kenntnis dessen, was man unter Dampfspannung versteht, für alle diejenigen von grossem Werte, die mit Getreide zu tun haben und die den inneren Zusammenhang zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft und dem Zustande des

Getreides kennen lernen wollen, um auf Grund desselben ihre Massregeln zu treffen.

Da kein anderer Tätigkeitszweig derartig abhängig ist von dem verschiedenen Zustande der atmosphärischen Luft, wie die Landwirtschaft, so erscheint es ganz natürlich, dass sich die Landwirte mit den Eigenschaften der Lufthülle und mit den Vorgängen in derselben möglichst vertraut machen müssten.

Die Grösse der Dampfspannung in der Luft erfährt man aus den Beobachtungen des Feuchtigkeitsmessers und es wird sich im Laufe weiterer Mitteilungen ergeben, dass dieses Instrument ein unentbehrliches Hilfsmittel für die sachgemässe Lagerung von Getreide ist.

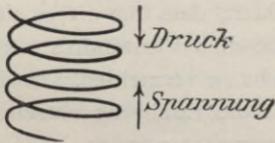
Durch diese Abhandlung soll das Verständnis für die späteren Aufsätze erleichtert werden und es soll zugleich Gelegenheit genommen werden, auf einzelne andere Dinge einzugehen, die mit dem Begriff der Dampfspannung im engen Zusammenhang stehen. Hierher gehört z. B. die Ausbreitung (die Diffusion) der Gase, wenn mehrere miteinander in Berührung kommen und sich vermischen können. Die grösste Schwierigkeit besteht darin, innerhalb eines engen Raumes das wichtigste mit der nötigen Klarheit zu bringen. Verfasser hofft, dass ihm dieses einigermaßen gelungen ist. Weitschweifigkeit ist dem Verständnis oft eher hinderlich als nützlich, mitunter aber nicht zu vermeiden. Inwieweit nach dieser Richtung hier gefehlt ist, muss die Erfahrung entscheiden. Sollte die Klarheit an einzelnen Stellen vermisst werden, so würden diesbezügliche Mitteilungen und Anfragen aus dem Leserkreise mit Dank angenommen werden.

2. Was bedeutet Dampfspannung?

§ 1. Um diesen Ausdruck zu erklären, wenden wir uns nicht gleich zu den Gasen und Dämpfen, sondern wir benutzen zunächst einen festen Körper, der uns die Erscheinungen sichtbar vorführt. In Abbild. 38a sei uns eine kräftige Spiralfeder von wenigen Windungen und leichtem Material gegeben, die durch die eigene Schwere nur unmerklich zusammengedrückt ist. Wenn wir versuchen, diese Feder durch Auflegen der Hand zusammenzudrücken, so bemerken wir einen Widerstand, welcher diese Absicht verhindern will. Der Widerstand heisst Spannung. Drücken wir stärker, bemerken wir auch einen grösseren Widerstand, die Spannung wird grösser. Bei irgend einem

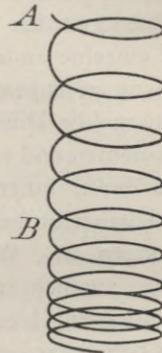
Druck, z. B. wenn wir die Spirale mit einem Kilogramm belasten, sinkt die Feder zusammen und die Spannung nimmt so lange zu, bis dem darauf lastenden Druck das Gleichgewicht gehalten wird. Wie ein gleicharmiger Wagebalken nur dann wagerecht sein kann, wenn Last und Gewicht einander gleich sind, so können in unserem Falle Druck und Spannung nur dann im Gleichgewicht sein, wenn Gewicht und Gegenwirkung (Reaktion) einander gleich sind.

Druck und Spannung sind also einander gleich, ihre Wirkungen gehen aber nach entgegengesetzten Richtungen. Im gegebenen Falle (Abbild. 38a) wirkt die Kraft oder der Druck nach unten, die Spannung nach oben.



Abbild. 38a.

Kurze Spiralfeder. Durch die eigene Schwere nicht zusammengedrückt.



Abbild. 38b.

Lange Spiralfeder. Durch die eigene Schwere zusammengedrückt.

§ 2. Befestigen wir die Spiralfeder umgekehrt, in hängender Stellung, so ist bei genügend kurzer Spirale die Spannung praktisch gleich Null. Ziehen wir an der Feder, bemerken wir sofort einen Widerstand, welcher das Auseinanderziehen zu verhindern sucht. Auch dieser Widerstand heisst Spannung. Er ist so gross wie der Zug und wirkt diesem entgegengesetzt. Jetzt wirkt die Kraft oder der Zug nach unten, die Spannung nach oben.

§ 3. Denken wir uns wieder eine Spiralfeder aufgestellt, aber eine solche von grösserer Höhe (Abbild. 38b), so werden wir bemerken, dass die unteren Teile der Feder mehr zusammengedrückt sind als die oberen, wenn auch bei einer wagerechten Lagerung alle Windungen

der Spirale gleich voneinander entfernt sein werden. In der obersten Windung ist der Druck und die Spannung gleich Null, in der untersten Windung sind Druck und Spannung gleich dem Gewicht der ganzen Spirale. An jeder Stelle sind sowohl die Spannung als auch der Druck verschieden gross, aber an jeder Stelle sind sie einander gleich. Jede Windung wird sich in einer solchen Lage befinden, dass die Spannung in ihr genau dem Drucke, d. h. gleich dem Gewichte der darüber lastenden Spirale ist, welches von der Art der Masse der Spirale und von der Anziehungskraft der Erde abhängt.

Je schwerer die Masse der Spirale ist unter sonst gleichen Umständen, desto mehr wird sie zusammengedrückt werden. Aber ohne die Anziehungskraft der Erde würde auch die höchste und schwerste Spirale gar keine Zusammendrückung erleiden.

Das Verhalten der Spiralfeder unter den verschiedenen Bedingungen lässt sich leicht zur Erklärung des Verhaltens von Gasen unter verschiedenem Druck verwenden, allerdings nur innerhalb gewisser Grenzen, welche sich aus der Verschiedenartigkeit des Materials ergeben, aus dem einerseits die Spirale, andererseits die Gase bestehen.

3. Zwei allgemeine Eigenschaften der Gase.

§ 4. Satz 1. Jedes Gas erfüllt den ihm gebotenen Raum vollständig. Mit anderen Worten: Die einzelnen Teilchen, aus welchen man sich ein Gas zusammengesetzt denken kann, haben das Bestreben, sich möglichst weit voneinander zu entfernen. Dieses Bestreben oder diese Kraft, welche um so stärker auftritt, je höher die Temperatur des Gases ist, nennt man die Spannung desselben.

Wenn wir irgend einen luftleeren Raum mit Gas füllen, lässt sich nachweisen, dass an jeder einzelnen Stelle des Raumes in 1 *ccm* gleichviel Gas vorhanden ist. Führen wir das Gas unter stärkerem Überdruck in den Raum und untersuchen wir die einzelnen Stellen, so werden wir finden, dass rechts und links, oben und unten, überall dieselbe Menge Gas in 1 *ccm* vorhanden ist. Führen wir andererseits nur sehr wenig Gas in den luftleeren Raum, werden wir auch hier bei näherer Untersuchung bemerken, dass überall, in allen Punkten des Raumes pro 1 *ccm* gleichviel Gas vorhanden ist.

Eine Einschränkung tritt allerdings in Gefässen von grosser Höhe auf, die unten mehr Gas enthalten als oben, weil die oberen Teile die

unteren zusammendrücken, ähnlich wie in § 3 bei der Spiralfeder angegeben wurde. Hierauf kommen wir später zurück.

§ 5. Satz 2. Wenn in einem Raume mehrere Gase vorhanden sind, so breitet sich jedes einzelne derart aus, als ob es allein im Raume vorhanden wäre.

Lässt man in denselben Raum, den wir vorher betrachtet haben, zu einem in ihm vorhandenen Gase noch ein anderes Gas hineinströmen, werden, wie beim Zusammengiessen verschiedener Flüssigkeiten, Strömungen eintreten und an einzelnen Stellen wird das eine Gas vorherrschen, an anderen Stellen das andere. Aber weit schneller als bei Flüssigkeiten werden die einzelnen Gase sich durchdringen und jedes wird den Raum vollständig gleichmässig ausfüllen, als ob es allein vorhanden wäre.

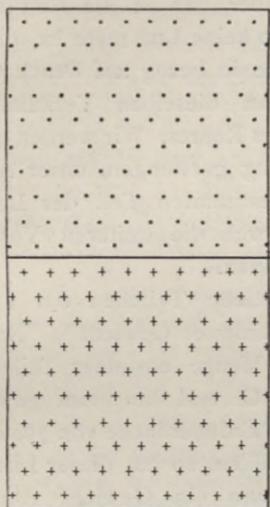
Es sei ein Gefäss gegeben, welches durch eine Platte in zwei gut abschliessbare Teile zerlegt werden kann. In die obere Kammer führen wir Wasserstoff ein,¹⁾ in die untere Kohlensäure. Den Anfangszustand stellt die Abbild. 39a dar, in welcher die Wasserstoffteilchen durch Punkte und die Kohlensäureteilchen durch Kreuze bezeichnet sein mögen. Entfernen wir nun die trennende Platte, so wird auf der Stelle eine Ausbreitung der beiden Gase stattfinden. Die kleinen Teilchen der Kohlensäure schieben sich zwischen die kleinen Teilchen des Wasserstoffs und dringen nach oben. Die letzteren machen den umgekehrten Weg und gehen nach unten. Es wird nicht lange dauern, so sind die beiden Gase vollständig durcheinander vermischt und im Raume gleichmässig verteilt. Abbild. 39b soll diesen Zustand andeuten. Der Vorgang hat in der angegebenen Weise stattgefunden, obgleich die Kohlensäure 22mal schwerer ist als der Wasserstoff.

Es muss jedoch bemerkt werden, dass die einzelnen Teilchen sich nicht in Ruhe auf derselben Stelle befinden, wie aus der Skizze hervorgehen könnte, sondern dass sie sich nach allen Richtungen hin

1) Wasserstoff ist ein Element und das leichteste aller Gase. Es ist nicht zu verwechseln mit Wasser oder Wasserdampf; die beiden letzteren sind Verbindungen der beiden Elemente Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O). Kohlensäure ist eine Verbindung der beiden Elemente Kohlenstoff (C) und Sauerstoff. Elemente nennt man einfache Körper, welche sich durch keine bisher bekannten Mittel in einfachere Bestandteile zerlegen lassen.

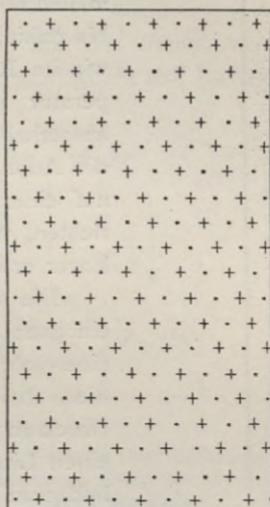
lebhaft bewegen, und dass diese Bewegung um so lebhafter sein wird, je wärmer das Gas ist.

In ähnlicher Weise wie Wasserstoff und Kohlensäure, werden sich Luft und Wasserdampf verhalten. Trennen wir das Gefäss wieder durch eine Scheidewand und führen oben Wasserdampf und unten Luft ein oder umgekehrt, so wird nach Entfernen der Wand stets ein Durchdringen der beiden Gase stattfinden. Es ist auch weiter ganz gleichgültig, ob



Abbild. 39a.

A ist eine trennende Wand. Die Punkte bedeuten Wasserstoffteilchen, die Kreuze bedeuten Kohlensäureteilchen.



Abbild. 39b.

Gefäss 39a nach Entfernung der Wand *A* und nach Eintritt des Gleichgewichtszustandes.

man von dem einen Gase sehr viel in den einen Raum und von dem andern sehr wenig in den andern Raum bringt. Auch jetzt wird man nach Entfernung der Scheidewand bemerken, dass jedes Gas sich gleichmässig auf alle Teile des Gefässes zu verteilen strebt. Den Vorgang nennt man Diffusion (Ausbreitung) und die dabei auftretende Kraft, welche die Diffusion veranlasst, heisst die Spannung des Gases.

Luft,¹⁾ Wasserdampf und Kohlensäure sind die wichtigsten Stoffe,

1) Die Luft ist keine einheitliche chemische Verbindung wie die andern beiden Gase, sondern sie ist ein Gemenge aus den Gasen Stickstoff (N) und Sauerstoff (O).

welche uns in Gasform umgeben. Sie haben das Bestreben sich auszudehnen, und würden in den fernen Weltenraum entweichen, wenn sie nicht durch ihr Gewicht, das heisst durch die Anziehung der Erde, festgehalten würden.

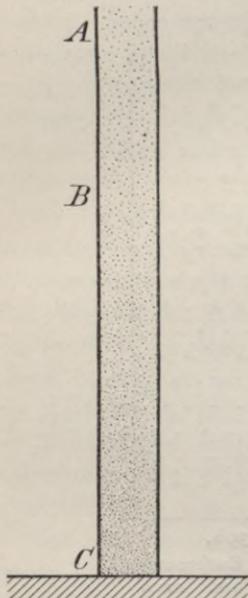
4. Der Luftdruck. Das Barometer.

§ 6. Denken wir uns eine Röhre, welche meilenweit über uns in die Luft hineinragt, bis dahin, wo keine Luft mehr ist, dann haben wir im Rohre in bezug auf Druck und Temperatur genau dieselben Verhältnisse, wie ausserhalb des Rohres. Wir werden aber durch die Anordnung gezwungen, unser Augenmerk auf einen bestimmten Teil der Lufthülle zu richten, wodurch die weiteren Vorstellungen klarer erscheinen.

Die einzelnen Teilchen der Luft haben ein ganz bestimmtes Gewicht.¹⁾ Nimmt man eine solche Menge einzelner Teilchen, dass diese bei 0°C . und bei dem gewöhnlichen Druck an der Erdoberfläche von 760 mm gerade einen Liter füllen, so hat dieser Liter Luft im luftleeren Raum ein Gewicht von $1,293\text{ g}$, was durch genaue Messungen vielfach festgestellt ist.

Die ganz oben liegenden Luftteilchen *A* in der Röhre (Abbild. 40) haben keine anderen über sich, sie werden demnach nicht durch das Gewicht solcher Teilchen zusammengedrückt.

Auf die oberste Reihe in Abbild. 40 wirken zwei Kräfte, welche in Abbild. 41 in vergrössertem Massstabe deutlich zur Anschauung gebracht sind. Die erste Kraft ($a_1 a_1$) besteht darin, dass die Teilchen sich von der zweiten Reihe abzustossen suchen. Da über ihnen keine Teilchen



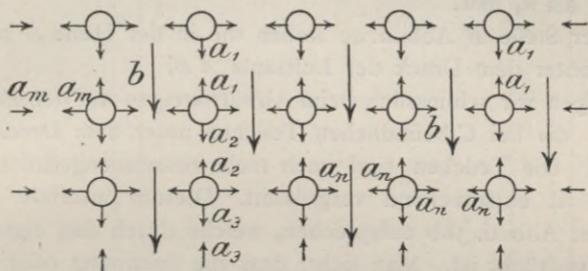
Abbild. 40.
Darstellung der Dichtigkeits-
abnahme der Luft mit
wachsender Höhe.

1) Wir nehmen an, dass die einzelnen Teilchen gleich gross sind, was in der Wirklichkeit durchaus nicht der Fall zu sein braucht.

mehr vorhanden sind, würden sie in den leeren Raum entweichen, wenn nicht als zweite Kraft die Anziehung der Erde hinzutreten würde (b), welche der Kraft a_1 gleich ist, entgegengesetzt wirkt und die Entweichung und weitere Ausbreitung verhindert. Die Anziehung der Erde auf ein Kügelchen ist gleichbedeutend mit dem Gewicht desselben, wenn wir die Masse eines solchen als Masseneinheit betrachten.¹⁾

Gewicht b und Spannung a_1 halten sich das Gleichgewicht, die beiden Kräfte heben einander auf.

Obgleich genau genommen nur auf der freien Aussenseite der obersten Schicht, also in der Berührungsfläche²⁾ der Lufthülle mit dem



Abbild. 41.

Die in *A* Abbild. 40 befindlichen Luftteilchen sind bedeutend vergrößert. $a_1; a_2$ usw. bezeichnen die abstossenden Kräfte der Teilchen. b bedeutet die Anziehungskraft der Erde.

Weltenraum keine Kräfte wirken, sind doch die in den obersten Schichten der Lufthülle wirkenden Kräfte so gering, dass wir sie gleich Null setzen können. Wir können demnach sagen, in den obersten

1) Gewöhnlich ist die Masseneinheit gleich der Masse eines Kubikzentimeters Wasser bei 4° C. Das Gewicht (P) eines Körpers ist gleich der Masse (M) mal der Erdanziehung (g), also $P = M \times g$. Setzen wir $M = 1$, so haben wir $P = 1 \times g$, also Gewicht gleich Erdanziehung. Die Anziehung nimmt ab, je weiter man sich von der Erde entfernt.

2) Wir lassen dahingestellt, ob es in Wirklichkeit eine solche Grenzfläche gibt, oder ob ein allmählicher, stetiger Übergang vom Luftmeer in den freien Raum stattfindet. Zugleich sei bemerkt, dass die durch die Erdbewegung hervorgerufene Fliehkraft oder Schwungkraft der Luftteilchen nicht berücksichtigt wurde, da diese Kraft auf die vorliegende Betrachtung nicht von Einfluss ist.

Schichten ist weder Druck noch Spannung vorhanden, und der Zustand dieser Schichten würde etwa dem einer unbelasteten Feder entsprechen. (Abbild. 38a.)

Steigen wir in der Röhre abwärts, nähern wir uns also der Erde, dann werden die Kräfte, welche auf die einzelnen Teilchen wirken, verstärkt. Während aber die Anziehungskraft der Erde nur in geringem Masse zunimmt, steigt der Druck weit rascher, und zwar mit jedem Kügelchen was mehr auf einer bestimmten Stelle lastet. Der Druck an einer Stelle ist die Summe aller über dieser Stelle liegenden Kügelchen. Durch den Druck werden die Kügelchen einander genähert, und damit erhöht sich auch die Spannung. Infolgedessen ist a_1 kleiner als a_2 , a_2 ist kleiner als a_3 usw.

An der Stelle B Abbild. 40 stehen die in der Höhe B befindlichen Teilchen unter dem Druck der Luftsäule AB .

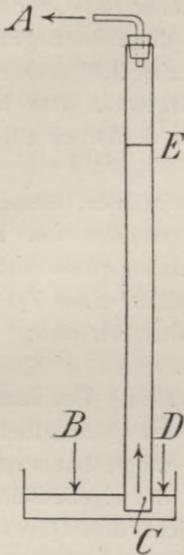
Gelangen wir schliesslich beim Abwärtssteigen auf den Erdboden C , so stehen die bei C befindlichen Teilchen unter dem Druck der Luftsäule AC . Die Teilchen sind noch mehr zusammengedrückt und ihre Spannung ist entsprechend vergrössert. Diesem Zustande würde die hohe Feder Abbild. 38b entsprechen, welche durch den eigenen Druck zusammengedrückt ist. Man sieht, dass die Spannung oder der Druck der Luft auf dem Erdboden am grössten sein muss.

§ 7. Denken wir uns dieselbe sehr hohe Röhre in ein Gefäss gestellt, welches etwas Quecksilber enthält (Abbild. 42), dann werden auch hier innerhalb und ausserhalb des Rohres dieselben Druck- und Temperaturverhältnisse herrschen, wie vorher. Diese Verhältnisse werden nicht im geringsten verändert, wenn das Rohr nicht mehr mehrere Meilen hoch verlängert gedacht wird, sondern wenn wir es so lang machen, dass man mit ihm bequem arbeiten kann. Wir wollen dem Rohre zunächst nur eine Länge von einem Meter geben. Durch Verschliessen der oberen Öffnung wird immer noch nichts an den Verhältnissen geändert. Der Luftdruck am Boden innerhalb des Rohres ist genau eben so gross, wie der Luftdruck am Boden ausserhalb des Rohres.

Druck auf die Unterlage heisst Gewicht. Damit man ein Mass hat für das Gewicht der Luft, muss man es auf eine bestimmte Einheit beziehen. Der Druck der Luft auf die ganze Erdoberfläche ist von ungeheurer Grösse mit welcher sich unbequem rechnen lässt. Dagegen ist der Druck auf einen Quadratcentimeter 1,033 kg . Auf jeden Quadrat-

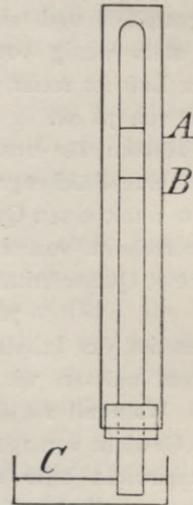
zentimeter der Erdoberfläche und auf jeden Quadratzentimeter am Boden des betreffenden Rohres drückt die Luft ebenso wie ein Gewicht von $1,033 \text{ kg}$. Auf welche Weise ist man zu diesem Resultate gelangt?

§ 8. Wir bringen die obere Öffnung *A* (Abbild. 42) mit einer Luftpumpe in Verbindung und saugen die Luft aus dem Rohr, wodurch sich die Verhältnisse ändern. Während vorher die Luft auf jeden



Abbild. 42.

Gefäß mit Quecksilber. Auf die Fläche *BD* drückt die Luft. Bei *A* wird Luft abgesaugt.



Abbild. 43.

Barometer mit Glashülle umgeben, die mit Wasser von verschiedenen Temperaturen gefüllt werden kann.

Quadratzentimeter der grossen Quecksilberfläche, also z. B. auf *B* und *D*, genau ebenso drückte, wie auf jeden Quadratzentimeter der Quecksilberfläche im Rohre, wird jetzt der Druck im Innern des Rohres verringert. Der innere Druck wird kleiner als der Aussendruck, infolgedessen treibt dieser das Quecksilber in die Röhre. Bei weiterem Absaugen der Luft wächst der äussere Luftdruck immer mehr gegenüber dem innern. Das Quecksilber wird weiter in die Röhre getrieben. Entfernt man mit einer vollkommenen Luftpumpe alle Luft aus dem Rohre, dann wird das Quecksilber genau so hoch steigen wie der äussere Luftdruck es in

die Höhe zu treiben vermag. Höher kann es nicht steigen. Es wird dann Gleichgewicht eingetreten sein zwischen dem gesamten äusseren Luftdruck und dem Druck der Quecksilbersäule im Rohre. Das Gewicht dieser Quecksilbersäule muss genau ebensogross sein, wie das Gewicht der Luftsäule, die sich vorher im Innern des unverkürzten Rohres befand, welches wir uns bis zur äussersten Grenze der Luftschicht verlängert vorgestellt hatten [1].

Wenn wir die Höhe messen, bis zu welcher das Quecksilber gestiegen ist, so werden wir bemerken, dass diese im allgemeinen zu allen Tageszeiten und zu allen Jahreszeiten ziemlich gleich ist und dass sie stets wenig von $76\text{ cm} = 760\text{ mm}$ abweicht. Das heisst der Druck der Luft ist meist ungefähr so gross wie der Druck einer Quecksilbersäule von 76 cm .

Wir können für unsere Zwecke ein Rohr wählen, dessen innerer Hohlraum eine Flächengrösse oder einen Querschnitt von 1 qcm hat. Wir haben somit einen Quecksilberzylinder, welcher 76 cm hoch ist und einen Querschnitt von 1 qcm besitzt. Der Inhalt eines Zylinders ist aber Höhe \times Querschnitt. In unserm Falle haben wir also:

$$76\text{ cm} \times 1\text{ qcm} = 76\text{ ccm}.$$

Dieses ist der Inhalt des Quecksilberzylinders. Um sein Gewicht zu erhalten, müssen wir die eigene Schwere des Quecksilbers berücksichtigen. Während 1 ccm Wasser ein Gramm wiegt, hat 1 ccm Quecksilber ein Gewicht von $13,6\text{ g}$. Man sagt dann, die eigene Schwere oder das Eigengewicht oder das spezifische Gewicht des Quecksilber ist $= 13,6$, wenn das spezifische Gewicht des Wassers $= 1$ gesetzt wird. 76 ccm Wasser wiegen 76 g , 76 ccm Quecksilber würden demnach ein Gewicht haben von $76 \times 13,6 = 1033\text{ g}$ oder $= 1,033\text{ kg}$.

Wir sind somit zu dem Resultate gekommen, dass die Luftsäule im unverkürzten Rohre, welches einen inneren Querschnitt von 1 qcm besitzt, dasselbe Gewicht hat wie eine Quecksilbersäule von demselben Querschnitt und einer 76 cm Höhe und dass dieses Gewicht oder der Druck auf 1 qcm des Erdbodens $= 1,033\text{ kg}$ beträgt.

Denken wir uns in der Röhre Abbild. 42 alle Luft über dem Quecksilber entfernt und unterhalb des Pfropfens zugeschmolzen, so befinden wir uns im Besitze eines richtigen Barometers (Abbild. 43). Sobald der Druck der Luft normal ist, steht das Quecksilber in der Röhre 760 mm hoch. Ist der Druck der Luft grösser, so kann er mehr Quecksilber

in die Röhre treiben und dieses wird steigen, es wird also einen stärkeren Luftdruck als 760 mm anzeigen. Ist der Druck der Luft geringer, kann er das Quecksilber in der Röhre nicht mehr auf der Höhe von 760 mm halten, es wird sinken und einen geringeren Luftdruck als 760 mm anzeigen.

§ 9. Kommunizierende Gefässe, d. h. Gefässe, die miteinander in Verbindung stehen, sind ebenfalls recht geeignet, über den Luftdruck Aufschluss zu geben.

Denken wir uns zwei zusammenhängende Röhren $A A'$ (Abbild. 44a) von gleicher Weite, die mit Wasser oder mit einer anderen Flüssigkeit bis zur Höhe $a a'$ angefüllt sind, so wird sich a' genau in derselben Höhe befinden wie a .¹⁾

Dass die Flüssigkeiten in beiden Röhren gleich hoch stehen, sehen wir. Ob aber die Oberflächen durch einen Druck belastet werden, können wir nicht sehen, und wir müssen uns davon in irgend einer Weise überzeugen.

Versuch 1. Wird z. B. das Rohr A mit einer Luftpumpe verbunden und die Luft abgesaugt, so bemerken wir sofort das Aufsteigen der Flüssigkeit, während sie im andern Rohr A' fällt. Die Flüssigkeit in A steige z. B. von a bis b , dann fällt sie in A um dieselbe Strecke $a' b'$. Wir gewinnen dadurch den Eindruck, als ob die Oberfläche von A von einem Gewicht befreit wird, während das Gewicht auf A' unverändert bleibt.

Versuch 2. Die Oberflächen mögen sich wieder in $a a'$ in Gleichgewicht befinden. Werden beide Rohre mit der Luftpumpe verbunden und die Luft aus ihnen ganz gleichmässig abgesaugt, so findet keine Gleichgewichtsstörung statt und die Flüssigkeitshöhe bleibt in beiden Röhren gleich.

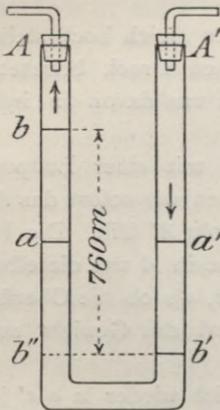
Wenn durch das Luftabsaugen der Druck auf die beiden Oberflächen verändert wird, wäre der Vorgang in derselben Weise zu erklären, als wenn bei einer gleicharmigen belasteten und im Gleichgewicht befindlichen Wage von jeder Wageschale ein gleich grosses Gewicht herabgenommen wird. Die Wage bleibt trotzdem im Gleichgewicht, genau

¹⁾ Die Verhältnisse ändern sich, wenn eines der Rohre sehr eng ist; dann tritt die Haarröhrchenwirkung auf. Wasser steht höher, Quecksilber niedriger als in weiteren Röhren.

wie die beiden Oberflächen in den Röhren nach wie vor in derselben Höhe stehen bleiben.

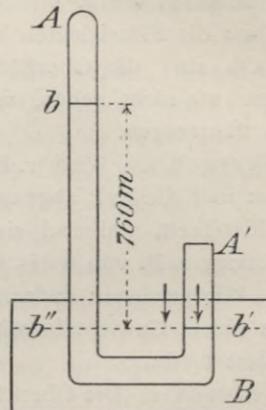
Versuch 3. Lassen wir nun in A' aus der Umgebung Luft einströmen, dann wird die Flüssigkeit in A' etwa von a' bis b' sinken, wodurch sie dann in A von a bis b steigen wird. Es findet also eine Veränderung statt, die den Eindruck erweckt, als ob die Oberfläche A' durch ein hinzutretendes Gewicht belastet wird.

Aus diesen Beobachtungen können wir schliessen, dass die atmosphärische Luft einen Druck ausübt wie ein Gewicht. Der Überdruck auf der einen Seite muss dieselbe Grösse haben wie das Gewicht der



Abbild. 44a.

Kommunizierende Röhren.



Abbild. 44b.

Heberbarometer.

Flüssigkeitssäule $b b''$, um welche die Flüssigkeit in der einen Röhre höher steht als in der andern, denn nur in diesem Falle kann Gleichgewicht stattfinden.

Wird die Flüssigkeit in A' durch einen Druck von 1 kg von a' bis b' herabgedrückt, dann muss die Säule $b b''$ ebenfalls 1 kg wiegen.

Sind die Rohre hoch genug und ist genügend Flüssigkeit vorhanden, so wird nach Entfernung aller Luft auf der einen Seite (A Abbild. 44a) der Unterschied der Flüssigkeitshöhen derartig sein, dass das Gewicht der überstehenden Flüssigkeitssäule $b b''$ gleich dem Druck der Luft ist.

Für den Fall, dass man in den Röhren Wasser verwendet, wird $b b''$ ungefähr gleich 10 m sein. Nimmt man an Stelle des Wassers

Quecksilber, dann ist $b b''$ gleich 76 cm . Denn da das Quecksilber $13,6$ schwerer ist wie Wasser, müssen 76 cm Quecksilber einen eben solchen Druck ausüben wie $13,6 \times 76 \text{ cm} = 1000 \text{ cm} = 10 \text{ m}$ Wasser, vorausgesetzt, dass mit demselben Querschnitt gerechnet wird.

Nehmen wir nun an, das Rohr A über dem Quecksilber sei abgeschmolzen und A' sei ein Stück über b' abgeschnitten, dann haben wir wieder ein Barometerrohr (Abbild. 44b) wie in Abbild. 43, nur befindet sich der Quecksilberspiegel, auf den die äussere Luft wirkt, im Rohre A' bei b' und nicht an der Stelle $b'' b$ entsprechend C der Abbildung 43. Das Gewicht der Quecksilbersäule $b b''$ und damit der Druck der Luft kann hier ebenso berechnet werden wie in § 8.

Stellen wir das Barometer Abbild. 43b in ein Gefäss B und füllen dieses soweit mit Quecksilber, dass letzteres bis zur Höhe $b' b''$ des Barometers reicht, dann wird der Druck der Luft auf b' in A' dieselbe Grösse haben wie auf der Oberfläche des Quecksilbers im Gefäss B , auf 1 qcm bezogen.

Trennen wir A' von A , so wird der Stand des Quecksilbers weder im Rohre A bei b noch im Gefäss B geändert. Schneiden wir das Rohr A noch unterhalb $b b''$ ab, dann haben wir das Barometer, Abbildung 44b, auf das Barometer Abbild. 43 zurückgeführt. Ein Barometer von der Form Abbild. 44b ohne das Gefäss B nennt man ein Heberbarometer.

§ 10. Im § 9 wurde angenommen, dass die beiden Rohre gleiche Weite haben. Dies geschah nur der bequemeren Anschauung wegen. Auch in zwei kommunizierenden Röhren von verschiedener Weite stehen die Flüssigkeiten genau gleich hoch, wenn jeder Flüssigkeitsspiegel unter dem Luftdruck steht. Die gesamte Fläche des weiteren Rohres erleidet zwar einen grösseren Druck, aber auf die Flächeneinheit (auf 1 qcm) herrscht in beiden verschieden weiten Röhren immer ein Druck von ungefähr $1,033 \text{ kg}$.

5. Die Spannkraft des Wasserdampfes.

§ 11. Wasserdampf allein. Wir führen in das Barometer (Abbildung 43) mittels einer feingebogenen Röhre einen Tropfen Wasser ein. Dieser wird im Quecksilber aufsteigen, da das Eigengewicht des Wassers (das spezifische Gewicht) bedeutend kleiner ist als das des Quecksilbers.

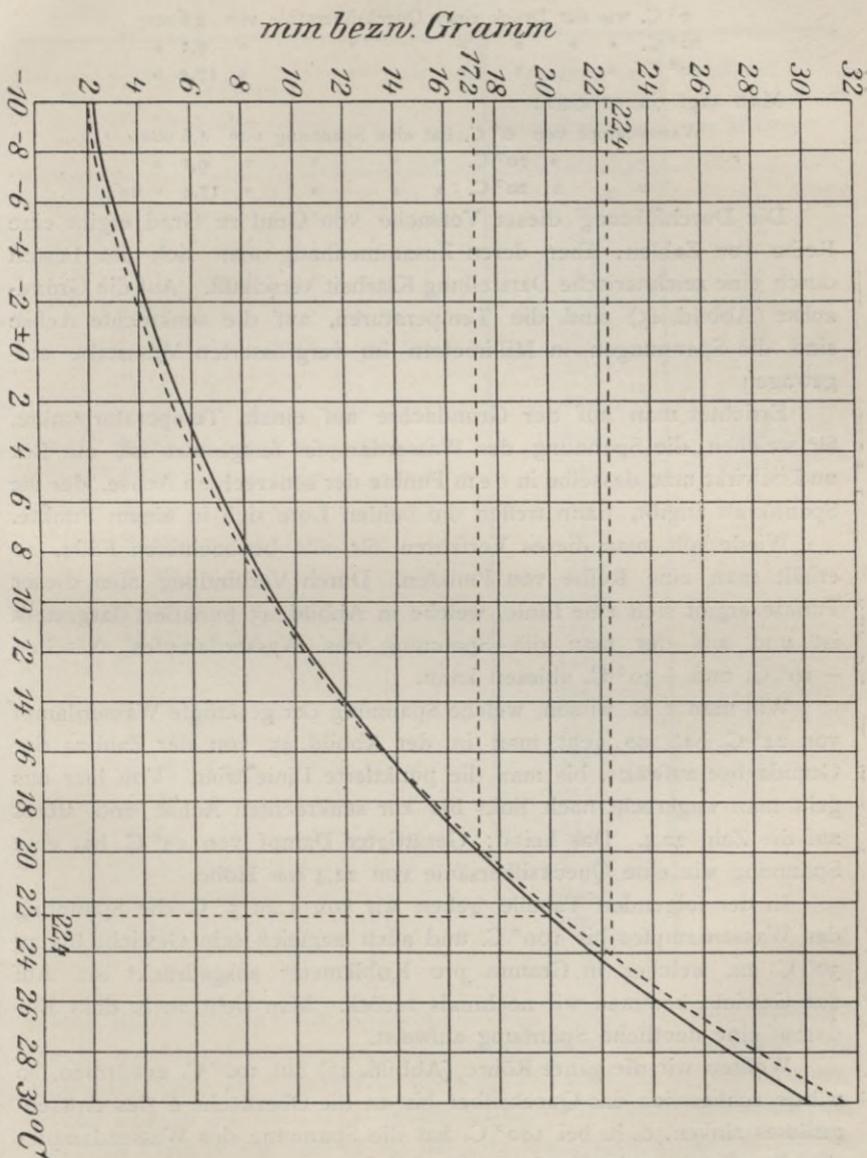
Oben bei *A* angelangt, wird sofort ein Teil im leeren Raum verdunsten. Die gebildeten Wasserdampfteilchen haben wie die Luftteilchen und wie jedes andere Gas¹⁾ das Bestreben, sich möglichst weit voneinander zu entfernen.

Sie üben also einen Druck aus auf die Rohrwand und auf die Oberfläche des Quecksilbers im Rohr. Das Quecksilber wird infolgedessen heruntergedrückt, während es sich vorher (Abbild. 43) in der Höhe *A* befand, nimmt es jetzt vielleicht die Höhe *B* ein. Würde soviel Wasser eingeführt, dass bei diesem Vorgang nicht alles verdunstet ist, so würde eine weitere Zuführung von Wasser kein bemerkbares Herabsinken des Quecksilbers mehr veranlassen. Es lässt sich dagegen zeigen, dass die Veränderung der Temperatur einen bedeutenden Einfluss auf den Stand des Quecksilbers ausübt.

Wenn das Barometerrohr mit einer Glashülse umgeben ist, und wir giessen in diese heisses Wasser, dann wird der über dem Quecksilber befindliche Wassertropfen erwärmt und er wird noch mehr Wasserdampf aussenden. Der Wasserdampf wird sich kräftiger auszudehnen suchen und das Quecksilber wird weiter abwärts gedrückt. Je höher die Temperatur im Innern des Barometerrohrs steigt, desto stärker drückt der Wasserdampf auf das Quecksilber.

Während z. B. Wasserdampf von 0° die Quecksilbersäule nur 4,6 *mm* abwärts drückt, wird letztere bei 10grädigem Wasserdampf um 9,1 *mm*, bei 20grädigem Wasserdampf um 17,4 *mm* zurückweichen müssen. Der Druck oder die Spannkraft des Wasserdampfes ist demnach ebenso gross bei

1) Ist die Temperatur, bei welcher man mit irgend einem Gase arbeitet, nahe dem Siedepunkte der Flüssigkeit, aus welcher das Gas gebildet ist, dann gebraucht man den Ausdruck Dampf statt Gas. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist die Temperatur der Luft weit vom Siedepunkt der flüssigen Luft entfernt, also ist Luft ein Gas. Unter denselben Bedingungen ist die Temperatur des Wasserdampfes meist nicht weit vom Siedepunkt des Wassers entfernt, daher wird gasförmiges Wasser Dampf genannt. Man kann sich auch anders ausdrücken: Luftförmige Körper, die weit von ihrer Verflüssigungs- (Kondensations-) Temperatur entfernt sind, nennt man Gase. Solche, die nur wenig von dieser Temperatur entfernt sind, nennt man Dämpfe. Luft muss man sehr stark kühlen und verdichten, wenn sie sich in Flüssigkeit verwandeln soll. Wasserdampf dagegen braucht man im allgemeinen nur wenig abzukühlen, um flüssiges Wasser zu erhalten. Daher ist Luft ein Gas und luftförmiges Wasser ist Dampf.



Abbild. 45.

Die krumme punktierte Linie gibt die Spannungen des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen an.

Die ausgeogene Linie bezieht sich auf das Gewicht des Wasserdampfes.

0° C.	wie der Druck einer Quecksilbersäule von	4,6 mm
10° C.	» » » » » »	9,1 »
20° C.	» » » » » »	17,4 »

Man sagt daher kurz:

Wasserdampf von 0° C.	hat eine Spannung von	4,6 mm
» » 10° C.	» » » » » »	9,1 »
» » 20° C.	» » » » » »	17,4 » usf.

Die Durchführung dieser Versuche von Grad zu Grad ergibt eine Reihe von Zahlen, über deren Zusammenhang man sich am besten durch eine zeichnerische Darstellung Klarheit verschafft. Auf die Grundachse (Abbild. 45) sind die Temperaturen, auf die senkrechte Achse sind die Spannungen in Millimetern im vergrösserten Massstabe aufgetragen.

Errichtet man auf der Grundachse auf einem Temperaturpunkte, für welchen die Spannung des Wasserdampfes festgesetzt ist, ein Lot und bewirkt man dasselbe in dem Punkte der senkrechten Achse, der die Spannkraft angibt, dann treffen die beiden Lote sich in einem Punkte.

Wiederholt man dieses Verfahren für alle beobachteten Fälle, so erhält man eine Reihe von Punkten. Durch Verbindung aller dieser Punkte ergibt sich eine Linie, welche in Abbild. 45 punktiert dargestellt ist und aus der man die Spannung des Wasserdampfes zwischen -10° C. und $+30^{\circ}$ C. ablesen kann.

Will man z. B. wissen, welche Spannung der gesättigte Wasserdampf von 24° C. hat, so geht man in der Abbild. 45 von der Zahl 24 der Grundachse aufwärts, bis man die punktierte Linie trifft. Von hier aus geht man wagerecht nach links bis zur senkrechten Achse und stösst auf die Zahl 22,4. Das heisst: Gesättigter Dampf von 24° C. hat eine Spannung wie eine Quecksilbersäule von 22,4 mm Höhe.

In der folgenden Tabelle geben wir von 5 zu 5° C. die Spannung des Wasserdampfes bis 100° C. und auch zugleich sein Gewicht bis zu 30° C. an, welches in Gramm pro Kubikmeter ausgedrückt ist. Auf das Gewicht kommen wir nochmals zurück. Man sieht auch, dass Eisdampf eine deutliche Spannung aufweist.

Wollten wir die ganze Röhre (Abbild. 43) auf 100° C. erwärmen, so würde schliesslich das Quecksilber bis an die Oberfläche C des Aussengefässes sinken, d. h. bei 100° C. hat die Spannung des Wasserdampfes dieselbe Grösse, wie die der Aussenluft.

§ 12. Wasserdampf und Luft. Wir benutzen jetzt eine eben-

Tabelle I.

Temperatur in Graden Celsius	Spannung in Millimetern Quecksilbersäule	Gewicht in Gramm pro Hektoliter
- 10	2,0	2,2
- 5	3,0	3,3
0	4,6	4,9
+ 5	6,5	6,8
+ 10	9,1	9,3
+ 15	12,7	12,8
+ 20	17,4	17,2
+ 25	23,5	22,8
+ 30	31,5	30,1
+ 35	41,8	—
+ 40	54,9	—
+ 45	71,4	—
+ 50	92,0	—
+ 55	117,5	—
+ 60	148,9	—
+ 65	187,1	—
+ 70	233,3	—
+ 75	288,8	—
+ 80	355,4	—
+ 85	433,7	—
+ 90	525,9	—
+ 95	634,0	—
+ 100	760,0	—

solche Barometerröhre wie vorher Abbild. 43, lassen aber eine beliebige Menge trockene Luft Zutreten. Es sei bei einem Versuche soviel Luft eingeführt, dass das Quecksilber nicht 76 *cm* hoch steht, sondern nur 50 *cm*. Führen wir jetzt etwas Wasser hinzu, dann werden wir bemerken, dass das Quecksilber bei 10° C. um 9,14 *mm* sinken wird, bei 20° um 17,4 *mm* usw., also genau ebensoviel als vorher im luftleeren Raume.

Dieser merkwürdige Sachverhalt wird uns nicht mehr wunderbar vorkommen, wenn wir uns daran erinnern, dass jedes Gas die Eigenschaft hat, einen Raum derart auszufüllen, als ob es ganz allein in ihm vorhanden wäre.

Gegenüber dem Versuche ohne Luft liegt in diesem Falle ein Unterschied darin, dass jetzt dem Dampfe ein grösserer Raum geboten wird als vorher. Infolgedessen muss etwas mehr Wasser verdunsten, damit auch wirklich die Spannung erreicht wird, welche der beobachteten Temperatur entspricht. Andererseits findet aber auch selbst bei Berücksichtigung des grösseren Raumes die Verdunstung verhältnismässig weit langsamer statt, weil die vorhandenen Luftteilchen die Durchdringung und Ausbreitung des Wasserdampfes verzögern.

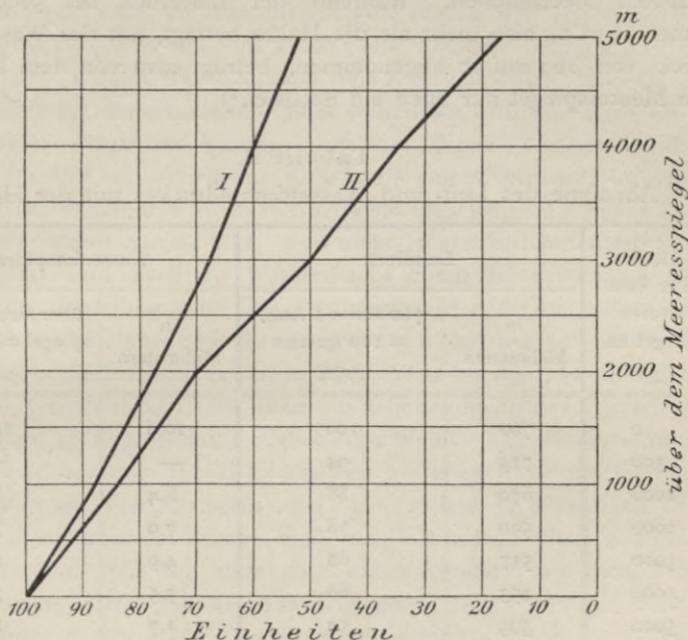
§ 13. Abnahme des Dampfdruckes mit der Höhe. Bei der Betrachtung des Luftdruckes wurde auseinandergesetzt, dass dieser um so geringer ist, in je grösserer Höhe sich die betrachtete Stelle von der Oberfläche der Erde befindet. Aus denselben Gründen erleidet auch die Spannung oder der Druck des Wasserdampfes eine Abnahme mit steigender Höhe.

Wir nehmen wieder eine meilenhohe Röhre an, welche unten in Wasser taucht. Die im Rohre befindliche Luft wird sich allmählich mit Wasserdämpfen sättigen und genau in demselben Zustande in dem Rohr ausgebreitet sein, als ob gar keine Luft vorhanden wäre. Ist bei einer bestimmten Temperatur ein Gleichgewicht eingetreten, so dass die im Rohr befindliche Luft kein Wasser mehr aufnimmt, aber auch kein Wasser abgibt, dann hat tatsächlich nur derjenige Teil die aus der Abbild. 45 zu ersiehene Dampfspannung, welcher direkt mit dem Wasser in Berührung ist oder sich doch nur in geringer Höhe über dem Wasserspiegel befindet. Die höher gelegenen Teilchen haben einen geringeren Druck über sich, sie können sich weit voneinander entfernen und üben infolgedessen eine geringere Spannung aus. Druck und Spannung sind um so geringer, je grösser die Entfernung von der Wasserfläche ist.

Man hat aus vielen Beobachtungen gefunden, dass die Druckabnahme beim Wasserdampf rascher vonstatten geht als bei der Luft.

In der folgenden Tabelle II enthält die erste Spalte die Angabe der Höhe, die zweite Spalte den Luftdruck für verschiedene Höhen in Millimetern. In der dritten Spalte ist der Luftdruck auf der Erde gleich

einer Atmosphäre¹⁾ gesetzt und dieser Druck als 100 bezeichnet. Der geringere Druck in grösseren Höhen ist dann durch entsprechend niedrigere Zahlen ausgedrückt. In der vierten Spalte ist der Wasserdampfdruck für die verschiedenen Höhen ebenfalls in Millimetern angegeben, wenn er direkt über dem Meeresspiegel gerade 10 mm beträgt. Wenn man auch hier den Druck über dem Meeresspiegel als



Abbild. 46.

Linie I veranschaulicht die Abnahme des Luftdruckes;
Linie II diejenige des Wasserdampfes mit wachsender Höhe.

1) Unter dem Druck einer Atmosphäre versteht man den Druck der Luft auf einen Quadratzentimeter, welchen wir nach obigen Versuchen mit 1,033 kg berechneten.

Da der Luftdruck aber stets wechselt, da ausserdem die Zahl 1 kg von der Zahl 1,033 kg nicht sehr verschieden ist, und da schliesslich die Rechnung mit der Zahl 1 bequemer ist, so hat man in der Praxis begonnen, die Zahl 1,033 kg abzuschaffen, und führt an Stelle derselben immer mehr die Zahl 1 kg ein. Man nennt den Druck von 1 kg auf einen Quadratzentimeter eine neue Atmosphäre. Bei unseren Berechnungen ist stets die alte Atmosphäre gemeint, wenn nichts weiter bemerkt wird.

100 bezeichnet, wie in Spalte 5 der Tabelle II geschehen ist, aber nach anderen Einheiten gerechnet als beim Luftdruck, so geben die betreffenden Zahlen ein gutes Bild über die Verschiedenartigkeit der Druckabnahme mit der Höhe zwischen Luft und Wasserdampf, besonders wenn man sie zeichnerisch darstellt. In Abbild. 46 sind die Zahlen auf der Grundaxe Druckgrößen und die Zahlen auf der senkrechten Achse bedeuten Meereshöhen. Während der Luftdruck bei 5000 *m* noch immer 53 pCt., also mehr als die Hälfte beträgt, hat der Wasserdampfdruck von 100 auf 17 abgenommen, beträgt also von dem Druck auf den Meeresspiegel nur noch ein Sechstel.¹⁾

Tabelle II.

Abnahme des Luft- und Wasserdampfdruckes mit der Höhe.

Höhe über dem Meeres- spiegel in <i>m</i>	Luftdruck		Wasserdampfdruck	
	in Millimetern	760 <i>mm</i> = 1 Atm. = 100 gesetzt pCt.	in Millimetern	über dem Meeres- spiegel = 100 gesetzt pCt.
0	760	100	10,0	100
500	713	94	—	—
1000	670	88	8,4	84
2000	590	78	7,0	70
3000	517	68	4,9	49
4000	453	60	3,5	35
5000	395	52	1,7	17

§ 14. Ungesättigter und überhitzter Wasserdampf. Wir benutzen wieder das Barometer Abbild. 43, dessen gläserne Umhüllung wir mit Wasser von etwa Zimmertemperatur füllen und führen wieder etwas Wasser durch das Quecksilber in den leeren Raum.

Während wir aber bei der früheren Betrachtung, bei welcher die Änderung der Dampfspannung mit der Temperatur festgestellt werden

1) Hiernach müsste es vorteilhaft sein, die Getreidespeicher hoch auf Bergen anzulegen.

sollte, eine verhältnismässig reichliche Menge Wasser einführen¹⁾, damit dieses auch bei höheren Temperaturen stets genügend vorhanden war, um gesättigten Dampf bilden zu können, ändern wir die Versuchsanstellung in der Weise, dass wir nur sehr wenig Wasser einführen.

Hat das Wasser in der Hülle 10°C ., dann wird der eingeführte Dampf eine Spannung von $9,1\text{ mm}$ veranlassen. Wir erwärmen nun das Wasser, wodurch auch der Wassertropfen im Innern sich erwärmt, mehr Wasser verdampft wird und der Dampf eine grössere Spannung erhält. Bei 20° herrscht dann die Spannung $17,4\text{ mm}$, das heisst, das Quecksilber ist um $17,4\text{ mm}$ gesunken. Jetzt wollen wir annehmen, es sei so wenig Wasser eingeführt worden, dass bei dieser Temperatur alles Wasser verdampft sei. Wird das Rohr nun weiter erwärmt, so steigt zwar die Temperatur des Wassers über dem Quecksilber; aber es kann kein Wasser weiter verdampfen, weil nichts mehr vorhanden ist. Wie alle Gase, so wird auch der Wasserdampf durch die Erwärmung ausgedehnt; die Spannung wird eine grössere und das Quecksilber wird weiter sinken. Indem eine Erwärmung von 20° auf 30° stattfindet, sinkt das Quecksilber um weitere $0,6\text{ mm}$, also bis auf 18 mm Gesamtspannung. Die Zahl $0,6$ leitet man aus Überlegungen her, deren Mitteilung einem späteren Aufsatz vorbehalten bleibt. Aus den Spannungstabellen bzw. aus der Abbild. 45 ersehen wir aber, dass die Spannung des gesättigten Wasserdampfes bei 30° gleich $31,5\text{ mm}$ ist, und wollten wir noch mehr Wasser einführen, so würde diese Spannung erreicht werden. Wir tun dies aber nicht, sondern wir setzen den Versuch weiter fort. Bei weiterer Erwärmung dehnt sich der Wasserdampf immer weiter aus. Das Quecksilber sinkt, jedoch lange nicht in dem Masse, als wenn genügend Wasser vorhanden wäre, welches den Dampf in gesättigtem Zustande erhalten könnte. Der Dampf wird immer mehr überhitzt und immer mehr ungesättigt. Hieraus ergibt sich, dass ein Dampf überhitzt oder ungesättigt genannt werden kann, wenn er nicht die Spannung hat, die er bei der beobachteten Temperatur haben könnte.

§ 15. Wir bemerken weiter nichts Wesentliches bei fortgesetzter

1) Aber stets musste möglichst wenig Wasser eingeführt werden, damit nicht durch das Gewicht des flüssigen Wassers die Höhe der Quecksilbersäule verändert wird, was die Betrachtungen etwas verwickelter machen würde.

Erhitzung und beginnen nun das Wasser in der Umhüllung abzukühlen. Die Spannung nimmt langsam ab und das Quecksilber steigt langsam, die Überhitzung des Wasserdampfes wird geringer. Schliesslich haben wir die Temperatur von 20° erreicht, und nun ist der Dampf an einem bemerkenswerten Punkt angelangt, den wir bei den früheren Versuchen stets zu erhalten strebten, er ist gesättigt. Die Spannung beträgt jetzt $17,4 \text{ mm}$. Kühlen wir weiter ab, so nimmt die Spannung weit rascher ab als vorher, und wir sehen zugleich, dass sich Wasser niederschlägt und auf dem Quecksilber ansammelt. Durch die Abkühlung wird der Dampf übersättigt, er kann das gesamte Wasser nicht mehr halten und schlägt das überschüssige Wasser nieder. Man nennt daher diejenige Temperatur, bei welcher der im Rohre befindliche Wasserdampf gesättigt sein würde, den »Taupunkt«.

Allgemeiner können wir sagen: wenn die atmosphärische Luft irgend einen Wassergehalt hat, und wir kühlen diese Luft soweit ab, dass sich Wasser ausscheidet, so nennt man die Temperatur, bei welcher diese Wasserabscheidung beginnt, den Taupunkt der Atmosphäre. Der Taupunkt ist naturgemäss äusserst wechselnd.

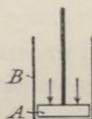
Die Abkühlung bis unter den Taupunkt, also der Vorgang der Wasserabscheidung findet in der Natur sehr häufig statt, wenn feuchte warme Luft mit kalter Luft oder mit kalten Gegenständen, z. B. mit kaltem Getreide, zusammenkommt. Weil sich kaltes Getreide an der warmen Luft mit Wasser beschlägt, ist dieses Zusammentreffen für das Getreide ganz besonders gefährlich.

§ 16. Die beiden wichtigen Zustände der Übersättigung und Überhitzung wollen wir noch ohne Barometer auf einem andern Wege zu veranschaulichen suchen. In Abbild. 47a sei A ein Kolben, welcher vollkommen genau und reibungslos in den umgebenden Mantel B hineinpasst. Ist der Mantel oben offen, dann wirkt wie auf jeden Punkt der Erdoberfläche der Luftdruck auf den Kolben und zwar mit einem Gewicht von $1,033 \text{ kg}$ pro Quadratcentimeter. Damit wir den Kolben von seiner Unterlage entfernen können, müssen wir diesen Druck überwinden. Hat der Kolben einen Querschnitt von $100 \text{ qcm} = 1 \text{ qdm}$, dann muss der Druck der Luft von $100 \times 1,033 \text{ kg}$ überwunden werden. Wir müssen demnach an der Kolbenstange mit einer Kraft ziehen, welche ausreicht, $1,033 \text{ kg}$ zu heben. Aus den Tabellen über Dampfspannung ist zu ersehen, dass der Druck eines Dampfes von 100° C . dem Druck

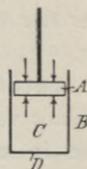
der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht hält. Führen wir demgemäss in den luftleeren Raum *C*, Abbild. 47b, 1 Liter gesättigten Dampf von 100° C. ein, indem wir annehmen, dass der Dampf seine Wärme nicht nach aussen abgibt, sondern sie bei sich behält, so wird der Kolben um 10 *cm* gehoben werden. Denn der entstandene Raum hat einen Inhalt von $100 \text{ qcm} \times 10 = 1000 \text{ ccm} = 1 \text{ Liter}$, weil Grundfläche mal Höhe gleich dem Inhalt eines Zylinders ist.

Der Kolben wird freiwillig weder höher als bis 10 *cm* steigen, noch wird er freiwillig tiefer herabsinken, weil auf beiden Seiten des Kolbens *A* der gleiche Druck von 103,3 *kg* wirkt.

Ein Liter gesättigter Dampf von 100° C. hat ein Gewicht von 0,606 *g*. Drücken wir nun den Kolben abwärts z. B. um 10 *mm*, so wird der Raum, welcher mit Dampf gefüllt ist, auf 900 *ccm* verringert



Abbild. 47a.



Abbild. 47b.

Reibungslosgehende Kolben. Die Pfeile geben den Luftdruck bzw. in *C* auch den Dampfdruck an.

werden. Denn die Höhe des Kolbens über dem Boden *D* beträgt nur noch 9 *cm* und der Inhalt dieses Raumes ist $100 \text{ qcm} \times 9 \text{ cm} = 900 \text{ ccm}$.

Diese 900 *ccm* können aber nicht mehr als 0,606 *g* Wasserdampf von 100° C. fassen, sondern nur noch $\frac{900 \times 0,606}{100} = 0,545 \text{ g}$.

Es müssen sich demnach $0,606 - 0,545 = 0,061 \text{ g}$ Dampf in Wasser verwandelt haben. Ein Zustand der Übersättigung war eingetreten. Aus diesem Versuche, wie aus den früheren ersehen wir, dass es unmöglich ist, in einem bestimmten Raume mehr Wasserdampf anzusammeln, als die Tabelle I für die bestimmten Temperaturen angibt. Presst man den Dampf zusammen, dann wird er nicht in allen Teilen verdichtet, sondern ein Teil wird in Wasser verwandelt. Mit anderen Worten: Jeder Dampf hat bei vorgeschriebener Temperatur eine Höchstspannung (Maximalspannung), die nicht überschritten werden kann.

§ 17. Wir stellen den Kolben (Abbild. 47b) wieder so, dass unter ihm ein Raum von einem Liter mit Dampf von 100° gesättigt und kein überschüssiges Wasser vorhanden sei. Ziehen wir nun den Kolben noch mehr aus dem Zylinder heraus, so wird der Raum vergrößert. Beträgt die Entfernung vom Boden D (Abbild. 47b) 11 cm , so ist der Inhalt des Raumes jetzt $100 \text{ qcm} \times 11 \text{ cm} = 1100 \text{ ccm}$. Hierin sind $0,606 \text{ g}$ Wasserdampf vorhanden. 1 Liter enthält demnach nur $\frac{0,606 \times 1000}{1100} = 0,551 \text{ g}$, also nicht so viel, als er bei der Temperatur von 100°C . enthalten könnte. Soll der Dampf bei dem jetzigen Rauminhalt gesättigt sein, d. h. im Liter $0,606 \text{ g}$ enthalten, so müsste ihm entweder mehr Dampf zugeführt oder der vorhandene Dampf müsste bis zu einem bestimmten Grade abgekühlt werden. Man sagt daher, der Dampf ist ungesättigt oder überhitzt. Er würde im Falle der Abkühlung gesättigt werden, hätte dann aber der tieferen Temperatur entsprechend, eine geringere Dampfspannung.

§ 18. Absoluter Wassergehalt. Unter absolutem oder wirklichem Wassergehalt versteht man die Menge Wasserdampf in Grammen ausgedrückt, die in einem Kubikmeter vorhanden ist. Zwischen der Dampfspannung in Millimetern Quecksilbersäule und dem in Gramm ausgedrückten Gewichte in 1 cbm bestehen gewisse Beziehungen. Aus dem Dampfdruck erhält man nämlich das Gewicht durch Multiplikation (Vervielfältigung) mit einer Zahl, die etwas von der Temperatur abhängig ist und die aus Tabellen entnommen werden kann (z. B. aus Jelinecks Psychrometertafeln). Diese Zahl hat zwischen 16 und 17°C ., also gerade für mittlere Temperaturen, die Grösse 1 . Mit erhöhter Temperatur nimmt sie etwas ab, mit niedrigerer Temperatur nimmt sie etwas zu. Die Unterschiede sind für die vorliegenden Zwecke von keiner praktischen Bedeutung. Es kann also in nicht zu weiten Grenzen die Zahl 1 angenommen werden. Hieraus ergibt sich eine bedeutende Annehmlichkeit, indem man mit der Zahl, welche die Dampfspannung ausdrückt, zugleich auch das Gewicht pro 1 cbm erhält. Bei höheren Temperaturen, etwa von 30°C . ab, sind die Abweichungen grösser und müssen dann berücksichtigt werden. Die durch die Versuche ermittelten Zahlen kann man zeichnerisch darstellen und man erhält eine Gewichtslinie in derselben Weise wie die Spannungslinie § 11. Die Gewichtslinie ist in Abbild. 45 ausgezogen. Aus Tabelle I und Abbild. 45 können die betreffenden Gewichte entnommen werden.

Will man z. B. wissen, wieviel Wasserdampf von 20°C . in einem Kubikmeter enthalten sein kann, so geht man von der Zahl 20 der Grundachse aufwärts, bis man die ausgezogene Linie trifft. Von hier aus geht man dann wagerecht nach links bis man die senkrechte Achse trifft. Im vorliegenden Falle findet man die Zahl 17,2 und dieses bedeutet: 1 *cbm* gesättigter Wasserdampf von 20°C . hat das Gewicht von 17,2 *g*.

Man kann auch umgekehrt fragen, z. B.: Welche Temperatur muss ein Dampf haben, der gesättigt ist und von dem 1 *cbm* = 20 *g* wiegt? In diesem Falle beginnen wir bei der Zahl 20 der senkrechten Achse gehen nach rechts, bis wir die ausgezogene Linie treffen und gehen dann abwärts bis zur Grundachse. Wir treffen diese bei $22,4^{\circ}\text{C}$. und haben damit die Temperatur gefunden, bei welcher 1 *cbm* gesättigter Wasserdampf 20 *g* wiegt.

Der Verlauf der beiden Linien in Abbild. 45 zeigt recht anschaulich den geringen Unterschied der Spannungszahlen und der entsprechenden Gewichtszahlen. Zwischen 16 und 17°C . fallen beide Zahlen zusammen.

§ 19. Relativer Wassergehalt. Die uns umgebende Luft ist nur sehr selten vollständig mit Wasserdampf gesättigt; ist dieses wirklich einmal der Fall, dann sagt man, die Luft habe bei der beobachteten Temperatur den relativen¹⁾ Feuchtigkeitsgehalt von 100 pCt.

Enthält sie nur die Hälfte der Feuchtigkeit, die sie enthalten kann, so sagt man, der relative Feuchtigkeitsgehalt betrage 50 pCt. usw.

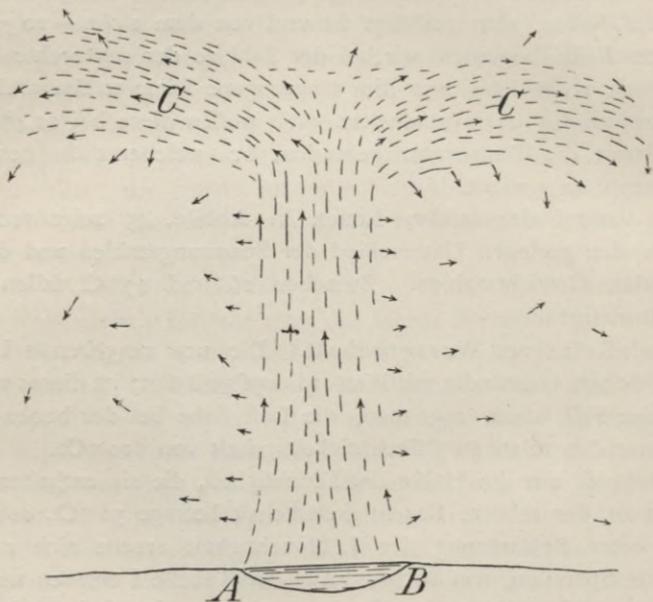
Bei einer Bestimmung der Luftfeuchtigkeit ergebe sich z. B. bei 20°C . eine Spannung von 10 *mm*. Aus der Tabelle I ersehen wir, dass die Spannung des gesättigten Dampfes 17,4 *mm* ist. Bei der letzteren Spannung wäre der relative Feuchtigkeitsgehalt 100 pCt. Bei 1 *mm* Dampfspannung würde derselbe $\frac{100}{17,4}$ und bei 10 *mm* Dampfspannung würde er $\frac{100 \cdot 10}{17,4} = 57$ pCt oder $\frac{57}{100}$ sein.

Man kann sich auch folgendermassen ausdrücken:

$$\text{Relative Feuchtigkeit} = \frac{\text{wirklich vorhandene}}{\text{höchstmögliche}} \text{ Feuchtigkeit.}$$

1) Relativ = bezüglich, d. h. bezogen auf den Wassergehalt, welchen die Luft bei der betreffenden Temperatur haben kann.

§ 20. Bewegung des Wasserdampfes in der Luft. Wenn an einer nassen Stelle des Erdbodens, z. B. über einem Sumpf (Abbild. 48) die Sonnenstrahlung stark auftritt, so wird das Wasser schnell verdunstet. Infolge des leichteren spezifischen Gewichts gegenüber der Luft findet ein Auftrieb statt und die Wasserdämpfe steigen nach oben. Dieses Verhalten ist genau ebenso zu verstehen, wie das Aufsteigen eines leichten Korkes im Wasser, den man nach unten zu stossen



Abbild. 48.

AB ist ein Sumpf, See usw. Die Pfeile zeigen den Gang der Wasserteilchen an. Bei *CC* Wolkenbildung.

sucht. Der Kork ist leichter als die von ihm verdrängte Wassermasse und wird nach oben getrieben. Die dabei wirkende Kraft nennt man den Auftrieb; sie ist so gross wie der Gewichtsunterschied zwischen dem Kork und der von ihm verdrängten Wassermasse.

Wie der Kork im Wasser aufsteigt, so steigt auch der Wasserdampf in der schwereren Luft empor. Dieser Vorgang, welcher in *Abbild. 48* durch die senkrechten Pfeile angedeutet ist, wird aber zugleich von

einem anderen begleitet, nämlich von der Ausbreitung oder Diffusion in die umgebende Luft hinein, was durch die wagerechten und schrägen Pfeile angedeutet ist. Wir erinnern uns, dass die Wasserdämpfe das Bestreben haben, sich auszubreiten. Diese Ausbreitung wird aber stark verzögert durch die im Wege stehenden Luftteilchen, die erst unzählige Male ausweichen müssen, um den Wasserteilchen Platz zu machen. Der Auftrieb dagegen schafft sich mit einem Male gewaltsam Platz und es gelangt eine grössere Menge Wasserdampf nach oben.

§ 21. Wir haben § 15 gesehen, dass die Wasserdämpfe sich niederschlagen, sobald der »Taupunkt« überschritten wird. Je mehr man sich von der Erde entfernt, desto kälter wird die Luft. Kommen die Wasserdämpfe nun beim Aufwärtssteigen in kältere Schichten, so werden sie abgekühlt [2]. Bei einer bestimmten Höhe wird dann die Temperatur so tief, dass innerhalb des Gebietes, das wir betrachten, eine Übersättigung der Dämpfe stattfindet und sich Wasser ausscheidet. Der Taupunkt ist erreicht, die Wasserdämpfe verdichten sich und bilden Wolken¹⁾.

Das Bestreben, sich möglichst zu verteilen und auszubreiten, dauert auch nach der Wolkenbildung fort und wird beständig von der Anziehung der Erde, also von dem Gewicht der Dampfteilchen geregelt. Daher schicken die Wolken die einzelnen Wasserteilchen in die darunter befindlichen Luftschichten, wie in der Abbildung durch seitwärts und abwärts gerichtete Pfeile angedeutet ist. Man kann beobachten, dass bei sonst klarer und windstillen Luft Wolken allmählich kleiner werden und schliesslich ganz verschwinden. Hier findet eben Ausbreitung (Diffusion) der Wasserdämpfe in die Umgebung, auch nach unten, statt.

§ 22. Die Luftteilchen, welche durch ihre Gegenwart die oben erwähnte seitliche Ausbreitung der Wasserdampfteilchen verzögern, können aber auch dadurch, dass sie sich in Bewegung befinden, die Wasserdampfteilchen nach einer bestimmten Richtung, der Windrichtung, hinbewegen und können dadurch das Bestreben, sich nach allen Richtungen hin auszubreiten und die weitere Neigung, der Anziehung der Erde zu folgen, ablenken. Der Staub in der Luft hat auch das Bestreben, senkrecht auf die Erde zu fallen. Aber obgleich er schwerer wie Luft

1) Die durch kalte Luftströmungen in Berührung mit feuchten Luftschichten verursachte Bildung von Regen, Schnee usw. kann hier nicht näher erörtert werden.

ist, wird er doch durch die bewegten Luftteilchen, also durch den Wind nach ganz anderen Richtungen hingetrieben.

Da der Wasserdampf leichter als Luft ist, wird er nicht nur durch den Auftrieb, sondern auch durch verhältnismässig geringe Luftströmungen nach den verschiedensten Richtungen hin befördert. Hieraus erklärt sich der beständige Wechsel des Wassergehaltes im Freien und der Umstand, dass die Feuchtigkeitsbestimmungen auch innerhalb kurzer Zeiträume an demselben Orte nie übereinstimmen.

Aus denselben Gründen wird es auch häufig vorkommen, dass innerhalb gewisser Grenzen an höheren Stellen mehr Wasserdampf vorhanden sein wird als an tieferen.

Für grössere Höhenunterschiede werden dagegen die Zahlen der Tabelle II, § 13 gelten.

Nachträge.

1. Denn, falls wir hier in der Lage gewesen wären, alle Luft zu entfernen, wäre das Quecksilber genau ebenso hoch und keinen Millimeter höher nachgestiegen, als im verkürzten Rohre.

2. Die Abkühlung erfolgt im wesentlichen durch Ausdehnung beim Aufwärtssteigen der Wasserdämpfe.

26. Der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft.

II. Teil.

Vorwort.

In derselben Weise, wie der erste Teil dieser Arbeit als Einführung dienen sollte, um das Verständnis für die darauffolgende Veröffentlichung der Beobachtungen im Versuchs-Kornhause zu erleichtern, soll auch dieser Teil einem gleichen Zwecke dienen und zwar für die weitere Veröffentlichung, die sich insbesondere auf die Art und Weise der Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen bezieht.

Ich bin in manchen Fällen über das eigentliche Ziel hinausgegangen, aber doch nur dann, wenn ich das Interesse des Lesers für den behandelten Gegenstand zu vermehren hoffte und wo ich vor allen Dingen auf den Zusammenhang aller Naturerscheinungen hinweisen konnte.

Selbst wenn die gegenwärtigen Theorien nicht richtig sein sollten, wird doch eine einheitliche Auffassung aller in der Natur wirkenden Kräfte stets wieder versucht werden. Denn gerade diese einheitliche Auffassung erleichtert die zielbewusste Beobachtung und die Erklärung der beobachteten Tatsachen in hohem Masse.

1. Der Taupunkt.

§ 23. Die Bestimmung der Wasserdampfmengen in der uns umgebenden Luft ist in vielen Fällen praktisch von grosser Wichtigkeit, und auch bei den Beobachtungen im Versuchs-Kornhause stellte sich im Laufe der Zeit die Notwendigkeit derselben heraus, worüber an einer anderen Stelle bereits eingehend berichtet ist.

Damit die Bestimmungsmethoden, die verwendeten Apparate und ihre Wirkungsweise verständlich werden, wollen wir auf die physikalischen Grundlagen, gemäss welchen Feuchtigkeitsmessungen angestellt werden, etwas näher eingehen.

§ 24. Im ersten Teil dieses Artikels habe ich bereits über den Taupunkt gesprochen.¹⁾

Die grosse Wichtigkeit des Gegenstandes lässt das Zurückkommen auf ihn auch an dieser Stelle gerechtfertigt erscheinen.

Taupunkt nennt man diejenige Temperatur, bis zu welcher die Luft oder auch der leere Raum abgekühlt werden muss, damit der darin befindliche Wasserdampf sich gerade im gesättigten Zustande befindet.

Die geringste weitere Abkühlung würde eine Übersättigung hervorrufen, es würde sich Wasserdampf abscheiden und Tau auftreten.

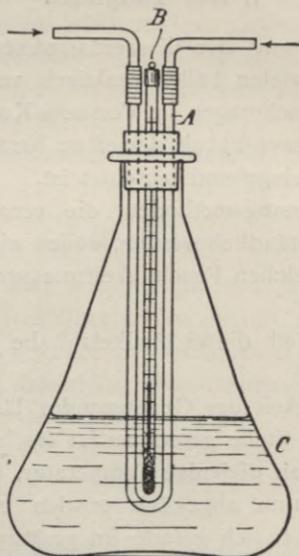
Der Taupunkt ist sehr verschieden. Er kann sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Temperaturen liegen.

Im ersten Teil dieser Abhandlung, § 12, habe ich auseinandergesetzt, dass die Gegenwart oder Abwesenheit von Luft oder eines anderen Gases keinen wesentlichen Einfluss auf die Menge des Wasserdampfes hat, sondern dass diese nur von der Temperatur und dem gebotenen Raume abhängt. Um auf diese Tatsache dauernd die Aufmerksamkeit zu lenken, werde ich mitunter den Ausdruck »Wasserdampf im (leeren) Raume« gebrauchen, statt »Wasserdampf in der Luft«.

1) Man vergl. § 15.

Wir wollen die Taubildung an einigen Beispielen erörtern, bei welchen wir den Wassergehalt der Luft als bekannt annehmen.

§ 25. Erstes Beispiel. Die Luft weise eine Dampfspannung von 6,5 mm Quecksilbersäule auf, oder, was dasselbe ist, sie habe in 1 cbm 6,8 g Wasserdampf. Die Temperatur der Luft sei 10° C. Wir füllen ein Glasgefäß mit Wasser (Abbild. 49) von Lufttemperatur und kühlen



Abbild. 49.

A ist ein Kühlrohr, B ein Thermometer.

es ab, indem wir eine kalte Flüssigkeit, etwa Eiswasser, durch die kleine Kühlschlange hindurchsenden.

Von Zeit zu Zeit schwenken wir das Gefäß, damit die kälteren und wärmeren Teile sich gut mischen.

Zunächst werden wir nun die Beobachtung machen, dass das Thermometer im Innern des Gefäßes sinkende Temperatur anzeigt. Nach einiger Zeit bemerken wir aber einen leichten Hauch auf dem Glase, es ist Tau aufgetreten. Wir messen die Temperatur des Wassers und finden, dass sie jetzt 5° C. ist.

Diese Temperatur nennt man den Taupunkt der gegebenen Luft,

weil eine weitere Abkühlung derselben nicht möglich ist, ohne dass sich Wasser, also Tau aus ihr abscheidet. Bei 5°C . kann der Raum gerade noch $6,8\text{ g}$ Wasserdampf in 1 cbm halten; die geringste Abkühlung unter diese Temperatur verursacht Taubildung. Schon aus der Tabelle § 12 haben wir erfahren, dass 1 cbm Luft von 5°C . im höchsten Falle $6,8\text{ g}$ Feuchtigkeit enthalten kann.

§ 26. Zweites Beispiel. Hätte die Luft, um welche es sich handelt, bei 10°C . in 1 cbm nur $4,9\text{ g}$ Wasserdampf, so würden wir die Taubildung erst bei 0°C . bemerken, denn erst bei 0°C . wäre der Raum von 1 cbm mit Wasserdampf gesättigt und 0°C . wäre dann der Taupunkt.

§ 27. Die Anstellung solcher Versuche könnte uns darüber aufklären, wie hoch der wirkliche (absolute) Wassergehalt ist, den die Luft hat, und wir finden sogleich, dass hierzu die Temperatur der Luft selbst nicht erforderlich ist. Den oft gewünschten relativen (d. h. auf die möglichste Sättigung bezogenen) Wassergehalt der Luft erfährt man nach § 19, indem man den wirklich vorhandenen Wassergehalt durch den bei der Lufttemperatur möglichen Wassergehalt teilt. Also

$$\text{Relative Feuchtigkeit} = \frac{\text{wirkliche}}{\text{höchstmögliche}} \text{ Feuchtigkeit.}$$

Da eine Luft von 10°C . $9,3\text{ g}$ Feuchtigkeit enthalten kann, so ist für das erste Beispiel

$$\text{der relative Feuchtigkeitsgehalt} = \frac{6,8}{9,3} = 0,73 = \frac{73}{100} = 73\text{ pCt.}$$

$$\text{Dagegen für das zweite Beispiel} \frac{4,9}{9,3} = 0,53 = \frac{53}{100} = 53\text{ pCt.}$$

Bei der Beschreibung des nach dieser Methode zur Feuchtigkeitsbestimmung benutzten Gerätes werden wir ein weiteres Beispiel bringen.

2. Wärmebindung durch Verdunstung.

§ 28. Wenn eine Flüssigkeit verdunstet, wird Kälte erzeugt, oder anders ausgedrückt, es wird Wärme gebunden.

Durch den entgegengesetzten Vorgang, also durch Verdichtung des Dampfes zu Flüssigkeit wird die gebundene Wärme wieder frei. Wir haben es hier nur mit der ersten Eigenschaft zu tun. Die Verdunstungskälte oder die Wärmebindung bei der Verdunstung kann man leicht durch einige einfache Versuche veranschaulichen.

Die Erklärung der dabei auftretenden Kälte ist aber nicht so einfach.

Der ganze Verdunstungs- und Abkühlungsprozess ist ein Arbeitsvorgang, welcher im Freien genau so vor sich geht wie bei der Dampfbildung im Kessel in Verbindung mit der Dampfmaschine.

Ich muss mir versagen, darauf näher in diesem Aufsätze einzugehen, weil er dadurch zu umfangreich werden würde, und weil ausserdem bereits verschiedene für den Nicht-Physiker neue oder doch wenigstens nicht geläufige Begriffe eingeführt worden sind.

§ 29. Erstes Beispiel. Wir erwärmen ein Gefäss, etwa einen offenen Glaskolben mit Wasser durch einen kräftig wirkenden Bunsenbrenner. An einem im Wasser befindlichen Thermometer beobachten wir die Temperatur und bemerken, dass sie ziemlich schnell und gleichmässig steigt. Bei etwa 100° C. hört die Temperatursteigerung plötzlich auf und das Thermometer zeigt von nun ab immer dieselbe Temperatur an, auch wenn wir noch mehr Flammen unter den Kochkolben stellen wollten. Wir machen die Beobachtung, dass die Temperatursteigerung in dem Augenblicke aufhört, wenn sich reichlich Wasserdampf zu entwickeln beginnt. Die weitere Entwicklung des Dampfes wird um so stärker, je mehr wir Wärme zuführen. Dadurch werden wir auf die Vermutung geführt, dass nicht die Flüssigkeit die überschüssige zugeführte Wärme verschluckt, wie es scheinbar geschieht, sondern dass sie diese Wärme an den Dampf abgibt, durch den sie dann fortgeführt wird und daher keine Temperatursteigerung mehr auftreten kann.

§ 30. Zweites Beispiel. Wir öffnen eine Flasche mit flüssiger Kohlensäure, fangen das heraustretende Gemisch von Gas und Flüssigkeit in einem Gefäss auf und finden, dass sich die hier ansammelnde Säure in Schnee verwandelt, während sich die Bombe, deren Temperatur wie die der Kohlensäure vor der Öffnung des Ventils gleich Zimmertemperatur war, mit Reif bedeckt.

Säure und Flasche kühlen sich bedeutend ab.

Da bei dem ganzen Versuche nichts weiter geschehen ist, als dass die Kohlensäure ins Freie gelangte, so kann die Temperaturerniedrigung allem Anscheine nach nur hierdurch veranlasst worden sein. Wir betrachten nun den Vorgang in seinen einzelnen Teilen, denn er ist zusammengesetzt, trotz seiner scheinbaren Einfachheit. Durch Öffnen des Hahnes wird der auf der Kohlensäure lastende Druck aufgehoben. Da-

durch gerät sie in starkes Kochen, und es tritt nicht nur Gas durch den Hahn, sondern auch Flüssigkeit tritt heraus, welche an der freien Luft erst recht stark verdampfen kann.

§ 31. Es ist einleuchtend, dass, wenn durch die Verdampfung überhaupt eine Temperaturerniedrigung stattfindet, diese um so stärker sein wird, je schneller die Verdampfung ist.

Die herausgespritzte Flüssigkeit bietet in ihrer feinen Verteilung der Verdampfung eine grosse Oberfläche, dadurch findet die Verdunstung so schnell statt, dass die umgebende Lufttemperatur nicht Zeit hat, die Abkühlung auszugleichen.

Kältebildung ist dasselbe wie Wärmeentziehung, und hier wird die Wärme zum kleinen Teil der umgebenden Luft, zum grössten Teil aber der Kohlensäure selbst entzogen, die sich infolgedessen bis zur Schnee-bildung abkühlt.

Im vorigen Beispiel sahen wir, dass eine Wärmeentziehung in der Weise stattfand, dass die von der Flamme zugeführte Wärmemenge vom Dampf fortgeführt wurde. Aus diesem Grunde blieb auch die Temperatur der Flüssigkeit und des Dampfes immer dieselbe. Bei der Dampf-bildung der Kohlensäure wird die fortgeführte Wärme nicht durch eine künstliche Wärmequelle erneuert. Daher wird der Wärmeinhalt der flüssigen Kohlensäure immer geringer, bis die Säure schliesslich erstarrt.

§ 32. Die Wärme als Bewegungsart. Über die gegenwärtige Auffassung des Wesens der Wärme sei folgendes bemerkt [1]:

Die Wärme ist kein Stoff, sondern ein Bewegungszustand oder ein Schwingungszustand der einzelnen kleinsten Teilchen eines Körpers. Denn jeden Körper, ob Gas, Flüssigkeit oder Metall, kann man sich aus solchen kleinsten Teilchen zusammengesetzt denken. Je schneller die einzelnen Teilchen sich bewegen, eine desto höhere Temperatur macht sich unserm Gefühl bemerkbar.

Je langsamer die einzelnen Teilchen schwingen, eine desto tiefere Temperatur bemerken wir.

Die Teilchen einer Gasflamme befinden sich in einem sehr schnellen Schwingungszustande, daher zeigen sie eine sehr hohe Temperatur an.

Der schnelle Schwingungszustand eines Körpers kann aber auch andern Körpern mitgeteilt werden, wie sich an Beispielen aus dem alltäglichen Leben leicht zeigen lässt.

§ 33. Ich lege ein Brett über einen Bach, stelle mich auf die Mitte und setze das Brett in Schwingung. Durch richtige Anpassung an seinen Schwingungszustand kann ich die Schwingungen immer mehr verstärken und ich selbst werde immer schneller in Bewegung gesetzt.

Man kann auf diese Weise ein starkes Brett durchbrechen.

In derselben Weise kann ein Knabe durch verhältnismässig kleine, aber dauernd wiederholte Stösse eine schwere Schaukel in lebhafte Bewegung setzen.¹⁾

§ 34. Es sei ein weiteres Beispiel herangezogen.

Eine lange Schnur möge an einem Ende befestigt sein. Das andere Ende setze ich dadurch in Bewegung, dass ich es mit der Hand senkrecht zur Gleichgewichtslage der schlaffen oder gespannten Schnur hin und her schwinde. Je nach der Spannung der Schnur, je nach der Geschwindigkeit und Richtung der Handbewegung und je nach ihrer Ausschlagweite kann die Schnur in ganz verschiedenartige Schwingungen versetzt werden, so dass sie entweder im ganzen oder in mehreren Teilen mit grosser oder kleiner Spannweite schwingt.

Je schneller die Schwingungen der Hand, desto schneller im allgemeinen die Schwingungen der einzelnen Teile der Schnur.

Nur falls die Schnur in einer Ebene schwingt, gibt es einige Punkte, die im wesentlichen in Ruhe bleiben und deren Anzahl je nach den Bedingungen wechselt. Man nennt sie Knotenpunkte.

Meine Hand kann also die einzelnen Teile der Schnur zu einer ganz bestimmten Schwingungsbewegung veranlassen.

In ähnlicher Weise kann ich den Schwingungszustand der Gasflamme auf ein Stück Eisen übertragen, indem ich es einfach in die Gasflamme halte.

§ 35. Durch den Schwingungszustand der Gasflamme können nicht

1) Diese beiden Beispiele sind der Wärmelehre von John Tyndall entnommen.

Ich nehme hier Gelegenheit zu bemerken, dass ich dieses ausgezeichnete Buch bei Abfassung des ersten Teiles dieser Arbeit noch nicht gelesen hatte, sonst würde ich folgende Stelle (von Seite 465, Auflage 1894) entnommen haben, welche als Begleitworte für den § 20 dieser Arbeit und für die Abbild. 48 sehr geeignet gewesen wären:

» . . . sie (die Haufenwolken) sind die Häupter von Dampfsäulen, die von der Erdoberfläche aufsteigen und sich verdichten, sowie sie eine gewisse Höhe erreicht haben. So bildet die sichtbare Wolke das Kapital einer unsichtbaren Säule von dampferfüllter Luft.«

nur die festen, flüssigen und luftförmigen Körper in Bewegung gesetzt werden, sondern es wird auch jener feine Stoff in Bewegung gesetzt, welchen man Äther nennt, welcher viel feiner ist, als die uns umgebende Luft, die von ihm, wie jeder andere irdische Körper, durchdrungen ist. Dieser Äther darf nicht mit der Flüssigkeit verwechselt werden, welche denselben Namen führt und mit welcher wir uns weiter unten zu befassen haben. Falls Verwechslungen zu befürchten sind, werden wir den feinen Stoff Weltäther nennen.

Die Erscheinungen, welche beim Anprall eines einzelnen Teilchens der Gasflamme gegen diesen feinen Weltäther stattfinden, kann man ungefähr vergleichen mit der Wellenbewegung, welche durch das Auftreffen eines Steines auf Wasser entsteht. Dort, wo der Stein hineingefallen ist, hat man den Ausgangspunkt von Wellen, welche sich in regelmässigen Formen fortpflanzen, mit der Entfernung aber immer schwächer und schwächer werden.

In ähnlicher Weise würde das Hineinfliegen eines einzelnen Teilchens der Gasflamme in den Äther eine bestimmte Wellenbewegung desselben veranlassen.

Der Vergleich stimmt nicht ganz, weil man annimmt, dass der Weltäther alle Körper, auch die festen durchdringt, während das Wasser eine scharf abgegrenzte Oberfläche besitzt.

Die ganze Gasflamme würde durch ihre zahllosen einzelnen Teilchen gleichzeitig eine unzählige Menge von Stößen auf den Äther ausüben. Wollten wir die Vorstellung übertragen, würden wir sie vergleichen können mit einer Wellenbewegung, die durch einen kräftigen Regen auf die Wasserfläche verursacht wird. Jeder Regenstrahl bildet dauernd Wellen, die je nach der Stärke des Strahles schwächer oder stärker auftreten können, und all die unzähligen Wellen wirken aufeinander, indem sie sich zum Teil zerstören, zum Teil verstärken. Man nennt diesen Vorgang Interferenz (Durchkreuzung). Trotz der scheinbaren Unentwirrbarkeit aller dieser kleinen Wellentäler und Wellenhöhen werden sie doch nach ganz bestimmten Gesetzen gebildet.

Könnte man bestimmte Regenstrahlen von der Wasserfläche ablenken, so würde man ganze Gruppen von Wellen ausschalten und das zurückbleibende Wellenbild würde sich vereinfachen.

§ 36. Das geschwungene Seil und die beregnete Wasserfläche geben uns eine ungefähre Vorstellung, wie zahlreich die verschieden-

artigsten Schwingungen auftreten können, und doch fehlt noch eine grosse Gruppe von Schwingungen.

Bis jetzt haben wir wesentlich Querschwingungen (Transversalschwingungen) kennen gelernt, d. h. solche Schwingungen, die senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtstrahles usw. stattfinden.

Schwingungen, die in der Fortpflanzungsrichtung selbst stattfinden, nennt man Längsschwingungen. Beispiele sind die Schwingungen eines Körpers an einem senkrechten Gummifaden und die Schallbewegungen der Luft. Durch solche Schwingungen muss auch der Äther in entsprechende Schwingungen versetzt werden, welche wir Kraftlinien nennen können, weil diese Schwingungen wie Stösse aus bestimmter Richtung wirken. Die Luftschwingungen beim Kanonendonner können so stark wirken, dass sie das Trommelfell des Ohres zerreißen.

§ 37. Wenn der Äther veranlasst wird, eine grosse Anzahl Gruppen verschiedenartiger Schwingungen auszuführen und wenn er auf einen Körper trifft, der bereits ganz bestimmte Gruppen von Schwingungen ausführt, so werden nur diejenigen Schwingungsgruppen der Körperteilchen beeinflusst und verstärkt werden, welche in beiden Systemen gleichartig sind. Nur ganz bestimmte Stösse werden die Schwingung einer Schaukel vergrössern können, während andere, den ersteren entgegengesetzte Stösse, sie vermindern würden.

Von all den möglichen Bewegungen des Äthers, welche Elektrizität, Wärme, Licht hervorbringen und ineinander übergehen können, und welche wahrscheinlich alle ungefähr dieselbe Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzen, haben wir hier wesentlich auf die Wärmeschwingungen einzugehen. Die Wellen der Wärme sind länger als die des Lichtes. Sie rufen die Empfindung der Wärme hervor.

Die Wellen, welche kürzer als die Wärmewellen sind, haben die Eigenschaft, die kleinsten Teilchen der Netzhaut unseres Auges in entsprechende Bewegung zu setzen, und die Fortpflanzung dieser Erregungen bis in die Gehirnnerven bringt uns das Licht zum Bewusstsein.

§ 38. Wenn ich den Schwingungszustand der Gasflamme einem Stück Eisen mitteile, indem ich letzteres in die Gasflamme halte, werden die kleinsten Teilchen des Eisens in immer schnellere und schnellere Schwingungen versetzt.

Zunächst machen sich diese als Wärme bemerkbar, schliesslich werden sie so schnell, dass sie uns als Licht erscheinen. Das Eisen

wird rotglühend, und in diesem Schwingungszustande zeigt es eine Temperatur von etwa 700° C. an.

Bei weiterer Berührung mit der Gasflamme wird die Bewegung der Teilchen noch weiter beschleunigt, das Eisen kann Weissglut erlangen und zeigt dann eine Temperatur von etwa 1300° C. an.

Hierbei ist noch zu beachten, dass nicht die weissen Lichtbewegungen die grösste Wärme geben, sondern die langsamer schwingenden Wärmebewegungen.

Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man Licht durch einen Spalt auf ein Glasprisma fallen lässt, durch welches es in die verschiedenen Farben zerlegt wird und diese wiederum auf einem Schirm auffängt. Ein Thermometer zeigt dann an, dass in Gelb die Wärme zu wirken anfängt, nach der Seite der roten Lichtstrahlen sich verstärkt und erst dort hinter dem Rot, wo keine Farbe mehr sichtbar ist, am stärksten auftritt.

Man wird einwerfen, dass diese Erscheinung im Widerspruch steht mit der Erklärung des § 32, nach welcher die schnellere Bewegung der kleinsten Teilchen eine höhere Temperatur veranlasst. Der Widerspruch wird gehoben, wenn man annimmt, dass die kleinsten physikalischen Teilchen (Moleküle) durch die hohe Temperatur in noch kleinere chemische Teilchen (Atome) gespalten werden. Diese Spaltung würde eine Arbeitsleistung bedeuten und sie würde demnach genau ebenso mit Wärmebindung verknüpft sein müssen, wie die Verdampfung der Flüssigkeitsteilchen.

§ 39. Je geringer die Geschwindigkeit ist, mit welcher die kleinsten Teilchen eines Körpers schwingen, desto tiefere Temperaturen zeigt er an. Aus Gründen, welche an dieser Stelle nicht mehr besprochen werden können, ergibt sich, dass ein Körper keine Schwingungen seiner kleinsten Teilchen, d. h. keine Wärme mehr besitzt, wenn seine Temperatur 273° unter der des schmelzenden Eises liegt. Man nennt die Temperatur von -273° C. daher auch den absoluten Nullpunkt.

Da jeder Körper auf der Erde eine viel höhere Temperatur als -273° C. besitzt, so muss auch jeder Körper in seinen kleinsten Teilchen sich in einem bestimmten Schwingungszustande befinden, er muss Wärme besitzen.

Kein Eis, keine gefrorene Kohlensäure, auch keine gefrorene Luft,

deren Temperatur -273°C . oder noch tiefer¹⁾ liegt, würde in einem Raume von derselben Temperatur verdampfen können, da sie keine Wärme mehr besitzen, die den kleinsten Teilchen mitgeteilt werden muss, wenn sie überhaupt verdampfen sollen.

§ 40. Für die eben gemachte Bemerkung des Verdampfens oder des Verdunstens fester Körper lassen sich Beispiele leicht anführen.

Gefallener Schnee verschwindet vom Erdboden, ohne dass ein Schmelzen beobachtet wird. Nasse Wäsche, im Freien bei grosser Kälte aufgehängt, gefriert und wird durch das auf ihr gebildete Eis so steif, dass sie bricht. Nach einiger Zeit aber ist sie weich und trocken. Also auch das gefrorene Wasser besitzt eine deutliche Dampfspannung,²⁾ welche die Verdunstung veranlasst, indem die hierzu nötige Wärme dem Schnee oder der Wäsche entzogen wird. Die Entziehung geschieht so langsam, dass die umgebende Luft den entstehenden Temperaturunterschied sofort ausgleichen kann.

Mit Hilfe der Auseinandersetzungen der letzten Paragraphen wird man sich die Vorgänge beim Entweichen der Kohlensäure aus der Bombe erklären können.

Wir machen noch darauf aufmerksam, dass der im § 29 gebrauchte Ausdruck »Wärmeinhalt« nicht die stoffliche Natur der Wärme ausdrücken soll, sondern er dient nur hin und wieder, um die Behandlung des Gegenstandes zu erleichtern.

Dasselbe gilt auch von dem Ausdruck »Wärmemenge«, ein Wort, welches wir später sehr häufig gebrauchen werden.

§ 41. Drittes Beispiel. Eine Schale mit Äther werde auf eine leichte Unterlage, etwa auf den Deckel einer Zigarrenkiste gestellt. Auf die Stelle, wo das Schälchen stehen soll, giessen wir vorher einige Tropfen Wasser. Mit einem Blasebalg führen wir einen Luftstrom über die Ätheroberfläche und bringen die Flüssigkeit zur Verdunstung. Nach einiger Zeit bemerken wir, dass das Schälchen angefroren ist, und wir können es nebst der Unterlage aufheben.

Der Versuch gelingt auch, ohne Wasser auf die Unterlage zu geben, dann, wenn man mit dem Munde über die Oberfläche des Äthers

1) Nach der obigen Erklärung kann es eigentlich keine Temperatur geben, die tiefer liegt, als -273°C .

2) Vergl. Abbild. 45 § 11 und Tabelle I § 11.

bläst und dafür sorgt, dass ein Teil des Atems die äussere Wandung der Schale trifft. Man findet bald, dass sich Wasser auf die Aussenseite niederschlägt, welches herabfliesst und gefriert.

§ 42. Wenn wir eine Schale mit Wasser und eine Schale mit Äther nebeneinander stellen, bemerken wir bald, besonders beim Lüften der Flüssigkeiten, dass der Äther viel schneller verdunstet als das Wasser, und auch viel stärker abgekühlt wird.

Wir kommen hierdurch auf den Gedanken, dass die schnelle Verdunstung des Äthers die Veranlassung der Temperaturerniedrigung ist. Bei der Verdunstung wird dem Anscheine nach Kälte erzeugt oder Wärme fortgeführt, die aber ebenso wie bei der Verdunstung der Kohlensäure (zweites Beispiel) nicht durch eine künstliche Wärmezuführung ergänzt wird. Die fortgeführte Wärme wird zum kleinen Teil der umgebenden Luft, zum grösseren Teil dem Äther selbst entzogen.

Die Folge dieses Vorganges ist, dass der Äther und damit die Schale abgekühlt wird. Wenn wir auf die Ätheroberfläche blasen, so kommt der aus der Lunge austretende Wasserdampf mit der kalten Aussenwandung der Schale in Berührung und schlägt sich darauf nieder. Das Wasser läuft abwärts, sammelt sich zwischen Boden und Schale und gefriert durch die Kälte des Äthers. Ebenso wie die Ätherflüssigkeit gezwungen ist, an den Ätherdampf Wärme abzugeben, ebenso ist das niedergeschlagene Wasser gezwungen, an den Äther Wärme abzugeben, wodurch es schliesslich gefriert.

§ 43. Bei der Wasserverdunstung in der Natur bemerkt man in unseren Gegenden keine Wärmeabfuhr durch die Verdunstung, weil letztere so langsam vor sich geht, dass entstehende Temperaturänderungen von der im Übermass vorhandenen umgebenden Luft ausgeglichen werden. Höchstens in der Nähe grosser Wasserfälle kann man eine deutliche Abkühlung bemerken.

In heissen und trockenen Ländern ist aber die Verdunstung so bedeutend, dass sie zum Kühlen von Räumlichkeiten und von Wasser dient.

Man stellt irdene Gefässe auf, welche das Wasser in geringer Menge durch die Poren treten lassen, so dass es wie mit Tau bedeckt erscheint. Die warme Luft des Zimmers streicht an dem Gefässe vorbei, bringt das Wasser zur Verdunstung und muss dabei einen grossen Teil ihrer

Wärme an den Wasserdampf abgeben, der diese Wärme bindet, dem Gefühl also entzieht. Aber nicht allein der Luft, sondern auch dem Gefäße und dem darin befindlichen Wasser wird Wärme entzogen, genau wie im dritten Beispiel, der Schale und dem Äther. Dies ist der Grund, warum die betreffenden Räumlichkeiten und das Wasser verhältnismässig kühl bleiben.

§ 44. Verdampfungswärme. Wir wollen uns nun statt mit den Temperaturunterschieden mit den Wärmemengen befassen, die bei der Verdampfung in Frage kommen.

Diejenige Wärmemenge, welche nötig ist, 1 kg Wasser von einer bestimmten Temperatur in Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln, nennt man gebundene oder latente Verdampfungswärme. Gebunden oder latent heisst die Wärme, weil sie dem entstehenden Gase keine höhere Temperatur verleiht als der Flüssigkeit, sondern dem Thermometer oder dem Gefühl entzogen wird. Sie erscheint erst wieder, wenn das Gas in Flüssigkeit verwandelt wird, z. B. durch Kolbendruck im abgeschlossenen Zylinder.

Durch viele Versuche hat man für Wasser folgende Beziehung gefunden:

$$V = (607 - 0,708 t) \text{ W.-E.}$$

V heisst Verdampfungswärme, t bedeutet die Temperatur, bei welcher die Verdampfung vor sich geht. W.-E. heisst Wärme-Einheit, ist gleichbedeutend mit Kal. = Kalorie und wird sofort erklärt werden. Die Zahlen bedeuten die Anzahl der Wärme-Einheiten.

§ 45. Spezifische Wärme. Wärme-Einheit. Man nennt spezifische Wärme jene Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 kg irgend eines Körpers um 1° C. zu erwärmen.

Diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 kg Wasser von 0° auf 1° C. zu erwärmen, würde dann die spezifische Wärme des Wassers sein. Man benutzt diese Wärmemenge als Wärme-Einheit.

Eine Wärme-Einheit ist also diejenige Wärmemenge welche nötig ist, um 1 kg Wasser um 1° C. zu erwärmen.

Die spezifischen Wärmen der Körper sind sehr verschieden. Dieselbe Wärmemenge, welche 1 kg Wasser um 1° C. erwärmt, ist imstande, 30 kg Quecksilber um 1° C. oder 1 kg um 30° C. zu erwärmen.

Man sagt dann, die spezifische Wärme des Quecksilbers ist $\frac{1}{30}$ von der des Wassers.

§ 46. Wie aus obiger Gleichung hervorgeht, ist die Verdampfungswärme von der Temperatur abhängig.

Für 0° C. beträgt sie

$$V_0 = (607 - 0,708 \cdot 0) \text{ W.-E.} = 607 \text{ W.-E.},$$

d. h. wenn 1 *kg* Wasser von 0° sich in Dampf von 0° verwandelt, entzieht es der Umgebung eine Wärme, die ausreichend ist, 6 *kg* Wasser von 0° C. bis zum Siedepunkt zu erwärmen.

Bei einer Temperatur von 20° C. erhalten wir

$$\begin{aligned} V_{20} &= (607 - 0,708 \cdot 20) \\ &= 607 - 14,2 = 582,8 \text{ W.-E.} \end{aligned}$$

Bei einer Temperatur von 100° C. erhalten wir

$$\begin{aligned} V_{100} &= (607 - 0,708 \cdot 100) \\ &= 607 - 70,8 = 536,2 \text{ W.-E.}, \end{aligned}$$

d. h. um 1 *kg* Wasser von 100° C. zu verdampfen, ist eine Wärmezufuhr nötig, die ausreicht, 5,4 *kg* Wasser von 0° zum Kochen zu bringen. Es sei ausdrücklich hervorgehoben, dass bei den gegenwärtigen Betrachtungen die Wärmeverluste an das Gefäß, an die Umgebung usw. als ausgeschlossen gedacht sein sollen. Die Wärmestrahlung und Wärmeleitung beeinflussen die angegebenen Zahlen in der Praxis ganz bedeutend.

Wenn Wasser von gewöhnlicher Temperatur, z. B. von 20° C. in Dampf von 100° C. verwandelt werden soll, müssen wir es zuerst durch Zuführung von Wärme auf 100° C. bringen.

Ohne grossen Fehler können wir annehmen, dass 1 *kg* Wasser durch 1 W.-E. um 1° C. erwärmt wird, obgleich dieses, streng genommen, nur für Wasser von 0° C. gilt.

Um das Wasser von 20° C. auf 100° C. zu erwärmen, sind demnach $100 - 20 = 80$ W.-E. nötig. Die Verwandlung in Dampf erfordert dann bei 100° C. weitere 536 W.-E., so dass insgesamt $536 + 80 = 616$ W.-E. nötig wären, um Wasser von 20° C. in Dampf von 100° C. zu verwandeln.

Man bemerkt, dass die Verdampfungszahlen von Wasser mittlerer Temperatur etwa bei der Zahl 600 liegen, daher wird diese Zahl in der Praxis häufig für überschlägliche Berechnung verwendet. Auch wir werden von dieser Zahl bei Gelegenheit Gebrauch machen.

Die Gesamtwärme des Dampfes nennt man diejenige Wärmemenge, welche nötig ist, 1 kg. Wasser von 0° C. in Dampf von einer bestimmten Temperatur zu verwandeln. Sie kann ausgedrückt werden durch die Formel $607 + 0,3 t$.

§ 47. Bei Äther beträgt die gebundene Verdampfungswärme

$$V = 93,5 - 0,108 t,$$

ist also bedeutend kleiner als bei Wasser. Wenn nun trotzdem der Äther bei dem oben angeführten dritten Beispiel so viel Wärme zu binden vermag, dass das Wasser unter der Schale gefriert, während Wasser an der Stelle von Äther keine bemerkbare Einwirkung zeigt, so liegt das an der weit stärkeren Verdunstungsfähigkeit des Äthers, indem in derselben Zeit viel mehr Ätherdampf als Wasserdampf gebildet wird.

Die Dampfspannung von Wasser beträgt bei 0° C. 4,6 mm

» » » Äther » » 0° C. 185 »

Wenn wir annehmen, dass die Verdampfungsgeschwindigkeit in demselben Verhältnis steht wie die Dampfspannung, während die sonstigen Bedingungen dieselben sind, so müsste der Äther $\frac{185}{4,6} = 40$ mal¹⁾ so schnell verdunsten als das Wasser.

Während also 1 kg Wasser verdunstet und hierzu 607 W.-E. binden muss, werden in derselben Zeit 40 kg Äther verdunsten und $40 \times 93,5 = 3740$ W.-E., also sechsmal soviel Wärme gebunden.

§ 48. Wie bereits § 29 bemerkt, spielt die Grösse der Oberfläche eine wesentliche Rolle.

Dieselbe Menge Äther wird in einer flachen Schale weit schneller verdunsten, als in einem hohen Zylinder. Die Oberfläche kann bedeutend vergrössert werden dadurch, dass man die Flüssigkeit in einem Stoffe von grosser Porosität, z. B. in Zeug verteilt. Sogar Wasser gibt, auf Zeug oder Musselin gegossen, eine beträchtliche Verdunstungskälte, besonders wenn der feuchte Körper mit bewegter Luft in Berührung kommt.

Nachdem wir die Vorgänge bei der Taubildung und bei der Ver-

1) Die Annahme ist nur in der ersten Annäherung richtig. Das genauere Stefansche Gesetz gibt eine 46mal so schnelle Verdunstung. Wegen der eintretenden Temperaturerniedrigung des Äthers entspricht aber die Zahl 40 besser den hier angenommenen tatsächlichen Verhältnissen.

dunstung kennen gelernt haben, sind wir in der Lage, auf die Methode der Feuchtigkeitsmessungen näher einzugehen.

3. Feuchtigkeitsmessung.

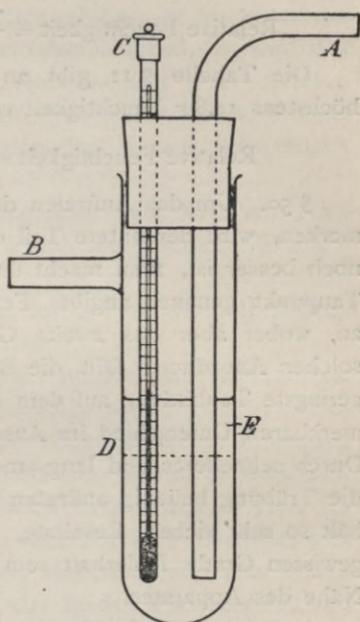
§ 49. Die Taupunktmethode, Abbild. 50, stelle ein Glasgefäß dar, welches eine seitliche Öffnung *B* habe. Durch den doppelt durchbohrten Kork sei einerseits ein gebogenes Rohr *A* geführt, welches fast bis auf den Boden des Gefäßes reicht, andererseits halte er ein Thermometer *C*, welches ebenfalls so tief hinabreicht. Wir füllen das Gefäß etwa bis zur Hälfte mit Äther und befestigen den Apparat an einem Gestell.

Saugen wir bei *B* oder pressen wir bei *A* Luft durch das Gefäß, dann wird der Äther rasch verdunstet und sich abkühlen, während er ursprünglich Zimmertemperatur oder die Temperatur der Umgebung besass.

Nach einiger Dauer des Durchleitens bemerken wir plötzlich einen Hauch auf dem Glase.

Wir wollen annehmen, dass wir diese Beobachtung machen, wenn die Temperatur des Äthers 10° C. ist. Wir müssten dann sagen, dass der Taupunkt der umgebenden Luft bei 10° C. liegt, d. h. der in der Luft befindliche Wasserdampf würde ausreichen, die Luft oder den leeren Raum genau mit Wasserdampf zu sättigen, wenn ihre Temperatur 10° C. wäre. Jede Erniedrigung der Temperatur würde eine Wasserabscheidung verursachen.

In der Tabelle § 11 finden wir, dass der leere Raum von 10° C. oder die Luft von 10° C. in 1 cbm höchstens 9,3 g Wasserdampf enthalten kann. Das Resultat des Versuches ist also, dass der wirkliche (absolute) Wasserdampfgehalt der Luft 9,3 g in 1 cbm beträgt.



Abbild. 50. Hygrometer.

A Lufteintritt, *B* Luft- und Ätheraustritt, *C* Thermometer, *D* oberhalb Glas, unterhalb Silber, *E* Ätherflüssigkeit.

In vielen Fällen will man nicht den wirklichen (aboluten), sondern den relativen (auf die Sättigung bezogenen) Wassergehalt der Luft wissen. Hierfür muss die Temperatur der umgebenden Luft bekannt sein; sie betrage 15°C .

§ 19 fanden wir

$$\text{Relative Feuchtigkeit} = \frac{\text{wirklich vorhandene}}{\text{höchstmögliche}} \text{ Feuchtigkeit.}$$

Die Tabelle § 11 gibt an, dass der Raum von 15°C . in 1 cbm höchstens $12,8\text{g}$ Feuchtigkeit enthalten kann. Wir haben also

$$\text{Relative Feuchtigkeit} = \frac{9,3}{12,8} = 0,73 = \frac{73}{100} = 73\text{ pCt.}$$

§ 50. Um das Auftreten des Taus deutlicher und sicherer zu bemerken, wird der untere Teil des Gefässes blank versilbert, oder was noch besser ist, man macht ihn überhaupt aus Silber, weil dieses den Taupunkt genauer angibt. Ferner ordnet man den Apparat doppelt an, wobei aber das zweite Gefäss keinen Äther enthält. Bei einer solchen Anordnung fällt die Bestimmung noch sicherer aus, weil die geringste Taubildung auf dem einen Gefäss sofort einen deutlich bemerkbaren Unterschied im Aussehen der beiden blanken Flächen gibt. Durch schnelleres und langsames Hindurchleiten der Luft kann man die Trübung beliebig auftreten und verschwinden lassen und man erhält so sehr sichere Resultate. Trotzdem können diese bis zu einem gewissen Grade fehlerhaft sein bei mangelnder Luftbewegung in der Nähe des Apparates.

Der Äther wurde zuerst, wie es scheint, von Daniell zur Feuchtigkeitsbestimmung verwendet, welcher sein Instrument Hygrometer nannte. Der oben beschriebene verbesserte Apparat ist nach einer Anregung Döbereiners von Régnault hergestellt worden.

§ 51. Die Methode der Verdunstung. Man benutzt zwei Thermometer, welche genau miteinander übereinstimmen. Die Quecksilberkugel des einen Thermometers ist mit einem feinen Gewebe umwickelt, welches man anfeuchtet.

Man bemerkt nach dem Anfeuchten sofort ein Fallen des Quecksilbers in dem betreffenden Thermometer. Nach den obigen Auseinandersetzungen wissen wir den Grund dieser Erscheinung. Das Wasser auf dem Gewebe verdunstet, und zwar wegen der grossen Oberfläche, ziemlich rasch. Die Verdunstung braucht Wärme, welche dem

Wasser, dem Glase, dem Quecksilber und der umgebenden Luft entzogen wird. Das Quecksilber kühlt sich ab und zeigt eine tiefere Temperatur an als vorher und als am trockenen Thermometer.

Es ist wohl ohne weiteres einleuchtend, dass die Temperatur des feuchten Thermometers um so tiefer sinken wird, je schneller die Verdunstung ist, und diese wird um so schneller erfolgen, je trockener die Luft ist. Hat die Luft eine bestimmte Aufnahmefähigkeit, so wird das feuchte Thermometer bei derselben Aussentemperatur stets dieselbe Temperatur anzeigen, wenn ausserdem auch die anderen Umstände stets dieselben bleiben, wenn also z. B. die Windgeschwindigkeit, über welche wir gleich sprechen werden, dieselbe ist.

Man findet bei gleichbleibenden Bedingungen stets dieselben Temperaturunterschiede zwischen dem feuchten und dem trockenen Thermometer.

Diese Eigenschaft benutzte August zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit und nannte das Instrument Psychrometer.

§ 52. Bei der Ausarbeitung der Methode musste man verschiedene Vorsichtsmassregeln beachten, damit brauchbare Resultate erhalten werden konnten. So fand sich, dass die Thermometer in Bewegung gesetzt werden mussten, oder aber, es musste ein natürlicher Wind vorhanden sein, um den gebildeten Wasserdampf fortzuführen.

Denn wenn dieser sich in der Nähe des feuchten Thermometers ansammelte, wurde die weitere Verdunstung verhindert und man erhielt einen zu geringen Temperaturunterschied der beiden Thermometer und damit einen zu hohen Feuchtigkeitsgehalt. Man arbeitet am besten mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von etwa $1-2$ m pro Sekunde [2].

Professor Assmann-Berlin hat ein Instrument gebaut, welches einen beständigen gleichmässigen Wind gibt. Das wesentliche seines Apparates ist ein über den Thermometern befindlicher Körper, der einen durch ein Uhrwerk in Gang gehaltenen Saugeapparat enthält. Die beiden Gefässe der Thermometer sind von Hülzen umgeben und durch diese Hülzen wird die Luft gesaugt.

Auf die Schleuderpsychrometer soll in einem Bericht über die Beobachtungen im Versuchs-Kornhause näher eingegangen werden, weil diese Apparate hier häufig, und zwar in einer sehr einfachen Form, gebraucht wurden.

Nachträge.

1. Bezüglich der folgenden Paragraphen sind einige Erklärungen erforderlich.

Der ganze Artikel sollte ursprünglich als einleitendes und notwendiges Kapitel eines Lehrbuches über die Grundlagen der Getreidebehandlung dienen, dessen Herausgabe durch die vorliegende Sammlung weniger dringend geworden ist.

Es wurde besonders ins Auge gefasst, dass jeder Jünger der Landwirtschaft und der landwirtschaftlichen Gewerbe ein Bedürfnis empfinden wird, sich mit der im Text besprochenen Angelegenheit beschäftigen. Es wurde darauf gerechnet, dass der Gegenstand auch aus dem Grunde Interesse erzeuget würde, weil, gemäss dem Stande der heutigen physikalischen Forschung, eine einheitliche Naturanschauung erstrebt ist, nämlich die Zurückführung aller physikalischen Prozesse auf Schwingungsvorgänge der kleinsten Teilchen eines Stoffes und der dabei verrichteten Arbeit. Dadurch wird dem Verständnis der in Frage kommenden Erscheinungen eine grosse Erleichterung geboten. Licht, Wärme, Elektrizität sind die wichtigsten Faktoren des Technikers. Ihr Erscheinen wird veranlasst durch Schwingungen des Äthers und sie unterscheiden sich voneinander nur durch die Art derselben.

2. Es wird später erwähnt werden, dass eine Windgeschwindigkeit von mindestens 3 m pro Sekunde am zweckmässigsten ist, weil bei dieser die Ergebnisse am zuverlässigsten ausfallen. Die Tafel von Jelinek lässt sich dann aber nicht mehr verwenden.

27. Beobachtungen im Versuchs-Kornhause.

Erster Bericht.

Hierzu eine Tafel.

I. Die für die Beobachtungen massgebenden Gesichtspunkte.

Das Versuchs-Kornhaus ist seit dem 1. Oktober 1898 im Betriebe. Sobald, als Getreide in den Speicher gelangte, wurde mit den Beobachtungen begonnen. Sie erstreckten sich zunächst

1. auf die Temperaturänderungen in den Speicherräumen und im Getreide,

2. auf die Änderung des Wassergehalts im Getreide,
3. auf die Veränderung im Aussehen,
das Auftreten von Schimmelbildung,
das Bemerkten von Geruch,
4. auf die Unterschiede bezügl. der Punkte 1 bis 3, wenn die Lagerung des Getreides einerseits auf Schüttböden, andererseits in Silozellen erfolgte.

Etwas später traten hinzu:

5. Die Beobachtungen des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft und sein Einfluss auf das Getreide.

Man bemerkte bald, dass das Studium des letztgenannten Punktes vorläufig als das wichtigste betrachtet werden muss. In den folgenden Ausführungen, werden nicht nur die im Versuchs-Kornhause selbst gemachten Beobachtungen niedergelegt nebst ihren direkten Folgerungen, sondern es soll auch stets auf Erscheinungen und Beobachtungen an anderen Orten hingewiesen werden, weil dadurch wohl am leichtesten der Zusammenhang aller Erscheinungen klar wird und auch die Bezugnahme der wissenschaftlichen Ergebnisse auf die praktische Anwendung am verständlichsten ist.

Die auf den Böden und an den einzelnen Getreideposten gemachten Beobachtungen der Temperatur und der Feuchtigkeit sollen nicht vollständig aufgeführt, sondern nur soweit herangezogen werden, als sie in irgend einer Beziehung etwas Verwertbares bieten.

Die Zusammenstellung des Beobachtungsstoffes geschah nicht sowohl, weil Bemerkenswertes und Neues zu berichten ist, sondern noch mehr, weil dadurch Fingerzeige für die weitere Anstellung von Beobachtungen zu erwarten standen. Auch die mitgeteilten Zahlen mögen manchem als wenig interessant und in ihrem allgemeinen Charakter als selbstverständlich erscheinen; jedoch ist zu bemerken, dass manches, was als selbstverständlich angenommen wird, in vielen Fällen durchaus nicht zutrifft, und dass erst die Beobachtung uns die Sicherheit gibt, ob der Verlauf eines Vorganges den gehegten Erwartungen entspricht oder nicht.

Wir haben z. B. auch als selbstverständlich angenommen, dass in den Silozellen die Temperaturänderungen langsamer verlaufen werden als auf den Schüttböden; wir hatten aber keinen Anhalt dafür, wie gross wohl die Unterschiede sein würden.

Es darf nicht verschwiegen werden, dass die Beobachtungen sich

noch keineswegs mit der wünschenswerten Genauigkeit anstellen liessen, und zwar aus Gründen, die sich später ergeben werden, dass ferner wegen der am Anfange der Beobachtungszeit mangelnden Schulung der Angestellten die Vorschriften für die Beobachtungen mitunter falsch verstanden und demnach falsch ausgeführt wurden. Es muss unser Bestreben sein, in dieser Beziehung im Laufe der Zeit einwandfreie Zahlen zu erhalten. Trotz der Fehlerquellen werden die Schlussfolgerungen und Betrachtungen nur in Einzelheiten, nicht aber in bezug auf die gesamte Auffassung einer Korrektur bedürftig sein.

Wenn mitunter in den Aufsätzen des Verfassers auf einzelne Dinge weiter eingegangen wird, als dem vorliegenden Zwecke zu entsprechen scheint, so geschieht dies in dem Glauben, dass auf manchen Praktiker die eingehende Erklärung und die Durchführung der Beobachtungsmethoden anregend wirken wird, weil er daraus ersieht, mit wie geringen Mitteln und Vorkenntnissen sich richtige und für die Praxis verwendbare Ergebnisse erzielen lassen.

Es lag zuerst in der Absicht des Verfassers, die Art und Weise der Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen und die dazu verwendeten Apparate zu schildern, jedoch würde dadurch die Veröffentlichung der Beobachtungen noch weiter verzögert worden sein; aus diesem Grunde wird über die Methoden der Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen in einem späteren Artikel berichtet werden.

Bei den folgenden Ausführungen werden einige frühere Arbeiten des Berichterstatters öfter herangezogen. Um nun in Anmerkungen nicht immer den langen Titel zu gebrauchen soll nur die Seitenzahl angegeben werden, auf welche Bezug genommen ist.

Das Versuchs-Kornhaus ist bereits eingehend beschrieben worden. Dem Texte ist eine Tafel beigelegt, welche acht Schnitte des Versuchs-Kornhauses zeigt.

Bei den folgenden Ausführungen kommen in Betracht

1. der Querschnitt durch die Lagerräume,
2. der Grundriss vom zweiten Obergeschoss.

Der 5., 6. und 7. Boden stehen miteinander in einem engeren Zusammenhang untereinander, wie die anderen Böden. Trotzdem machten sich Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschiede bemerkbar, so dass die Beobachtungen, so weit wie nötig, auch auf die obersten Böden einzeln ausgedehnt wurden.

II. Beobachtungen über die Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschiede innerhalb und ausserhalb des Kornhauses.

A. Die Verschiedenheit der Temperatur in den verschiedenen Stockwerken.

Die Feuchtigkeit der Luft und die Temperatur sowohl auf den sieben Böden als auch im Getreide wurde einmal täglich um $\frac{1}{2}$ 10 Uhr vormittags bestimmt. Die strenge Durchführung der täglichen Beobachtung liess sich besonders in der ersten Zeit noch nicht durchführen.

Bald nach Beginn der Beobachtungen stellte sich heraus, dass die Temperaturen in den oberen Stockwerken fast stets höher waren, als in den unteren. Die Gründe für diese Erscheinung lagen zunächst in der starken Sonnenstrahlung in den oberen Stockwerken, wodurch sich die warme Luft unter dem Dache ansammelte.

Ferner entstehen warme Luftströmungen, die im Kesselhause ihren Ursprung haben, durch das Treppenhaus in den Speicher gelangen und weiter in die Höhe steigen, um sich unter dem Dache anzustauen.

Ferner treten Wärmeströmungen auf durch die Wärme des Schornsteins, welcher nicht frei steht, sondern zwischen Treppenhaus und Hauptgebäude eingebaut ist.

Ferner veranlasst die im Erdgeschoss befindliche Heizungsanlage ebenfalls einen aufsteigenden warmen Luftstrom. Endlich ist noch der Einfluss des Trockenapparates zu erwähnen, welcher allerdings nur selten in Tätigkeit tritt.

Alle diese Einflüsse veranlassen ein Aufsteigen der warmen Luft, weil 1 cbm warme Luft leichter ist als 1 cbm kalte Luft; es entsteht ein Auftrieb¹⁾ der warmen Luft.

In der folgenden Tabelle I sind diejenigen Tage angegeben, welche einen Temperaturunterschied von mindestens 3° C. in den verschiedenen Stockwerken aufweisen.

Es ist bemerkenswert, dass von den 36 Tagen, an welchen der Trockner in Tätigkeit war, nur zwei Tage mit grossen Temperaturunterschieden vorkommen. Daraus ergibt sich, dass die Einwirkung des Trockners unbedeutender ist, als anfangs vermutet wurde und dass sie in den meisten Fällen durch die anderen Einflüsse, besonders durch

1) Vergl. Stück 25, § 20.

Tabelle I. Die Bodentemperaturen und ihr Unterschied in den verschiedenen Stockwerken.

Datum	Temperatur in °C.		Temperatur in °C.	Temperatur- Unterschied in °C.
10. 2. 99	Boden I + 7	dagegen Boden VII	11	4
10. 3. 99	» I + 7 $\frac{1}{2}$	» »	VII 11	3 $\frac{1}{2}$
13. 3. 99	» I-IV + 5	» »	VII 9	4
29. 3. 99	» I-II + 8	» »	VII 11 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$
22. 4. 99	» I-II + 7	» »	VII 10 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$
19. 5. 99	» I-III + 19	» »	VII 22	3
5. 6. 99	» V + 22 $\frac{1}{2}$	» »	VI 18	4 $\frac{1}{2}$
8. 6. 99	» I-V + 14	» »	VII 17	3
1. 7. 99	» I-IV + 17	» »	VII 20	3
11. 7. 99	» I + 20	» »	VII 23	3
12. 7. 99	» I + 21 $\frac{1}{2}$	» »	VII 25	3 $\frac{1}{2}$
17. 7. 99	» I + 21	» »	VII 24	3
18. 7. 99	» I + 20	» »	VII 23	3
20. 7. 99	» I + 21	» »	VII 24	3
21. 7. 99	» I + 22 $\frac{1}{2}$	» »	VII 26	3 $\frac{1}{2}$
22. 7. 99	» I + 23	» »	VII 26	3
30. 8. 99	» I + 17	» »	VI 20	3
28. 9. 99	» I + 14	» »	VII 17	3
28. 10. 99	» I-II + 10	» »	VII 13	3
4. 11. 99	» I + 13	» »	VII 16	3
13. 12. 99	» II - 8	» »	VI-VII - 4	4
14. 12. 99	» II - 7	» »	VI-VII + 4	3 geheizt
15. 12. 99	» II - 10	» »	VI-VII - 5	5
23. 12. 99	» II - 7	» »	VI - 4	3
30. 12. 99	» II-IV + 2	» »	VI + 5	3 geheizt

die Sonnenstrahlung, weit übertroffen wird. Gegenüber dieser konnte sich der Einfluss des Trockenapparates nur im Winter bemerkbar machen.

Die Tabelle zeigt mit einer Ausnahme, dass die Temperaturen in den oberen Stockwerken wärmer sind als in den unteren. Die eine Ausnahme fand am 5. Juni 1899 statt, indem die Temperatur auf dem sechsten Boden am tiefsten stand, während sie auf den anderen Böden höher, am höchsten im fünften Stockwerk war. Da auch an einigen anderen Tagen die Temperatur in demselben Sinne, wenn auch nicht in derselben Grösse abwich, so liegt jedenfalls kein Irrtum vor und der

Temperaturunterschied ist auf ungewöhnlich starken Witterungswechsel zurückzuführen, während die Fenster geöffnet waren.

Gerade der oberste Boden hat grosse Fenster, welche einen raschen Temperaturwechsel gestatten.

Sind die Fenster geschlossen, so treten beim Sonnenschein die leuchtenden Sonnenstrahlen in den Raum, verwandeln sich in dunkle Wärmestrahlen und können dann nicht mehr durch das Fenster zurücktreten. Hiervon rührt auch die Wärmeansammlung unter Glasfenstern her, von welcher die Gärtner in ihren Treibhäusern Gebrauch machen.

Sind dagegen die Fenster geöffnet, so kann ein lebhafter Austausch mit der Aussenluft stattfinden, welcher beim plötzlichen Herabsinken der Aussentemperatur auch das oberste Stockwerk und die damit in direkter Verbindung stehenden folgenden beiden Böden am schnellsten abkühlt.

Dass der grösste Unterschied nicht auf dem obersten, siebenten Boden, sondern auf dem darunter folgenden, sechsten Boden beobachtet wurde, liegt zweifellos daran, dass die Beobachtung am Tage nur einmal gemacht wird und dass jedenfalls bereits eine Witterungsänderung im entgegengesetzten Sinne begonnen hatte, d. h. zur Zeit der Beobachtung war bei offenen Fenstern eine Abkühlung des siebenten Bodens eingetreten, welche noch keine Einwirkung auf den darunter liegenden hatte.

Bei Beobachtungen mit selbstaufzeichnenden Apparaten oder auch mit Maximum- und Minimum-Thermometern würden die Unterschiede sich vermutlich weit regelmässiger gestalten und vor allen Dingen würden sie viel grösser sein.

Der grösste bemerkte Unterschied betrug 5° C. am 25. Dezember 1899.

Ohne dass eine Absicht vorlag, fanden sich in der Tabelle I auch die grössten Temperaturschwankungen angegeben, welche überhaupt im Versuchs-Kornhause beobachtet worden sind. Die tiefste Temperatur zeigte Boden II am 15. Dezember 1899 mit -10° C. Die höchste am 21. und 22. Juli 1899 mit 26° C. Bei Verwendung von Maximum- und Minimum-Thermometern würden natürlich weit grössere Schwankungen zu beobachten sein.

Ergebnis.

- a) Es ist zu erwägen, ob nicht zweckmässig selbst aufzeichnende Thermometer bezw. Maximum- und Mini-

mun-Thermometer für diese Beobachtungen anzuwenden sind, wobei der Wert der Beobachtungen in Betracht zu ziehen ist gegenüber den entstehenden Mehrkosten.

- b) Es ist festzustellen, ob nicht die Aufbewahrung von feuchtem Getreide in den oberen Stockwerken zweckmässig ist.

Auf diesen letzten Punkt kommen wir noch einmal zurück.

B. Die Luftfeuchtigkeit innerhalb und ausserhalb des Kornhauses.

Der Einfluss des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft auf das Getreide ist wahrscheinlich längst bekannt, aber seine Berücksichtigung bei der Behandlung des Getreides hat trotzdem fast nie an der Hand von Feuchtigkeitsmessern stattgefunden, sondern man hat sich damit begnügt, nach dem Gefühl zu handeln. Wenn schönes Wetter war, wurden die Fenster geöffnet, wenn Nebel oder trübes Wetter war, hielt man die Fenster geschlossen. Dass auch die Temperaturunterschiede zwischen der Aussenluft und der Luft im Speicher eine bedeutende Rolle spielen können, ist bis in die neueste Zeit hinein offenbar unbekannt geblieben.

Erst vor einigen Jahren sind an den Königl. Proviantämtern Verordnungen erlassen worden (Proviantamtsordnung 1897), in welchen auf diesen wichtigen Umstand hingewiesen wurde.

In diesen Magazinen wurden, wie es scheint, auch zuerst Feuchtigkeitsmesser gebraucht, welche aber nur gelegentlich Verwendung fanden.

Bei den Beobachtungen im Versuchs-Kornhause machte sich die Bedeutung der Feuchtigkeitsmesser bald geltend und infolgedessen wurde von ihnen ausgiebig Gebrauch gemacht.

Wie es bei einer neuen Einrichtung sehr natürlich ist, wurden in dieser Beziehung Fehler gemacht, welche durch die vorliegende Zusammenstellung erkannt werden sollten. Letztere ergab, dass viel überflüssiges Zahlenmaterial gesammelt wurde, dass dieses aber an anderen Stellen ungenügend ist, dass ferner die Art und Weise der Beobachtungen in bezug auf die Feuchtigkeit der Luft in noch höherem Masse der Abänderung bedürftig ist, als bei den Thermometern. Die

in dieser Angelegenheit aufgetretenen Schwierigkeiten werden bei der später erfolgenden Beschreibung der Apparate und Methoden erörtert werden.

Das Augenmerk wurde zunächst auf den Feuchtigkeitsgehalt der in den Speicher einströmenden und der aus dem Speicher ausströmenden Luft gerichtet.

Bei den Beobachtungen ausserhalb des Gebäudes, an solchen Stellen, wo die Luft in den Speicher hineingelangen konnte, z. B. an dem Eintrittsrohr des Ventilators, welches sich an der Sonnenseite des Gebäudes, etwa 1 m über dem Boden, befindet, wurden die Beobachtungen in fehlerhafter Weise häufig in der grössten Sonnenhitze angestellt, ohne die direkte Bestrahlung des Thermometers zu verhindern [1]. Hierbei stieg die Temperatur einmal bis auf 39,7° C. Die falsche Art der Beobachtung wurde infolge der unrichtigen Auffassung der Vorschriften von seiten der ausführenden Persönlichkeiten angewendet. Trotzdem sind die Zahlen verwendet worden, weil die Fehler gering sind und auf die Schlussfolgerungen keinen wesentlichen Einfluss haben.

Die Feuchtigkeitsmessungen werden gewöhnlich an zwei Thermometern ausgeführt, von welchen das eine mit feuchtem Musselin umgeben ist. Je trockener die Luft, desto schneller findet die Verdunstung des Wassers am feuchten Thermometer statt. Da die Verdunstung mit Kältebildung verbunden ist, so wird das feuchte Thermometer um so tiefere Temperaturen anzeigen, je trockener die Luft ist. Aus dem Temperaturunterschiede der beiden Thermometer findet man den Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Wenn die Sonne direkt auf das Quecksilber des Thermometers scheint, wird eine höhere Temperatur angezeigt, als die Umgebung sie wirklich besitzt. Andererseits werden die Sonnenstrahlen am feuchten Thermometer eine starke Verdunstung erzeugen und die Temperaturanzeige erniedrigen, so dass im ganzen ein grösserer Unterschied zwischen den beiden Thermometern stattfinden wird, als wenn sie vor der direkten Sonnenstrahlung geschützt sind. Demnach würde der Feuchtigkeitsgehalt bei den sehr hohen Temperaturen etwas grösser sein, als angezeigt wurde. Der erstaunlich hohe Feuchtigkeitsgehalt, welcher, wie wir sehen werden, in der sonnigen Luft gefunden wurde, ist also nach dieser Überlegung sogar noch etwas höher einzuschätzen.

In der Regel wurde die Feuchtigkeit der Aussenluft an der Wind-

seite des Gebäudes an einem Fenster bestimmt; man erhielt so die Feuchtigkeit der einströmenden Luft. Die Feuchtigkeit im Speicher dagegen wurde entweder in der Mitte des Bodenraumes oder an einem offenen Fenster der Abwindseite bestimmt. Man erhielt in letzterem Falle die Feuchtigkeit der ausströmenden Luft.

Auf der zu diesem Artikel gehörigen Tafel II, Abbild. I, sind zwei Linien eingezeichnet; die ausgezogene Linie gibt den Wasserdampfdruck oder die Wasserdampfspannung in Millimetern Quecksilbersäule an.

Nach früheren Ausführungen gibt diese Zahl aber auch zugleich an, wieviel Wasserdampf in 1 *cbm* Luft vorhanden ist, oder, da die Gegenwart der Luft hierauf einen verschwindenden Einfluss¹⁾ hat, wieviel Wasserdampf in 1 *cbm* des leeren Raumes überhaupt vorhanden ist.

Die Spannungszahlen sind auf der Tafel in der linksstehenden Seitenachse angegeben, während die Tage, an welchen die betreffende Spannung beobachtet wurde, auf die Grundachse aufgetragen sind.

Die punktierte Linie gibt in derselben Weise den Wassergehalt der Aussenluft an.

In den kälteren Monaten sehen wir die Feuchtigkeit der Aussenluft bald grösser, bald kleiner werden als die Feuchtigkeit der Luft im Speicher. In den wärmeren Monaten dagegen enthält die Aussenluft fast stets mehr Feuchtigkeit als die Luft im Speicher, und an heissen Tagen kann dieser Feuchtigkeitsgehalt der Luft einen sehr hohen Betrag erreichen. Hiernach muss man sorgfältig verhüten, dass die heisse, sonnige Luft in den Speicher hineingelangt, weil man damit eben eine grössere Menge Feuchtigkeit hineinlassen würde. Diese Behauptung steht scheinbar im Widerspruch mit der bekannten Beobachtung, dass feuchtes Getreide durch brennende Sonne schnell getrocknet wird. Wir müssen aber bedenken, dass die direkte Sonne auf das Innere des Speichers nur auf dem obersten Boden weitgehend einwirken kann, während die anderen Räumlichkeiten nur wenig oder gar keine Sonne erhalten. Es gelangt somit die von der Sonne erzeugte grosse Feuchtigkeit der Aussenluft in den Speicher, ohne dass die bedeutende trocknende Temperatur auftritt.

1) Vergl. Stück 25, § 12.

Auch wenn auf dem Felde die Sonne etwa hinter Wolken verschwindet und dadurch die Luft sich abkühlt, wird doch der von ihr erzeugte reichliche Wasserdunst vom Winde rasch fortgeführt. Wird aber die in den Speicher eintretende Luft abgekühlt, so bleibt die Feuchtigkeit zum Teil im Gebäude, weil die Lüftung nie so ausgiebig sein kann, als auf freiem Felde.

Schon der Umstand, dass die Wasserdämpfe leichter¹⁾ sind, verursacht auf freiem Felde ein sofortiges Aufsteigen der mit Wasserdämpfen angereicherten Luft, also eine Entfernung der Feuchtigkeit vom Getreide. Auch im bestgelüfteten Speicher muss diese Luft dagegen über Getreide hinstreichen, wodurch aufnahmefähige Luft am Zutritt zum Getreide verhindert wird.

Eine bemerkenswerte Tatsache ist die, dass nicht im Winter, wo wenig Feuchtigkeit in Frage kommt, auch nicht im Sommer, wo die Luft sehr viel Feuchtigkeit enthalten kann, sondern dass gerade in den Übergangszeiten²⁾, also im Frühjahr und im Herbst, Erwärmungen von Getreide beobachtet werden, während man doch eigentlich erwarten müsste, dass die grossen Feuchtigkeitsmengen der Luft während der heissen Sommermonate die grössten Störungen veranlassen müssten. Die Erklärung ergibt sich daraus, dass zwar in den Sommermonaten die Luft am meisten Wasserdampf enthält, dass sie aber überhitzt ist und fast stets imstande ist noch mehr aufzunehmen. In den Übergangsmonaten ist aber die Luft, ähnlich wie im Winter, mehr mit Feuchtigkeit gesättigt wie im Sommer, d. h., der sogenannte relative³⁾ Feuchtigkeitsgehalt ist verhältnismässig gross.

Auf Abbild. III der Tafel ist eine Beobachtungsreihe eingezeichnet, welche in der Versuchs- und Lehrbrauerei ausgeführt wurde. Bei der Betrachtung dieser Tafel wolle man das Augenmerk vorläufig nur auf die Linien richten, welche direkt besprochen werden. Die Linie IV A. T. bezeichnet während der Beobachtungstage, welche auf der unteren Grundachse vermerkt sind, den Verlauf der Temperaturen eines Bodens, die links in der äussersten Spalte der senkrechten Achse angegeben sind. Weiter unten befinden sich auf derselben Tafel zwei andere Linien.

1) Vergl. Stück 25, § 20.

2) Vergl. Stück 25.

3) Vergl. Stück 25, § 19.

Die Linie VII gibt die Dampfspannung in Millimetern oder den Feuchtigkeitsgehalt in Gramm¹⁾ pro 1 cbm an.

Die betreffende Zahl befindet sich in der zweiten Spalte der senkrechten Achse.

Das nächste, was sich bemerkbar macht, ist die grosse Übereinstimmung im Verlauf der Linie VII mit dem der Linie IV, steigt die Temperatur in IV, so steigt auch der Feuchtigkeitsgehalt in VII. Fällt die Temperatur in der einen Linie, so fällt auch der Feuchtigkeitsgehalt in der anderen.

Man findet hier also eine Steigerung der Feuchtigkeit der Luft, sobald die Temperatur steigt und diese Beobachtung kann man in den meisten Fällen auch an anderen Orten machen.

Vergleichen wir aber den Wassergehalt, der in der Luft vorhanden ist, mit dem, welcher in ihr bei der entsprechenden Temperatur vorhanden sein könnte²⁾, den die Luft also in 1 cbm aufzunehmen vermag, so bemerken wir, dass sie umsoweniger gesättigt ist, eine je höhere Temperatur sie hat. Die tiefste Temperatur wird auf Linie IV am 27. August mit 15° C. angezeigt. Der Feuchtigkeitsdruck an demselben Tage beträgt nach Linie VII 7,1 mm, was ungefähr auch bedeutet, dass in 1 cbm Luft 7 g Wasserdampf vorhanden sind.

Bei 15° vermag die Luft aber Wasserdampf bis zur Spannung 12,7 mm aufzunehmen.³⁾

Da nun das Verhältnis $\frac{\text{wirklich vorhandene}}{\text{höchstmögliche}}$ Feuchtigkeit der relative Feuchtigkeitsgehalt genannt wird, so ist $\frac{7,1}{12,7} = \frac{56}{100} = 56$ pCt. der relative Feuchtigkeitsgehalt.

1) Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass der Dampfdruck oder die Dampfspannung, ausgedrückt in Millimetern Quecksilbersäule, bei mittleren Temperaturen eine Zahl ist, welche nahezu zusammenfällt mit der Grammange Wasserdampf, die in 1 cbm vorhanden ist.

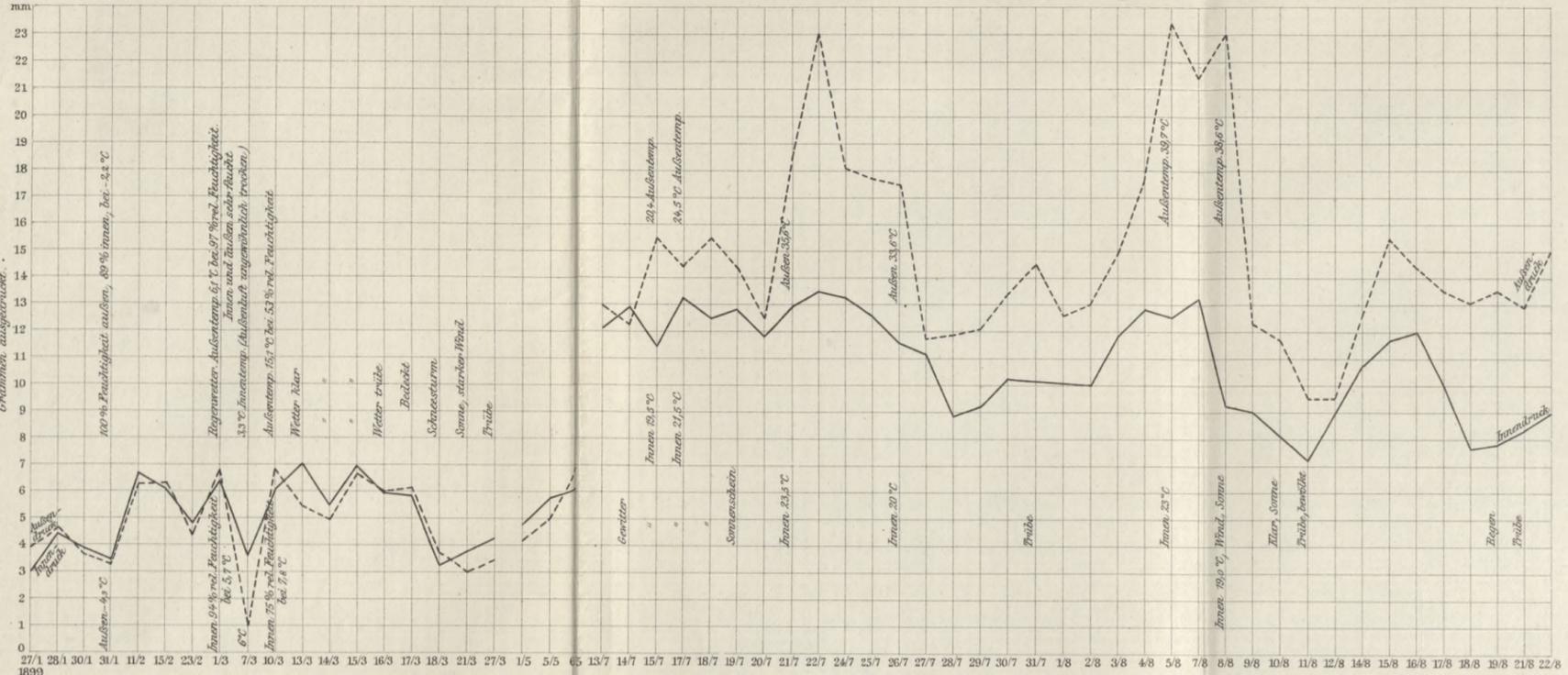
Wenn weiterhin der Ausdruck Spannung oder Druck häufig vorgezogen wird, so liegt das daran, dass die betreffenden Tabellen, aus welchen die Zahlen entnommen sind, diese nicht als Gramm, sondern als Millimeterdruck enthalten. Die Umrechnung in Gramm würde an den Zahlen nicht viel ändern, würde aber die Betrachtungen schwerfälliger machen. Näheres Stück 25, § 18.

2) Vergl. Stück 25, § 19.

3) Vergl. Stück 25, Tabelle I.

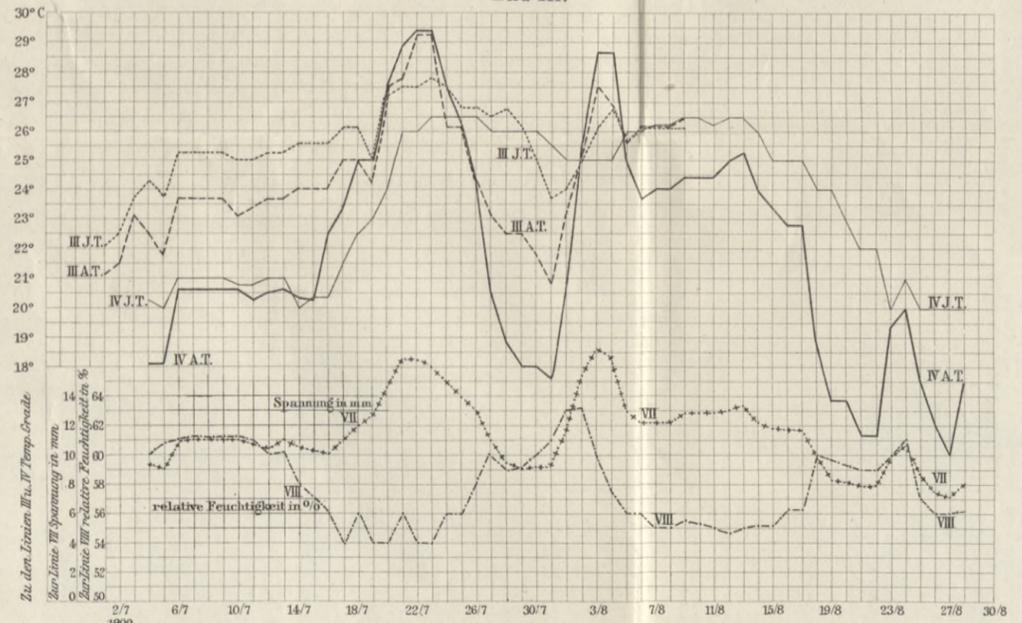
Dampfspannung in mm oder auch ausgedr. als Menge Wasserdampf, welche in 1 m³ vorhanden ist, in Gramm ausgedr.

Bild I.



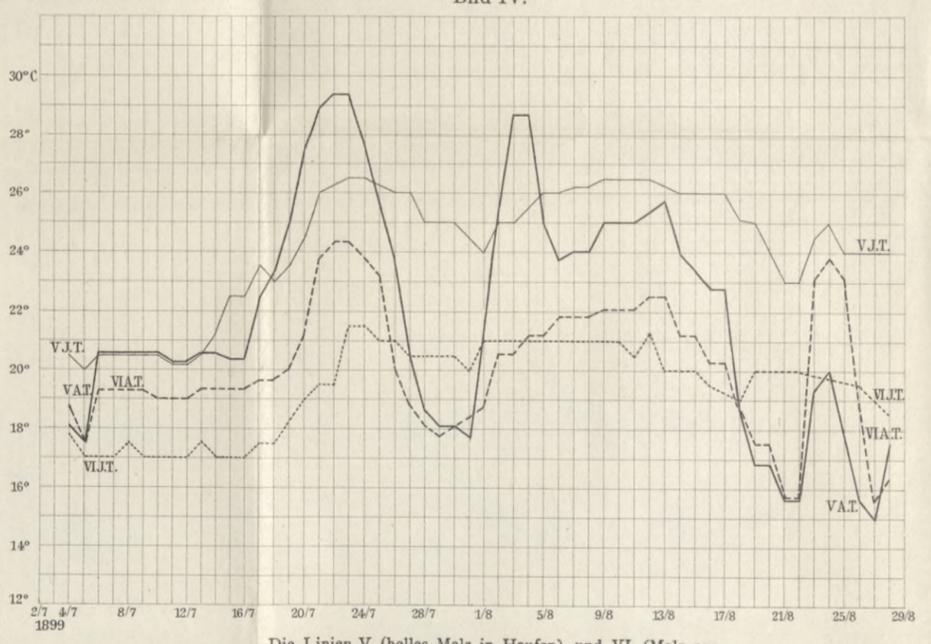
Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft für die am unteren Rande stehenden Tage. Am linken Rande ist er angegeben als Dampfdruck, gemessen durch die entsprechende Höhe in mm Quecksilbersäule. Die ausgezogene Linie bezeichnet die Feuchtigkeit im Kornhaue, die punktierte Linie diejenige im Freien.

Bild III.



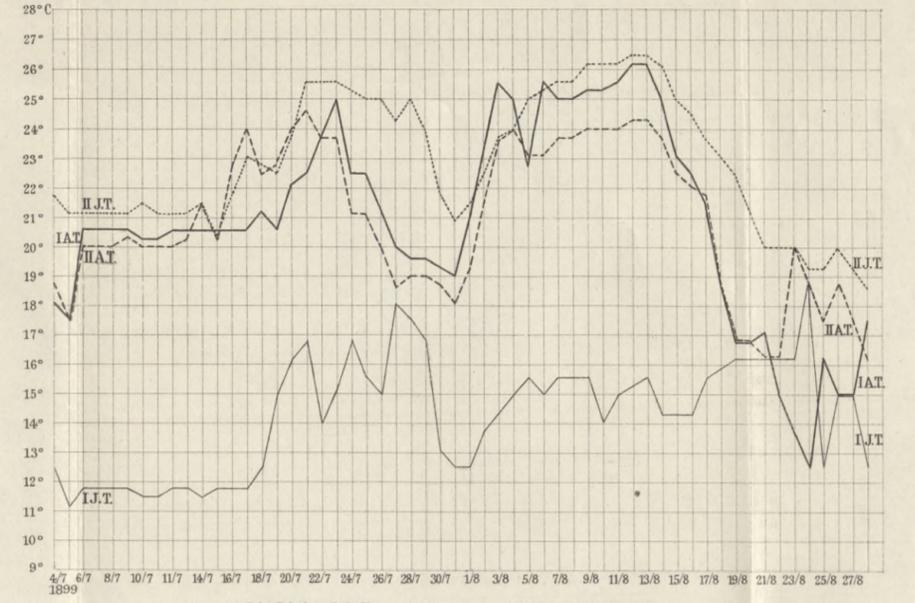
Die Linien III (Malz in Säcken) u. IV (dunkles Malz in Haufen) haben entsprechende Bedeutung wie die Linien I u. II auf Bild II. Linie VII gibt den Feuchtigkeitsverlauf bei den Temp. u. an den Tagen der Linie IV A. T. an, und zwar als Dampfspannung ausgedrückt. Linie VIII bedeutet dasselbe wie Linie VII, aber die Werte geben den relat. Feuchtigkeitsgehalt an.

Bild IV.



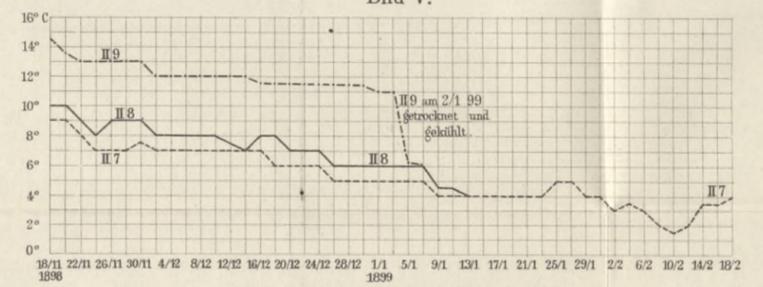
Die Linien V (helles Malz in Haufen) und VI (Malz aus Wintergerste in Haufen) haben dieselbe Bedeutung wie auf Bild II.

Bild II.



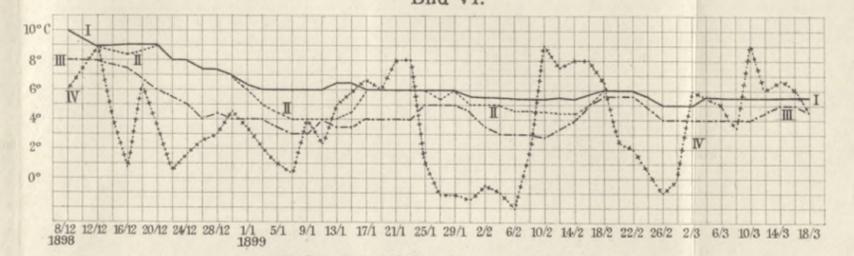
Die Linien I J. T. und II J. T. bezeichnen den Temp.-verlauf im Gerstenhaufen, bezw. in den Malzsäcken, während die Linien I A. T. und II A. T. die Temp. des betreffenden Stockwerkes ausserhalb des Getreides angeben.

Bild V.



Temperaturverlauf in Gerste, je 200 Ctr. II₉ Getrocknete Gerste = 12% Wasser II₈ Normale Gerste = 14,7% Wasser II₇ Angefeuchtete Gerste = 10% Wasser Die Linien II₉ u. II₇ gehen im Laufe der Zeit in die Linie II₈ über.

Bild VI.



5000 Ctr. Südrussische Gerste mit 12% Wasser. I Temperaturverlauf in 1500 Ctr. im Eisensilo gelagert II " " 1500 " im Holzsilos gelagert III " " 2000 " 2 m hoch auf einem Bodengelagert VI " " auf demselben Boden ausserhalb des Getreides.

Die höchste Temperatur zeigt Linie IV am 22. Juli mit $29,4^{\circ}$ C., an demselben Tage gibt Linie VII einen Feuchtigkeitsgehalt von $16,4 \text{ mm}$ Wasserdampfspannung an, sie enthält demnach $\frac{16,4}{7,0} = 2,3$ mal soviel oder mehr wie doppelt soviel Wasserdampf als im vorigen Beispiel. Luft von $29,4^{\circ}$ C. vermag aber Wasserdampf bis zum Druck von $30,4 \text{ mm}$ aufzunehmen. Der relative Feuchtigkeitsgehalt beträgt also $\frac{16,4}{30,4} = \frac{54}{100} = 54 \text{ pCt.}$

Man sieht, dass die warme Luft verhältnismässig trockener ist als die kühlere, obgleich sie bedeutend mehr Wasserdampf enthält.

Auf die eben angegebene Weise berechnen wir den relativen Feuchtigkeitsgehalt für alle Punkte der Linie IV A. T. und bringen diese ebenfalls auf das Papier, nachdem wir in einer dritten Reihe der Höhenachse die Prozentzahlen aufgetragen haben.

Wir machen die Bemerkung, dass der relative (verhältnismässige) Feuchtigkeitsgehalt sich im allgemeinen umgekehrt verhält wie der absolute (wirkliche). Während VII sich den in IV A. T. angegebenen Temperaturbewegungen in demselben Sinne anschliesst, bewegt sich VIII im entgegengesetzten Sinne oder der wirkliche Feuchtigkeitsgehalt wächst mit der Temperatur, der relative dagegen fällt, je höher die Temperatur ist.

Bei Temperaturen um und unter 0° ist die Luft in den meisten Fällen mit Feuchtigkeit gesättigt, während der in Gramm ausgedrückte Wassergehalt sehr gering ist. Trotzdem also die Luft um so mehr Feuchtigkeit enthält, je wärmer sie ist, kann sie doch noch viel mehr Feuchtigkeit aufnehmen. Eine warme Luft kann also beträchtlich abgekühlt werden, ehe sie den Taupunkt¹⁾ erreicht, während kalte Luft zwar wenig Wasserdampf enthält aber auch nur noch wenig aufnehmen vermag. Bei einer geringen Abkühlung kann in letzterem Falle der Taupunkt schon erreicht werden, d. h. es kann sich Wasser niederschlagen.

Hieraus ergibt sich, dass folgende zwei wichtige Fälle zu beachten sind:

1. Die Aussenluft kann sehr warm und feucht sein. Wenn sie in

1) Vergl. Stück 25, § 15.

den Speicher gelangt und mit kühlem Getreide in Berührung kommt, wird sie sich abkühlen, aber selten soweit, dass der Taupunkt eintritt, d. h., dass Wasser auf das Getreide niedergeschlagen wird. Trotzdem wird trockenes Getreide aus dieser Luft Wasser anziehen, und zwar dann, wenn die Spannung des Wasserdampfes im Getreide kleiner ist, als die Spannung des Wasserdampfes in der Luft.

2. Die Aussenluft kann verhältnismässig kühl sein, dann kann eine geringe Abkühlung an einem noch kälteren Getreide die Luft bis unter den Taupunkt abkühlen und es kann Wasser auf das Getreide niedergeschlagen werden.

Dieser letztere Zustand ist derjenige, welcher im Frühjahr und auch im Herbst für das Getreide gefährlich ist.

Wir wollen auf einige Beispiele näher eingehen. Am 26. Juli hatte die Luft gemäss Abbild. I der Tafel II im Innern des Versuchs-Kornhauses auf einem Boden die Temperatur von 20° C.; die Spannung des Wasserdampfes in ihr betrug $11,5$ mm. Die Aussentemperatur an der Sonnenseite des Speichers war $33,6^{\circ}$ C. mit einem Feuchtigkeitsgehalt, der $17,5$ mm Dampfspannung entsprach.

Da Luft von 20° C. nicht mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann als bis zum Drucke von $17,4$ mm, so würde eine Abkühlung der Aussenluft auf die Speichertemperatur sie nicht nur mit Feuchtigkeit sättigen, sondern es würde sogar etwas niedergeschlagen werden und zwar soviel als dem geringen Unterschiede des Druckes $17,5 - 17,4$ mm entspricht. In Wirklichkeit ist aber eine derartige Abkühlung nicht möglich; denn die in den Speicher eintretende Luft erwärmt sofort die Speicherluft und macht sie aufnahmefähiger für Wasserdampf.

Wir wollen uns nun vorstellen, dass nach längerer kräftiger Lüftung ein Gemisch entsteht, in welchem auf 1 cbm Innenluft 1 cbm Aussenluft kommt. Dann würde man eine Temperatur haben von $\frac{33,6 + 20}{2} = 26,8^{\circ}$ C. und eine Feuchtigkeit von $\frac{17,5 + 11,5}{2} = 14,5$ mm Spannung.

Oder anders ausgedrückt, die Luft würde in 1 cbm jetzt $14,5$ g Feuchtigkeit enthalten.

Bei $26,8^{\circ}$ C. kann die Luft bei voller Sättigung mit Wasserdampf $26,2$ mm Dampfspannung besitzen. Daher beträgt in dem Gemisch der

relative Feuchtigkeitsgehalt $\frac{14,5}{26,2} = \frac{55}{100} = 55$ pCt. In Anbetracht der hohen Temperatur ist dieser Wassergehalt als normal, wenn nicht als etwas trocken zu bezeichnen.

Es sei weiter angenommen, dass abends die Fenster des Kornhauses geschlossen werden. Dann wird im Innern eine allmähliche Temperaturerniedrigung stattfinden, zu gleicher Zeit wird die Feuchtigkeit sich durch die Wände mit der Aussenfeuchtigkeit, welche in der Nacht rasch sinkt, auszugleichen suchen, was natürlich viel langsamer geschehen wird, als wenn die Fenster geöffnet wären. Der nach aussen tretende Wasserdampf betrage soviel, dass im Innern eine Wasserdampfmenge von $12,7$ mm Druck zurückbleibt statt $14,5$ mm. Mit dieser Dampfmenge wäre die Speicherluft dann gesättigt, wenn die Temperatur der letzteren 15° C. betragen würde. Dass die Feuchtigkeit in der angenommenen Menge ($12,7$ mm Spannung) im Speicher leicht auftreten kann, ist ohne weiteres einleuchtend. Von der Temperaturerniedrigung der Aussenluft in der Nacht hängt es aber ab, wie weit die Speichertemperatur erniedrigt wird.

Die Innenluft sei von $26,8^{\circ}$ C. etwa um 10° C., also bis auf eine Temperatur von 17° C. herabgegangen. Bei dieser Temperatur vermag sie im gesättigten Zustande Wasserdampf bis zum Drucke von $14,4$ mm aufzunehmen. Sie hat demnach $\frac{12,7}{14,4} = \frac{88}{100} = 88$ pCt. relative Feuchtigkeit, der in bezug auf die Temperatur von 17° C. als ein sehr hoher zu betrachten ist. Jedes normale Getreide wird unter diesen Umständen Wasserdampf aus der Speicherluft aufnehmen, ohne dass natürlich Taubildung auftritt.

Wir sind noch nicht in der Lage genau anzugeben, wieweit diese Wasseraufnahme gehen wird. Die darauf bezüglichen Untersuchungen sind aber bald abgeschlossen und werden dann veröffentlicht.

Das Ergebnis dieser Betrachtung ist, dass es falsch wäre, die Fenster im Kornhause in der Nacht zu schliessen, wenn der Speicher eine hohe Innentemperatur hat. Im Gegenteil muss dafür gesorgt werden, dass in der Nacht ein guter Ausgleich mit der kühleren Aussentemperatur stattfindet. Wenn unter diesen Umständen die Aussenluft dem Gefühl nach und auch verhältnismässig (relativ) feuchter ist als die Innenluft, so ist sie doch kühler; durch den Eintritt in den Speicher wird sie erwärmt und vermag wieder mehr Wasserdampf aufzunehmen.

Es wurde angenommen, dass die Innentemperatur auf 17°C . heruntergeht. Es kann aber auch vorkommen, dass unter Annahme von sonst gleichen Bedingungen die Temperatur nicht um 10° , sondern um 15° , also bis auf 12°C . sinkt. Eine solche Luft vermag nur Wasserdampf bis zur Höchstspannung¹⁾ von $10,4\text{ mm}$ aufzunehmen. Da aber die im Kornhause befindliche Luft $12,7\text{ mm}$ Spannung aufwies, müssen pro 1 cbm Luft etwa $12,7 - 10,4 = 2,3\text{ g}$ Feuchtigkeit niedergeschlagen werden, welche ebenfalls zum Teil vom Getreide aufgenommen werden. Dieser Zustand ist natürlich für das Getreide weit gefährlicher als der vorher erwähnte.

Derartige Temperaturgefälle werden nicht häufig eintreten, ferner wird bei der leichten Beweglichkeit des Wasserdampfes bei diesen verhältnismässig hohen Temperaturen der meist geringe Niederschlag vom Getreide schnell aufgenommen und gleichmässig verteilt werden, so dass man im heissen Sommer selten etwas über Beschwitzen und Warmwerden des Getreides hört.

Diese Überlegungen führen darauf, am Tage bei hoher Aussen-temperatur die Fenster geschlossen zu halten, nachts dagegen zu öffnen.

In bezug auf den obersten Boden des Versuchs-Kornhauses wird man am Tage anders handeln müssen. Hier sind grosse Fenster, durch welche die Sonne scharf auf das Getreide scheint.

Es entsteht dadurch eine starke Erwärmung und Wasserverdunstung. Hier ist es gerade gut, die Fenster zu öffnen und dem entstehenden Dunst Abzug zu verschaffen, wodurch die Wirkung etwa in dem Sinne auftreten würde, wie auf freiem Felde, wenn auch nicht so bedeutend.

Demzufolge wird es in heisser Jahreszeit zweckmässig sein, feuchte Getreideposten auf diesem freien Boden zu lagern. Ob diese besondere Massregel auch für andere Jahreszeiten zweckmässig ist, muss durch weitere Beobachtungen entschieden werden.

Ein Beispiel, welches die Gefährlichkeit des Frühjahrswetters deutlich vor Augen führt, liegt leider nicht vor. Um aber doch aus dieser Jahreszeit ein Beispiel zu besprechen, wählen wir den 10. März 1899 (Abbild. I der Tafel II). Die Aussenluft hatte eine Temperatur von $15,1^{\circ}\text{C}$. und wies einen Feuchtigkeitsgehalt von $6,8\text{ mm}$ auf, während sie einen solchen von $12,8\text{ mm}$ haben konnte. Für diese Jahreszeit, wo

1) Vergl. Stück 25 § 16.

der Erdboden mit Feuchtigkeit getränkt ist und mit Rücksicht auf die betreffende Temperatur muss dieser Feuchtigkeitsgehalt, welcher relativ ausgedrückt $\frac{6,8}{12,8} = \frac{53}{100} = 53$ pCt. beträgt, als sehr niedrig betrachtet werden.

Im Speicher war die Temperatur $7,8^{\circ}$ C. und eine Feuchtigkeitsspannung von $6,1$ mm, während bei dieser Temperatur die Höchstspannung $7,9$ mm betragen konnte. Der relative Feuchtigkeitsgehalt von $\frac{6,1}{7,9} = \frac{77}{100} = 77$ pCt. kann bei dieser Temperatur als normal angesehen werden.

Nehmen wir wieder an, dass durch starken Luftzug ein Gemisch von gleichen Raumteilen Aussen- und Innenluft entstanden sei.

Die Temperatur der Innenluft wird jetzt sein $\frac{15,1 + 7,8}{2} = 11\frac{1}{2}^{\circ}$ C.

und eine Dampfspannung besitzen von $\frac{12,8 + 6,1}{2} = 9\frac{1}{2}$ mm.

Eine Luft, welche diese Spannung als Höchstdruck besitzt, muss eine Temperatur von $10,6^{\circ}$ C. haben. Kühlt sich demnach der Speicher nur von $11\frac{1}{2}^{\circ}$ C. auf $10,6^{\circ}$ C., also um 1° ab, so kann bereits ein Niederschlag von Wasser stattfinden.

Es sei noch besonders hervorgehoben, dass im gegenwärtigen Falle die Luft sehr trocken war. Bei sehr feuchter Aussenluft, die doch im Frühjahr Regel ist, würden die Niederschläge noch leichter und reichlicher auftreten. Leider ist das Beobachtungsmaterial in dieser Beziehung sehr lückenhaft und es wird fernerhin auf diese Angelegenheit ganz besonders Wert gelegt werden.

Über die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Getreides wurde bereits früher gesprochen. Die Temperatur des Getreides folgt dem Wechsel der Aussentemperatur nur sehr langsam, was sich noch an einzelnen Beispielen aus dem Versuchs-Kornhause zeigen wird. Wenn dann im Frühjahr plötzlich Witterungswechsel eintritt, also warm wird, bleiben die Getreidehaufen immer noch längere Zeit kalt. Tritt nun die warme und feuchte Luft in den Speicher, so wird sie zunächst abgekühlt, ihr relativer Feuchtigkeitsgehalt wird noch grösser und das Getreide wird reichlich Wasserdampf aus der Luft anziehen. Kommt diese Luft nun noch mit dem kalten Getreide in Berührung, wird sie

noch mehr abgekühlt, dann kann sie den Wasserdampf nicht mehr halten und scheidet ihn als Wasser auf das Getreide ab. Eine kurze Zeit während und geringe Wasserabscheidung, wie im Sommer jedenfalls zuweilen stattfindet, würde eine Gefahr für das Getreide nicht verursachen. Gefährlich ist der Umstand, wenn die Wasserabscheidung tage- und wochenlang dauert und immer weiter solange das Getreide kälter ist als die Luft und solange durch den feuchten Boden und die Sonne reichlich Wassermengen von der Luft aufgenommen und in den Speicher geführt werden.

Was nicht am Tage als Tau niedergeschlagen wird, das fällt in der Nacht auf das Getreide, wenn abends die Fenster geschlossen werden und der reichlich vorhandene Wasserdampf durch die Abkühlung des Speichers während der Nacht sich nicht in Dampfform halten kann.

Solange die Erde feucht ist und viel Regen fällt, wird bei fortschreitendem Wärmerwerden der Witterung dieser Zustand andauern, weil das Getreide dauernd kälter bleibt als die Aussenluft. Erst wenn die Erde ausgetrocknet ist und der relative Feuchtigkeitsgehalt im Sommer sehr niedrig wird, dann müssen schon stärkere Temperaturgefälle auftreten, damit die besprochenen Erscheinungen bemerkt werden, wie bereits oben auseinandergesetzt wurde.

Im Herbst müssen natürlich die Verhältnisse umgekehrt liegen wie im Frühjahr. Dann ist das Getreide warm vom Sommer her. Tritt Witterungswechsel, also Temperaturerniedrigung ein, so wird die Luft mit Wasserdämpfen verhältnismässig angereichert, d. h. der relative Feuchtigkeitsgehalt wird grösser, während der wirkliche Feuchtigkeitsgehalt kleiner wird, wie oben mit Hilfe von Abbild. III der Tafel an den Linien IV, VII und VIII erklärt wurde.

Öffnet man in dieser Jahreszeit die Fenster, so wird im allgemeinen die eintretende Luft schon von der wärmeren Speicherluft erwärmt werden. Noch mehr erwärmt sie sich in Berührung mit dem warm gebliebenen Getreide und wird dadurch wasseraufnahmefähig. Sie kann unter diesen Umständen dem Getreide sogar noch Wasser entziehen. Aus diesem Grunde ist der Witterungswechsel im Herbst lange nicht so gefährlich wie im Frühjahr. Doch muss man auch in dieser Zeit ebenfalls vorsichtig sein, weil eine sehr feuchte und kalte Luft ebenfalls Wasser an warmes Getreide abgeben kann. Die Gefahr im Herbst

liegt in viel höherem Grade darin, dass frisches Getreide den Prozess der Nachreife durchzumachen hat, dadurch tritt eine Wasserbildung auf, die mit Wärmeentwicklung verbunden ist. Das Wasser wird von innen herausgetrieben und schlägt sich auf die kalte Oberfläche nieder. Es findet daher mehr ein Schwitzen des Getreides statt, während im Frühjahr mehr die Taubildung in Frage kommt. Vielleicht wird Verfasser Gelegenheit haben, auf diese beiden Gegenstände in einem Sonderartikel zurückzukommen.

Am günstigsten liegen die Verhältnisse für das Getreide im Winter.

Der Nachreifeprozess ist durchgemacht, die Aussentemperatur ist kalt und die Luft besitzt zwar einen hohen relativen Feuchtigkeitsgehalt (man vergl. z. B. in Abbild. I der Tafel den 31. Januar 1899), aber der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist gering und das Getreide folgt der immer kälter werdenden Temperatur sehr langsam. Die hereintretende Luft erwärmt sich an dem Getreide und wird wasseraufnahmefähig, wodurch es noch getrocknet wird.

Es seien hier noch einige Beobachtungen mitgeteilt, die nicht im Kornhause gemacht wurden, mit der ganzen hier behandelten Angelegenheit aber im Zusammenhang stehen.

Man weiss, dass der Schnee von der Erdoberfläche verschwindet, ohne zu schmelzen. Auch er besitzt eine gewisse, wenn auch geringe Dampfspannung und verwandelt sich allmählich in Wasserdampf.

Es ist bei den hiesigen königlichen Proviantämtern die Beobachtung gemacht worden, dass die Fenster wochenlang von aussen beschlagen blieben, als man sie nach sehr kalten Tagen bei eintretender höherer Temperatur schloss.

Die Feuchtigkeit, welche sich aussen auf die Fenster niederschlug, wäre, wenn man sie offen gelassen hätte, auf das Getreide gegangen.

In einem Proviantamt bestand der Boden aus Asphalt, auf den man das Getreide gelagert hatte. Nach sehr kalten Tagen trat Temperaturerhöhung ein und man bemerkte, dass sich auf den Asphalt, wo kein Getreide lag, grosse Wassermengen niederschlugen.

Dort aber, wo sich Getreide befand, blieb der Boden trocken.

Man hatte diese Erscheinung als einen Beweis aufgefasst, dass Asphaltböden ungeeignet für die Getreideaufbewahrung wären. Aber von sachverständiger Seite wurde darauf hingewiesen, dass dieses ein Beweis für das Gegenteil sei. Denn in Holz wäre die Feuchtigkeit ein-

gedrungen und man hätte sie nicht bemerkt, ebensowenig wie man bemerken konnte, dass das Getreide Wasser angezogen hatte. Der freie Asphaltboden war mit Wasser bedeckt, dort aber, wo Getreide lag, war der Asphaltboden trocken, weil das Getreide die Feuchtigkeit aufgenommen hatte. Gerade durch die Verwendung des Asphalts wurde deutlich der Beweis geliefert, dass der kalte Boden aus der wärmeren Aussenluft Wasser aufnimmt und dass man daher stets die Fenster schliessen muss, wenn die Luft aussen wärmer wird, während man sonst das Gegenteil getan hatte.

Ergebnis.

- a) Falls man keinen Feuchtigkeitsmesser besitzt, soll man die Fenster des Kornhauses geschlossen halten, wenn die Aussentemperatur höher wird als die Innentemperatur. Damit ist aber nicht gesagt, dass die Fenster stets geöffnet sein müssen, wenn die Aussentemperatur kälter ist. Dies darf geschehen, wenn man sicher ist, dass die Aussenluft nicht feucht ist und die Sicherheit ist um so grösser, je tiefer die Temperatur der Aussenluft unter der des Speichers liegt.
- b) Falls man sich im Besitze eines Feuchtigkeitsmessers befindet, muss man die Fenster geschlossen halten, wenn die Dampfspannung in Millimetern oder der in Gramm ausgedrückte wirkliche Feuchtigkeitsgehalt in 1 *cbm* der Aussenluft grösser ist als in der Innenluft. Umgekehrt muss man die Fenster öffnen, wenn der Dampfdruck aussen kleiner ist als innen. Man wird bemerken, dass man auch mitunter dann die Fenster öffnen kann, wenn die Aussenluft wärmer ist. (Vergl. Abbild. I auf der Tafel am 7. März. Die Aussentemperatur an diesem Tage war 6,1° C.)

III. Beobachtungen an einzelnen Getreideposten.

A. Beobachtungen in der Versuchs- und Lehrbrauerei.

Wir wollen zunächst eine Reihe von Beobachtungen bringen, welche nicht im Versuchs-Kornhause gemacht worden sind, sondern in der

Versuchs- und Lehrbrauerei zu Berlin. Der Vorschrift gemäss sollten die Beobachtungen morgens notiert werden. Ob dieses immer geschehen ist, liess sich leider nicht kontrollieren.

1. Gerste, in einem Kasten etwa 1 m hoch aufgeschüttet. Täglich wurde die Temperatur im Haufen und auf dem betreffenden Boden festgestellt. Ihr Verlauf ist auf der Abbild. II eingezeichnet. Auf der Grundachse sind die Tage der Beobachtung angegeben, auf der Seitenachse die beobachteten Temperaturen. Mit Innentemperatur ist die Temperatur des Getreides bezeichnet, deren Verlauf die Linie I J. T. angibt; mit Aussentemperatur ist diejenige auf dem betreffenden Boden bezeichnet und als Linie I A. T. eingetragen. Am Anfange der Beobachtungen ist die Innentemperatur weit niedriger als die Aussentemperatur, 12,5° C. gegen 18° C. Man sieht aus dem Verlauf der beiden Linien, dass die Temperatur der Gerste der Lufttemperatur nachzukommen sucht, es geschieht aber sehr langsam. Nach etwa sechs Wochen ist die Aussentemperatur erreicht, als diese sehr niedrig war.

Die höchste Temperatur war aussen 26,0° C. am 13. August 1899

» » » im Getreide 19,0° C. » 24. » 1899

» niedrigste » war aussen 12,5° C. » 24. » 1899

» » » im Getreide 11,5° C. » 5. Juli und

26. August 1899.

Der Unterschied betrug für die Aussentemperatur 13,5° C.

» » » » » Innentemperatur 7,5° C.

Es ist bemerkenswert, dass an demselben Tage, an welchem man die niedrigste Aussentemperatur beobachtete, die höchste Innentemperatur erreicht wurde, ein Beweis dafür, wie langsam die Getreidetemperatur nachfolgt.

Der Wasserdampfdruck am Tage der höchsten Temperatur betrug 13,5 mm, der relative Feuchtigkeitsgehalt 55 pCt.

2. Ein Malz wurde in Säcken aufbewahrt, die zu zweien übereinander standen; der Verlauf der Temperatur ist auf Abbild. II durch die Linien II ausgedrückt. Man bemerkt, dass die Temperatur des Malzes sich weit mehr der Aussentemperatur anpasst als der Gerstenhaufen. Der Grund liegt in der schlechteren Wärmeleitung von angehäuften Getreide.

Bemerkenswert ist ferner, dass das Malz fast stets wärmer ist als die Aussentemperatur. Das lässt sich darauf zurückführen, dass es aus

der Luft, auch wenn diese trocken ist, beständig Wasserdämpfe anzieht und dass diese Wasseraufnahme mit Wärmebildung verknüpft ist. Wenn man Getreide oder Stärke, deren Temperatur vorher durch Thermometer bestimmt wird, mit Wasser begiesst, bemerkt man sofort eine beträchtliche Steigerung der Temperatur. Im oben erwähnten Falle ist die Temperaturerhöhung gering, weil die Wasseraufnahme aus der Luft zwar andauernd, aber in jedem Augenblick nur sehr gering sein kann. Diese Beobachtung ist wichtig für diejenigen, welche Malz kaufen auf spätere Lieferung. Das Material ist bei der Lieferung nicht dasselbe wie beim Einkauf, es hat sich ein erhöhter Wasserballast eingestellt, dessen Gewicht wie Malz bezahlt wird.

3. Wiederum ein Malz in Säcken. Der Temperaturverlauf ist in Abbild. III durch die Linien III A. T. und III J. T. angegeben. Auch hier bemerkt man, dass die Innentemperatur fast stets höher ist als die Aussentemperatur, und zwar aus den vorher angegebenen Gründen.

4. Dunkles Malz im Kasten. Der Temperaturverlauf ist in Abbild. III durch die Linien IV A. T. und J. T. angegeben. Auch hier war die Temperatur des Malzes meist höher als aussen. Nur in der Zeit vom 13. Juli bis 25. Juli, ferner vom 2. August bis 7. August, also an 17 Tagen, war sie unter der Bodentemperatur, während sie an 38 Tagen höher war. Die Innentemperatur folgte der Aussentemperatur etwas langsamer nach als in den Säcken, sie hielt sich aber verhältnismässig weit länger hoch, wenn die Aussentemperatur fiel.

Während bei einer Erhöhung der Aussentemperatur die Innentemperatur schnell nachfolgte, hielt sich die letztere drei Wochen lang fast auf derselben Höhe, während die Aussentemperatur beträchtlich hin- und herschwankte. Hier spielt offenbar die Wasseraufnahme, wie schon beim vorigen Beispiel bemerkt, eine wesentliche Rolle. Sobald die Aussentemperatur sich abkühlt, hat die Luft über dem Malz eine grössere Neigung zur Wasserabgabe, welche vom Malz benutzt wird. Während also die Bodenluft kühler wird, findet eine Erwärmung des Malzes durch die Wasseraufnahme statt, welche der äusseren Abkühlung entgegenwirkt.

Auf die Linien IV beziehen sich auch die darunter gezeichneten Linien VII und VIII, von welchen an einer anderen Stelle bereits eingehend gesprochen wurde.

5. Helles Malz im Kasten, Abbild. IV. Der Verlauf der Linien V ist fast genau ebenso wie beim vorigen Beispiel. Die hohen Temperaturen gehen langsam zurück. Während die Aussentemperatur vom 4. bis 6. August um 5° C. fällt, steigt die Temperatur im Malz während einer Woche noch um $1\frac{1}{2}^{\circ}$ C. weiter, eine Tatsache, die sich nach der Meinung des Berichterstatters nur durch Wasseraufnahme erklären lässt.

6. Malz aus Wintergerste, Abbild. IV, Linie IV. Bei diesem Malz tritt das Bestreben, eine höhere Temperatur zu haben wie die Umgebung, nicht so deutlich hervor. Ob dieses am Malz liegt, welches aus Wintergerste bereitet war oder ob es bereits genügend Wasser angezogen hatte, wurde nicht untersucht.

Ergebnis dieser sechs Beobachtungsreihen.

- a) Das Malz in Säcken zeigt ein grösseres Aufnahmebestreben für Wasser als das im Kasten aufbewahrte, weil eine grössere Oberfläche geboten wird.
- b) Das Wasseraufnahmebestreben des Malzes wächst, sobald die Temperatur der Umgebung niedriger wird. Diese Behauptungen sind noch einer weiteren Prüfung zu unterziehen.

B. Beobachtungen im Versuchs-Kornhanse.

1. Mährische Braugerste mit 14,4 pCt. Wassergehalt, am 1. Februar 1899 eingelagert.

3×120 Ztr. wurden nebeneinander in verschiedenen Kästen auf Boden II gelagert. Davon waren 120 Ztr. (Posten a) soweit getrocknet, dass sie 12,55 pCt. Wasser enthielten. Dieser Posten blieb ruhig liegen. Ein anderer Posten (b) von 120 Ztr. in einem andern Kasten wurde nicht getrocknet und blieb ruhig liegen. Der dritte Posten (c) schliesslich wurde ebenfalls nicht getrocknet, wurde aber wöchentlich eine Stunde umgearbeitet. Als nach vier Wochen der Wassergehalt festgestellt wurde, fand sich, dass a am 2. März 1899 13,67 pCt. Wasser enthielt, demnach 1,1 pCt. zugenommen hatte.

Posten b enthielt am 3. März 15,2 pCt. und Posten c am 4. März 15,07 pCt. Wasser. Da der Unterschied von b und c so gering ist, dass er innerhalb der Fehlergrenzen liegt, kann man sagen, dass die

Gersten b und c nach vier Wochen im Durchschnitt 15,15 pCt. Wasser enthielten, demnach etwa $\frac{3}{4}$ pCt. zugenommen hatten. Dass a mehr zugenommen hatte als b und c ist selbstverständlich, dass aber auch diese beiden Posten eine deutlich bemerkenswerte Zunahme erfahren haben, kann nur durch hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft veranlasst sein. Die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit war am Anfange noch nicht durchgeführt und daher lässt sich ihr Einfluss nicht mit Zahlen nachweisen.

Ergebnis.

Ein Getreide von 14,5 pCt. Wassergehalt zieht in unserem Klima in feuchten Monaten noch deutliche Wassermengen an, eine Tatsache, die auf die wertvollen Eigenschaften des Kornes schädigend wirkt und nur durch Lagerung in eisernen Siloschächten vermieden werden könnte.

2. Gerste von 14,7 pCt. Wassergehalt, Abbild. V.

Drei Posten mit 120 Ztr. wurden in nebeneinander befindlichen Kästen 7, 8, 9 des Bodens II gelagert.

Posten II 7 war getrocknet bis auf einen Wassergehalt von 12 pCt.,

» II 8 » unveränderte Gerste,

» II 9 » dieselbe Gerste, befeuchtet mit 10 pCt. Wasser.

Die Linie II 9 zeigt, dass durch die Anfeuchtung des letzteren Postens Erwärmung aufgetreten ist, die erst nachliess, als man den Posten getrocknet und gekühlt hatte. Die Gerste hatte starken Schimmelgeruch während der Lagerung angenommen.

Die Temperaturabweichungen der beiden anderen Posten können innerhalb der Beobachtungsfehler liegen.

Ergebnis.

Angefeuchtetes Getreide erwärmt sich, schimmelt und nimmt die Temperatur der Umgebung um so langsamer an, je grösser der Posten ist.

3. 5000 Ztr. südrussische Gerste mit 12 pCt. Wasser eingelagert:

I. Im eisernen Silo 1500 Ztr.

II. Im Holzsilosilo 1500 »

III. Auf dem Boden II 2000 »

Die Linien I, II und III von Abbild. VI geben die Temperaturen

an in den betreffenden Getreideposten während der Lagerungszeit, Linie II verläuft mit Linie I streckenweise zusammen. Linie IV zeigt den Temperaturverlauf auf dem Boden ausserhalb des Getreides an. Man bemerkt, dass die Temperaturschwankungen im eisernen Silo am geringsten sind, auf dem Boden dagegen am grössten.

Wenn die Temperatur der Aussenluft dauernd tiefer oder höher wird, so folgt die Temperatur im Innern des eisernen Silos nur sehr langsam diesen Änderungen.

Kalt eingelagertes Getreide bleibt längere Zeit kalt; warm eingelagertes Getreide bleibt längere Zeit warm. — Als in der Anfangszeit ein Posten Getreide in ein Silo gelagert worden war, hielten wir bei unseren geringen Erfahrungen es für nötig, das Getreide nach drei Wochen umzuarbeiten. Es wurde dabei bemerkt, dass die eisernen Fallrohre aussen mit Wasser beschlugen und zwar derartig, dass dieses beständig herunterrieselte. Das Getreide konnte hier nicht mit der Feuchtigkeit in Berührung kommen, während es an jenen Stellen, wo es mit der Luft in Berührung kam, sicher Wasser angezogen hat. Hier tritt klar die Forderung zutage, dass man kaltes Getreide nicht mit warmer Luft in Berührung bringen soll.

Ergebnis.

1. Unter sonst gleichen Umständen wird die Temperatur des Getreides am langsamsten in eisernen Siloschächten verändert.
2. Kaltes Getreide muss man in eisernen Siloschächten aufbewahren und es nicht umarbeiten, solange es kalt ist, besonders nicht an warmen Tagen.
4. Mit der Bahn gelangte am 6. Februar eine Braugerste ins Versuchs-Kornhaus, die eine Temperatur unter 0° aufwies. Sie wurde auf Böden aufbewahrt. Nach zwei Monaten hatte sie die Temperatur 3° C. angenommen. Nun wurde die Gerste umgearbeitet und geputzt. An demselben Tage stieg die Temperatur von 3° C. auf 7° C. Die Temperatur im Speicher selbst war 9° C.

Ergebnis.

Da ein Getreide um so besser lagert je kälter es ist, so muss man die Umarbeitung dieses Postens an einem warmen Tage als fehlerhaft betrachten.

5. Ein grösserer Posten Hafer wurde am 28. August 1899 eingelagert und blieb bis zum 8. September im Versuchs-Kornhause. Das Getreide wurde in einem eisernen und einem hölzernen Silo aufbewahrt. Bei der Einlagerung hatte es eine höhere Temperatur als die des Versuchs-Kornhauses, letztere betrug während der Lagerungszeit dieses Postens durchschnittlich $17\frac{1}{2}^{\circ}$ C. am Tage, in der Nacht war die Temperatur jedenfalls niedriger. Das eingelagerte Getreide zeigte $19,5^{\circ}$ C. und stieg in den nächsten 10 Tagen bis auf $20,5^{\circ}$ C.

Bedauerlicherweise wurde keine Probe genommen, weil der Posten nur einige Tage lagern sollte. Infolgedessen wissen wir über den Wassergehalt nur soviel, dass er dem Anschein nach durchaus nicht übermässig war. Das Getreide war vollständig gesund.

6. 4600 Ztr. Braugerste wurden am 2. Februar mit 14,4 pCt. Wasser eingelagert. Ein Teil des Getreides befand sich im eisernen Silo. Am 8. und 9. Februar 1899 trat Tauwetter ein und man bemerkte ein starkes Schwitzen des eisernen Silos. Das Schwitzen trat aber nicht an allen Stellen gleichmässig auf, sondern im obersten (fünften) Stockwerk war das Silo trocken, im vierten war es feucht, im dritten war es nass und im zweiten rieselte das Wasser an den Wänden abwärts. Das Getreide hatte im Silo 4° C. Wärme, die Bodenluft war 9° C. und die Temperatur im Freien betrug 11° C. Diese Beobachtung lässt sich natürlich nur an eisernen Silos machen, während die Böden und die hölzernen Silos die vorbeistreichende Feuchtigkeit aufnehmen und sie an das Getreide abgeben.

Die Dampfspannung betrug an einem dieser Tage nur 6,1 *mm* bei 9° C. im Speicher. Die gesättigte Luft konnte bei dieser Temperatur Wasserdampf von 6,8 *mm* Spannung besitzen. Der relative Feuchtigkeitsgehalt betrug demnach

$$\frac{6,1}{8,6} = \frac{71}{100} = 71 \text{ pCt.},$$

was für die Temperatur von 9° C. als normal bezeichnet werden muss. Trotzdem also die Aussen- und Speicherluft nicht sonderlich feucht war, genügte ein Temperaturunterschied von 5° C. zwischen Getreide- und Speicherluft, dass sich Wasser niederschlug. Wäre das Getreide nicht durch die eisernen Silowände geschützt worden, hätte es die Feuchtigkeit aufgenommen.

Ergebnis.

1. Beim Eintreten von Tauwetter muss die Aussenluft durch Schliessen der Fenster ferngehalten werden.
2. Die Aufbewahrung des Getreides im Frühjahr sollte nur in eisernen Siloschächten geschehen.
7. 7000 Ztr. Mais lagerten vom 12. September bis 25. Oktober 1899.

Die Lagerung geschah teilweise in Silos und auf Böden. Die Temperatur der Frucht, welche stellenweise etwas Schimmel zeigte, war bei der Einlagerung etwa 20° C. und stieg noch etwas beim Lagern in der Anfangszeit, obgleich die Temperatur im Speicher und im Freien bedeutend niedriger war. Im Kornhause schwankte sie an diesen Tagen zwischen $15\frac{1}{2}^{\circ}$ C. in der Anfangszeit und 7° C. gegen Ende der Lagerungszeit dieses Postens.

Die Einlagerung geschah im hölzernen und nicht im eisernen Silo, weil ein weiteres Warm- und Schimmeligwerden vermieden werden sollte. Bei der Einlagerung im eisernen Silo hätte sicher ein Beschlagen der Eisenwände auf der Innenseite stattgefunden.

Die Temperatur des Getreides war im hölzernen Silo bis gegen 21° C. gestiegen, worauf eine beständige Abkühlung erfolgte, denn die Aussentemperatur wurde bedeutend kälter.

Wie bei jedem Getreide, so befindet sich auch zwischen den einzelnen Körnern des Mais Luft, welche Wasserdämpfe enthält und zwar in der Menge, dass zwischen der Dampfspannung des Mais und der Luft ein Gleichgewichtszustand bestehen muss.

Im vorliegenden Falle musste sich die Luft bei der Abkühlung des Getreides verhältnismässig mit Wasserdämpfen anreichern und allmählich damit gesättigt werden. Wäre der Mais im Eisensilo gewesen, so hätten sich die eisernen Wandungen in Berührung mit der kälter werdenden Aussenluft abgekühlt, und sobald die mit Feuchtigkeit gesättigte Luft im Innern des Siloschachtes mit den kalten Wandungen in Berührung kam, musste sich Wasser abscheiden. Die Abkühlung erfolgte gemäss den Temperaturfeststellungen dauernd und regelmässig. Es hätte infolgedessen ein regelmässiger Niederschlag an der Innenseite erfolgen müssen. Am 11. Oktober hatte der Mais die Temperatur von $16,5^{\circ}$ C., während die Kornhausluft an demselben Tage 7° C. aufwies. Bei einem solchen grossen Temperaturunterschiede wäre der Mais im eisernen Silo aus den angegebenen Gründen sicher geschädigt worden. Es wäre ja inter-

essant gewesen, festzustellen, ob ein Festrosten des Mais an den Eisenwänden aufgetreten wäre. Im vorliegenden Falle wagten wir nicht, diesen Versuch zu machen, weil zu viel auf dem Spiele stand.

Bei der Bodenlagerung und im hölzernen Silo hatten die Wasserdämpfe, die sich zwischen den Maiskörnern befanden, Gelegenheit, in die Umgebung zu gehen. Und an solchen Tagen, wie am 11. Oktober, musste eine kräftige Kühlung und Trocknung des Getreides erfolgen, weil an diesem Tage die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse günstig lagen. Die Spannung betrug $4,5 \text{ mm}$, das Getreide hatte $16,5^\circ \text{ C}$. und die Wasserdämpfe der zwischen den Körnern befindlichen Luft konnten eine Spannung von fast 14 mm aufweisen.

Die Aussenluft von 4 mm Dampfdruck kam also in Berührung mit der Getreideluft von 14 mm Dampfdruck und durch den Ausgleich der verschiedenen Feuchtigkeitsmengen musste eine Trocknung der eingeschlossenen Luft und damit auch des Getreides erfolgen.

Wir kommen also im Vergleich vom vorigen Beispiel für den Herbst zu einem entgegengesetzten

Ergebnis.

Im Herbst lagert man das Getreide am besten auf Böden.

In eisernen Silos darf es nur dann lagern, wenn es sehr trocken ist.

8. Eine längere Beobachtungsreihe bezog sich auf einen kleinen Posten Braugerste von 100 Ztr., welcher künstlich angefeuchtet wurde, um die entstehenden Temperatur- und sonstigen Veränderungen bei der Lagerung zu beobachten.

Die Anfeuchtung begann am 19. November 1898 in der Weise, dass mehrere Tage hintereinander je 99 kg Wasser zugesetzt wurden. Dann setzte man acht Tage aus und gab wieder Wasser zu, so dass bis zum 15. Dezember 804 kg , also 16 pCt. des ursprünglichen Gewichts, an Wasser zugefügt worden waren. Der Wasserzusatz geschah mittels einer Giesskanne. Das Getreide nahm das Wasser nicht schnell genug auf, infolgedessen sammelte sich etwas auf dem Fussboden an und ein Teil lief sogar in die darunter befindliche Arbeitshalle. Um dieses zu vermeiden, wurde ein abgegrenztes Drittel des Bodens I mit Linoleum belegt. Auf dieser Unterlage liess sich das Getreide gut mit Wasser versetzen und

bearbeiten. Die langsame Aufnahme des Wassers bewirkte, dass dieses an einzelnen Stellen eine Zeitlang zusammenlief. An solchen Stellen begannen dann Körner zu keimen, welche später den ersten Anstoss zur Schimmelbildung gaben. Ein in dieser Zeit angesetzter Keimungsversuch ergab ein Ausbleiben von 10,5 pCt. Als das Getreide einen genügend hohen Wassergehalt zu haben schien, so dass eine kräftige Selbsterwärmung zu erwarten stand, wurde es sorgfältig umgearbeitet, und am 19. Dezember 1898 hoch in einen Kasten gelagert. Die Anfangs-temperatur des Getreides war 8° C, während die Temperatur des Speichers 7° C. betrug. Der Wassergehalt ergab sich durch Bestimmung vom 21. Dezember zu 23,2 pCt. Die Gerste begann zu schimmeln und zeigte Temperatursteigerung, welche bis zu 17° C. beobachtet wurde, während die Speicherluft um $+2^{\circ}$ C. herum schwankte. Um die Gerste nicht durch zu hohe Erwärmung gänzlich zu verderben, wurde der Posten getrocknet und gekühlt, was zweimal geschehen musste, da nach der ersten Trocknung wieder Selbsterwärmung auftrat.

Hierdurch kam der Wassergehalt auf 17,2 pCt. Bei einem Keimungsversuch blieben 21 pCt. ungekeimt. Nach mehrfachem Umarbeiten war der Wassergehalt bis auf 15,4 pCt. Wasser herabgegangen. Der Schimmelgeruch war auch jetzt noch nicht vollständig verschwunden, aber die Selbsterwärmung blieb aus.

Zur Prüfung des Trockners im Versuchs-Kornhause wurde die Gerste abermals mit 100 kg Wasser versetzt, getrocknet, gekühlt und häufig umgearbeitet. Am 5. Februar 1900 hatte sie 14,1 pCt. Wasser, sah gelb aus und hatte etwas Geruch.

Hiernach scheint eine sehr durchnässte Ware den Geruch nicht zu verlieren, wenn sie auch heruntergetrocknet wird bis auf einen Wassergehalt, bei welchem gesundes Korn keine Spur von Geruch mehr gibt.

Gesamtergebnis.

Fassen wir die Ergebnisse zusammen, so bemerken wir zwei für die Getreidelagerung wichtige Forderungen.

Die erste derselben ist, dass man den Eintritt warmer Luft in den Speicher hindern und den Eintritt kalter Luft dagegen befördern soll. Diese Forderung ist leicht zu erfüllen, indem man an warmen Tagen die Fenster schliesst, dagegen an kalten Tagen und besonders in der Nacht die Fenster öffnet.

Theoretisch wäre vor Sonnenaufgang die beste Zeit zur Umarbeitung des Getreides.

Die Taubildung in der Nacht im Freien darf hier nicht als abschreckendes Beispiel dienen, weil die Verhältnisse bei derselben ganz anders liegen und später besprochen werden sollen.

Die zweite wichtige Forderung ist, dass man bei wärmer werdender Jahreszeit, also vom Spätwinter bis zur Sommermitte, das Getreide in eisernen Siloschächten aufbewahren sollte, während es vom Spätsommer bis zum Winteranfang besser auf Böden lagern würde.

Dieses Resultat ist unerquicklich. Denn Getreidespeicher, welche Sommer und Winter lagern, müssten dieser Forderung gemäss zur Hälfte eiserne Silos und zur Hälfte Böden haben und könnten fast zu jeder Jahreszeit immer nur die Hälfte des gesamten Speicherraumes mit Getreide belegen.

Nur der Landwirt, welcher doch nur im Herbst- und Winteranfang grössere Mengen Getreide lagert, würde auf alle Fälle Bodeneinrichtung brauchen.

Dieses Ergebnis deckt sich auch, unter der Voraussetzung, dass keine Trockenapparate in Frage kommen, mit der aus der Erfahrung hervorgegangenen Ansicht unserer Landwirte, dass für ihre Zwecke die Bodenlagerung am geeignetsten sei, und man kann wohl begreifen, dass gerade in diesen Kreisen eine grosse Gegnerschaft gegen die Einrichtung von Siloschächten für die Getreidelagerung bestand.

Unter Umständen kann man allerdings auch im Herbst eiserne Silos verwenden, wenn nämlich das Erntewetter günstig und die bis zur Einlagerung folgende Witterungsperiode sehr trocken gewesen ist.

Dieser Fall wird aber im allgemeinen selten eintreten, und wollte man das Getreide dennoch in eisernen Silos aufbewahren, so würde nur übrig bleiben, es vorher in guten Apparaten bis auf 12 pCt. Wasser gehalt herunter zu trocknen und zu kühlen.

Nachtrag.

1. Man vergl. Stück 25.

28. Beobachtungen im Versuchs-Kornhause.

Zweiter Bericht.

I. Über die Temperaturbeobachtungen.

1. Einrichtung und Anordnung der Thermometer.

Die Temperaturen wurden mit Thermometern¹⁾ beobachtet, die je nach Bedarf eine Länge bis zu 2 m hatten und von Schutzhülsen aus eisernem Gasrohr umgeben waren. Sie werden Stockthermometer genannt.

Man führt sie in den Getreidehaufen so ein, dass die Quecksilberkugel sich etwa in der Mitte desselben befindet [1].

Statt der Hülsen aus Eisenrohr wurden versuchsweise starke Drahtgitter verwendet, dessen Längsdrähte man an mehreren Stellen durch Querdrähte festgelegt hatte. Diese Thermometer sind zwar bedeutend billiger, aber die ganze Anordnung setzte sowohl der Einführung ins Getreide, als auch der Drehung im letzteren, wenn man etwa aus einer anderen Richtung ablesen wollte, einen so grossen Widerstand entgegen, dass die Handhabung höchst unbequem wurde.

Bei diesen Gelegenheiten erwies sich der Schutz der Drahtgitter als ungenügend; denn trotz aller Vorsicht zerbrachen mehrere Thermometer. Infolgedessen wurden nur noch solche mit Gasrohrhülsen verwendet.

Aber auch diese kann man bei Verwendung in Siloschächten nur mit Vorsicht gebrauchen, wenn sie, wie es hier geschah, in den unteren Stockwerken wagrecht in die Zellen eingeführt werden.

Will man das Getreide aus dem Silo ablassen, so muss das Thermometer vorher entfernt werden. Getreide fliesst zwar, weicht aber viel schwerer aus als Wasser, weil die Reibung der einzelnen Teile aneinander ungleich bedeutender ist.

Die Reibung ist bei rundlicher und trockener Frucht geringer als bei feuchter und langkörniger.

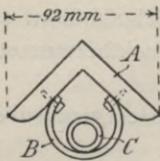
Selbst trockener Weizen verursachte in einem Falle, als ein Thermometer aus Vergesslichkeit nicht entfernt worden war, eine so starke

1) Die Thermometer sowie die andern in diesem Artikel erwähnten Apparate sind durch die Glasbläserei des Instituts für Gärungsgewerbe zu beziehen.

Reibung, dass die eiserne Hülse nicht standhielt, sondern vollständig krumm gebogen wurde, wobei natürlich das Thermometer zerbrach.

Ja, auch in ruhendem Getreide wurden Verbiegungen der Hülsen bemerkt, was darauf zurückzuführen ist, dass das Getreide sich allmählich sackt.

Um die Thermometer noch mehr zu schützen, wurden Winkeleisen mit der Kante nach oben quer durch die Eisensilos gelegt (Abbild 51). Unter dem Winkeleisen *A* befanden sich Ösen *B*, in welche das Thermometer *C* leicht hineingeschoben werden konnte.



Abbild. 51.

In die Wände der Siloschächte waren an den entsprechenden Stellen kleine Rohrstützen eingefügt, durch welche die Thermometer in das Innere eingeführt werden konnten.

Dieser Schutz genügte eine Zeitlang, bis schliesslich ein langkörniger Hafer auch dieses Eisen durchbog und damit zugleich die eisernen Wände des Silos einbeulte. Hieraus ergibt sich, welche erstaunliche Kräfte in Silozellen auftreten können.

Da offenbar das Winkeleisen mit seiner 92 mm breiten Fläche dem herabsinkenden Getreide einen zu grossen Widerstand bot, sollte an Stelle dessen der Schutz mittels hochkantig gestellten Flacheisens hergestellt werden, um die dem abfliessenden Getreide Widerstand leistende Fläche möglichst zu verkleinern. Hiervon wurde aber Abstand genommen. Denn es wurde mehrfach die Beobachtung gemacht, dass die wagerechte Lage der Thermometer unbrauchbare Zahlen ergibt. In einer solchen Lage reisst nämlich der Quecksilberfaden des Thermometers häufig und zeigt infolgedessen ganz falsche Temperaturen an.

Man könnte aus dem letzteren Grunde Thermometer anwenden, bei welchen die Gradeinteilung rechtwinkelig aufgebogen ist (Abbild. 52). Diese würde aber sehr teuer sein, weil die Einfassung in geeignete Hülsen schwierig ist.

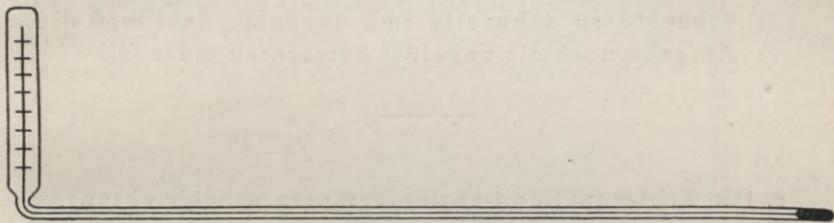
Infolge all dieser Schwierigkeiten sollen die Temperaturbeobachtungen in Siloschächten von oben aus geschehen. In welcher Weise wir sie einrichten werden, ist noch nicht endgültig entschieden [2].

Versuchsweise wurde auch ein sogenanntes Erdthermometer angewendet. Dieses hat einen sehr grossen Quecksilberbehälter, der

zweckmässig nicht Kugel- sondern Zylinderform erhält um den Durchmesser des Gefässes zu verringern. Der Quecksilberfaden hat nur die Länge, welche für die Einteilung nötig ist, wie beim gewöhnlichen Thermometer. Dieses Thermometer wird in eine beliebig lange eiserne Hülse gesteckt, die mit einem Schlitz zum Ablesen der Temperatur versehen ist und wird dorthin eingeführt, wo die Temperatur gemessen werden soll.

Die Ablesung der letzteren kann erst am nächsten Tage erfolgen, wie bei den anderen mit eisernen Hülisen umgebenen Thermometern, da der Ausgleich sehr langsam stattfindet.

Während nun die zuerst beschriebenen Thermometer gestatten, die Temperatur direkt abzulesen, müssen die Erdthermometer herausgezogen werden. Bei der Ablesung ändert sich die Temperatur des Queck-



Abbild. 52.

silbers wegen des Unterschiedes zwischen Speicher- und Getreidewärme. Die Quecksilbermenge ist aber so gross, dass die Änderung nur sehr langsam stattfindet. Daher ist der Fehler für praktische Verhältnisse gering und die Thermometer gestatten nach einiger Übung die Temperatur mit völlig genügender Genauigkeit abzulesen.

Ein grosser Vorzug gegenüber den Stockthermometern besteht darin, dass sie wie gewöhnliche Thermometer viel leichter hergestellt werden können und darum genauer sind. Da sie einen kurzen Quecksilberfaden haben, ist keine Korrektur nötig, welche für die Stockthermometer erst durch umständliche Beobachtung und Berechnung festgesetzt werden muss.

Leider wird dieser Vorzug sehr beeinträchtigt durch die Notwendigkeit, das Thermometer zum Zwecke der Ablesung aus dem Getreide herauszunehmen, was bei fortlaufender täglicher Beobachtung vieler Thermometer sehr störend ist.

Die Temperaturänderungen in den Siloschächten finden stets so langsam statt, dass die Beobachtungen nur wöchentlich anzustellen sind. In diesem Falle bereitet die Anwendung eines Erdthermometers keine grossen Zeitverluste. Dort aber, wo die Temperaturen täglich abgelesen werden sollen, müssen allerdings Thermometer mit langen Quecksilberfäden verwendet werden.

Ergebnis.

Für die Beobachtung in Getreidehaufen, die auf Böden lagern, sind die vorhandenen Stockthermometer geeignet.

Für Siloschächte werden besser sogenannte Erdthermometer verwendet. Doch ist die Temperaturbestimmung des Getreides im Innern grosser Siloschächte so schwierig und ungenau, dass man diese Aufgabe noch als ungelöst betrachten muss [2].

2. Die Fehlerquellen bei der Temperaturbeobachtung.

Was die Genauigkeit der Temperaturablesungen bei den Stockthermometern anbetrifft, so ist diese nicht in dem gewünschten Masse vorhanden. Der lange Quecksilberfaden, von welchem nur ein kleiner Teil für die Einteilung verwendet wird, bildet die erste Fehlerquelle. Denn die Thermometer sind mit Rücksicht auf die gebräuchlichste Verwendungsart in der Industrie so geprüft, dass sie dabei bis zur Skala in eine stets in Bewegung gehaltene Flüssigkeit tauchen.

Letztere hat durch die dauernde Bewegung in allen Teilen dieselbe Temperatur.

In einem Getreidehaufen dagegen sind die Temperaturen an den verschiedenen Stellen verschieden und werden in den meisten Fällen um so höher sein, je grösser die Entfernung von der Oberfläche¹⁾ ist.

Die Grösse des Fehlers bei der Temperaturablesung unter diesen

1) Mit Oberfläche bezeichnen wir alle Seiten des Getreides, auch die Bodensfläche, die es bedeckt, genau so wie man von der Oberfläche einer Kugel spricht, von welcher stets ein Teil der Erde zugekehrt, also unten ist.

Umständen wollen wir mit Hilfe eines angenommenen Beispielles berechnen:

Ein Thermometer, dessen Quecksilberfaden für ein bestimmtes Beispiel der Ableseung 1 m Länge haben möge, stecke mit der ganzen Fadenlänge in einem Getreidehaufen (Abbild. 53).¹⁾ Im Innern habe dieser eine Temperatur von 20° C., die Temperatur der Getreideoberfläche sei 10° C.

Der Unterschied beträgt demnach 10° zwischen der Temperatur der Quecksilberkugel und der der Luft. Der Quecksilberfaden sollte genau genommen auch überall 20° C. haben, also überall einen Temperaturunterschied von 10° gegenüber der Aussenluft aufweisen. Je näher aber ein Punkt des Thermometers der Oberfläche liegt, desto geringer ist der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der Oberfläche: An dieser selbst ist der Unterschied = 0° C. und die Temperatur demnach 10° C. Die mittlere Temperatur des Fadens ist

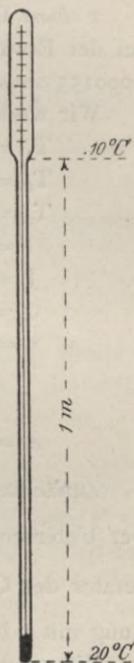
$$\frac{20 + 10^{\circ} \text{C.}}{2} = 15^{\circ} \text{C.},$$

also 5° geringer als die Temperatur der Quecksilberkugel, welche auch der Faden durchweg haben sollte. Da die Temperatur des letzteren nicht so hoch ist, hat er sich auch nicht soweit ausgedehnt als die Temperatur von 20° verlangt; steht er demnach tiefer und zeigt eine tiefere Temperatur an als 20° C.

Wieviel beträgt der dadurch entstandene Fehler?

Wir suchen ihn in der Weise zu bestimmen, dass wir von der beobachteten Temperatur ausgehen und berechnen, wie weit das Quecksilber noch steigen würde, wenn es überall die Temperatur der Quecksilberkugel hätte. Wir stellen die Gleichung für allgemeine Werte auf und wenden sie dann auf das oben gegebene Beispiel an.

Wenn 1 cbmm Quecksilber um 1° C. erwärmt wird, dehnt es sich bis auf 1,000181 cbmm aus. Den Unterschied beider Zahlen, also



Abbild. 53.

1) Die Abbild. 53 ist nicht ganz richtig, da die Länge des Fadens vom oberen Ende der Quecksilberkugel ab gerechnet werden muss.

0,000181, nennt man die Ausdehnungsgrösse (oder den Ausdehnungskoeffizienten) des Quecksilbers. Bei Verwendung desselben für Thermometer ist es in Glas eingeschlossen und dieses wird durch die Wärme ebenfalls ausgedehnt, allerdings bedeutend weniger als Quecksilber.

Im Glase scheint es demnach eine geringere Ausdehnungsgrösse zu haben und zwar hat man sie zu 0,000155 *cbmm* gefunden.

1 *cbmm* Quecksilber, in Glas eingeschlossen, scheint sich demnach bei der Erwärmung um 1° C. von 1 *cbmm* auf 1,000155 *cbmm* oder um 0,000155 *cbmm* auszudehnen, und mit dieser Zahl müssen wir rechnen.

Wir wollen folgende Bezeichnungen anwenden:

T_1 = wirkliche Temperatur der Quecksilberkugel im Getreide-

T_2 = abgelesene Temperatur.

T_3 = Temperatur der Getreideoberfläche.

l = Länge des Quecksilberfadens.

J = Inhalt des Quecksilberfadens.

q = Querschnitt des Quecksilberfadens.

x = Längenzuwachs des Quecksilberfadens, wenn derselbe überall die Temperatur T_1 der Quecksilberkugel annehmen würde.

$\alpha = 0,000155$ = Ausdehnungsgrösse des Quecksilbers in Glas.

Zunächst ist die mittlere Temperatur des Quecksilberfadens $\frac{T_2 + T_3}{2}$.

Der Unterschied zwischen dieser Temperatur und der wirklichen Temperatur der Quecksilberkugel T_1 ist $= T_1 - \frac{T_2 + T_3}{2}$, welche wir vorläufig mit t bezeichnen wollen.

Während 1 *cbmm* Quecksilber bei Erwärmung um 1° C. sich um α ausdehnt, wird eine Erwärmung von t° eine Ausdehnung von $\alpha \cdot t$ veranlassen; J *cbmm* Quecksilber werden sich bei dieser Erwärmung um $J \cdot \alpha \cdot t$ ausdehnen. Die Länge des Quecksilberfadens wird infolge dieser Ausdehnung um x , und sein Inhalt wird um $q \cdot x$ zunehmen, da der Inhalt des Fadens = Querschnitt \times Länge ist. Demnach ist

$$1. \quad J \cdot \alpha \cdot t = J \cdot \alpha \cdot \left(T_1 - \frac{T_2 + T_3}{2} \right) = q \cdot x.$$

x ist ferner eine Länge in Millimetern, die dem Unterschiede zwischen der wirklichen und der abgelesenen Temperatur $T_1 - T_2$ entspricht.

Da 1°C . für jedes Thermometer eine ganz bestimmte und durch Millimeter leicht ausdrückbare Länge hat, die für die hier verwendeten Thermometer meist mehr als 1 mm beträgt, so kann man auch umgekehrt sagen, auf 1 mm gehen $a^{\circ}\text{C}$., wobei a meist kleiner als 1 , also ein rechter Bruch ist. Auf $x\text{ mm}$ gehen also $a \cdot x^{\circ}\text{C}$., woraus folgt

$$2. \quad a \cdot x = T_1 - T_2 \text{ und} \\ x = \frac{T_1 - T_2}{a}.$$

Diesen Wert für x setzen wir in Gleichung 1 ein, wobei wir gleichzeitig berücksichtigen, dass $J = q \cdot l$ ist. Man erhält

$$q \cdot \frac{T_1 - T_2}{a} = q \cdot l \cdot a \cdot \left(T_1 - \frac{T_2 + T_3}{2} \right)$$

q fällt auf beiden Seiten fort, und nach einigen kleinen Umrechnungen erhalten wir

$$3. \quad T_1 = \frac{2 T_2 - a \cdot l \cdot a (T_2 + T_3)}{2 (1 - a \cdot l \cdot a)}$$

Wir wenden diese Formel auf unser oben angenommenes Beispiel an, nehmen aber der Bequemlichkeit wegen an, dass nicht die wirkliche Temperatur 20°C . beträgt, sondern die beobachtete, welche mit T_2 bezeichnet ist.

Die Gradstriche liegen bei unseren Thermometern verschieden weit auseinander. Bei einzelnen Thermometern kommen auf 2 mm 1°C . Für diesen Fall würde sich $a = \frac{1}{2}$ ergeben. Nach Einsetzung aller bekannten Werte in die Formel 3 erhalten wir

$$T_1 = \frac{2 \cdot 20 - \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 0,000155 (20 + 10)}{2 (1 - \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 0,000155)}$$

und $T_1 = 20,4$; d. h. das Thermometer gab die Temperatur $0,4^{\circ}\text{C}$. zu niedrig an, dadurch, dass der Quecksilberfaden nicht überall die Temperatur der Thermometerkugel hatte.

Der berechnete Fehler ist für praktische Zwecke meist unbedeutend. Er kann aber weit grösser werden.

Eine zweite Fehlerquelle für die Temperaturbeobachtungen liefert die gute Wärmeleitungsfähigkeit der eisernen Thermometerhülse. Wird ein solches Instrument in einen warmen Getreidehaufen eingeführt, so teilt sich die Wärme dem Eisen mit. Dieses leitet die Wärme nach aussen und es wird dadurch dem Getreide Wärme entzogen, so dass an den Stellen, wo das Thermometer die Temperatur angeben soll,

letztere niedriger ist, als sie vor der Einführung des Thermometers tatsächlich war.

Wie gross dieser Fehler ist, hat sich noch nicht feststellen lassen.

Eine dritte Fehlerquelle kann sich sehr bemerkbar machen, wenn man die Temperatur zu kurze Zeit nach dem Einführen der Thermometer abliest. Man muss mit der Ablesung mitunter bis zum anderen Tage warten, weil erst nach dieser Zeit keine wesentliche Änderung in der Stellung des Quecksilberfadens mehr stattfindet.

Es ist zweckmässig, sich durch Versuche zu überzeugen, nach welcher Zeit die Ablesung von diesem Fehler nicht mehr beeinflusst wird.

Die Verhältnisse liegen hier natürlich ganz anders, als bei kleinen, gewöhnlichen Glasthermometern, bei welchen man bald bemerkt, wann die Temperatur sich nicht mehr ändert, so dass die Ablesung nach kurzer Zeit stattfinden kann. Die langen Thermometer mit den eisernen Hülsen ändern bei Temperaturunterschieden, die zwischen Getreide und seiner Oberfläche wenige Grade betragen, ihre Angaben mitunter sehr unmerklich, aber doch beständig während längerer Zeit.

Weit grössere Fehler als die eben erwähnten treten durch eine vierte Fehlerquelle auf, welche durch Anwesenheit von Luft im Thermometer-Haarrohr auftreten kann.

Es kann vorkommen, dass ein Arbeiter das Thermometer umkehrt, wodurch Luft in das Quecksilbergefäss hineingelangt. Wird dann wieder das Thermometer in die richtige Lage gebracht, so steigt die nun unten befindliche Luft nur unvollständig nach oben; eine kleine Luftblase bleibt unten, welche bei Neigungen und Erwärmungen des Thermometers den Stand des Quecksilbers in der Skala ganz bedeutend fälschen kann. Besonders leicht bemerkbar macht sich dieser Fehler, wenn ein solches Thermometer seitwärts in einen Siloschacht eingeführt wird. Unter diesen Umständen hat der Quecksilberfaden schon an und für sich die Neigung abzureissen, wie bereits oben erwähnt wurde. Ist aber noch ein Luftbläschen vorhanden, so wird das Resultat auf alle Fälle unbrauchbar.

Will man die Anordnung dennoch benutzen, so muss die Einführung des Thermometers nicht nur möglichst schräg nach unten stattfinden, sondern man muss sich auch versichern, dass die Thermometer keine Luftblase in der unteren Kugel haben. Am besten tut man, die Thermo-

meter nur von zuverlässigen Firmen zu beziehen; je länger ein Thermometer ist, desto schwieriger ist es, die Quecksilberröhre völlig luftfrei zu machen.

Die Auseinandersetzungen zeigen, dass die richtigen Temperaturbestimmungen im Getreidehaufen, und besonders in den Siloschächten, mit grossen Schwierigkeiten verbunden sind.

Ergebnis.

Die Temperaturbeobachtungen mit den langen, durch eiserne Hülsen geschützten Thermometern haben ergeben, dass vier einflussreiche Fehlerquellen vorhanden sind.

3. Korrektur der Beobachtungen für wissenschaftliche und praktische Zwecke.

Wir sind in der Lage die erste Fehlerquelle, ferner die dritte und vierte zu vermeiden bzw. bei der Verwendung der gefundenen Resultate zu berücksichtigen, sofern die Versuchsanstellungen und die Ablesungen nur mit der nötigen Vorsicht ausgeführt werden.

Dagegen können wir die zweite Fehlerquelle, welche von der guten Leitungsfähigkeit des Eisens hervorgerufen wird, vorläufig nicht vermeiden und auch nicht angeben, wie hoch der Fehler unter den verschiedenen Bedingungen sein wird.

Man kann nun die Frage aufwerfen, ob der Wert der Temperaturablesungen für die vorliegenden Zwecke durch die Beibehaltung dieser Fehlerquelle wesentlich herabgesetzt wird.

Um diese Frage zu beantworten, muss dieser Wert der Beobachtungen sowohl für wissenschaftliche Zwecke als auch für die Praxis erläutert werden.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen werden natürlich nicht aus theoretischem Reiz angestellt, sondern sie sollen mit Rücksicht auf die spätere Verwertung der erhaltenen Ergebnisse für die Praxis ausgeführt werden. Von diesem Gesichtspunkte aus ist es wichtig, festzustellen, wie hoch wohl mittels Selbsterwärmung die Temperatur eines Getreidehaufens durch einen bestimmten Wassergehalt steigen kann, welchen Einfluss der physiologische Zustand, die chemische Zusammensetzung

und ferner die gegebene Masse oder Schichthöhe in bezug auf die Temperatur wohl haben kann.

Für solche Bestimmungen muss man die Temperatur bis auf 1° C. genau bestimmen können. Es muss durch Versuche festgestellt werden, ob die zweite Fehlerquelle diese Genauigkeit zulässt.

Anders liegt die Sache für die Beobachtungen, welche der Praktiker anzustellen hat, damit sein Getreide vor dem Verderben geschützt bleibt.

Die ebenerwähnte Selbsterwärmung ist auch für ihn in bezug auf Getreidelagerung der wichtigste und gefährlichste Vorgang, weil dieser stets mit einer Verschlechterung des Getreides verbunden ist. Während aber im vorhergehenden Falle, also für die wissenschaftliche Erkenntnis, gerade darauf geachtet werden musste, alle künstlichen Einflüsse fernzuhalten, welche die Steigerung der Temperatur verhindern könnten, muss bei der Getreidelagerung in der Praxis jeder Temperatursteigerung entgegengearbeitet werden. Sobald letztere bemerkt wird, muss das Getreide umgearbeitet, am besten gut getrocknet und gekühlt werden.

Es kommt in der Praxis also nicht sowohl darauf an, die Temperatur genau festzustellen, sondern besonders darauf, eine Temperatursteigerung im Getreide zu bemerken.

Selbst für genauere Bestimmungen der Temperaturunterschiede, welche innerhalb des Getreides auftreten und für den Praktiker mitunter von Wichtigkeit sind, sei es, dass die Temperatur im Getreide höher oder niedriger ist als ausserhalb desselben, schalten sich die Fehler meist aus.

Wir wollen dieses an einem Beispiel erklären:

Beobachtet man z. B. an einem richtig anzeigenden, korrigierten Thermometer an einer Stelle des Getreidehaufens die Temperatur 10° C., an einer anderen 20° C., und findet man, dass ein nicht korrigiertes langes Thermometer innerhalb geringer Grenzen die Temperatur um $\frac{1}{2}^{\circ}$ C. zu niedrig angibt, dann erhält man für die beiden beobachteten Stellen mit dem nichtkorrigierten Thermometer die Ablesungen $9\frac{1}{2}$ und $19\frac{1}{2}^{\circ}$ C.

Wenn also ein Getreidehaufen sich von 10° auf 20° C. erwärmen würde, so wird sowohl das genaue als auch das ungenaue Thermometer eine Temperatursteigerung von 10° C. anzeigen, d. h. der Fehler des ungenauen Thermometers ist aufgehoben und der wirkliche Temperaturunterschied wird richtig angezeigt.

Dieselbe Überlegung würde auch für geringere Temperaturgrenzen auf die zweite Fehlergrenze anzuwenden sein, welche von der guten Wärmeleitungsfähigkeit der Thermometerhülse herrührt. Für grössere Temperaturunterschiede würde dieser Fehler deutlich hervortreten, nur sind wir noch nicht in der Lage, die Grösse desselben anzugeben.

Es kommt in der Praxis vor, dass die Kenntnis der wirklichen Temperatur wünschenswert ist. In diesen Fällen wird es aber meist nicht darauf ankommen, dass die Temperaturangaben um einige Grade von der wirklichen Temperatur abweichen.

Oben wurde auseinandergesetzt, dass die Erdthermometer ein richtigeres Resultat angeben, als die Stockthermometer, dass aber andererseits ihre Handhabung unbequemer ist. Will man daher mit Stockthermometern nicht Temperaturunterschiede, sondern wirkliche Temperaturhöhen feststellen, so muss man sie mit Erdthermometern vergleichen. Zu diesem Zweck steckt man beide Thermometer bei verschiedenen Temperaturen in die Erde oder in Getreidehaufen, welche verschiedene Temperaturen aufweisen und zwar so, dass beide Quecksilberkugeln nahe aneinanderliegen. Man notiert die zusammengehörigen Werte und hat in ihnen ein Mittel, die mit einem Stockthermometer allein erhaltenen Angaben so weit zu verbessern, dass sie so genau sind wie die Angaben des Erdthermometers. Für die Praxis ist diese Genauigkeit genügend. —

Die Temperaturen auf den Böden des Versuchs-Kornhauses und im Freien wurden mit Thermometern gemessen, welche von -10°C . bis $+30^{\circ}\text{C}$. zeigten.

Tiefere Temperaturen zu messen, wenn sie auftreten, ist kaum nötig. Dagegen mussten für Temperaturmessungen der heissen Luft, welche Trockenapparaten zugeführt wurde, Thermometer angewendet werden, die bis 120°C . angeben konnten. —

Ergebnis.

1. Die zweite Fehlerquelle der Temperaturbeobachtungen, welche von der guten Wärmeleitungsfähigkeit der eisernen Thermometerhülse herrührt, kann vorläufig nicht ausgeschaltet werden.

Der Einfluss der anderen Fehlerquellen lässt sich vermeiden.

2. Die Beobachtung der Temperaturen in grossen, auf Böden liegenden Getreidehaufen ist mit den gegenwärtig vorhandenen Thermometern für praktische Zwecke mit genügender Genauigkeit auszuführen.

Für wissenschaftliche Zwecke sind die angewendeten Thermometer erst dann ausreichend, wenn die zweite Fehlerquelle genügend studiert ist.

Die Temperaturbeobachtung in Siloschächten ist auch für praktische Zwecke sehr verbesserungsbedürftig [3].

II. Über Feuchtigkeitsmessungen in der Luft.

1. Das Haarhygrometer.

Noch grössere Fehler als die Thermometer liefern die Feuchtigkeitsmesser.

Es gibt eine ganze Reihe solcher Apparate verschiedenster Bauart, welche aber fast alle unzuverlässig sind, selbst solche nicht ausgenommen, für die man 100 Mk. und mehr bezahlt.

Sie beruhen meist darauf, dass organische Körper Wasser aus feuchter Luft anziehen oder an trockene Luft Feuchtigkeit abgeben und bei diesem Vorgange ihre Gestalt ändern. Diese Änderungen werden dann auf einen Zeiger übertragen, welcher sie auf einer Skala anzeigt.

Wir haben noch zwei teure Haarhygrometer im Gebrauch, welche zwar ebenfalls keine besonders genauen Angaben machen, deren Fehler aber hin und wieder mit dem bereits früher besprochenen und auch ferner noch zu erwähnenden Augustschen Psychrometer¹⁾ kontrolliert werden.

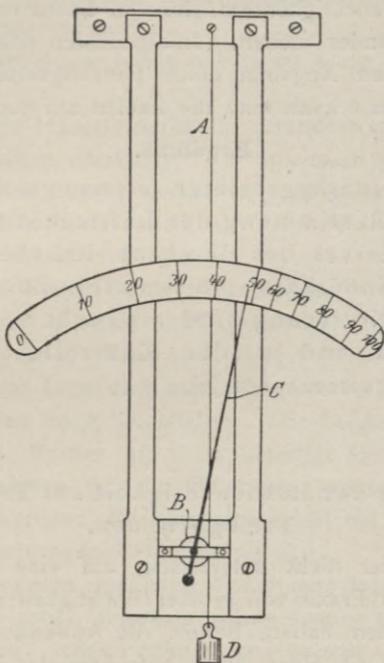
Ein weiterer bedeutender Hinderungsgrund für die allgemeine Einführung der Haarhygrometer ist die Langsamkeit, mit der sie sich einstellen. Sie sind daher zur Bestimmung des augenblicklichen Feuchtigkeitsgehaltes ganz und gar nicht geeignet, sondern lassen sich nur dazu verwenden, den durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes zu messen. In dieser Beziehung leisten sie aber ganz angenehme Dienste.

1) Der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft, II. Teil, § 44 usw.

Im Versuchs-Kornhause wurden z. B. die Angaben eines solchen Instrumentes täglich zu einer bestimmten Stunde notiert.

Das Wesentliche des Haarhygrometers ist aus Abbild. 54 zu ersehen.

A ist ein Haar, welches mehrmals um die Rolle *B* gewickelt und durch ein Gewicht *D* gespannt wird. Die Rolle ist mit dem Zeiger *C* verbunden. Das Haar dehnt sich aus, sobald es Feuchtigkeit aufnimmt und zieht sich zusammen, wenn es Feuchtigkeit abgibt.



Abbild. 54.

Die in der Zeichnung angegebene Stellung gebe etwa einen relativen Feuchtigkeitsgehalt von 50 pCt. an, d. h. bei der vorhandenen Temperatur könnte die umgebende Luft doppelt so viel Feuchtigkeit enthalten, als vorhanden ist.

Erniedrigt sich derselbe, so wird das Haar Wasser an die umgebende Luft abgeben und es wird sich zusammenziehen.

Dadurch wird die Rolle *B* und damit der Zeiger *C* nach links gedreht und zeigt an der Skala einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt an.

Wird hingegen der Feuchtigkeitsgehalt grösser, so dehnt sich das Haar aus, das Gewicht sinkt und nimmt die Rolle nebst Zeiger nach rechts hinüber. Die Skala zeigt dann einen grösseren Feuchtigkeitsgehalt an.

Wir bemerken, dass die Skala eine unregelmässige Einteilung besitzt; dieses rührt daher, dass die Ausdehnung des Haares nicht in derselben Masse stattfindet als es Feuchtigkeit aufnimmt, sondern dass Ausdehnung und Feuchtigkeitsaufnahme in einem sehr unregelmässigen Verhältnisse zueinander stehen. Infolgedessen müssen die Stellungen des Zeigers mit den Angaben eines Feuchtigkeitsmessers verglichen werden und dann erst kann man die Zahlen auf die Skala auftragen.

Ergebnis.

Die Haarhygrometer eignen sich nicht zur sofortigen Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

Als Messer des durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalts innerhalb bestimmter Zeiträume und für tägliche Notierung sind sie recht bequem, erfordern aber hin und wieder Kontrolle durch genauere Feuchtigkeitsmesser [4].

2. Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf Treibriemen, Treibgurte usw.

Wir wollen hier nicht unterlassen, auf eine Angelegenheit einzugehen, die in der Praxis von grosser Wichtigkeit ist.

Wie wir gesehen haben, beruht die Anwendung des Haarhygrometers darauf, dass ein Haar durch Aufnahme der Luftfeuchtigkeit verlängert und durch Abgabe derselben verkürzt wird. Dieselbe Eigenschaft besitzen auch andere organische Körper, z. B. Darmseiten, Wolle usw., ferner auch Pflanzenfasern.

Verwendet man dagegen Gewebe von Pflanzenfasern oder von Wolle, so bemerkt man, dass die Fläche des Gewebes sich in Berührung mit Feuchtigkeit nicht vergrössert, sondern im Gegenteil, sich verkleinert. Bei Wäsche und Kleidungsstücken ist diese Tatsache längst bekannt. Stricke werden durch Wasseraufnahme ganz bedeutend verkürzt.

Bei näherer Untersuchung findet man, dass die betreffenden Gegenstände sich wohl der Fläche und der Länge nach verkleinern, dass sie dagegen dicker werden, also einen grösseren Querschnitt erlangen. Der Gesamthalt des Körpers wird durch die Wasseraufnahme grösser, wenn auch die Ausdehnung nach einer oder zwei Seiten geringer wird.

In Fabrikbetrieben, wo besonders Hanfbänder benutzt werden, kann man die Beobachtung machen, dass je nach der Witterung die Länge derselben recht fühlbar wechselt.

Auch im Versuchs-Kornhause haben wir diese Beobachtung häufig machen können.

Das 75 *m* lange Hauptförderband, verändert sich derart, dass das Spannungsgewicht desselben mindestens 1 *m* Spielraum haben muss.

Der Gurt des Schiffsbecherwerkes ist etwa 36 *m* lang. Diese Länge veranlasst häufig Betriebsstörungen, welche bei einem Becherwerk mit kurzem Gurt nicht auftreten würden.

Bei trockenem Wetter ist der Gurt zu lang und muss dann nachgespannt werden, weil er sonst nicht fortbewegt wird und auf der oberen Scheibe schleifen würde. Tritt nach einiger Zeit feuchtes Wetter ein, so verkürzt sich der Gurt und wird mit grosser Gewalt gereckt, weil die Scheiben dieselbe Lage beibehalten. Die Folge davon ist, dass an den Stellen, wo die Becher am Gurt befestigt sind und wo er naturgemäss am schwächsten ist, die Öffnungen grösser gezerrt und die Becher gelockert werden. Es kann sich leicht ein solcher lösen, was wieder zu Betriebsstörungen Veranlassung gibt.

Tritt nun von neuem trockenes Wetter ein, dann wird der Riemen wieder locker und muss abermals nachgespannt werden. Auf diese Weise wird der Gurt schnell ruiniert und es tritt sehr häufig der Fall ein, dass er reisst und geflickt werden muss. Diese Betriebsstörungen sind besonders bei einem Schiffs-elevator recht aufregender Art [5].

Man könnte sich in zweifacher Weise helfen. Einmal kann eine automatische Spannvorrichtung angebracht werden, welche den Gurt in einer bestimmten Stärke spannt. Bei Verlängerung des Gurtes würde die Spannvorrichtung mitgehen und ein Schlaffwerden desselben verhindern; bei Verkürzung dagegen würde die Spannvorrichtung in entsprechender Weise nachgeben.

Bei den langsam laufenden Transportbändern haben sich solche selbstwirkenden Spannvorrichtungen vollkommen bewährt. Auch für die

schnell laufenden Gurte von Becherwerken sind sie bereits angewendet worden, z. B. von Unruh & Liebig, Leipzig. Ob sie sich aber für diesen Zweck bewährt haben, ist uns nicht bekannt.

Ferner kann man zur Verhinderung des schnellen Verschleisses der langen Gurte die Vorsichtsmassregel anwenden, dass die Spannvorrichtung an jedem Abend nach dem Gebrauch gelockert wird. Leider wird dieses von den Arbeitern immer wieder vergessen, so dass Störungen doch nicht ausbleiben.

Eine Besserung könnte man erzielen, wenn statt des Hanfgurtes Lederriemen verwendet werden, welche ja auch bei Transmissionen fast allein im Gebrauch sind.

Der Grund, warum diese gegenüber den Witterungseinflüssen wenig veränderlich sind, liegt darin, dass sie durch und durch mit Fett getränkt sind, wodurch die Feuchtigkeit abgehalten wird. Mitunter verwendet man auch Hanfseile zum Antrieb und diese sind ebenfalls durch vollständige Tränkung mit Fett unempfindlich geworden und verändern ihre Länge durch Witterungseinflüsse nicht mehr, während ein ungefettetes Seil, wie erwähnt, ganz bedeutenden Änderungen unterliegt.

Berichterstatter hat in der Literatur eifrig nach Veröffentlichungen über diesen Gegenstand gesucht, aber keine Angaben finden können über etwa angestellte Versuche bezüglich der Volumenänderung durch Wasseraufnahme und -Abgabe und über Versuche, warum Gewebe, gedrehte Taue, gedrehte Haare usw. sich verkürzen, während die einfachen Fasern sich verlängern. Wir sind vorläufig der Ansicht, dass nicht durch das Weben und Drehen der betreffenden Körper eine wesentliche Kürzung bei der Wasseraufnahme geschieht, indem etwa die schräge Lagerung der Fasern daran schuld ist, sondern es ist anzunehmen, dass durch die Zusammenfügung vieler Fasern eine grosse Menge neuer Kapillaren¹⁾ geschaffen ist, durch welche eine mächtige Oberflächenwirkung auftritt.

In diese Kapillaren dringt das Wasser und drängt die Teile der

1) Kapillarität heisst Haarröhrchenanziehung. Steckt man ein sehr enges Glasröhrchen in Wasser, so bemerkt man, dass es höher steigt, als bis zur Höhe des Wasserspiegels und zwar um so höher, je enger das Röhrchen ist. Stellt man zwei Platten eng aneinander in Wasser, so steigt auch hier das Wasser über den Spiegel der umgebenden Wasserfläche. Stehen die Platten im Winkel zueinander, so steigt das Wasser um so höher, je näher es dem inneren Winkel ist.

Substanz nach bestimmten Richtungen auseinander, wodurch nach andern Richtungen eine Verkürzung stattfinden muss. Sind die Kapillaren durch Einfetten gefüllt, so wirkt nicht nur die Abneigung von Fett und Wasser der Wasseraufnahme entgegen, sondern das Wasser hätte auch bei netzenden Tränkungsmittein keine Gelegenheit, sich in die Kapillaren einzudrängen.

Sollte einer oder der andere der geneigten Leser etwas Näheres über diesen Gegenstand erfahren haben, so würde eine entsprechende Mitteilung dem Berichterstatter sehr angenehm sein.

Ergebnis.

Die Feuchtigkeit der Luft beeinflusste die Länge der nicht mit Fett getränkten Hanfbänder im Versuchs-Kornhause sehr bedeutend.

Kornhäuser haben besonders darauf zu sehen, dass ihre Schiffelevatoren (wenn solche vorhanden sind), Bechergurte haben, deren Länge möglichst wenig vom Witterungswechsel abhängt.

3. Das Psychrometer von August.

Die Einrichtung und die Wirkungsweise dieses Instrumentes wurde bereits in dem Artikel »Der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft«, II. Teil, eingehend auseinandergesetzt.

Es ist gegenwärtig der gebräuchlichste Feuchtigkeitsmesser, besonders seitdem es in neuerer Zeit meist als Schleuderpsychrometer verwendet wird. Auch im Versuchs-Kornhause wird es am meisten angewendet, weil die Handhabung bei genügender Genauigkeit bequem ist.

Wir haben hier ein Schleuderpsychrometer in der einfachsten Form angewendet, welche aus Abbild. 55 zu ersehen ist. Jedermann kann sich einen solchen Apparat selbst anfertigen, wenn es nötig ist.

Hierbei sind dann allerdings einige Vorsichtsmassregeln zu beachten welche weiter unten besprochen werden.

A ist das trockene Thermometer.

B ist das angefeuchtete Thermometer, dessen Quecksilbergfäss mit Musselin umwickelt ist.

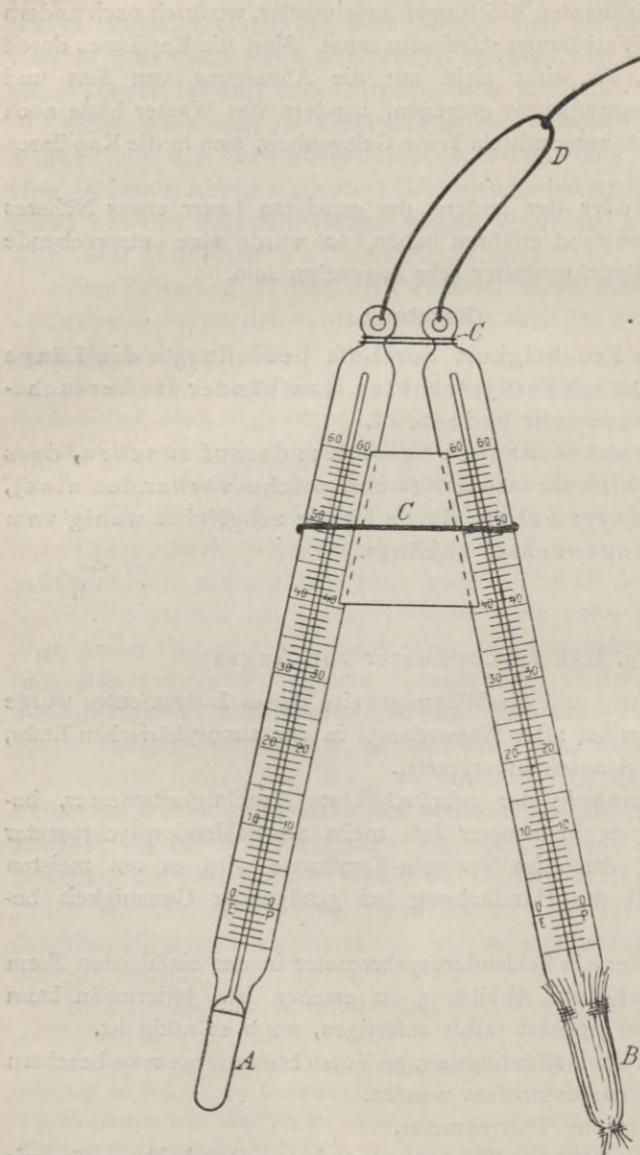


Abbildung 55.

Mit *C* sind Kork und Drähte bezeichnet, welche die beiden Thermometer miteinander vereinigen.

D ist die Schleuderschnur.

Aus den Temperaturunterschieden zwischen dem trockenen und dem feuchten Thermometer erhält man die Feuchtigkeit nach den Tabellen von Jelinek (Wien), welche die gebräuchlichsten und für eine Windgeschwindigkeit von etwa $1 m$ aufgestellt sind.

Es wurde schon in der oben erwähnten Abhandlung auseinandergesetzt, dass die Windgeschwindigkeit das Resultat sehr beeinflussen kann. Jedoch beeinflusst eine Windgeschwindigkeit von mehr als $2 m$ das Resultat nur noch sehr wenig.

Man kann die Thermometer in beliebiger Richtung schleudern. Die Fläche, welche sie nebst der Schnur beschreiben, kann entweder eine senkrechte oder wagerechte oder sonst beliebig gerichtete Kreisebene sein. In den meisten Fällen werden die Thermometer aber die Mantelfläche eines Kegels beschreiben, dessen Spitze die Stelle ist, wo die Finger die Schnur halten. In allen diesen Fällen hat man dafür zu sorgen, dass die Geschwindigkeit der Quecksilbergefäße etwa $1 m$ betrage.

Wir nehmen an, letztere beschreiben in einer Sekunde einen Kreis, dann muss dieser einen Umfang von $1 m$ haben, wenn die Bestimmungen richtig sein sollen. Der Umfang des Kreises ist

$$U = d\pi = d \frac{22}{7} = 1 m = 100 cm$$

wenn man mit *d* den Durchmesser des Kreises bezeichnet. Es muss dann

$$d = \frac{7}{22} \cdot 100 = 32 cm$$

sein. Der Kreis muss demnach einen Durchmesser von etwa $32 cm$ haben.

Schleudert man die Thermometer in einer Sekunde zweimal herum, so müssen die Quecksilbergefäße zwei Kreise in einer Sekunde zurücklegen, welche zusammen $100 cm$ Umfang haben. Ein einzelner Kreis hat also nur den halben Umfang und auch nur den halben Durchmesser. Letzterer wird demnach nur $16 cm$ sein.

Schleudert man die Thermometer in der Sekunde mehr als einmal

und weniger als zweimal herum, so muss der Durchmesser des gebildeten Kreises zwischen 16 *cm* und 32 *cm* liegen.

So finden wir z. B., dass es uns bequem ist, die Thermometer in der Minute 80mal herumzuschleudern. Der Weg, den die Quecksilberkugeln machen, muss in der Minute 60 *m* oder 60×100 *cm* betragen.

Wir haben also

$$d \times \frac{22}{7} \times 80 = 100 \text{ cm} \times 60$$

oder

$$d = \frac{100 \cdot 60 \cdot 7}{80 \cdot 22} = \text{rund } 24 \text{ cm.}$$

In dieser Weise muss man den Apparat auf seine Handlichkeit im Gebrauch ausprobieren.

Will man sich den Apparat selbst zusammenstellen, so muss darauf gesehen werden, dass die Thermometer unter gleichen Bedingungen völlig gleiche Temperaturgrade angeben [6].

Um die Ablesung aus einiger Entfernung zu gestatten, müsste die Einteilung sehr weitläufig und deutlich sein. Damit nun wiederum die Thermometer nicht unhandlich werden, müsste man mehrere Apparate haben, deren Einteilungen nur eine geringe Anzahl von Graden enthalten und je nach Bedürfnis benutzt man dann den einen oder den anderen Apparat.

Man könnte vielleicht folgende Sammlung anlegen:

Thermometer von -20° C. bis $+5^{\circ}$ C.

» $\pm 0^{\circ}$ C. » $+25^{\circ}$ C.

» $+20^{\circ}$ C. » $+45^{\circ}$ C. usw.

Im Winter und im Freien wird man natürlich einen andern Apparat brauchen als in einem Trockenraume.

Was die Dauer des Schleuderns anbetrifft, so wird man bald bemerken, dass man nicht länger als eine Minute hintereinander zu schleudern hat. Man liest die Temperaturen ab, notiert die Zahlen und wiederholt die Handhabung mehrmals, bis man keine einseitigen Schwankungen mehr bemerkt.

Ein mehrmaliger Versuch verschafft dem Ausführenden bald Klarheit, wie er sich bei der Feuchtigkeitsbestimmung zu verhalten hat, wenn er sich nur ernstlich überlegt und beobachtet, welche Einflüsse das Resultat fälschen können.

Bei der Bestimmung der Feuchtigkeit im Freien ist zu vermeiden, dass die Thermometer direkt von der Sonne beschienen werden. In solchen Fällen kann man die Bestimmung hinter einem Brett oder einem Schirm ausführen. Ferner muss die Nähe des Erdbodens und einer von der Sonne bestrahlten Mauer vermieden werden.

Ergebnis.

Die Form des in Abbild. 55 abgebildeten Augustschen Psychrometers hat sich bei den Bestimmungen im Versuchs-Kornhause als zweckmässig erwiesen. Der Apparat ist handlich, billig und liefert richtige Werte.

4. Beispiele für die Ausführung von Feuchtigkeitsmessungen.

Im zweiten Teile der Abhandlung des Berichterstatters: »Der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft«¹⁾ wurde bereits angegeben, dass man den Feuchtigkeitsgehalt der Luft aus der Formel findet:

$$f = f^1 - 0,6 (t_1 - t_2).$$

Hierin bedeutet

- f den Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Millimeter Quecksilberhöhe,
- f^1 ist der Feuchtigkeitsgehalt, welcher bei der beobachteten Temperatur im höchsten Falle vorhanden sein kann.
- t_1 die Temperatur des trockenen Thermometers,
- t_2 die Temperatur des feuchten Thermometers.

Um mittels dieser Formel die Feuchtigkeitsbestimmung ausführen zu können, ist zunächst eine Tabelle erforderlich, aus welcher man die Höchstspannkraft des Wasserdampfes für jede Temperatur ablesen kann.

Die in dem ersten Teil des oben erwähnten Artikels²⁾ aufgestellte kleine Tabelle ist für die vorliegenden Zwecke nicht geeignet, da die Dampfspannung von 5 zu 5° angegeben wurde, während sie mindestens von Grad zu Grad nötig ist.

Da wir nun für diejenigen, welche sich das Rechnen ersparen wollen, die Psychrometertafeln von Jelinek zu empfehlen gedenken³⁾,

1) Blätter für Gersten-, Hopfen-, und Kartoffelbau, Dezember 1900.

2) Man vergl. Stück 26.

3) Man vergl. Stück 25.

so wollen wir auch die für die Berechnung von Beispielen erforderlichen Zahlen diesen Tabellen¹⁾ entnehmen.

Auf Seite 388 und 389 sind in der Tabelle die Höchst- (Maximal-) Dampfspannungen oder die Drucke gesättigten Wasserdampfes in Millimeter Quecksilbersäule angegeben. Wir wissen aus den früheren Erörterungen, dass diese Zahlen bei mittlerer Temperatur zugleich angeben, wieviel Wasserdampf in 1 *cbm* des leeren Raumes oder der Luft vorhanden ist.

An der linken Seite der Tabelle sind die ganzen Temperaturgrade angegeben, während am Kopfende noch die Zehntelgrade hinzukommen.

Damit wir gleich Anwendungen auf die Praxis haben, sollen die Beispiele möglichst den Beobachtungen im Versuchs-Kornhause entnommen werden. Zu diesem Zwecke ersuchen wir den Leser, sich des ersten Bildes der Tafel II bedienen zu wollen.

Es sei noch bemerkt, dass die nachfolgend angegebenen Temperaturen des feuchten Thermometers auf dem Bilde nicht angegeben sind, sondern einem Tagebuche entnommen wurden.

1. Beispiel. Am 15. Juni 1899 betrug die Temperatur im Versuchs-Kornhause (also durch das trockene Thermometer angezeigt), $t_1 = 19,5^\circ \text{C}$., während das feuchte Thermometer $t_2 = 16,1^\circ \text{C}$. angab.

Aus der Tabelle Seite 389 ersehen wir, dass die Dampfspannung bei der letzteren Temperatur 13,6 *mm* betragen kann. Wir erhalten demgemäss nach der Formel:

$$f = f_1 - 0,6(t_1 - t_2), \text{ worin } f_1 = 13,6 \text{ ist}$$

$$f = 13,6 - 0,6(t_1 - t_2) = 13,6 - 0,6 \cdot (19,5 - 16,1)$$

$$= 13,6 - 0,6 \cdot 3,4 = 13,6 - 2,04 = 11,56 \text{ mm.}$$

oder rund 11,6 *mm*.

Wir finden diesen Wert in Abbild. I der Tafel für den betreffenden Tag als einen Punkt der ausgezogenen schwarzen Linie eingezeichnet.

Als Resultat haben wir: Am 15. Juni 1899 betrug der wirkliche (absolute) Feuchtigkeitsdruck im Versuchs-Kornhause 11,6 *mm*, was auch bedeutet, dass in 1 *cbm* Luft ungefähr 11,6 *g* Wasserdampf vorhanden waren.

Die Rechnungen sind bei Temperaturen über 0°C . nicht nötig, wenn man die Tabellen von Jelinek besitzt.

1) Die Kaiserl. Königl. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien, Hohe-Warte, welche Eigentümerin der Tabellen von Jelinek ist, hat den Abdruck der folgenden Zahlen gestattet.

Die genaue Berechnung des Wasserdampfgewichtes in 1 cbm würde hier zu weit führen; wir verweisen in dieser Beziehung auf das Tabellenwerk von Jelinek.

Zur Bestimmung des relativen Feuchtigkeitsgehaltes hat man nach der angegebenen Weise die Höchstspannung bei der Temperatur von 19,5° C. aufzusuchen. Man findet 16,83. Demnach erhält man:

$$\begin{aligned} \text{Relative Feuchtigkeit} &= \frac{\text{vorhandene Feuchtigkeit}}{\text{höchste Feuchtigkeit}} \\ &= \frac{11,6}{16,8} = \frac{69}{100} = 69 \text{ pCt.} \end{aligned}$$

Will man die Feuchtigkeit in einer kalten Luft bestimmen, bei welcher das Wasser des feuchten Thermometers gefriert, so muss man die Zahl des letzteren, die unter 0 angibt, um 0,45° C vergrößern, d. h. wenn man -1° C. abliest, so muss man mit -1,45° C. rechnen.

Um zu zeigen, wie einfach ihre Handhabung ist, bringen wir eine Seite zum Abdruck und zwar wählen wir Seite 40, weil hier zufällig zwei zusammengehörige und wirklich abgelesene Beobachtungswerte stehen. (Seite 382 und 383.)

2. Beispiel. Am 1. März zeigte das trockene Thermometer im Freien eine Temperatur von 6,1° C., während das feuchte Thermometer 5,9° C. angab.

Links in der ersten senkrechten Reihe der Tafel II suchen wir die Temperatur des trockenen Thermometers auf. Wir finden im unteren Abschnitte die Zahl 6,1 und gehen von hier aus so weit nach rechts, bis wir am Kopfe die Zahl 5,9 finden. Wir stossen auf die Zahlen 6,8 und 97. Die erste Zahl gibt den Dampfdruck an; sie hat dieselbe Bedeutung wie *f* bei den oben ausgeführten Berechnungen.

Die zweite Zahl gibt den relativen Feuchtigkeitsgehalt an und sagt, dass die Luft 97 pCt. von der Feuchtigkeit enthält, die sie im höchsten Falle zu besitzen vermag.

Obgleich diese letzteren Zahlen in den Originaltafeln fett gedruckt sind, haben sie für uns eine geringere Bedeutung als die anderen.

3. Beispiel. An demselben Tage, für welchen das eben erläuterte Beispiel gilt, zeigte das trockene Thermometer im Speicher 5,7° C., während das feuchte Thermometer 5,3° C. angab.

Wenn wir die Tafel genau in derselben Weise gebrauchen wie vorher, stossen wir auf die Zahlen 6,4 mm Dampfdruck und 94 pCt relative Feuchtigkeit.

Feuchtes Thermometer

Trockenes Thermometer	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
8,3	3,5	4,3	3,7	4,6	4,0	4,9	4,1	5,1	4,3	5,4
8,4	3,5	4,2	3,7	4,5	3,9	4,8	4,0	5,0	4,3	5,2
8,5	3,4	4,1	3,6	4,4	3,8	4,7	4,0	4,9	4,2	5,1
8,6	3,3	4,0	3,6	4,3	3,7	4,6	3,9	4,8	4,1	5,0
8,7	3,3	3,9	3,4	4,1	3,7	4,5	3,8	4,7	4,1	4,9
8,8	3,2	3,8	3,3	4,0	3,6	4,4	3,8	4,6	4,0	4,8
8,9	3,2	3,7	3,3	3,9	3,6	4,2	3,7	4,5	4,0	4,7
9,0	3,1	3,6	3,3	3,9	3,6	4,2	3,7	4,4	3,9	4,6
9,1	3,0	3,5	3,1	3,6	3,5	4,1	3,6	4,2	3,9	4,5
9,2	3,0	3,4	3,1	3,5	3,4	3,9	3,6	4,1	3,8	4,4
9,3	2,9	3,3	3,0	3,4	3,4	3,9	3,5	4,0	3,7	4,3
9,4	2,9	3,3	3,0	3,3	3,3	3,7	3,5	3,9	3,7	4,2
9,5	2,8	3,2	3,0	3,4	3,2	3,6	3,4	3,9	3,6	4,1
9,6	2,8	3,1	3,0	3,3	3,2	3,5	3,4	3,8	3,6	4,0
9,7	2,7	3,0	2,9	3,2	3,1	3,4	3,3	3,7	3,5	3,9
9,8	2,6	2,9	2,8	3,1	3,1	3,3	3,2	3,6	3,4	3,8
9,9	2,6	2,8	2,7	3,0	3,0	3,2	3,2	3,5	3,4	3,7
10,0	2,5	2,8	2,7	2,9	2,8	3,1	3,1	3,4	3,3	3,6
10,1	2,4	2,7	2,7	2,8	2,8	3,0	3,0	3,3	3,2	3,5
10,2	2,4	2,6	2,6	2,8	2,8	3,0	3,0	3,3	3,2	3,4
10,3	2,3	2,5	2,5	2,7	2,7	2,9	2,9	3,2	3,1	3,3
10,4	2,3	2,4	2,4	2,6	2,6	2,8	2,8	3,1	3,0	3,2
10,5	2,2	2,3	2,3	2,5	2,5	2,7	2,7	3,0	2,9	3,1
10,6	2,1	2,3	2,2	2,4	2,4	2,6	2,6	2,9	2,8	3,0
10,7	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,5	2,5	2,8	2,8	2,9
10,8	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,4	2,4	2,7	2,7	2,8
10,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,6	2,6	2,7

Trockenes Thermometer	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9
11,0	1,9	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
11,1	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
11,2	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
11,3	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
11,4	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
11,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
11,6	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
11,7	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
11,8	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
11,9	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
12,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
Trockenes Thermometer	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9
5,0	6,5	100								
5,1	6,5	98	6,6	100						
5,2	6,4	97	6,5	98						
5,3	6,3	96	6,5	97	6,7	100				
5,4	6,3	94	6,4	95	6,6	99				
5,5	6,2	93	6,3	94	6,5	97	6,8	100		
5,6	6,2	91	6,3	93	6,4	94	6,7	99		
5,7	6,1	90	6,2	91	6,3	93	6,6	98		
5,8	6,1	88	6,2	90	6,3	91	6,5	96	6,9	100
5,9	6,0	87	6,1	88	6,2	90	6,4	96	6,8	99
6,0	5,9	85	6,0	87	6,1	88	6,3	94	6,7	97
6,1	5,9	84	6,0	86	6,1	87	6,2	94	6,6	96
6,2	5,8	82	5,9	84	6,0	86	6,1	93	6,5	95
6,3	5,8	81	5,9	83	6,0	84	6,1	92	6,4	94
6,4	5,7	79	5,8	81	5,9	83	6,0	91	6,3	93
6,5	5,6	78	5,7	80	5,8	81	5,9	90	6,2	91
6,6	5,6	77	5,7	78	5,8	80	5,9	89	6,1	90
6,7	5,5	76	5,6	77	5,7	78	5,8	88	6,0	88
6,8	5,5	74	5,6	76	5,7	77	5,8	86	5,9	86
6,9	5,4	73	5,5	74	5,6	76	5,7	84	5,8	84

Wir sehen an diesem Beispiel, dass sowohl die wirkliche Feuchtigkeit als auch die relative im Speicher am 1. März geringer war als aussen, infolgedessen mussten die Fenster an diesem Tage geschlossen bleiben.

Wir wollen noch einige weitere Beispiele aus der Praxis besprechen, welche auf der oft erwähnten Tafel des Monats November verzeichnet sind. Da es keinen Zweck hat, noch mehr Seiten aus den Tabellen von Jelinek abzdrukken, müssen wir die betreffenden Beispiele berechnen. Es kommt also nur noch die Tabelle Seite 388 und 389 in Betracht.

4. Beispiel. Am 10. März zeigte im Speicher das trockene Thermometer $7,8^{\circ}\text{C}$., das feuchte $6,0^{\circ}\text{C}$.

Wir finden den Feuchtigkeitsgehalt mit Hilfe der Dampfspannungstabelle

$$\begin{aligned} f &= f^1 - 0,6(7,8 - 6) = 6,97 - 0,6 \cdot 1,8 \\ &= 6,97 - 1,08 = 5,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ferner erhalten wir

$$\begin{aligned} \text{relative Feuchtigkeit} &= \frac{\text{gefundene Feuchtigkeit}}{\text{höchstmögliche Feuchtigkeit}} \\ &= \frac{5,9}{7,9} = \frac{75}{100} = 75 \text{ pCt.} \end{aligned}$$

weil nach der Dampfspannungstabelle bei einer Temperatur von $7,8^{\circ}\text{C}$. die Dampfspannung nicht höher als $7,88 \text{ mm}$ oder rund $7,9 \text{ mm}$ sein kann.

Wir hatten demnach im Speicher eine Luft von $5,9 \text{ mm}$ Feuchtigkeitsdruck und 75 pCt. relative Feuchtigkeitsgehalt.

5. Beispiel. Im Freien zeigte an demselben Tage das trockene Thermometer eine Temperatur von $15,1^{\circ}\text{C}$. und das feuchte eine solche von $10,6^{\circ}\text{C}$. an.

Die Tabelle ergibt für diese beiden Temperaturen die Höchstspannungen $12,76 \text{ mm}$ bzw. $9,51 \text{ mm}$.

Wir haben demnach

$$\begin{aligned} f &= f^1 - 0,6(t_1 - t_2) = 9,51 - 0,6 \cdot 4,5 \\ &= 9,51 - 2,70 = \text{rund } 6,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

und

$$\text{relative Feuchtigkeit} = \frac{6,8}{12,76} = \frac{53}{100} = 53 \text{ pCt.}$$

Während also die Innenluft einen Dampfdruck von 5,9 *mm* aufwies, hatte die Aussenluft einen solchen von 6,8 *mm*, letztere enthielt folglich mehr Wasserdampf. Aus diesem Grunde durften die Fenster des Speichers nicht geöffnet werden.

Bei diesem Beispiele bemerken wir noch die interessante Tatsache, dass der verhältnismässige Feuchtigkeitsgehalt im Speicher um 22 pCt. höher war als aussen, aber trotzdem musste die Aussenluft vom Speicher ferngehalten werden.

Noch bedenklicher liegen die Verhältnisse im heissen Sommer, wo die Aussenluft mitunter doppelt soviel Feuchtigkeit hat als zu derselben Zeit die Speicherluft. **Dann muss die Aussenluft sehr sorgfältig abgeschlossen und das Getreide im Speicher darf nicht umgearbeitet werden.** Dagegen wird man kalter Luft den Zutritt meist gestatten können.

Es ist aber auf alle Fälle gut, sich durch Anwendung des Feuchtigkeitsmessers davon zu überzeugen, ob die Aussenluft oder die Innenluft feuchter ist, um danach seine Massregeln treffen zu können. Für diesen Zweck werden die angegebenen Beispiele genügen.

Ergebnis.

Die angegebenen Beispiele zeigen, wie leicht es ist, entweder mit Hilfe der Psychrometertafeln von C. Jelinek, Wien, oder durch eine einfache Rechnung die Feuchtigkeit der Luft im Speicher und ausserhalb desselben zu bestimmen. Die gefundenen Werte sind für die Praxis sofort verwendbar. Man öffnet die Fenster des Kornhauses und, wenn nötig, arbeitet das Getreide um, falls die Ausführung der Bestimmung aussen einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt ergibt, als innen.

Man schliesst die Fenster und lässt das Getreide möglichst in Ruhe, wenn der Feuchtigkeitsgehalt der Aussenluft den der Speicherluft übertrifft.

Nachträge.

1. Später hat sich ergeben, dass die Temperaturen nicht in der Mitte am höchsten sind, sondern etwas weiter nach oben. Man vergl. Stück 22: Über Selbsterwärmung.

2. Man vergl. Stück 24.
3. Man vergl. Stück 24.
4. Fuess, Steglitz, fertigt gegenwärtig Instrumente gemäss Abbildung 54 an, welche einen wesentlichen Fortschritt auf diesem Gebiete bedeuten. Sie sind bequem, arbeiten schnell und sind leicht regelbar.

Eine Prüfung mit Hilfe der Psychrometer muss natürlich hin und wieder erfolgen.

5. Der Schiffselevator ist umgebaut und hat nicht mehr die grosse Länge wie bisher. Betriebsstörungen sind nach dem Umbau nur in unbedeutendem Masse aufgetreten.

6. Im Original folgen einige Bemerkungen, die hier fehlen, weil sie im nächsten Stück zur Aufnahme gelangen.

29. Die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft mit dem Schleuderpsychrometer.

A. Vorschriften für den Gebrauch des Werkzeuges.

1. Nachdem man das mit Musselin umgebene Quecksilbergefäss durch Eintauchen in Wasser, dessen Temperatur die der umgebenden Luft ist, gut angefeuchtet hat, wird der Apparat so in Bewegung gesetzt, dass die Quecksilberbehälter der Thermometer in der Sekunde einen Weg von mindestens $3 m^1$ zurücklegen. Ist also die Entfernung von der Quecksilberkugel bis zum Finger, der die Schnur hält, $\frac{1}{2} m$, so ist der Apparat mindestens einmal in der Sekunde herumzuschleudern.

Man wird bemerken, dass das feuchte Thermometer tiefere Temperatur als das trockene anzeigt, weil die Verdunstung des Wassers Kälte erzeugt oder Wärme bindet.

2. Nach 2–3 Minuten werden die Temperaturen abgelesen. Hierauf schleudert man wieder etwa 1 Minute und liest wieder ab. Diese Handhabung wird mehrmals wiederholt bis die Temperatur sich nicht

¹⁾ Bei der Benutzung der Jelinekschen Tafeln darf die Geschwindigkeit nur etwa $1 m$ betragen. Vergl. Stück 28, 3.

mehr einseitig ändert, sondern um eine mittlere Zahl hin- und herschwankt.

Diese mittlere Zahl wird für jedes Thermometer notiert. Die Temperatur des trockenen Thermometers nennen wir T und diejenige des feuchten Thermometers T_1 .

Der Unterschied der beiden Temperaturen wird um so grösser sein, je trockener die Luft ist, er wird um so kleiner sein, je feuchter sie ist.

3. Bei der Ablesung muss die Wirkung des Atems und der Körperwärme durch rasches Ablesen verhindert werden.

Zweckmässig ist, beim Ablesen zwischen Gesicht und Thermometer eine Glasscheibe zu halten.

Der Einfluss der Körperwärme wird vermieden, indem man dafür sorgt, dass der etwa vorhandene Wind nicht vom Beobachter nach dem Instrument geht.

4. Die Thermometer dürfen nicht direkt von der Sonne beschienen werden, auch muss die Nähe einer von der Sonne bestrahlten Wand und die Nähe des Erdbodens vermieden werden.

5. Das Musselin des feuchten Thermometers darf während der Beobachtung nicht trocken werden. Es muss der Quecksilberkugel gut anliegen. Ist das Musselin durch Staub stark verunreinigt, so muss es erneuert werden. Es muss weich sein und ist vor der Anbringung gut auszuwaschen. Auskochen ist am sichersten. Man darf das Musselin nicht in zu viel Lagen um das Thermometergefäss wickeln. Zweifache Umwicklung genügt. Auch das Quecksilbergefäss muss vor der Einhüllung stets sauber sein.

B. Die Berechnung des Feuchtigkeitsgehaltes.

1. Gesucht wird der wirkliche Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Er wird ausgedrückt durch den (Gewichts-) Druck, den der Wasserdampf in der Luft auf die Erdoberfläche ausübt.¹⁾

1) In der Luft sind nicht nur Stickstoff und Sauerstoff vorhanden, sondern auch kleine Mengen von Kohlensäure, Wasserdampf usw., welche alle zusammen erst den wirklichen Luftdruck am Barometer angeben, welcher bekanntlich im Durchschnitt durch 760 *mm* Quecksilberhöhe angezeigt wird. Könnten wir eines dieser Gase aus der Luft entnehmen, dann würde das Quecksilber im Barometer augenblicklich um eine bestimmte Anzahl von Millimetern sinken.

Diesem Drucke des Wasserdampfes entgegen wirkt seine eigene Spannkraft oder Spannung. Dampfdruck und Dampfspannung sind einander gleich und werden an der Quecksilbersäule des Barometers in Millimetern gemessen. In reiner, wasserfreier Luft würde die Quecksilbersäule eine bestimmte Höhe haben. Dadurch, dass in ihr noch Wasserdampf vorhanden ist, steht das Quecksilber im Barometer einige Millimeter höher. Diese letzteren Millimeter bezeichnen wir mit dem Buchstaben F und verstehen hierunter den wirklichen (absoluten) Feuchtigkeitsgehalt¹⁾ der Luft.

2. Wie verhält sich der wirkliche Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu demjenigen, welchen sie im höchsten Falle bei der betreffenden Temperatur haben kann? Dieses Verhältnis nennen wir den verhältnismässigen oder relativen Feuchtigkeitsgehalt und bezeichnen ihn mit R .

3. Zur Beantwortung der vorstehenden beiden Fragen sind noch einige Feststellungen nötig. Der grösste Feuchtigkeitsgehalt, den die Luft bei der Temperatur des trockenen Thermometers haben kann, werde mit $F_{\max.}$ bezeichnet. Diese Zahl finden wir in der vorhergehenden Tabelle.

Beispiel zum Gebrauch der Tafel. Man will wissen, wie hoch der Feuchtigkeitsgehalt (Wasserdampfdruck) im höchsten Falle in einer Luft von $18,8^{\circ}\text{C}$. sein kann. Man findet auf der Tafel in der ersten senkrechten Spalte links die Zahl 18, geht dann von hier aus in wagenrechter Richtung nach rechts, bis eine Spalte kommt, welche am Kopfe die Zahl 0,8 trägt. Man stösst auf die Zahl 16,12 oder rund 16,1. Demnach kann in einer Luft von $18,8^{\circ}\text{C}$. im höchsten Falle nur $F_{\max.} = 16,1 \text{ mm}$ Feuchtigkeitsgehalt auftreten.

4. Bei der Temperatur des feuchten Thermometers kann in der Luft im höchsten Falle ein Feuchtigkeitsgehalt (Wasserdampfdruck) auf

1) Eigentlich bezeichnet der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Anzahl Gramme Wasserdampf, welche in 1 cbm Luft vorhanden sind. 1 cbm Luft dehnt sich aber aus, wenn sie wärmer, zieht sich zusammen, wenn sie kälter wird. Aus diesem Grunde ist leider die Grammmzahl pro 1 cbm für die Praxis nur ausnahmsweise verwendbar.

Wem der Ausdruck Dampfspannung oder Dampfdruck nicht geläufig ist, kann vorläufig überall statt »mm« setzen »Gramm pro Kubikmeter«, weil diese Zahlen nur wenig voneinander abweichen.

Man vergleiche die vorhergehenden Aufsätze dieses Teiles.

treten, den wir mit F_1 bezeichnen wollen. Wir finden diesen Wert aus der Tafel genau in derselben Weise wie F_{\max} . Ist die Temperatur des feuchten Thermometers gleich derjenigen des trockenen, dann ist natürlich $F_1 = F_{\max}$.

5. F und R werden gesucht; man findet die Werte gemäss den folgenden Bedingungen:

$$\text{I. } F = F_1 - 0,5 (T - T_1) \qquad \text{II. } R = \frac{F}{F_{\max}}$$

Die Bedeutung der Buchstaben sei nochmals kurz angegeben:

F = Wirklicher (absoluter) Feuchtigkeitsgehalt der Luft, ausgedrückt in Millimetern Quecksilberhöhe.

F_{\max} = Höchstmöglicher Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei der Temperatur des trockenen Thermometers.

F_1 = Höchstmöglicher Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei der Temperatur des feuchten Thermometers.

R = Verhältnismässiger (relativer) Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

T = Temperatur des trockenen Thermometers.

T_1 = » » feuchten »

6. Beispiel zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes in der Luft. Bei einer Bestimmung zeigte das trockene Thermometer $19,5^\circ \text{C}$., das feuchte dagegen $16,1^\circ \text{C}$. Mit Hilfe der Tafel suchen wir F und R .

In der unter 3. angegebenen Weise finden wir für $19,5^\circ \text{C}$. die Zahl $F_{\max} = 16,83 \text{ mm}$ und für $16,1^\circ \text{C}$. die Zahl $F_1 = 13,60 \text{ mm}$.

Aus Formel I ergibt sich

$$F = 13,60 - 0,5 (19,5 - 16,1) = 11,9 \text{ mm},$$

d. h. der in der untersuchten Luft vorhandene Wasserdampf übt einen Druck oder eine Spannkraft von $11,9 \text{ mm}$ Barometerhöhe aus.¹⁾

Aus Formel II ergibt sich:

$$R = \frac{F}{F_{\max}} = \frac{\text{wirkliche Feuchtigkeit}}{\text{höchstmögliche Feuchtigkeit}} = \frac{11,9}{16,8} = \frac{71}{100} = 71 \text{ pCt.},$$

d. h. die Luft enthält **71 pCt.** von der Feuchtigkeit, die sie im höchsten Falle enthalten könnte, oder ihr relativer Feuchtigkeitsgehalt bzw. ihr relativer Feuchtigkeitsdruck beträgt **71 pCt.**

1) Oder: In 1 cbm der untersuchten Luft sind $11,9 \text{ g}$ Wasserdampf.

7. Praktische Anwendung. Wir messen die Feuchtigkeit der Luft, welche in einen Getreidespeicher eintritt und finden z. B. die Zahl 12 *mm*. Dann messen wir den Feuchtigkeitsgehalt an einem Fenster, wo die Luft den Speicher verlässt, und finden hier 11,5 *mm*. Die eintretende Aussenluft hat an den Speicher Wasser abgegeben, ist also feuchter als die austretende Speicherluft.

Folglich müssen in diesem Falle alle Fenster des Speichers geschlossen werden, denn das Getreide soll kein Wasser aufnehmen.

VIII.

Der schädliche Einfluss des Wasserüberschusses auf Getreide, Malz und Mehl. Die günstige Wirkung des Trocknens.

30. Einiges über den Einfluss der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit auf Getreide.

Die nachfolgende Aufstellung ist gemacht worden, um einen Überblick zu erhalten über die Einflüsse, welche kalte oder warme Luft, die zugleich entweder trocken oder feucht ist, auf ein Getreide ausübt, welches ebenfalls kalt oder warm ist und zugleich entweder einen hohen oder niedrigen Wassergehalt besitzt. Es wird ein gutes Getreide angenommen. Auch das feuchte Getreide sei gerade eben in diesen Zustand gelangt, so dass eine sofortige geeignete Behandlung es wieder nahezu auf den Anfangszustand zurückführen könnte. Es wird ferner angenommen, dass die Beobachtungen sich auf Posten von einigen hundert Zentnern beziehen, welche täglich einmal gründlich umgearbeitet werden. Trocken sei das Getreide, wenn es 12 pCt. oder weniger Wasser enthält, nass sei es, wenn der Wassergehalt etwa 20—25 pCt. beträgt. Trocken werde die Luft genannt, wenn sie 20—30 pCt., feucht, wenn sie 90—100 pCt. Feuchtigkeit enthält. Unter warm wollen wir eine Temperatur von etwa 25° verstehen, mit kalt sei eine Temperatur von 5° und weniger gemeint.

Nach des Berichterstatters Erfahrungen würden sich in vielleicht 8—14 Tagen die in der Tabelle angegebenen Folgen und Einflüsse

Tabelle 1.

Nr.	Zustand des Getreides	Zustand der Luft	Folgen	Einfluss günstig oder ungünstig
A. 1	Trocken, warm	Trocken, warm	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
2	Trocken, warm	Trocken, kalt	Das Getreide wird abgekühlt; Atmung etwas verringert	Wenn vorhanden, dann günstig
3	Trocken, warm	Feucht, warm	Das Getreide nimmt Wasser auf, wobei weitere Erwärmung stattfindet; Schimmelbildung	Ungünstig
4	Trocken, warm	Feucht, kalt	Das Getreide wird Wasser aufnehmen; da aber die kühle Luft nur wenig Wasserdampf enthält, so ist die Wasseraufnahme und die dadurch erzeugte Wärme gering. Das Getreide wird sich daher abkühlen	Mässig ungünstig, Langsam auftretend
B. 1	Trocken, kalt	Trocken, warm	Das Getreide erwärmt sich; Atmung etwas beschleunigt	Wenn vorhanden, dann ungünstig
2	Trocken, kalt	Trocken, kalt	Folgen nicht vorhanden; das Getreide bleibt gut	Nicht vorhanden
3	Trocken, kalt	Feucht, warm	Das Getreide nimmt Wasser auf und erwärmt sich; dadurch wird die Erwärmung gesteigert, welche durch die Wärme der Luft allein auftreten würde. Auf das Getreide wird sich Wasser niederschlagen. Schimmelbildung wird auftreten	Sehr ungünstig
4	Trocken, kalt	Feucht, kalt	Das Getreide nimmt nur langsam Wasser auf. Erwärmung sehr gering	Wenig ungünstig
C. 1	Feucht, warm	Trocken, warm	Das Getreide trocknet schnell. Wird durch die Verdunstung etwas abgekühlt	Sehr günstig

Nr.	Zustand des Getreides	Zustand der Luft	Folgen	Einfluss günstig oder ungünstig
C. 2	Feucht, warm	Trocken, kalt	Das Getreide trocknet langsam. Wird gut abgekühlt	Sehr günstig
3	Feucht, warm	Feucht, warm	Schimmelbildung	Sehr ungünstig
4	Feucht, warm	Feucht, kalt	Die kalte Luft erwärmt sich an dem Getreide und kann noch etwas Wasser aufnehmen. Es tritt Abkühlung ein	Mässig günstig
D. 1	Feucht, kalt	Trocken, warm	Das Getreide wird schnell getrocknet und erwärmt. Wegen der Wasserverdunstung wird die Erwärmung geringer	Sehr günstig
2	Feucht, kalt	Trocken, kalt	Das Getreide wird langsam getrocknet	Sehr günstig, aber langsam auftretend
3	Feucht, kalt	Feucht, warm	Das Getreide erwärmt sich und beschlägt sich mit Wasser; es nimmt noch mehr Wasser auf. Dadurch erhöhte Erwärmung	Sehr ungünstig
4	Feucht, kalt	Feucht, kalt	Langsame Schimmelbildung	Mässigungünstig

bemerkbar machen. Man sieht, dass bei dieser einfachen Anordnung sich schon 16 Kombinationen ergeben.

Aus der obigen, 16 Produkte umfassenden Aufstellung wurde nun versucht, eine Reihe zu bilden, welche den Zustand des Getreides oder den Wert in der Weise angibt, dass das bessere Produkt dem schlechteren stets vorangeht. Das beste Getreide hat demnach die Zahl 1 und das schlechteste die Zahl 16. Dabei sind die Wertunterschiede zwischen den einzelnen Zahlen keineswegs gleich, sondern sie können sehr verschieden sein. Ja, in einzelnen Fällen ist vielleicht sogar die Reihenfolge nicht richtig, im grossen und ganzen trifft sie aber zu.

Nach Aufstellung der Tabelle II ergab sich, dass sie deutlich in drei Teile zerfällt.

Die Posten 1 bis 8 enthalten, mit erhöhter Nummer schlechter werdend, die besseren Produkte, welche sich alle auf Einwirkung trockener Luft beziehen. Der zweite Teil enthält die schlechteren Nummern 9 bis 12, in welchen feuchte und kalte Luft auftritt. Der

Tabelle II.

Nummer	Zustand des Getreides	Zustand der Luft
1	Trocken, kalt	Trocken, kalt
2	Trocken, warm	Trocken, kalt
3	Trocken, warm	Trocken, warm
4	Trocken, kalt	Trocken, warm
5	Feucht, kalt	Trocken, warm
6	Feucht, warm	Trocken, warm
7	Feucht, warm	Trocken, kalt
8	Feucht, kalt	Trocken, kalt
9	Trocken, kalt	Feucht, kalt
10	Trocken, warm	Feucht, kalt
11	Feucht, kalt	Feucht, kalt
12	Feucht, warm	Feucht, kalt
13	Trocken, warm	Feucht, warm
14	Feucht, warm	Feucht, warm
15	Trocken, kalt	Feucht, warm
16	Feucht, kalt	Feucht, warm

dritte Teil endlich enthält die schlechtesten Endprodukte 13 bis 16, welche mit feuchter und warmer Luft in Berührung gekommen sind.

Unter allen diesen Posten interessieren uns besonders die beiden letzten, welche die schlechtesten Produkte aufweisen und die sich unter Bedingungen befinden, welche in der Praxis ziemlich häufig auftreten.

Der Fall, dass kaltes Getreide mit feuchter und warmer Luft in Berührung kommt, tritt häufig im Herbst ein bei Witterungswechsel.

Noch häufiger tritt dieser Umstand aber im Frühjahr ein, weil durch die Winterkälte das Getreide abgekühlt ist und die Aussentemperatur nur langsam annimmt, besonders, wenn es in grossen Haufen gelagert ist.

Denn Getreide ist ein schlechter Wärmeleiter, worunter man eben die Eigenschaft versteht, dass der betreffende Körper unter äusserlichen Einflüssen nur sehr langsam seine Temperatur ändert. Je grösser der Körper, desto langsamer gehen die Wärmeänderungen vor sich. Ein grosser Getreidehaufen würde bei Witterungswechsel der Aussentemperatur noch weit weniger folgen als ein kleiner.

Die Frühjahrsluft ist mit Feuchtigkeit gesättigt. Der Winter hat den Boden festgefroren. Wenn nun im Frühling das Eis an der Oberfläche schmilzt, so bildet sich Wasser, welches nicht wie im Sommer in die Erde hineinsickern kann, weil der darunter liegende Teil des Bodens noch gefroren ist. Aus diesem Grunde bilden sich zahllose Lachen und Pfützen, die ganze Erdoberfläche ist feuchter als sonst und daher ist auch die Luft im allgemeinen mehr mit Feuchtigkeit gesättigt als zu andern Jahreszeiten.

Im Herbst tritt zwar auch Witterungswechsel ein, so dass kaltes Getreide mit warmer und feuchter Luft in Berührung sein kann, jedoch wird dieses Zusammentreffen seltener stattfinden, weil das Getreide durch den vorangegangenen Sommer meist noch durchgewärmt ist.

Aus diesem Grunde wäre der Witterungswechsel im Herbst nicht so schädlich als im Frühjahr, wenn nicht noch der Nachreifeprozess zu berücksichtigen wäre. Dieser Prozess ist mit einer reichlichen Wasser- und Wärmebildung verbunden, der an und für sich bei einigemassen hoher Aufschüttung bedenklich werden kann. Ist dann die Luft feucht oder gar noch wärmer als das Getreide, so wird dieses in seinem Bestreben, das überschüssige Wasser abzugeben, nicht nur verhindert, sondern es kann sich sogar noch mit Wasser anreichern. Vollständiges Verderben des Kornes kann die Folge sein, wenn nicht für schnelle Trocknung Sorge getragen wird.

Sieht man vom Einfluss der Nachreife ab, so muss man im allgemeinen aus der obigen Aufstellung schliessen, dass feuchte und warme Luft stets schädlich auf das Getreide wirkt, wie schon allbekannt, und dass diese Wirkung besonders schlimm ist, wenn die feuchte und warme Luft mit kaltem Getreide, sei es trocken oder feucht, zusammenkommt.

Auch wenn die Luft nicht vollständig mit Feuchtigkeit gesättigt ist, kann sie schädlich wirken. Warme Luft vermag viel mehr Feuchtigkeit aufzunehmen als kalte und kann trotzdem als verhältnismässig trocken gelten.

Kommt warme, wasserhaltige Luft mit einem kalten Getreide zusammen, so kühlt sie sich ab. Ist das Getreide kalt genug, so kann die Abkühlung der Luft so weit stattfinden, dass sich ihr Wasserdampf auf das Getreide in Tropfen niederschlägt, wodurch starke Schimmelbildung verursacht werden kann.

Das Beschlagen des Getreides mit Wasser findet dann statt, wenn die Lufttemperatur durch die Berührung mit dem kühlen Getreide unter den Taupunkt heruntergeht.

Als Folgerung ergibt sich: **Man muss die Fenster der Getreidehäuser verschlossen halten, wenn die Aussenluft wärmer ist als das Getreide**, und umgekehrt muss man die Fenster öffnen, wenn die Aussenluft kälter ist als das Getreide.

Ferner sind die Nächte gewöhnlich kälter als die Tage, daher wird man im allgemeinen nachts die Fenster eher offen halten können, als am Tage, vorausgesetzt, dass die Speicher durch Jalousien oder Drahtfenster vor Katzen usw. geschützt werden.

Bei Regenwetter oder Nebel sind die Fenster natürlich ebenfalls geschlossen zu halten.

Die Sonne besitzt eine grosse Verdunstungsgewalt, wodurch die Luft zu einer starken Wasseraufnahme veranlasst wird. Tritt solche Luft in den Speicher, so kann sie in Berührung mit dem kälteren Getreide an dieses Wasser abgeben.

Demnach ist sonniges Wetter in der Regel bedenklicher als bedeckter Himmel, während in der Nacht klarer Himmel vorteilhafter ist.

Allgemein gültige Regeln mit Ausnahme der einen oben stark hervorgehobenen lassen sich für das Öffnen und Schliessen der Fenster vorläufig noch nicht aufstellen, weil die betreffenden Massnahmen sehr vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängig sind.

Zum Schluss sei noch auf einen Vergleich hingewiesen, der sich dem Praktiker leicht aufdrängen möchte.

Ein neues Gebäude wird allemal schneller trocknen in warmer und sonniger Luft als in kalter und diese Tatsache scheint im Widerspruch zu stehen mit den obigen Auseinandersetzungen. Der scheinbare

Widerspruch löst sich, wenn man die folgenden beiden Gründe betrachtet:

1. Das Material, aus welchem die Gebäude aufgeführt sind, leitet die Wärme viel besser, als das Getreide. Ferner sind die Neubauten, wenigstens die modernen, sehr luftig gehalten.

Man begreift, dass in solchen Gebäuden niemals grosse Temperaturunterschiede gegenüber der Aussenluft auftreten werden. Auch im Frühjahr wird daher die Aussenluft nur selten so kalte Stellen finden, dass sich Feuchtigkeit darauf niederschlägt.

Getreide dagegen ist ein schlechter Wärmeleiter, wie schon oben auseinandergesetzt, und wird um so weniger der Aussentemperatur folgen, in je grösseren Massen es aufbewahrt wird. Warme, feuchte Luft hat daher reichlich Gelegenheit, hier Wasser niederzuschlagen.

2. Aber noch wichtiger ist der Umstand, dass Getreide ein lebendes Material ist, welches beim Beschlagen durch Feuchtigkeit seine Lebendigkeit sofort beträchtlich erhöht unter Wärme- und Wasserentwicklung während es einer Mauer gleichgültig ist, ob sie zeitweilig betaut oder nicht.

31. Über die Luftfeuchtigkeit in den Kornhäusern.

1. Schon seit langer Zeit ist bekannt, dass Getreide aus feuchter Luft Wasser anzieht und an trockene Luft Wasser abgibt. Durch Laboratoriumsversuche ist diese Tatsache leicht festzustellen.

Man hat aber noch niemals Versuche darüber angestellt, wie gross eigentlich die Wasserschwankungen sind, welche in den Getreidemassen der Praxis durch die Änderung der Luftfeuchtigkeit auftreten können.

Verfasser ist dieser Angelegenheit seit Bestehen des Versuchskornhauses näher getreten. Anfangs war wenig Hoffnung vorhanden, dass die Beobachtung der Luftfeuchtigkeit wichtige Aufschlüsse liefern würde, weil zu befürchten stand, dass die Feuchtigkeitsschwankungen innerhalb der Beobachtungsfehler verschwinden würden.

Um so grösser war die Genugtuung, als bei gelegentlicher Durchsicht der täglichen Aufzeichnungen gefunden wurde, dass in einem Falle die in das Kornhaus eintretende Luft im Kubikmeter $\frac{2}{3}$ g mehr

Feuchtigkeit enthielt als die den Speicher verlassende Luft. Bei ihrem Durchgange durch das Kornhaus musste sie also Feuchtigkeit abgegeben haben.

Diese Bemerkung war besonders insofern interessant, als hier der erste greifbare Fall aus der Praxis vorlag, bei welchem nicht die Wasserzunahme des Getreides, sondern die Wasserabnahme der Luft festgestellt wurde.

Die Tatsache war um so erfreulicher, als dadurch bewiesen wurde, dass die oben ausgesprochene Befürchtung, die Beobachtungsfehler könnten zu gross werden, nicht zutraf. Seitdem ist dieser Seite der Getreidebehandlungsfrage erhöhte Aufmerksamkeit entgegengebracht worden, und sie kann sich wohl zu einer wichtigen Lehre entwickeln [1].

2. Das Frühjahr ist die gefährlichste Zeit für die Getreidelagerung. Der Erdboden ist vom Winter her in gewisser Tiefe noch gefroren. Aus diesem Grunde kann das durch Schmelzen von Schnee und Eis, ferner durch Regen gebildete Wasser nicht in die Tiefe sinken. Die oberflächlichen Erdschichten sind daher gänzlich durchfeuchtet, und die darüber streichende Luft vermag viel Feuchtigkeit aufzunehmen, und zwar um so mehr, je wärmer sie ist.

Jedermann weiss, mit welcher Schnelligkeit die Sonnenstrahlen den Boden auszutrocknen vermögen, und die aufgenommene Feuchtigkeit muss sich natürlich in der Luft wiederfinden.

Wenn im Frühjahr schöne und sonnige Tage kommen, dann haben die Bodenmeister nichts Eiligeres zu tun, als alle Fenster des Kornhauses zu öffnen, um nur ja der schönen Luft Eingang zu verschaffen.

Ein solches Verfahren ist falsch. Denn die sonnige Luft besitzt eben, wie wir gesehen haben, einen sehr grossen Feuchtigkeitsgehalt, und wenn sie in den Speicher gelangt, welcher vom Winter her noch ausgekühlt ist, wenn dann weiter die Luft mit dem kalten Getreide in Berührung kommt, dann wird sie Wasser an das Getreide abgeben.

3. Die Wasserabgabe geschieht in zweifacher Weise.

Einmal wird die Feuchtigkeit vom Getreide in Gasform aufgenommen, das Getreide bereichert sich damit, beginnt stark zu atmen und kann Selbsterwärmung zeigen. Die Atmung erzeugt aber ihrerseits Wärme und Feuchtigkeit, und die erstere hat nun das Bestreben, das Wasser in Dampf zu verwandeln, während vorher der umgekehrte Prozess

stattfind. Die Wasserdämpfe beginnen also von den wärmeren nach den kühleren Orten zu wandern und gelangen dabei an derartig kühle Stellen, dass sie nicht mehr in Dampfform bestehen können, sondern sich zu flüssigem Wasser verdichten. Dieses flüssige Wasser, diese Tropfen, die sich niedergeschlagen haben, bilden jetzt einen gefährlichen Herd der Bakterien- und Schimmelbildung. Da der Getreidehaufen unter solchen Umständen an der Oberfläche am kältesten geworden ist, werden hier auch die stärksten Niederschläge erfolgen.

Dieses ist der Vorgang der Schweissbildung.

Wenn andererseits warme, feuchte Luft an kaltes Getreide gelangt, kühlt sie sich soweit ab, dass sie die Feuchtigkeit nicht mehr zu halten vermag und gibt den Überschuss als flüssiges Wasser an das Getreide ab.

Dieses ist der Vorgang der Taubildung.

Wir sehen also, dass Schweissbildung und Taubildung sich äusserlich durch dieselben Erscheinungen bemerkbar machen, nämlich durch die Bildung von Wasser an der Getreideoberfläche, dass aber die Ursachen der beiden Erscheinungen verschieden sind.

Soll Schweissbildung vermieden werden, dann muss man das Getreide trocknen, um seine Atmung zu verringern.

Soll Taubildung vermieden werden, muss man kühles Getreide vor der Berührung mit feuchter und warmer Luft schützen.

Es würde zu weit führen, auf die Verhältnisse im Freien einzugehen, weil hier die Taubildung durch die Wärmestrahlung verwickelter wird. Auffallenderweise sind die Vorgänge bei der Taubildung noch nicht völlig aufgeklärt, und es liegt hier, wie uns scheint, ein lohnendes Gebiet für den Agrikulturphysiker vor.

Seit E. Wollny seine wichtigen Untersuchungen auf diesem Gebiete veröffentlicht hat, scheinen hierüber keine weiteren Versuche in Angriff genommen zu sein. Die Vorgänge bei der Betauung der Garben und Feimen auf freiem Felde und andere Fragen, welche den Wasserwechsel betreffen, sind der Bearbeitung bedürftig.

4. Wir haben uns ein Bild zu verschaffen gesucht über die Feuchtigkeitsmengen, welche wohl die das Versuchs-Kornhaus durchziehende Luft abzugeben vermag. Die hierbei erhaltenen Zahlen waren von überraschender Grösse und zeigten, dass der Wasserwechsel des Getreides

durch den Einfluss der Luftfeuchtigkeit viel grösseren Schwankungen unterworfen sein muss, als bisher angenommen wurde.

An einem Herbsttage des Jahres 1901 war die Geschwindigkeit des Windes, welcher in das Versuchs-Kornhaus eintrat, 3 *m* in der Sekunde, Da er auf einen Boden durch fünf Fenster gelangte, von welchen jedes etwa einen Quadratmeter Fläche hat, so konnten in einer Sekunde $3 \times 5 = 15$ *cbm* Luft eintreten, in der Stunde also $15 \times 3600 = 54000$ *cbm*. Nehmen wir an, dass die Geschwindigkeit des Windes den Tag über, also während 10 Stunden, die gleiche geblieben sei, dann würden an einem Tage 54000 *cbm* Luft über dem Boden gestrichen sein.

Die Feuchtigkeitsabgabe der Luft an den Speicher war an jenem Tage von keiner Bedeutung. Jedoch ist oben bemerkt worden, dass an einem Tage die Feuchtigkeitsabgabe an das Kornhaus $\frac{2}{3}$ *g* pro 1 *cbm* betrug.

Obgleich diese Zahl den grössten Wasserwechsel der Luft anzeigt, der im Versuchs-Kornhause beobachtet worden ist, können doch grössere Feuchtigkeitsmengen in Frage kommen, denn die Beobachtungen werden nur täglich einmal verzeichnet. Zu anderen Zeiten konnte also der Wasserwechsel grösser sein, und nur dauernd aufzeichnende Instrumente hätten über die wirklichen Vorgänge Aufklärung geben können.

Jedenfalls haben wir ein Recht, anzunehmen, dass die oben erwähnte Zahl $\frac{2}{3}$ *g* nicht eine ausserordentliche Höhe darstellt. Als diese Zahl im Frühjahr 1900 beobachtet wurde, haben wir die Windgeschwindigkeit nicht zu gleicher Zeit festgestellt. Es ist aber zu beachten, dass ebenso wie im Herbst auch im Frühjahr die Luft meist sehr bewegt ist. Wir können daher auch für jenen Frühlingstag eine Windgeschwindigkeit von 3 *m* annehmen. Wenn nun 1 *cbm* $\frac{2}{3}$ *g* Feuchtigkeit an den Speicher abgab, dann mussten 54000 *cbm* 360000 *g* oder 36 *kg* Wasser abgegeben haben.

Auf einem Boden des Versuchs-Kornhauses lagern höchstens 3000 Ztr. oder 150000 *kg* Getreide, wenn wir von den Siloschächten absehen, die hier nicht in Frage kommen. Die eintretende Feuchtigkeit wird natürlich zuerst von der Oberfläche des Getreides aufgenommen und dringt von hier aus langsam in das Innere des Haufens.

Es sei angenommen, dass im Laufe eines Tages die Feuchtigkeit im wesentlichen vielleicht $\frac{1}{4}$ *m* tief in das Getreide eindringt. Im

Versuchs-Kornhause lagert es gegen $2\frac{1}{2} m$ hoch. Gemäss der eben gemachten Annahme würde sich die eintretende Feuchtigkeit im Laufe des Tages auf $\frac{1}{10}$ der gesamten Masse, also auf 15 000 kg verteilen, und diese Getreidemenge musste daher im betrachteten Falle 360 kg Wasser verschluckt haben. Dadurch würde aber der Wassergehalt der obersten Getreideschicht an einem einzigen Tage um $2\frac{1}{2}$ pCt. zugenommen haben!

5. Wenn viele solcher Tage auftreten würden, dann wäre natürlich jedes Getreide in kurzer Zeit verdorben. Glücklicherweise sind derartige Wasserabgaben sehr selten. Jedoch darf nicht vergessen werden, dass eine geringe Wasserabgabe wochenlang stattfinden kann, solange eben der Speicher kälter ist als die eintretende Luft. Eine geringe Wasserabgabe, wochenlang fortgesetzt, kann aber den Wassergehalt des Getreides um einige Prozente heben. Unser Getreide ist nun schon an und für sich meist feucht, und eine Wasserzunahme von wenigen Prozenten ist imstande, seine kostbaren Eigenschaften, also seine Keimfähigkeit und seine Backfähigkeit, im Laufe der Lagerung beträchtlich zu vermindern, ohne dass dabei wesentliche Schimmelbildung oder gar Selbsterwärmung bemerkt wird.

Nach dem oben erhaltenen Resultat, welches vielleicht noch nicht die ungünstigsten Verhältnisse darstellt, werden wir uns nicht mehr wundern, dass im Frühjahr jene eigentümlichen Erscheinungen auftreten, welche der Praktiker als das »Leben des Kornes« bezeichnet.

Der erhöhte Wassergehalt der atmosphärischen Luft ist es im wesentlichen, welcher diese bis jetzt für so geheimnisvoll gehaltenen Erscheinungen veranlasst.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse liegen im Herbst nicht ganz so ungünstig wie im Frühjahr. Immerhin können auch in dieser Jahreszeit Temperatur- und Feuchtigkeitschwankungen der Luft das Getreide mit Wasser anreichern.

Ganz besonders gefährlich wirkt aber im Herbst der Vorgang der Nachreife mit seiner Wassererzeugung.

6. Als die im Versuchs-Kornhause gemachten Beobachtungen veröffentlicht wurden, sind gleich einige Regeln aufgestellt worden, wie man sich in gegebenen Fällen verhalten soll.

Als Hauptregel gilt:

Ist die Aussenluft wärmer als die Speicherluft dann schliesse man alle Fenster.

Die umgekehrte Regel ist nicht so allgemein gültig. Sie lautet:

Ist die Aussenluft kälter als die Speicherluft, dann ist es in den meisten Fällen zweckmässig, die Fenster zu öffnen, sofern nicht Nebel oder Regen deutlich den hohen Wassergehalt der Luft anzeigen.

Die Richtigkeit der ersten Hauptregel könnten wir an mehreren lehrreichen Beispielen zeigen. Wir beschränken uns darauf, nur eins hervorzuheben.

Während einer längeren Kälteperiode waren die Fenster eines grossen Kornhauses offen gehalten worden. Das Getreide hatte sich bis auf etwa 10° C. unter Null abgekühlt. Als dann wärmeres Wetter eintrat, wurden, die Fenster geschlossen. Hierauf bedeckten sich die Scheiben auf der Aussenseite mit einer dicken Eisschicht, welche erst noch längerer Zeit zu schwinden begann. Aussen auf die Fenster hatte sich jene Feuchtigkeit niedergeschlagen, welche bei offenen Fenstern in den Speicher gelangt wäre. Hier hätten sich unter den gegebenen Umständen zuerst Schnee oder Eisniederschläge gebildet, welche dann in Wasser verwandelt und vom Getreide aufgenommen worden wären.

Für die Schimmelbildung und Selbsterwärmung wären somit alle Bedingungen vorhanden gewesen. Das Schliessen der Fenster beim Eintritt der warmen Witterung war also eine vollkommen richtige Massregel.

7. Wie schon früher bemerkt wurde, ist davor zu warnen, an sonnigen Tagen die Fenster zu öffnen, weil gerade diese Luft einen hohen absoluten Feuchtigkeitsgehalt aufweist.

Man wird den Einwurf machen, dass doch gerade das Getreide bei Sonnenschein auf dem Felde am besten trocknet. Jedoch, die Vorgänge auf dem Felde verlaufen wesentlich anders als im Kornhaus. Das im Freien lagernde Getreide wird von den Strahlen der Sonne direkt getroffen, wodurch eine lebhafte Wasserverdampfung veranlasst wird. Der Dampf ist leichter als die Luft, steigt in die Höhe und wird von den Winden fortgeführt. In den Getreidespeicher dagegen gelangen gar nicht die Sonnenstrahlen, sondern nur die durch Sonnenwirkung mit Feuchtigkeit geschwängerten Winde.

Diese Luft ist, da sie im Speicher abgekühlt wird, gewöhnlich

nicht mehr imstande, Feuchtigkeit aufzunehmen, sondern sie wird im Gegenteil meistens gezwungen, solche abzugeben.

Es kann allerdings vorkommen, dass auf Böden lagerndes Getreide direkt von der Sonne getroffen wird. Unter solchen Umständen kann Wasserabgabe an die Luft erfolgen. Die Verhältnisse liegen dann aber bereits so verwickelt, dass man sich nicht nach bestimmten Vorschriften richten kann, sondern dass man mit Hilfe eines Feuchtigkeitsmessers feststellen muss, ob es zweckmässig ist, die Fenster offen zu halten oder sie zu schliessen und die Sonne durch Jalousien fernzuhalten.

8. Andererseits ist die Öffnung der Fenster in der Nacht in den meisten Fällen zu empfehlen. Diese Massregel ist sogar in einer sternklaren, kalten Nacht für muffiges und feuchtes Getreide das beste Verfahren, welches angewendet werden kann. Wir wollen noch ganz besonders betonen, dass in den Fällen, wo Selbsterwärmung auftritt, von der Nacharbeit der ausgiebigste Gebrauch zu machen ist.

Nichts kann in solchen Fällen wirksamer sein als die Anwendung einer Rieselanlage in einer klaren, kalten Nacht.

Dagegen wird man die Bearbeitung des Getreides in einer nebligen Nacht nicht ausführen lassen oder doch nur, wenn der Feuchtigkeitsmesser angibt, dass die in den Speicher einströmende Luft weniger Feuchtigkeit enthält, als die ausströmende, denn auch der Nebel täuscht sehr. Eine solche Luft kann unter Umständen recht wenig Wasserdampf enthalten. Kommt diese Luft an das warme Getreide, dann erwärmt sie sich und wird aufnahmefähig für Wasser, wodurch das Getreide sowohl getrocknet als auch gekühlt wird.

9. Auch unter den gewöhnlichen Verhältnissen, an Tagen ohne Sonnenwirkung, kann die eintretende warme Luft weniger Wasserdampf enthalten, als die Luft des Speichers. Dann würde es fehlerhaft sein, die Fenster geschlossen zu halten.

Andererseits kann auch die kühlere Aussenluft wasserhaltiger sein als die wärmere Innenluft, dann würde es wieder ein Fehler sein, die Fenster zu öffnen.

So einfach und im allgemeinen richtig die oben aufgestellten Vorschriften auch sind, so schützen sie nach den letzten Bemerkungen doch nicht vor Irrtümern. Nur die Anwendung von Feuchtigkeitsmessern kann diese Fehler (die allerdings immer nur gering sein können) ausschliessen.

Auf die Schilderung solcher Apparate wollen wir hier nicht eingehen, jedoch sei kurz die praktische Anwendung erwähnt:

Man öffnet die Fenster, bestimmt den Feuchtigkeitsgehalt der Luft dort, wo sie in das Kornhaus eintritt und dort, wo sie den Speicher verlässt. Findet man, dass die eintretende Luft mehr Feuchtigkeit enthält als die austretende, dann schliesst man die Fenster, im umgekehrten Falle lässt man alle Fenster geöffnet.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass alle diese erwähnten und noch andere Schwierigkeiten fortfallen würden, dass die geschilderten Feinheiten in der Behandlung des Getreides unnötig wären und dass man dennoch ein nach jeder Richtung hin fehlerfreies Korn erhält, welches durch Jahre seine Backfähigkeit und Keimfähigkeit nicht verschlechtert, wenn man als Lagerungsform eiserne Siloschächte in Verbindung mit guten Trocknern anwendet.

Ein gutes getrocknetes Korn von vielleicht 12 pCt. Wassergehalt, in eisernen Siloschächten eingelagert, ist überhaupt keinen Fährlichkeiten unterworfen.

Nachtrag.

1. Die im Text ausgesprochene Vermutung hat sich bestätigt. Die Frage der Getreide- und Mehlbehandlung ist zunächst eine Wasserfrage. Erst wenn diese Angelegenheit erledigt ist, kommen andere, ebenso wichtige Fragen in Betracht.

32. Zur Übersommerung der Braugerste.

1. Gegenwärtig (April 1902) wird die Braugerste zu einem sehr niedrigen Preise angeboten. Dieser Umstand ist vielleicht auf die ausserordentlich günstige Erntewitterung des letzten Jahres zurückzuführen, welche viel und gutes Getreide lieferte. Die Witterung dieses Jahres ist bis jetzt noch trockener gewesen, so dass die Lagerungsbedingungen sich ausserordentlich günstig gestaltet haben und eine Menge Gerste als Braugerste zur Verwendung kommen liessen, welche unter schlechten Witterungsverhältnissen auf den Lagerböden geschädigt worden und als Futtergerste in den Handel gegangen wäre.

Der grosse Mangel an Futtergerste und der hohe Preis derselben stehen hiermit vielleicht im Zusammenhange.

Trotz des billigen Angebotes von Braugerste sind die Brauereien ganz und gar nicht geneigt, von diesem vorteilhaften Zusammentreffen Gebrauch zu machen. Sie könnten reichlich und billig Gerste kaufen und bis zur nächsten Kampagne aufbewahren, tun es aber nicht, weil sie befürchten, dass die Keimfähigkeit bis zu dieser Zeit leidet.

Vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus kann dieser Zustand nicht gerade als gesund bezeichnet werden und wir wollen feststellen, ob das Verfahren der Brauer gerechtfertigt ist und ob sich eine Änderung erzielen lässt.

2. Im allgemeinen hat man allerdings in den Brauereien schlechte Erfahrungen mit dem Übersommern der Gerste gemacht, jedoch zeigen die Vergleiche und die Erfahrungen der letzten Jahre, dass eine Aufbewahrung des Getreides ohne irgend welche Schädigung der Keimfähigkeit durchzuführen ist, wenn nur bei der Lagerung gewisse Vorsichtsmassregeln beachtet werden.

Diese will ich nachfolgend kurz auseinandersetzen. Zunächst wird die Behauptung aufgestellt: Der grösste Feind des **lagernden** Getreides ist die Feuchtigkeit; fast ebenso verderblich ist der Sauerstoff der Luft.

Bekanntlich müssen diese beiden Stoffe beim keimenden Getreide in reichlichem Masse vorhanden sein.

Die Schädlichkeit des Wasserüberschusses auf Getreide wird von niemand bestritten. Dagegen ist die Schädlichkeit des Sauerstoffes weniger bekannt.

Man hat schon seit längerer Zeit über diesen Gegenstand Untersuchungen angestellt und es wurde gefunden, dass Getreide, welches trocken in fest verschlossenen Gefässen aufbewahrt wurde, viele Jahre seine Keimfähigkeit behielt, während offen aufbewahrtes Getreide seine Keimfähigkeit auch in trockener Luft allmählich einbüsste.

Hieraus ergibt sich die erste Folgerung: Man sollte jedes Getreide in einen solchen Zustand bringen, dass es ohne Gefahr unter Abschluss von Luft, also in eisernen Siloschächten, aufbewahrt werden könnte.

Jedes Getreide atmet, und zwar umsomehr, je wärmer und je feuchter es ist. Bei der Atmung wird aber wieder Wasser und Wärme

entwickelt, so dass die Atmung und damit die Wasser- und Wärmebildung verstärkt wird.¹⁾

Wenn wir die Temperatur des Getreides von 18° auf 40° erhöhen, so steigt die Atmung und damit der Stoffverlust auf das 20—30fache.

Erhöhen wir aber den Wassergehalt von 13 auf 30 pCt., so steigt die Atmung und der Stoffverlust ungefähr um das 200fache.

Hieraus ersieht man, welch grundlegender Einfluss dem Wassergehalt auf die Atmung beizumessen ist. Wir sehen weiter, dass die Temperatursteigerung an und für sich betrachtet, lange nicht von solchem Einfluss ist, wie die Erhöhung des Wassergehaltes; dennoch ist sie von grosser Bedeutung und muss sehr berücksichtigt werden, weil sie Feuchtigkeitwanderungen veranlasst. Hierdurch finden nämlich an einzelnen Stellen Niederschläge von Wasser statt, welche bei hohen Temperaturen in kurzer Zeit grosse Schädigungen verursachen. Ausserdem bilden sich an solchen nassen Stellen reichlich Pilzwucherungen, welche ihre Enzyme in das Getreide schicken und einen raschen Abbau der kostbaren Stoffe veranlassen, von welchen die Keimfähigkeit des Getreides abhängt. Daraus ergibt sich die zweite Folgerung:

Man sollte jedes Getreide möglichst trocken und kühl aufbewahren.

1) 1 kg Getreide von 14—15 pCt. Wassergehalt entwickelt in 24 Stunden [1]

bei 18° C. 1,4 mg CO₂

» 30° » 7,5 » »

» 40° » 20—40 » »

» 52° » 249 » »

1 kg Getreide von 11 pCt. Wassergehalt entwickelt in 24 Stunden

bei 18° C. 0,35 mg CO₂

1 kg Getreide von 14—15 pCt. Wassergehalt entwickelt in 24 Stunden

bei 18° C. 1,4 mg CO₂

1 kg Getreide von 19,6 pCt. Wassergehalt entwickelt in 24 Stunden

bei 18° C. 123 mg CO₂

1 kg Getreide von 20,5 pCt. Wassergehalt entwickelt in 24 Stunden

bei 18° C. 359 mg CO₂

1 kg Getreide von 30 pCt. Wassergehalt entwickelt in 24 Stunden

bei 18° C. etwa 2000 mg CO₂.

Der Frosch erzeugt ziemlich genau ebenso viel Kohlensäure auf 1 kg Gewicht umgerechnet wie ein Getreide mit 30 pCt. Wassergehalt, während der Mensch ungefähr 7—8mal so viel erzeugt.

3. Die Brauereien sind recht wohl in der Lage, das Getreide auf ihren Darren zu trocknen.

Vielfach geschieht dies auch, indem man nach Beendigung der Mälzereikampagne das nicht vermälzte Getreide über die Darre gehen und bis zur nächsten Kampagne lagern lässt. In England und in Norwegen hat man mit dieser Massregel gute Ergebnisse erzielt. In Deutschland hat sie dagegen nur wenig Eingang gefunden, weil man die unberechtigte Meinung hegte, dass der geringe Wasserüberschuss keinen Einfluss habe.

Wir können ein Getreide in Wasser schütten, wovon es auf der Stelle 20 pCt. und mehr aufnimmt. Wird es dann einem sorgfältigen Trocknungsprozess unterworfen, dann wird seine Keimfähigkeit nicht im mindesten gelitten haben.

Lässt man aber wenig Wasser, wenig Sauerstoff und wenig Schimmel lange Zeit auf das Getreide einwirken, dann wird es um so mehr geschädigt, je länger die Einwirkungen dauern.

Daraus würde sich ergeben, dass die Brauereien gut tun, das Getreide zu trocknen, wenn es auch nur wenige Procente Wasserüberschuss aufweist. Hat man die Trocknung sorgfältig durchgeführt und später alle notwendigen Vorsichtsmassregeln angewendet, dann wird das Getreide in der nächsten Kampagne sicher eine gute Keimfähigkeit aufweisen.

Die Darren besitzen eine gut leitende metallene Unterlage, daher kann das Getreide nicht hoch erhitzt werden. Man wird sich begnügen müssen, ihm Temperaturen von 50° C. mitzuteilen.

Den anzustrebenden Feuchtigkeitsgehalt im Getreide können wir mit 12 pCt. festsetzen. Es ist ausserordentlich selten, dass ein Getreide weniger enthält, weil es bei unserem Klima stets bestrebt ist, je nach den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft sich auf 13—16 pCt. Wassergehalt einzustellen, und nur das Fernhalten des Luftwechsels kann die Wasseraufnahme hindern.

4. Ein Umstand ist bis jetzt bei der Getreidelagerung in Brauereien, so viel mir bekannt, nicht berücksichtigt worden und der wahrscheinlich nicht unwesentlich ist. An vielen Stellen in der Brauerei werden nämlich Wasserdämpfe in grossen Mengen entwickelt, z. B. im Sudhause, bei der Rieselkühlung, im Gärkeller usw. Alle diese Wasserdämpfe schwängern die Luft und, was noch viel wichtiger ist, das Mauerwerk

mit Feuchtigkeit. Durch Diffusion oder durch Luftströmungen wandert die Feuchtigkeit an entferntere Stellen. Lagert hier Getreide, so nimmt dieses aus der Luft, vom Fussboden oder von den Wänden die Feuchtigkeit auf, wodurch eine weitere Hinzuwanderung derselben stattfindet [2].

Ohne genauere Untersuchung lässt sich nicht feststellen, wie gross der Einfluss dieser Feuchtigkeit ist. Ich möchte aber darauf hinweisen, dass in nicht ausgetrockneten Getreidespeichern nur durch die Ausserachtlassung dieses Umstandes Tausende von Zentnern Getreide zur Selbsterwärmung kamen und völlig vernichtet wurden.

Man wird daher bei der Anlage von Speicherräumen darauf zu achten haben, dass diese von der eigentlichen Brauerei entfernt liegen und dass auch womöglich die durchschnittliche Windrichtung berücksichtigt wird.

5. Die Brauereien sollen das Trocknen des Getreides nicht erst vornehmen, wenn die Mälzereikampagne beendet ist, sondern das Getreide müsste sofort beim Eintritt in die Brauerei diesem Prozess unterworfen werden.

Ein sehr wichtiger Vorgang ist die Kühlung des getrockneten Getreides und diese ist gerade im Spätsommer in der wünschenswerten Weise nicht zu erreichen, während sie im Frühjahr, wo die Kälte noch oft recht fühlbar auftritt, leicht durchzuführen ist.

Sobald die Temperatur wärmer wird, ist es zweckmässig, die Kühlung des Getreides in der Nacht vorzunehmen.

Ich habe bereits darauf hingewiesen [3], dass die Umarbeitung und besonders die Rieselung des Getreides in einer sternklaren kalten Nacht die beste Massregel ist, welche man bei muffigem und feuchtem Getreide vornehmen kann.

Von den Auseinandersetzungen der erwähnten Schrift wollen wir nur die folgende Regel erwähnen.

»Wenn die Aussentemperatur höher ist als die Temperatur des Getreides, denn schliesse man die Fenster, weil die warme Luft in der Regel einen höheren absoluten Feuchtigkeitsgehalt aufweist. Da nun in der Nacht niedrigere Temperaturen vorherrschen, so ergibt sich, dass man in der Regel die Fenster in der Nacht öffnen, am Tage dagegen schliessen wird.

In bezug auf die Nachtfeuchtigkeit braucht man nicht sehr

ängstlich zu sein. Der relative Feuchtigkeitsgehalt ist zwar meistens hoch, so dass leicht Nebel entstehen. Dagegen ist der wirkliche Feuchtigkeitsgehalt um so geringer, je kälter die Luft ist. Kommt eine derartige Luft mit wärmerem Getreide in Berührung, dann erwärmt sie sich an ihm und vermag noch Feuchtigkeit aufzunehmen.

6. Am sichersten arbeitet man mit Hilfe eines Feuchtigkeitsmessers, welcher angibt, ob die den Speicher durchziehende Luft Wasser annimmt oder abgibt. Will man diese nicht verwenden, so muss man bei der Umarbeitung, wenigstens die Thermometer zu Hilfe nehmen und nur umarbeiten, wenn die Aussenluft kälter ist als das Getreide. Eine Umarbeitung, welche nicht zu einer Temperaturerniedrigung im Getreide führt, ist mindestens zwecklos, wahrscheinlich aber meist schädlich, weil an Stelle der abgegebenen Kohlensäure Sauerstoff aufgenommen und dadurch die Atmung befördert wird.

Zur Messung der Temperatur im Getreidehaufen ist es nicht immer erforderlich, besonders lange Thermometer zu gebrauchen, weil nämlich bei den auftretenden Selbsterwärmungen, wie Dr. Marienhagen gefunden hat, die Wärme nach oben steigt, so dass nicht etwa in der Mitte des Haufens die höchsten Temperaturen bemerkt werden, sondern in $\frac{1}{2}$ oder gar nur in $\frac{1}{4} m$ Tiefe, von der Oberfläche des Getreides ab gemessen.

Man verwendet zweckmässig sogenannte Hopfenthermometer, welche etwa bis zur Skala in das Getreide eingeführt werden. Die Beobachtungen über die Wärmeverteilung in den Getreidehaufen erstrecken sich allerdings nur auf wenige Fälle, daher ist der Sicherheit wegen auch mit einem langen Thermometer hin und wieder die Temperatur an tieferen Stellen des Getreidehaufens zu untersuchen.

Bei Siloschächten ist die Methode der Temperaturmessung noch schwerfällig und nicht endgültig durchgearbeitet. Vorläufig tut man am besten, die Temperatur von oben mit möglichst langen Thermometern zu messen, welche aber oben sicher zu befestigen sind. Die Ablesung muss mindestens wöchentlich geschehen [4].

7. Nach allen diesen Auseinandersetzungen gestatte ich mir, den Brauereien folgenden Vorschlag zu machen:

Man zerlege einen grösseren Posten Getreide in drei Teile, von welchen der kleinste aber mindestens 250 Ztr. aufweisen muss.

Der eine Teil möge genau so übersommern, unter denselben Be-

dingungen gelagert werden, wie man es bisher gewöhnt war, d. h. man breite das Getreide aus, arbeite es möglichst häufig um, öffne die Fenster am Tage und schliesse sie in der Nacht.

Ein zweiter Teil möge über die Darre gehen und nur in der Nacht, und zwar zwischen 12 und 6 Uhr, umgearbeitet und gekühlt werden, während er am Tage völlig unberührt und von der Tagesluft abgeschlossen bleibt.

Die unter 4. gemachten Bemerkungen sind hier zu berücksichtigen.

Die Lagerung der eben erwähnten Posten soll auf einem Boden erfolgen. Der dritte Teil des Getreides soll dagegen beim Einkauf über die Darre gehen und nach besonders guter Kühlung in einem eisernen Siloschacht aufbewahrt werden.

Dieser Posten ist nicht eher anzurühren, als bis er zur endgültigen Verwendung kommt. Wie oben bemerkt, muss die Temperatur des Getreides von Woche zu Woche mit einem langen Thermometer gemessen werden. War das Getreide gut getrocknet und gekühlt, dann werden seine Temperaturschwankungen denjenigen der Aussenluft stets aber sehr langsam nachfolgen.

Diejenigen Brauereien, welche die vorgeschlagenen sehr wichtigen Versuche anstellen wollen, werden gebeten, uns hierüber freundlichst Mitteilung zu machen.

Nachträge.

1. Man vergl. Stück 23: Über die Atmung der Getreidekörner.
2. Dem Verfasser ist der Einwurf gemacht worden, dass die Luft auf den Malz- und Getreideböden sehr trocken ist, daher eine Gefahr für das Getreide nicht vorhanden sei. Diese Auffassung ist nicht zutreffend. Die Luft auf den Malzböden ist deshalb trocken, weil das Malz mit grosser Begierde die ihm gebotene Feuchtigkeit aufnimmt.
3. Man vergl. den vorhergehenden Aufsatz.
4. Man vergl. Stück 24.

35. Verhandlungen des ständigen Ausschusses des Deutschen Landwirtschaftsrates über die Mahl- und Backfähigkeit in- und ausländischen Getreides am 11. und 12. Juni 1902.

Korreferent Dr. J. F. Hoffmann-Berlin führt folgendes aus:

»Während es leicht ist, die Keimfähigkeit durch einen einfachen Laboratoriumsversuch sicher zu bestimmen, ist man in bezug auf die Backfähigkeit noch sehr weit im Rückstande und zwar derartig, dass es nötig ist, wie Herr Professor Fischer es getan hat, zunftgemässe Backversuche anzustellen, um ein richtiges Bild von der Backfähigkeit eines Getreides zu erlangen. Derartige Bestimmungen sind natürlich für die laufende Prüfung von Getreide und Mehl durchaus undurchführbar.

Die ausserordentliche Wichtigkeit des Gegenstandes ist die Veranlassung gewesen, dass man versucht hat, einfache Methoden der Backfähigkeitsbestimmung für das Laboratorium zu finden.

Zahlreiche Methoden sind bereits vorgeschlagen worden, welche aus sehr rohen und ungenauen Anfängen sich allmählich in kleinen Schritten besserten und gegenwärtig bereits eine ziemlich angenäherte Bestimmung gestatten. Allerdings erreichen sie noch lange nicht das, was als Ziel betrachtet werden muss.

Die gebräuchlichsten Methoden sind kritisch zusammengestellt in der Arbeit von Dr. Georg Hamann: »Über die Backfähigkeit des Weizenmehles und ihre Bestimmung.«

Die Methode von Kreuzler, gegenwärtig die verbreitetste und beste, wird natürlich eingehend geschildert, und es wird gezeigt, dass auch sie nicht den Ansprüchen genügt.

Fleurant sieht das im Mehl und im Getreide vorhandene Gliadin als denjenigen Stoff an, welcher für die Backfähigkeit massgebend ist. Er hält aber auch einen andern Stoff, das Glutenin, für notwendig und meint, dass ein Verhältnis von Gliadin zu Glutenin wie 3 zu 1 die beste Backfähigkeit liefere.

Haman hat diese chemische Methode verbessert und glaubt, dass die Backfähigkeit durch seine Methode mit grösserer Zuverlässigkeit zu bestimmen sei, als nach der Methode von Kreuzler.

Es liegen aber noch keine Vergleiche zunftgemässer Backversuche vor, welche die Schlussfolgerungen Hamanns bestätigen.

Was nun meine eigenen Anschauungen über diesen Gegenstand anbetrifft, so möchte ich von vornherein bemerken, dass ich dem wechselnden Wassergehalt einen sehr massgebenden Einfluss zuschreibe. Von der Aussaat bis zur Ernte, dann während der Lagerungszeit bis zur Brotbereitung wechselt dieser beständig und beeinflusst dauernd die Eigenschaften der empfindlichen Stoffe, insbesondere der Enzyme, jener Körper, die erst in neuerer Zeit durch Geheimrat Delbrück eingehender in den Bereich der Forschungen gezogen sind und die den physiologischen Zustand des Getreidekornes bedingen.

Zum Brotbacken und zum Erreichen einer guten Keimung hat das Getreide Wasser in reichem Masse unbedingt nötig. Wo es aber darauf ankommt, ein Getreide zu lagern und seine kostbaren Eigenschaften zu erhalten, da muss es möglichst fern gehalten werden. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet ist das Wasser der grösste Feind des Getreides.

Der schädigende Einfluss des Wasserüberschusses auf die Keimfähigkeit ist längst bekannt und die Erfahrungen, welche ich in der Praxis hierüber sammelte, führten mich auf die Vermutung, dass auch die Backfähigkeit in ähnlicher Weise geschädigt würde.

Bei der Backfähigkeit des Mehles sind zwei Gesichtspunkte zu beachten. Einmal muss das Mehl eine gute Wasseraufnahmefähigkeit besitzen. Zweitens muss der Teig in aufgegangenem Zustande eine gewisse Steifigkeit aufweisen, damit er nach dem Austreten der Kohlensäure und nach dem Verdampfen des Wassers und des Alkohols nicht sogleich zusammenklappt.

Beide Eigenschaften haben ihren Ursprung in der Beschaffenheit der Eiweissstoffe.

Man hat bemerkt, dass alte Mehle im allgemeinen eine bessere Backfähigkeit besitzen als frische, und das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Eiweissstoffe im Laufe der Zeit sogenannte Kondensationen bilden. Diese kondensierten Stoffe besitzen vermutlich eine grössere Wasseraufnahmefähigkeit und eine grössere Steifigkeit als die weniger kondensierten Stoffe.

Die Gegenwart des Wassers verhindert diese Kondensation und damit auch die Verbesserung der Backfähigkeit.

Andererseits aber sind im Korn die vorher erwähnten Enzyme vorhanden, welche bei Gegenwart des Wassers ihre zerstörende Wirksamkeit entfalten können, indem sie die kondensierten Stoffe abbauen, zerlegen und somit die Backfähigkeit herabsetzen. Durch die Zerstörung der Stoffe entsteht aber wiederum einerseits Wasser, andererseits Vermehrung der Enzyme, welche die Schädigung vergrössern. Falls sich die eben geäusserte Anschauung bestätigen sollte, dann wäre der schädigende Einfluss des Wassers ohne weiteres verständlich.

Aber die Schädigung erfolgt nicht sofort, sondern sie gebraucht Zeit, denn sie steht vermutlich in einem gewissen Zusammenhange mit der Atmung.

Jedes Getreide atmet, d. h. unter Bildung von Wasser- und Kohlensäure wird Material zerstört, und zwar um so mehr, je wärmer das Getreide lagert und je mehr Feuchtigkeit es besitzt.

Die Atmung eines trockenen Getreides bei 10° C. ist sehr gering. Erhöht man die Temperatur bis auf 30° C., dann verstärkt sie sich auf das 40—50fache.

Wenn also in einer Tonne Getreide bei 10° C. in einem Tage 1 g Stoff zerstört wird, dann wird bei 30° C. etwa 40—50 g Material verbrannt. Die Steigerung der Stoffzerstörung durch Temperaturerhöhung ist also ziemlich bedeutend, wenn auch absolut genommen, dem Gewichte nach, gering.

Weit auffallender wird die Atmung durch das Wasser beeinflusst. Ein trockenes Getreide hat vielleicht 12 pCt. Wasser. Erhöht sich der Wassergehalt auf 30 pCt., wie es an einzelnen Stellen eines warm werdenden Getreidehaufens häufig geschieht, dann wächst die Atmung um das 200fache, d. h. an einem einzigen Tage können pro Tonne 2 kg Substanz zerstört werden.

Wir sehen also, welch ungeheueren Einfluss die Erhöhung des Wassergehaltes hat.

Wir können Getreide in Wasser werfen, wovon es in wenigen Minuten grosse Mengen aufnimmt. Unterwerfen wir es sofort einem sorgfältigen Trocknungsprozess, dann wird seine Backfähigkeit nicht gelitten haben; lassen wir dagegen wenig Wasser lange Zeit auf das Getreide einwirken, wie es z. B. bei Feimen geschieht, die bei feuchter Witterung auf dem Felde stehen, dann verliert das Getreide durch die Atmung einen bestimmten Teil seines Gewichtes an Trockensubstanz.

Dieser Verlust ist dem Besitzer des Getreides natürlich nicht angenehm. Er hat aber eine geringe Bedeutung gegenüber dem viel grösseren Schaden, der durch die Schädigung der wertvollen Eigenschaften des Getreides auftritt.

Man hat die Backfähigkeit der Mehle im Laboratorium dadurch feststellen wollen, dass man ihre Wasseraufnahmefähigkeit bestimmte. Hierbei ergab sich aber keine einfache Beziehung. Denn man fand, dass ein gutbackendes Mehl mitunter pro 100 g weniger Wasser aufnahm als ein schlechter backendes.

Aus diesem Grunde legte man dem Wasseraufnahmevermögen keine besondere Bedeutung bei.

Über die Änderung des Wasseraufnahmevermögens habe ich im Laboratorium einige Versuche angestellt, indem ich Mehl mit feuchter Luft in Berührung brachte. Es wurde beobachtet, dass die Wasseraufnahmefähigkeit eines Mehles sich um so mehr verringerte, je länger es sich in der feuchten Atmosphäre befand. Natürlich wurde das Wasser, welches vom Mehl aus der feuchten Luft aufgenommen worden war, gebührend berücksichtigt.

Der ganze Vorgang lässt keine andere Erklärung zu, als dass durch die Gegenwart der feuchten Luft die Eiweissstoffe und die Enzyme eine ungünstige Änderung erlitten hatten.

Die bei diesen Versuchsanstellungen erhaltenen Ergebnisse erschienen mir bemerkenswert, so dass ich versuchen will, auf diesem Wege eine Methode zur Bestimmung der Backfähigkeit auszuarbeiten. Selbstverständlich lässt sich eine so schwierige Angelegenheit nur dann mit Erfolg in Angriff nehmen, wenn man in der Lage ist, die angewendete Methode mit Versuchen in der Praxis beständig zu vergleichen.

Schon diese wenigen Andeutungen bezüglich der Wasserwirkung ergeben die Notwendigkeit, sowohl Getreide, als auch Mehl nicht nur von Regen, sondern auch von feuchter Luft fernzuhalten.

Nach diesen Ausführungen ist es leicht verständlich, warum ich in meinen Veröffentlichungen stets darauf hingewiesen habe, dass die Trocknung von Getreide im weitesten Umfange für die deutsche Landwirtschaft eine sehr segensreiche Massregel sein würde.

Besonders wertvoll sind für uns die Erfahrungen, welche in dieser

Beziehung in Russland gesammelt worden sind.¹⁾ Wie mir von einem russischen Grossgrundbesitzer mitgeteilt wurde, wird in Nordrussland jedes Getreide getrocknet, auch das Saatgetreide. Es wird nicht nur das feuchte Getreide getrocknet, sondern auch das trockene. Finnland, dessen feuchtes Klima schon durch die zahllosen Seen gekennzeichnet wird, sendet grosse Mengen Weizen zur Ausaat nach Schweden, obgleich es ein viel schlechteres Aussehen hat, als das schwedische Getreide. Man glaubt hier, dass in Finnland besonders gute Sorten gezüchtet werden. Dieses ist aber durchaus nicht der Fall, sondern nur die Trocknung hat das finnländische Getreide in diesen guten Ruf gebracht.²⁾

Die Erfahrungen, welche man in bezug auf die Getreidetrocknung in Russland gesammelt hat, reden eine so deutliche Sprache, dass man es dort nicht begreift, warum eine sonst so einsichtsvolle Bevölkerung wie die Deutschen, sich jährlich viele Millionen Verluste gefallen lassen, welche sie durch Anwendung von Trockenapparaten vermeiden könnten.

In Müllereikreisen habe ich in bezug auf die hier behandelten Fragen grosse Aufmerksamkeit, andererseits aber auch den grössten Widerspruch gegen meine Schlussfolgerungen gefunden. So wurde z. B. behauptet, dass die Trocknungsfrage für die Müllerei ohne Bedeutung wäre, denn das Getreide müsse vor dem Mahlprozess doch gewaschen werden.

Diese Auffassung ist falsch, denn die Müller gebrauchen gerade trockenes Getreide, auch wenn wir zunächst nur den Mahlprozess im Auge behalten werden. Das Waschen soll nicht allein die Verunreinigungen vom Korn fortschaffen, sondern es soll auch dazu dienen, die

1) Es ist bekannt, wie ausserordentlich feucht das Klima der russischen Ostseeprovinzen ist. Nicht nur tage-, sondern wochenlang rieselt es vom Himmel, ohne dass es zu einem kräftigen Niederschlage kommt. In früheren Zeiten waren die Verhältnisse derartig, dass man jede zweite Ernte als verloren betrachten musste.

Dieser verhängnisvolle Zustand hat sich im Laufe der Zeit wesentlich gebessert und zwar durch die sich mehr und mehr einbürgernde Gewohnheit, das Getreide zu trocknen.

2) Es wird häufig darüber geklagt, dass das schlecht aussehende russische Getreide vor dem viel besser aussehenden deutschen Getreide bevorzugt wird. Die Erklärung liegt nahe, dass das russische Getreide durch den Trocknungsprozess zusammengeschrumpft und dadurch, selbst bei gleichem Reinigungszustande, ein schlechtes Aussehen erhält.

Schale des Kornes zu lockern, damit deren Entfernung vom Mehlkörper erleichtert wird.

Wollte der Müller naturfeuchtes Getreide verwenden, welches an und für sich schon einen weichen Mehlkörper hat, dann würde dieses durch den Waschprozess noch weicher werden, und es könnte ein Verschmieren der Walzen und Steine erfolgen.

Weit wichtiger als dieses ist aber der Umstand, dass die im Getreide überschüssige Feuchtigkeit, wie ich bereits bemerkt habe, die Backfähigkeit langsam aber sicher herabgesetzt.

Und nicht genug damit. Im feuchten Getreide bilden sich durch den Einfluss der Feuchtigkeit im Laufe der Zeit eine Menge von Enzymen.

Wird nun ein solches Getreide mit trockenem Getreide vermischt und vermahlen, dann verteilt sich die gesamte Enzymmasse auch im guten Getreide und kann sofort ihre zerstörende Tätigkeit entfalten. Die Einwirkung ist eine viel stärkere, als wenn wir das trockene Getreide nur mit reinem Wasser versetzt hätten, weil nämlich in diesem letzteren Falle die wirkenden Enzyme sich mit Hilfe des Wassers erst bilden müssen und dieser Vorgang geht nur langsam vor sich.

Dieser neueste Gesichtspunkt wird vielleicht eine Erklärung dafür liefern, dass man einem schlechten Getreide eine verhältnismässig so bedeutende Menge guten Getreides zumischen muss, damit seine Backfähigkeit genügend ist.

In welcher Weise die Backfähigkeit durch den Trockenprozess beeinflusst wird, möchte ich an einem Falle aus der Praxis zeigen, der mir aus Müllereikreisen mitgeteilt wurde.

Ein Besitzer war beständiger Lieferant einer Mühle. In einem feuchten Jahre gab das aus seinem Getreide gewonnene Mehl eine so schlechte Backfähigkeit, dass die Lieferungen beanstandet wurden. Der Besitzer wusste sich nicht anders zu helfen, als dadurch, dass er sämtliches Getreide auf einem in seiner Nähe befindlichen Apparat trocknen liess, und siehe da, die Mühle machte ihm die erfreuliche Mitteilung, dass er noch niemals Getreide von so guter Backfähigkeit geliefert habe. Wenn wir dieses Verhalten des Getreides mit der merkwürdigen Tatsache in Zusammenhang bringen, dass der Bäcker alte Semmeln wieder aufzufrischen vermag, indem er sie in den Ofen schiebt, weil sie dadurch nachträglich wieder wasseraufnahmefähig werden, so werden wir

ohne Zwang auf die Vermutung geführt, dass hier ein innerer Zusammenhang besteht, und wir werden weiter geradezu darauf hingewiesen, dasjenige Getreide zu trocknen, welches Backzwecken dienen soll.

Die Backfähigkeit ist der Anfang und das Ende des Müllers. Daher wird dieses Gewerbe allen Bestrebungen die grösste Aufmerksamkeit zollen müssen, welche darauf hinzielen, die Backfähigkeit des Mehles zu erhöhen, und daraus folgt wieder, dass auch dem Müller die Verbesserung der Getreidetrockner sehr am Herzen liegen muss.

Die Anwendung der Trockner wird auch das Verhältnis zwischen dem Müller und dem Landwirte bedeutend verbessern, weil dann die Klagen des ersteren über die Kleberarmut des deutschen Getreides auch in feuchten Jahren nicht mehr auftreten können und weil dann die Behauptung, die Einfuhr ausländischen Getreides sei wegen der Verbesserung der Backfähigkeit des deutschen notwendig, jede Berechtigung verliert.

Ich wende mich nun zu der Frage, ob und inwieweit unter normalen Umständen die ausländischen Getreidesorten besser für die Brotbereitung geeignet sind, als die einheimischen. In dieser Angelegenheit habe ich bereits durch eine kleine Notiz in der deutschen landwirtschaftlichen Presse Stellung genommen.

Die Legende, dass ausländisches Getreide unter allen Umständen eingeführt werden müsse, weil die Backfähigkeit des deutschen Getreides für die Brotbereitung nicht genüge, ist von Herrn Professor Fischer verdientermassen zerstört worden, und damit hat er der deutschen Landwirtschaft einen ausserordentlich wichtigen Dienst erwiesen.

Herr Professor Fischer gelangte, wie wir wissen, zu dem Ergebnis, dass die inländischen Weizen ebenso gute, unter Umständen eine bessere Backfähigkeit besitzen, wie die ausländischen.

In dieser Beziehung möchte ich mir eine Klarstellung erlauben. Das für die Backversuche des Herrn Professor Fischer, ferner für die darauffolgenden des Herrn Geheimrat Wittmack verwendete Getreide stammte aus einem für Deutschland ausserordentlich günstigen Erntejahre, und dann hatte es Gelegenheit, während eines noch trockneren darauf folgenden Lagerjahres jene Enzyme und durch Kondensation jene Eiweissstoffe zu bilden, welche für die Backfähigkeit massgebend

sind, oder anders ausgedrückt, es war kein Wasserüberschuss vorhanden, welcher die Backfähigkeit beeinträchtigen konnte.¹⁾

Im allgemeinen haben wir ein feuchteres Klima, als es weiter im Innern der Kontinente herrscht. Gerade aus jenen Gegenden erhalten wir Getreide und dieses muss nach den vorhergehenden Ausführungen im allgemeinen eine bessere Backfähigkeit besitzen, als der Weizen, welcher bei unserem feuchten Klima im Durchschnitt gewonnen wird.

Ferner ist zu beachten, dass die eingeführten Getreidemassen stets trocken sein müssen. Denn wollte man feuchte Ernten einführen, so würden diese auf dem Wege zu uns verderben und für Backzwecke unbrauchbar werden.

1) In der Sitzung, in welcher dieser Vortrag gehalten wurde, bemerkte einer der anwesenden Herren, dass ein von ihm gelieferter Getreideposten, der für die zunftmässigen Backversuche verwendet wurde und eine gute Backfähigkeit ergeben hatte, nass gewesen sei und auch beim Transport nicht Gelegenheit gehabt habe auszutrocknen. Ich möchte hierzu bemerken, dass man bezüglich des Wasserüberschusses im Getreide und seine Wirkung grossen Täuschungen unterworfen ist. Wie im Vortrage ausgeführt wurde, ist es weniger gefährlich, wenn ein Getreide kurze Zeit sehr nass ist, als wenn es lange Zeit einen verhältnismässig geringen Wasserüberschuss aufweist.

Ferner kommt es darauf an, in welcher Periode des Wachstums und der Lagerungszeit, ferner bei welchem Zustande des Getreidekornes der Wasserüberschuss auftritt.

Andererseits ist aber ohne weiteres zuzugeben, dass es Weizensorten geben kann, welche eine ungewöhnlich lange Einwirkung des Wassers ohne wesentliche Schädigung der Backfähigkeit zu ertragen vermögen. Diese Wahrscheinlichkeit ist um so eher gegeben, als ja die Roggensorten gegen Wasser eine viel grössere Widerstandsfähigkeit besitzen als die Weizensorten.

Vielleicht ist in dem betreffenden Falle gerade die richtige Sorte angebaut, vielleicht steht gerade der geeignete Boden zur Verfügung, vielleicht findet gerade eine passende Art der Düngung statt usw., so dass durch den Einfluss dieser Umstände ein gegen Feuchtigkeitsüberschuss recht widerstandsfähiges Material gewonnen wird.

Hier wäre in der Tat ein bestimmter Angriffspunkt geboten, wo die wissenschaftliche Forschung mit Erfolg einsetzen kann, wo sich die Behandlungsart festsetzen lässt, wodurch man in der Lage ist einen Weizen zu erhalten, der auch in feuchten Jahren seine Backfähigkeit nicht einbüsst.

Im übrigen ist der mitgeteilte Fall, dessen Wichtigkeit wir eben beleuchtet haben, ohne Einfluss auf den hier vertretenen Standpunkt, dass der Wasserüberschuss die Backfähigkeit schädigt, und dass die durchschnittlich gute Backfähigkeit des deutschen Getreides in den letzten Jahren zum grossen Teil auf die Trockenheit der betrachteten Periode zurückzuführen ist.

In Nordamerika hat man in den Getreideausfuhrhäfen Inspektionen eingerichtet, welche dafür sorgen, dass kein feuchtes Getreide verladen wird. Es sind infolgedessen in früheren Zeiten grosse Massen zurückgewiesen, welche dem Verderben anheimfielen. Die Amerikaner haben sich schnell zu helfen gewusst. Es sind Trockenapparate von riesigen Grössenverhältnissen eingerichtet worden, und das Getreide, welches für den Transport nach Europa nicht geeignet erscheint, wird vorher getrocknet.

Ferner hat Hamann auf den Umstand hingewiesen, dass ausländisches Getreide erst später zur Vermahlung gelangt, als das einheimische, dass jenes also unserer Ansicht nach Zeit hatte, die Kondensation der Stoffe durchzumachen, von welcher, wie ich vorher erwähnte, die Backfähigkeit abhängt, und die wir wohl in der Lage sind, durch den Trockenprozess zu beschleunigen.

Aus alledem scheint hervorzugehen, dass verschiedene berechtigte Gründe vorhanden sind, welche das Urteil des Müllers zu Ungunsten des deutschen Getreides beeinflusst haben und die nach verschiedenen Richtungen hin erforderlichen Versuchsanstellungen müssten klar legen, ob und inwieweit die hier niedergelegten Gesichtspunkte Geltung behalten bezw. Verwendung besitzen.

Es kommt aber auch vor, dass ausländisches Getreide eine schlechte Backfähigkeit besitzt. Gerade in diesem Jahre (1902) sind solche Weizen häufig eingeführt worden, und dieser wird von den Müllern mit der sehr merkwürdigen Begründung benutzt, dass die einheimischen Getreidesorten in diesem Jahre eine zu grosse Backfähigkeit ergeben.

Es verlohnt sich wohl, den Gründen dieser sonderbaren Erscheinung nachzugehen.

Ich habe vorher erwähnt, dass das Ausland nur trockenes Getreide verfrachten kann, damit es unterwegs nicht verdirbt. Wenn wir trotzdem vom Auslande gegenwärtig Getreide von schlechter Backfähigkeit erhalten, so muss, meiner Meinung nach, noch ein anderer Umstand im Spiele sein. Ich habe solch schlechtbackende Weizen aus Nordamerika in den Händen gehabt; sie zeigten eine eigentümlich helle Farbe. Sofort kam ich auf die Vermutung, dass die Sorten mit schwefliger Säure behandelt worden sind, um ihnen ein besseres Aussehen zu geben, und sie besser an den Mann bezw. an den Müller bringen zu können.

Nun besitzt aber die schweflige Säure, soweit bis jetzt Erfahrungen vorliegen, eine schädliche Wirkung auf das Getreide; sowohl seine Keimfähigkeit, als auch seine Backfähigkeit wird herabgesetzt. Trotzdem werden sogar Maschinen und Trockenapparate gerade mit Rücksicht auf die Schwefelung empfohlen. Ich habe vor einiger Zeit Gelegenheit genommen, in der Zeitschrift »Die Mühle« vor dem Gebrauch geschwefelten Getreides eindringlich zu warnen.

Ich wende mich nun zu jenen Versuchsanstellungen und Untersuchungen, welche den Einfluss des Klimas in ihren Bereich gezogen haben. Schindler weist in seiner Schrift »Der Weizen in seinen Beziehungen zum Klima« eine gewisse Einwirkung nach, bemerkt aber, dass eine Änderung in der Bodenbearbeitung das Korn verändere, dass intensivere Bearbeitung es grösser aber auch stickstoffärmer mache. Während früher in Milwaukee (Wiskonsin) harte Weizen gehandelt wurden, hat man jetzt durch die Veränderung der Anbaubedingungen mehligere Weizen.

Professor Gisevius in Königsberg hat gefunden, dass dasselbe Saatgut auf verschiedenen Böden sehr verschiedene Körner in bezug auf den Stickstoffgehalt und die Glasigkeit gab, während verschiedene Weizensorten auf demselben Boden in dieser Beziehung geringere Unterschiede aufwiesen.

Professor Edler hat Versuche angestellt mit Material, welches von Anbauversuchen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft herrührte. Auch hier wurde dasselbe Ergebnis erhalten, und aus alledem wurde geschlossen, dass das Klima keinen bedeutenden Einfluss habe. Ich kann diesen Folgerungen nicht zustimmen.

Wenn in Nordamerika durch Abänderung der Anbaubedingungen das Getreide mehlig geworden ist, so beweist dieses, dass die Anbaubedingungen den Charakter des Getreides geändert haben.

Das Klima ist unter diesen Umständen als konstanter Faktor unverändert in sämtliche Versuche und Betrachtungen eingegangen. Eine Schlussfolgerung über die Einwirkung des Klimas ist aber nur dann möglich, wenn dieses geändert wird.

Wenn ferner in Königsberg und Halle ein und derselbe Weizen beim Wechsel der Anbaubedingungen grössere Verschiedenheiten in bezug auf Korngrösse und Stickstoffgehalt ergeben hat, als die Kultur verschiedener Sorten auf demselben Boden, so wäre das ein Beweis

dafür, dass die Anbaubedingungen massgebender sind, wie die Sortenauswahl. Auch in diesen Fällen ist das Klima als konstanter Faktor in die Versuchsbedingungen übergegangen und daher ist es nicht möglich, aus jenen Schlüsse auf die Einwirkung des Klimas zu ziehen. Etwas derartiges könnte nur geschehen, wenn dieser Faktor selbst abgeändert wird.

Der Gesamtfaktor »Klima« setzt sich im wesentlichen zusammen aus den drei Hauptfaktoren Licht, Wärme und Wasser. Ich bin vorläufig geneigt, dem letzteren Umstände eine besondere Wichtigkeit beizulegen. Wenn man Versuche anstellen wollte, wo unter sonst gleichen Anbaubedingungen allein die Wasserzufuhr am Boden und in der Luft geändert wird, dann würde man ein verschiedenes Ergebnis erhalten und dieses kann uns wohl von der Einwirkung des Klimas ein zwar einseitiges aber doch brauchbares Bild geben, dessen Vervollständigung durch weitere Versuche, welche die anderen Faktoren (Wärme und Licht) berücksichtigen, leicht durchzuführen ist.

Die bisherigen Auseinandersetzungen ergeben sich aus einzelnen zerstreuten und von mir gesammelten Tatsachen, welche nicht methodisch sondern meist zufällig beobachtet wurden. Den gesamten Entwicklungen haftet infolgedessen eine sehr begreifliche Unsicherheit an, welche aber gerade deswegen eindringlich auf die Notwendigkeit hinweist auf diesem Gebiete — dessen Wichtigkeit in volkswirtschaftlicher Beziehung kaum zu übertreffen ist — eingehende und von ausreichenden Hilfsmitteln unterstützte Versuche in Angriff zu nehmen.

Ich fasse meine Schlüsse wie folgt zusammen:

1. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass das deutsche Getreide im Durchschnitt eine geringere Backfähigkeit aufweist als das vom Auslande eingeführte Getreide. Diejenigen Jahre, in welchen die Backfähigkeit des deutschen Getreides gleich derjenigen des eingeführten ist, sind vermutlich günstige Ausnahmen.
2. Die Überlegenheit des ausländischen Getreides ist sehr wahrscheinlich nicht eine Folge seiner besseren Beschaffenheit an und für sich, sondern eine Folge der klimatischen Verhältnisse und der Behandlungsweise. Jedes ausländische Getreide kann seine Backfähigkeit einbüßen, wenn es längere Zeit in ungeeigneter Weise behandelt wird.

3. Es ist wahrscheinlich, dass in feuchten Jahren bei umfangreicher Anwendung von Trockenapparaten die Backfähigkeit des deutschen Getreides bedeutend besser sein wird, als ohne ihre Verwendung.
4. Es ist wahrscheinlich, dass durch die Berücksichtigung der Sortenauswahl, durch die Art der Düngung, durch den Zeitpunkt der Ernte überhaupt durch die gehörige Beachtung aller massgebenden und künstlich zu erzielenden Einflüsse die Backfähigkeit des inländischen Weizens eine Verbesserung erfahren kann.
5. Die Klärung aller bisher berührten Fragen ist nur durchführbar, wenn dauernde Einrichtungen vorhanden sind, in welchen der Einfluss
 - a) aller einzelnen Massnahmen von der Aussaat des Getreides bis zur Ernte,
 - b) der Lagerungsart des Getreides und des Mehles,
 - c) der Backmethode auf die Backfähigkeit des gewonnenen Mehles durch Mahl- und Backversuche in grossem Massstabe geprüft werden kann.

34. Beobachtungen im Versuchskornhouse und in anderen Getreidespeichern.

Vortrag im Unterrichtskursus praktischer Landwirte in Hannover 1903.

[Der grösste Teil des in diesem Vortrage enthaltenen Materials ist an anderen Stellen dieser Sammlung enthalten. Wir bringen daher von einem Autoreferat nur einige kurze Bemerkungen über Einzelheiten, welche in diesem Buche sonst keine Aufnahme gefunden hätten.]

Der Vortragende beschränkte sich bei seinen Auseinandersetzungen auf den Einfluss, den ein Wasserüberschuss auf das Getreide ausübt. Es wurde der Nachweis geliefert, dass die gesamte Getreidebehandlungsangelegenheit zunächst eine Wasserfrage ist und dass erst nach Erledigung derselben andere ebenso wichtige Fragen mit Eifer in Angriff zu nehmen sind.

Nachdem die Beobachtungen über das Beschlagen der Aussenwände von eisernen Siloschächten besprochen worden [1], fuhr Verfasser wie folgt fort:

Sowie das Getreide hat auch jedes Holz ein bestimmtes Wasserbedürfnis, welches von der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft abhängig ist. Also auch das Holz wird sich wie das Getreide mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft in einen bestimmten Gleichgewichtszustand setzen. Denken wir uns, dass die Luft trocken wird, dann gibt die Aussenwand eines hölzernen Siloschachtes Wasser an die Luft ab. Es findet dann aber eine Gleichgewichtsstörung im Holze selbst statt, indem die inneren feuchteren Teile des Holzes ihren Wassertüberschuss an die jetzt trockneren Aussenteile abgeben. Dadurch findet aber eine Gleichgewichtsstörung zwischen dem Wassergehalt des Holzes und dem des Getreides statt, welche sich dadurch auszugleichen strebt, dass die Feuchtigkeit des Getreides zum Teil in das Holz des Siloschachtes wandert. Auf diese Weise findet eine beständige Wasserwanderung aus dem Getreide durch das Holz des Silos nach aussen statt, solange als das letztere Wasser nach aussen abgibt.

Ist umgekehrt der Feuchtigkeitsgehalt der Aussenluft sehr bedeutend, dann wird das Holz zunächst Wasser aufnehmen. Dadurch findet eine Gleichgewichtsstörung statt zwischen der wasserreichen Aussenseite des Holzes und der wasserärmeren Innenseite desselben. Die Störung sucht sich auszugleichen, indem Wasser in das Innere des Holzes wandert. Hierdurch tritt aber eine Gleichgewichtsstörung zwischen dem Wassergehalt im Holze und dem Wassergehalt im Getreide auf, welche sich ebenfalls auszugleichen sucht, indem das Wasser aus dem Holz in das Getreide übergeht. Wir sehen also, dass die Feuchtigkeitsschwankungen der Luft auf das Getreide auch dann einwirken, wenn es in hölzernen Siloschächten lagert; allerdings findet die Einwirkung langsamer statt, als bei der offenen Bodenlagerung [1]. Aus alledem ergibt sich, dass es zweckmässig ist, das Getreide in eisernen Siloschächten aufzubewahren, wo es vor den Witterungseinflüssen geschützt ist. Es muss aber ausdrücklich betont werden, dass jedes Getreide nur im trockenen Zustande in dieser Form aufbewahrt werden darf. — — — — —

Im weiteren Verlaufe des Vortrages wurde die Feuchtigkeitsübertragung durch Mauerwerk erörtert und besonders darauf hin-

gewiesen, dass es sehr gefährlich ist, neue und nicht ausgetrocknete Speicher mit Getreide zu beschicken. Die Unterlassung der Austrocknung hat verhängnisvolle Selbsterwärmungen grosser Getreidemassen veranlasst.

Der Vortragende hat Gelegenheit gehabt, eine derartige Selbsterwärmung in einem Kornhause eingehend zu beobachten. Die 15 m hohen Siloschächte lagen hier in mehreren Reihen nebeneinander, so dass nach ihrer Füllung im ganzen ein Getreidewürfel von mehr als 12 m Seite entstand. Der Inhalt konnte demnach etwa 1500 cbm betragen oder, wenn wir das Gewicht des Getreides pro 1 cbm mit 800 kg annehmen, konnten 1200 Tonnen oder 24 000 Ztr. Getreide in Frage kommen.

Das aus den Siloschächten abgelassene Getreide war zunächst normal, dann bemerkte man der Reihe nach Warmwerden, Schimmelbildung, säuerlichen Geruch, später Röstgeruch und Dunkelwerden, schliesslich Schwarzwerden der Körner. Dabei wurde das Getreide so heiss, dass man es nicht in der Hand halten konnte. Übrigens lief es nur zu einem Teile aus, so dass es von oben mit Hacken und Schaufeln losgemacht und herausbefördert werden musste, eine sehr gefährliche Arbeit wegen der Entwicklung erstickender Gase.

Auf dem obersten Boden des Kornhauses lagen vielleicht 1000 Ztr. Getreide, welche auf die eben beschriebene Weise aus den Siloschächten herausbefördert worden waren und welche ganz den Eindruck eines Kohlenhaufens machten. Man befürchtete stets das Ausbrechen eines Brandes, der glücklicherweise durch Arbeiten bei Tag und Nacht vermieden wurde. Als Ursache dieser wie eine höhere Gewalt aufgetretenen Selbsterwärmung wurde gefunden, dass das Gebäude zu früh bezogen worden war. Die grossen Wassermassen des Neubaus, welche sich auf Hunderte von Zentnern belaufen haben können und welche während des vorhergehenden kalten Winters nicht verdunsteten, wurden von dem guten Getreide begierig aufgenommen und sofort begann eine verstärkte Atmung, welche Wärmeanstauungen und weitere Wasserbildung hervorrief, die wiederum die Wärmeentwicklung vermehrten.

Ferner veranlasste die aus dem Getreide freiwerdende Kohlensäure eine Umsetzung des im Mauerwerke reichlich vorhandenen Calciumhydrates in Calciumkarbonat und Wasser. Das letztere diffundierte in das Getreide und verstärkte abermals die Atmung und damit die

Wärmebildung. Die maschinelle Anlage, welche ausser anderen Zwecken dazu dienen soll, das Getreide zu lüften und zu kühlen, erwies sich dieser bedeutenden Wärmeentwicklung gegenüber als zu klein.

Bei neuen Getreidehäusern ist es daher ganz besonders wichtig, dass eine künstliche Austrocknung des Mauerwerkes erfolgt. Für diesen Zweck eignet sich in hohem Masse die Verwendung von Kokskörben und zwar nicht nur wegen der austrocknenden Wirksamkeit der hierbei auftretenden Wärme allein, sondern mehr noch aus dem Grunde, weil die entwickelte Kohlensäure in das Mauerwerk dringt, das Hydrat des Kalkes zerlegt und das Wasser befreit, welches nun entweichen kann. Im anderen Falle bleibt der Kalk auf die Kohlensäure angewiesen, die das Getreide entwickelt, und dafür gibt der Kalk dann das Wasser an das Getreide ab, wodurch die oben geschilderten gefährlichen Wirkungen auftreten. — — — — —

Nachträge.

1. Die vorstehenden Auseinandersetzungen bilden eine Ergänzung zu der entsprechenden Betrachtung über eiserne Siloschächte im Stück 27, Seite 354.

35. Welchen Einfluss haben Klima, Anbau- und Erntebedingungen auf den Enzymgehalt bezw. auf den physiologischen Zustand des Getreides?

Vortrag auf dem V. internationalen Kongress für angewandte Chemie zu Berlin am 3. Juni 1903.

Ich habe nicht die Absicht, eine Reihe von Enzymen und ihre Einwirkung auf das Getreidekorn zu besprechen. Hierzu bin ich auch gar nicht in der Lage, weil in bezug auf diesen Gegenstand nur wenig Untersuchungen vorliegen. Im Gegenteil betrachte ich es als meine Aufgabe, die Aufmerksamkeit der Fachgelehrten auf dieses ebenso wichtige als ausgedehnte Gebiet zu lenken.

Die Angelegenheit, welche ich zu besprechen gedenke, hat einen

wichtigen praktischen Hintergrund. Es handelt sich nämlich um die Frage, unter welchen Umständen das beste und für Nahrungszwecke geeignetste Getreide erlangt wird, ferner unter welchen Bedingungen die grösste Ausbeute zu erzielen ist.

Die ungewöhnliche Bedeutung dieser Angelegenheit leuchtet ohne weiteres ein, und man hat sich schon oft die Frage vorgelegt, wie es wohl kommen mag, dass unser einheimisches Getreide vielfach minderwertig ist und durch ausländisches Getreide ersetzt bezw. ergänzt werden muss.

Damit wir die Ursache dieser auffallenden Erscheinung begreifen können, müssen die Umsetzungen innerhalb des Getreidekornes ins Auge gefasst werden.

Das Getreidekorn ist ein lebender Körper, daher finden in ihm auch jene Vorgänge statt, deren Auftreten man als kennzeichnend für alle Lebenserscheinungen betrachtet, und welche man physiologische Vorgänge nennt. Die letzteren haben wir als Verwickelungen von physikalischen Zustandsänderungen und chemischen Umsetzungen anzusehen. Sie gewinnen erst dann den Eindruck von Lebenserscheinungen, wenn sie sich in einem geeigneten Gewebe abspielen. Das Gewebe wiederum unterliegt ebenfalls verschiedenen Veränderungen. Zunächst bemerkt man, dass ein Teil desselben dem Stoffwechsel unterworfen ist. Auch die übrigen, bleibend organisierten Teile sind nicht unveränderlich, sondern sie unterliegen einer beständig fortschreitenden chemischen Kondensation, die bei einzelnen Teilen des Kornes weitergeht als bei anderen und durch äussere Einwirkungen, z. B. Temperatur und Wassergehalt, wesentlich beeinflusst wird. Im allgemeinen findet man, dass die Gewebsteile um so weniger veränderlich sind, durch chemische Einwirkung sich um so schwerer abbauen lassen, je älter sie sind, je längere Zeit ihnen also geboten wurde, Kondensationen zu bilden.

Der Stoffwechsel im Getreide beginnt sich schon während des Wachstums der Pflanze nach bestimmten Richtungen hin auszubilden, indem bei den Stoffwanderungen gewisse Wege geschaffen werden, deren Grösse und Form gerade von diesen Stoffen abhängt. Diese Wege sind von einer überaus grossen Feinheit, wodurch entsprechend grosse kapillare Wirkungen auftreten müssen. Nach Rodewalds Versuchen und Berechnungen soll die Wasseraufnahme in Stärke Drucke von

mehreren tausend Atmosphären verursachen. Da nun das Getreide zu drei Viertel seiner Trockensubstanz aus Stärke besteht, so haben wir jedenfalls auch hier mit sehr hohen Drucken zu rechnen. Die osmotischen Vorgänge werden dadurch zweifellos beeinflusst, so dass der Stoffumsatz an den verschiedenen Orten des Kornes, je nach der Grösse der Drucke, zahllose Wechselwirkungen zeigen wird.

Rothmund hat Versuche angestellt, um den Einfluss verschiedener Drucke bei enzymatischen Vorgängen festzustellen; es wurden solche von mehreren hundert Atmosphären angewendet. Dabei stellte sich heraus, dass der Einfluss des Druckes nur sehr geringfügig ist, dass er ausserdem die Umsetzungen bald begünstigt, bald verzögert. Die betreffenden Versuche sind aber mit Lösungen ausgeführt, während in unserem Falle Flüssigkeiten in Frage kommen, welche sich in Berührung mit auflösbaren festen Körpern befinden und deren Bestandteile, je nach dem Wassergehalt, eine Abscheidung erleiden oder sich vermehren. Hiermit stehen die osmotischen Vorgänge im engsten Zusammenhange, welche wiederum ihrerseits den Stoffwechsel wesentlich beeinflussen. Beachtet man ausserdem, dass im Korn Gase vorhanden sind, welche sich jedenfalls teilweise im gelösten Zustande, teilweise in loser Verbindung mit festen Körpern befinden, dann dürfte wohl kaum der Einfluss eines höheren Druckes zu bezweifeln sein.

Wir finden also scheinbar eine so hochgradige Verworrenheit im Laboratorium des Getreidekornes, dass es uns tatsächlich nicht wundernehmen darf, wenn die Naturforscher bisher immer daran zweifelten, jemals einen klaren Einblick in dieses Getriebe erlangen zu können. Heute brauchen wir nicht mehr so mutlos vor diesen Rätseln zu stehen. Denn die Enzymforschung bietet in Verbindung mit der physikalischen Chemie neue Gesichtspunkte, welche die geheimnisvollen Lebensvorgänge bereits erkennen lassen, wenn auch vorläufig erst nur in grossen Umrissen.

Die Erscheinungen im keimenden Getreidekorn können wir als eine Arbeitsleistung auffassen, indem Stoffe an der einen Stelle abgebaut, an einen anderen Ort geführt und hier wieder aufgebaut werden. Dieser Vorgang lässt sich unter dem Mikroskope direkt beobachten: Man findet, dass Stärkekörnchen an einer Stelle verschwinden und an anderen Stellen wieder erscheinen.

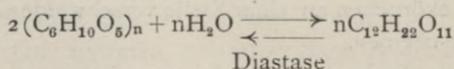
Die hierbei stattfindende Arbeitsleistung ist notwendig mit einem

Verlust an Energie verknüpft, wie jede Arbeitsleistung in der Technik und im gewöhnlichen Leben. Die Tatsache des Energieverlustes im Getreidekorn bei Stoffumwandlungen wird besonders auffällig bei der Keimung desselben auf den Mälzereitennen. Hier wird in wenigen Tagen 6 pCt. der gesamten und unter dem Einfluss der Sonnenenergie gebildeten Trockensubstanz durch Atmung verbrannt; dem Keimling wird hierdurch die Möglichkeit zum Wachstum geboten.

Eine gewisse allgemeine Auffassung von den Vorgängen im Getreidekorn besitzen wir also; es fehlt uns aber eine genauere Einsicht in die Einzelheiten. Ich möchte mir in dieser Angelegenheit ein Gleichnis erlauben: Mit unseren schärfsten Fernrohren können wir auf dem Monde gerade noch Gegenstände erkennen, welche die Grösse unserer Wohnhäuser besitzen. Wenn dort also Flecken von bestimmter Art entständen, welche im Laufe von Jahrhunderten langsam anwachsen und wieder verschwinden würden, dann wären wir auf Grund von besonderen Nebenbeobachtungen berechtigt, den Schluss zu ziehen, dass dort ebenso wie auf der Erde Menschen wohnen, welche Gebäude und Städte erbauen. Die Menschen würden wir nicht erkennen können, noch weniger die Ziegel- und Bausteine, welche für den Aufbau der Mauern und Städte verwendet werden.

Wir übertragen diese Vorstellung auf das keimende Getreidekorn, indem wir hier die Vorgänge unter dem Mikroskope betrachten. Wir finden dann die kleinsten Teilchen, deren Auftreten und Vergehen wir zu beobachten vermögen, aus Stärkekörnchen bestehend. Ihre Bausteine jedoch, die Molekel bzw. die Atome, können wir nicht erkennen. Auch diejenigen Körper, welche als Träger von besonderen Kräften tätig sind, können wir unter dem Mikroskope nicht wahrnehmen. Jene Rolle, welche bei der Entstehung der Häuser den Bauarbeitern zufällt, übernehmen im Getreidekorn die Enzyme. Wir ersehen aus diesem Vergleich, dass die Enzyme von einer sehr verwickelten Beschaffenheit sein können — allerdings soll damit nicht gesagt sein, dass sie es auch wirklich sind.

Einer der wichtigsten Vorgänge im Getreidekorn wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:



Die Gleichung sagt also aus, dass Stärke bei Gegenwart von Wasser sich in Zucker umwandelt, ferner, dass die Umsetzung auch umgekehrt erfolgen kann. Der Vorgang findet nicht von selbst statt, sondern erfolgt nur in Gegenwart der Diastase, eines der verbreitetsten und bekanntesten Enzyme. Die Umwandlung von Stärke und Zucker geht nicht vollständig vor sich, sondern je nach den vorliegenden Bedingungen bleibt ein grösserer oder geringerer Teil unverändert; die Umwandlung hört auf, wenn ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist, oder mit anderen Worten, wenn das Arbeitsvermögen aller aufeinander wirkenden Stoffe gleich gross bzw. ihre Summe gleich Null geworden ist.

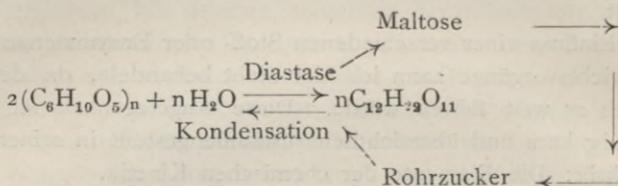
Den Einfluss einer verschiedenen Stoff- oder Enzymmenge auf die Gleichgewichtsvorgänge kann ich hier nicht behandeln, da der Gegenstand mich zu weit führen würde. Diese Angelegenheit ist übrigens von Bredig kurz und übersichtlich zusammengestellt in seiner vortrefflichen Schrift: Die Elemente der chemischen Kinetik.

Dagegen muss ich mit einigen Worten auf den Einfluss des Wassers hinweisen. Durch die Menge desselben wird die Umsetzung wesentlich beeinflusst. Es kann so viel Wasser zugegen sein, dass alle Stärke in Zucker übergeführt werden könnte; dennoch wird die Umsetzung nicht vollständig erfolgen. Vermehren wir das Wasser, dann wird die Neigung zur Hydrolyse der Stärke erhöht und es wird mehr Zucker gebildet. Entfernen wir dagegen Wasser, dann tritt der umgekehrte Vorgang ein, indem Zucker in Stärke verwandelt wird, d. h. es würden unter Wasserzutritt Kondensationen des Zuckers zu Stärke erfolgen.

Die Bildung von Kondensationen scheint mir für den Reifungsprozess des Getreides von besonderer Bedeutung zu sein. Denn es ist bemerkenswert, dass der Nachreifeprozess frisch geernteten Getreides durch vorhergegangene Wasserentziehung bedeutend beschleunigt wird, was sich besonders an einer erheblichen Verbesserung der Keimfähigkeit bemerkbar macht. Hieraus ergeben sich merkwürdige Verwicklungen, deren Ursache wir noch nicht erkennen können. Wahrscheinlich sind die hierbei auftretenden Prozesse nicht alle umkehrbarer Natur; denn wären sie es, so würde es unbegreiflich sein, warum beim reifenden Korn notwendigerweise zuerst eine Wasserentziehung stattfinden muss, während doch hinterher zum Eintritt der Keimung wiederum eine reichliche Wasseraufnahme von seiten der Stoffe zu erfolgen hat. Um für

dieses merkwürdige Verhalten eine Erklärung finden zu können, muss die Gegenwart des Luftsauerstoffs in gebührende Berücksichtigung gezogen werden. Seiner Einwirkung ist jedenfalls eine ebenso grosse Bedeutung beizulegen wie der Bildung von Kondensationen. Da dieser Gegenstand bald einer experimentellen Bearbeitung unterliegen soll, so halte ich es für zweckmässig, die betreffenden Einflüsse an dieser Stelle nicht weiter zu besprechen, und mich auf die Kondensationen zu beschränken.

Die oben angegebene Gleichung kann ihre Geltung behalten, wenn wir nicht einen umkehrbaren sondern einen Kreisprozess annehmen.



In diesem Falle wird nach der angegebenen Richtung hin aus der Stärke in Gegenwart von Wasser und unter dem Einflusse der Diastase Maltose gebildet. Diese kann durch bestimmte Einflüsse in Rohrzucker umgewandelt werden, welcher seinerseits in Stärke verwandelbar ist. Johannes Grüss, dem wir auf diesem Gebiete sehr eingehende und sorgfältige Untersuchungen verdanken, glaubt aus seinen Beobachtungen schliessen zu müssen, dass in den Aleuronzellen, in den Pallasenzellen und im Schildchen eine solche Umwandlung stattfindet. Der entstehende Rohrzucker wandert dann in den Keimling, und auf dem Wege dorthin wird er durch Kondensation in Stärke und vielleicht auch in Cellulose umgewandelt. Die obige Formel würde von diesen Umsetzungen zwar ein Bild geben, aber den Mechanismus der Umsetzungen nicht aufklären.

Welche Schwierigkeiten die ganze Angelegenheit bietet, kennzeichnet eine von Grüss und anderen beobachtete, sehr merkwürdige Tatsache. Die Stärkebildung im Embryo findet gerade dann statt, wenn das Material geweicht wird, wenn also reichlich Wasser hinzutritt. Wir haben hier also die sonderbare Erscheinung, dass der Wasserzutritt die Entstehung eines Körpers verursacht, der sich nur durch Wasserabspaltung bilden kann. Wir sind gegenwärtig nicht in der Lage, den

erwähnten Widerspruch zu lösen; es drängen sich zur Erklärung der Angelegenheit Vermutungen auf, deren Mitteilung aber wegen des Mangels an experimentellen Unterlagen keinen Vorteil bietet. Hier liegt offenbar ein wichtiges Problem verborgen, dessen Aufklärung geeignet sein dürfte, unsere Kenntnis von den Lebenserscheinungen im Getreidekorn wesentlich zu bereichern. Lassen wir die obige Gleichung gelten, dann ergibt sich für die Praxis der Getreidelagerung ein wichtiger Gesichtspunkt. Die Kondensationen, welche (in der Regel) durch Wasserentziehung befördert werden, liefern Produkte von grösserer Widerstandsfähigkeit als die nichtkondensierten Stoffe es sind. Der umgekehrte Prozess, also die Hydrolyse, erzeugt dagegen Zuckerarten, d. h. empfindliche Stoffe, welche durch alle möglichen Fermente, sei es durch die Enzyme der Pflanze oder des Kornes selbst, sei es durch Bakterien und Schimmelpilze leicht zersetzt werden, wodurch ein Verlust an Trockensubstanz stattfindet.

Empfindlicher noch als die Kohlehydrate sind die Eiweissstoffe, welche ebenfalls je nach dem Wassergehalt des Getreides entweder der Kondensation unterliegen oder durch Enzyme abgebaut werden. Allem Anscheine nach werden bei hohem Wassergehalt gerade jene Eiweissstoffe angegriffen und geschädigt, von welchen die wertvollen Eigenschaften des Getreides, also die Backfähigkeit und die Keimfähigkeit, abhängen.

Ferner ist die Gefahr vorhanden, dass sich unter solchen Umständen aus den Eiweisskörpern giftige Produkte bilden, welche bei der weiteren Verwendung des Materials zu Nahrungszwecken bei Menschen und Tieren ungünstige Wirkungen verursachen können. Selbst bei der wachsenden Pflanze ist ein hoher Wassergehalt schädlich. Der Stoffwechsel wird zwar erleichtert, die Arbeitsfähigkeit der Pflanze vergrössert und das Gesamttrockengewicht derselben wird in einem feuchten Klima innerhalb gewisser Grenzen pro Hektar eine stärkere Zunahme erfahren als in einem trockenen Klima. Dafür ist aber das wasserreiche Gewebe den überall in der Natur zahlreich vorkommenden Mikroben ein äusserst willkommener Nährboden, in dem diese weit leichter ihr Fortkommen finden und sich besser vermehren können als in einem wasserarmen Gewebe. Mit anderen Worten: Gewebe ist um so leichter Infektionskrankheiten ausgesetzt, je wasserreicher es ist. Lagerndes Getreide ist diesen Fährlichkeiten durch die Mitwirkung verschiedener ungünstiger Einflüsse noch weit mehr unterworfen.

In bezug auf den vorliegenden Gegenstand gestatte ich mir die Aufmerksamkeit auf den italienischen Mais zu lenken. Man hat gefunden, dass der Genuss desselben vielfach die Pellagrakrankheit erzeugt. Die Ursache soll hierbei ein Schimmelpilz sein, welcher sich im Mais ansiedelt, mit diesem in den tierischen bezw. menschlichen Körper gelangt und hier einen guten Nährboden zu seiner weiteren Entwicklung vorfindet. Soweit meine Informationen reichen, scheint mir aber noch nicht mit Sicherheit festgestellt, dass die Verbreitung der Krankheit nur in dieser Weise zu erklären ist. Es sind auch andere Erklärungen denkbar, von welchen die richtige natürlich nur auf dem Wege des Versuches erforscht werden kann. So ist z. B. möglich, dass der Schimmel nicht in den Mais selbst eindringt, sondern Enzyme in das Maiskorn sendet, welche die Stoffe in einer bestimmten Weise beeinflussen, indem der Zerfall der Eiweisskörper in giftige Verbindungen verursacht wird. Gelangen diese Stoffe in den tierischen Organismus, dann wirken sie an und für sich giftig, oder die mitgewanderten Enzyme vermögen die Vorgänge hier in einer ähnlichen Weise zu beeinflussen, wie es von seiten des Schimmels mit den Stoffen im Mais geschieht.

Wird der Mais sorgfältig gesäubert oder gar gut gewaschen, so ist die Krankheitsübertragung denkbar, ohne dass der sie verursachende Schimmel im lebenden Zustande reichlich in den menschlichen Körper gelangt und sich hier entwickelt. Findet das letztere dennoch statt, dann wird die krankheitserzeugende Einwirkung naturgemäss in entsprechendem Masse erhöht werden.

Auch in unseren Gegenden treten bei Tieren ähnliche Erkrankungen auf, wenn sie schimmeliges und feuchtes Futter erhalten. Die Wirkungen sind aber wegen des kühlen Klimas in der Regel nicht so heftig als in den südlicheren Ländern.

Bei einem trockenen Futter bemerkt man solche Krankheitserscheinungen in viel geringerem Grade. Dieselbe Beobachtung ist offenbar auch in Italien und in anderen Ländern des Mittelmeeres gemacht worden; denn Regierungen und Behörden haben in diesen Gegenden Preisausschreiben veranlasst, welche Trockenapparate für Mais zum Gegenstande hatten. In der Begründung dieser Preisausschreiben wurde auf die Pellagrakrankheit besonders hingewiesen, deren Verbreitung durch die Trocknung des Mais verhindert werden sollte. Zweifellos ist die nähere wissenschaftliche Untersuchung dieser An-

gelegenheit von Wichtigkeit: Es ist eben die Frage zu klären, warum die Trocknung einen guten Einfluss hat, ob es nur daran liegt, dass die Schimmelsporen eintrocknen und daher später nur langsam und in geringerer Anzahl zur Entwicklung gelangen, oder ob bei diesem Trocknungsprozess eine teilweise Zerstörung der Enzyme erfolgt, oder ob schliesslich nicht nur das Substrat selbst, sondern auch die Enzyme einer Kondensation unterliegen und damit weniger wirksam werden.

Zwar bin ich der Meinung, dass die Zerstörung der Schimmelpilze den grössten Einfluss hat; meines Erachtens ist aber die Richtigkeit dieser Auffassung noch einwandsfrei nachzuweisen.

In bezug auf diesen Gegenstand wäre hier eine Beobachtung von Windisch und Schellhorn zu erwähnen. Sie fanden nämlich, dass eine beregnete Gerste, wenn sie geschrotet und einer mit Thymol versetzten Gelatine zugesetzt wurde, diese letztere verhältnismässig rasch verflüssigte, während die nicht beregnete Gerste nur sehr langsam eine Verflüssigung verursachte. Die trockene Gerste besitzt also eine weit geringere enzymatische Wirksamkeit. Ob aber auch nachträglich getrocknetes Getreide sich in ähnlicher Weise verhält, ist noch nicht aufgeklärt.

Die gleichen Regenmengen werden übrigens verschieden einwirken können, je nach dem Zustande, in welchem sich das Getreide befindet. Dieser ist vor allen Dingen von der Wasserwirkung in der gesamten Periode abhängig, aber auch von den anderen Faktoren des Klimas also von Licht und Wärme. Ferner üben einen Einfluss der Boden mit seiner Zusammensetzung, die Düngung, der Zeitpunkt der Ernte usw. Über alle diese Einflüsse fehlen die notwendigen Untersuchungen.

Bezüglich der Mittelmeerländer ist vielleicht noch ein weiterer Einfluss zu beachten. Das Mittelmeer hat nämlich einen hohen Salzgehalt; infolgedessen kann auch die Luft und der Boden einen höheren Salzgehalt aufweisen als in anderen Ländern. Wenn dieser Unterschied auch gering ist, so erscheint doch die Frage berechtigt: Sollten diese kleinen Mengen nicht bereits in der Lage sein, den physiologischen Zustand des Kornes zu beeinflussen?

Ich halte diese Frage nicht für ganz bedeutungslos.¹⁾

1) In der diesem Vortrage folgenden Diskussion wurde bemerkt, dass auch in den Ländern der mittleren Donau die Pellagrakrankheit auftrate, die soweit vom

Die übergrosse Mannigfaltigkeit der vorhandenen Bedingungen liefert eine entsprechende Anzahl von einzelnen Tatsachen, deren Feststellung und deren systematische Ordnung nach bestimmten Gesichtspunkten die Kräfte eines einzelnen bedeutend übersteigt. Aus diesem Grunde, und weil es sich um eine Angelegenheit von internationaler Bedeutung handelt, scheint mir ein Erfordernis vorzuliegen, dass die Untersuchungen in verschiedenen Ländern zugleich stattfinden, und dass die Ergebnisse einer Kommission zur Verarbeitung übergeben werden. Da mein Referat nur als eine Anregung auf diesem Gebiete zu betrachten ist, kann ich auch nicht ein vollkommen ausgearbeitetes Programm vorlegen. Doch möchte ich wenigstens andeuten, welche Angaben allgemeiner Natur ich bei solchen Untersuchungen für wichtig halte. Es kommt folgendes in Frage:

1. Die Getreidesorte.
2. Die Anbaubedingungen (Bodenzusammensetzung, Düngung usw.).
3. Die klimatischen Verhältnisse während der Wachstums- und Lagerungszeit.

Diese Angelegenheit ist von der grössten Wichtigkeit und es würden folgende Einzelheiten zu beachten sein:

- a) Die Feuchtigkeitsmengen der Luft.
- b) Die Menge der atmosphärischen Niederschläge.
- c) Die gesamte Dauer der Sonnenbestrahlung.
- d) Die Summe der Bestrahlungstemperatur.
- e) Alle diese Angaben müssten nach Möglichkeit zeichnerisch veranschaulicht werden.
- f) Die Untersuchungen würden sich am besten auf Getreide erstrecken, welches in der Nähe von meteorologischen Stationen gewachsen ist; denn von diesen könnten die vorher erwähnten Aufzeichnungen leicht erhalten werden.

Mittelmeer entfernt wären, dass an eine Einwirkung seines Salzgehaltes nicht zu denken sei. Demgegenüber ist hervorzuheben, dass ich nicht so sehr die Absicht hatte, den Einfluss des Salzgehaltes auf die Pellagrakrankheit, als vielmehr seinen Einfluss auf den gesamten physiologischen Zustand des Getreides zu betonen. Die unmittelbare Nähe des Meeres ist nicht allein ausschlaggebend, sondern auch der Salzgehalt des Bodens. Es gibt Pflanzen, welche in der Regel auf salzhaltigem Boden gedeihen. Auf salzfreiem Boden gedeihen sie nur in der Nähe der See, wo sie von salzhaltigen Winden getroffen werden.

4. Der Zeitpunkt der Ernte.

5. Lagerungsart des Getreides, wobei auch der Wärme- und Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung möglichst zu berücksichtigen ist.

6. Der Wassergehalt und die Keimfähigkeit (womöglich die Backfähigkeit) des Getreides; vor Beginn der Untersuchung festzustellen.

7. Die Wirkung des Schrotes auf Gelatine nach Windisch und Schellhorn.

8. Die Wirkung des wässerigen Auszuges auf Fehlingsche Lösung.

Die vorstehenden Fragen müssten nach Möglichkeit beantwortet werden, bevor an die eigentliche nähere Untersuchung der Enzyme herantreten wird.

Eine systematische Zusammenstellung der erhaltenen Ergebnisse würde dann unschwer erkennen lassen, auf welche Einwirkungen der Enzymgehalt und die verschiedensten Eigenschaften im Getreide zurückzuführen sind, und damit wäre der Praxis ein unschätzbare Dienst geleistet.

36. Die Notwendigkeit der Getreidetrocknung.

I. Welche Bedeutung hat das Vorhandensein von gut wirkenden Getreidetrocknern für Staat und Bevölkerung?

1. Über die Schädigung des Nationalvermögens durch ungünstige Erntewitterung.

Der Grad, in dem Getreide durch ungünstige Witterungsverhältnisse verschlechtert sein kann, ist in hohem Masse verschieden. Als geringster Grad der Minderwertigkeit wird in der Praxis im allgemeinen das Vorhandensein von Schimmelgeruch bezeichnet.

Man kann wohl annehmen, dass in feuchten Jahren die Hälfte der gesamten Ernte den sogenannten muffigen Geruch annimmt, wenn das Getreide nicht genügend gelüftet wird.

Ein solches Material wird gegenüber trockener Frucht nicht nur einen geringeren Handelswert besitzen, sondern in ihm wird auch eine beständige Stoffzerstörung auftreten und zwar durch die mit dem Wassergehalt stark wachsende Atmung.

Wäre man imstande, den Preisverlust für jede Tonne Getreide festzustellen, welcher durch das Zurückbleiben der Ware gegen normales Getreide eintritt, wäre man weiter imstande, die Mengen an Trockensubstanz zu berechnen, die von der Ernte bis zum Verzehr durch Atmung des feuchten Getreides verloren geht, dann könnte man den grossen Verlust an Nationalvermögen zahlengemäss angeben.

Berichterstatter hat an der Hand seiner bisherigen Erfahrungen versucht, die betreffenden Verluste für einige Jahre zu berechnen, indem bestimmte Annahmen gemacht und diese kritisch auf ihre Brauchbarkeit hin untersucht wurden. Ferner wurde das Material aus den statistischen Aufstellungen für das Deutsche Reich eingehend benutzt.

Es stellte sich aber heraus, dass der Einfluss des Wassergehalts auf den Stoffverlust und auf den Handelswert, ferner dass der Weltmarktpreis und andere Einzelheiten den Gegenstand so verwickelt machen, dass nur ein fleissiges Studium aller einschlägigen Bedingungen eine einigermaßen richtige Schätzung gestatten wird. Unter möglichst sorgfältiger Abwägung aller Nebenbedingungen gelangte Verfasser für Deutschland in einzelnen Fällen zu folgenden Zahlen:

Das sehr trockene Jahr 1899 lieferte immer noch so viel feuchtes Getreide in einigen Gegenden Deutschlands, dass der Stoffverlust durch Atmung und der Minderwert des Getreides, infolge mangelhafter Keimfähigkeit der betreffenden Bestände, für das erwähnte Jahr einen Verlust an Nationalvermögen von etwa 60 Millionen Mark verursachte.

Das ungünstige Jahr 1897 dürfte nach dieser Richtung hin einen Verlust von vielleicht 250 Millionen Mark aufzuweisen haben. [1].

Bei weitem der grösste Teil dieser Schädigungen hätte sich durch die Trocknung des Getreides verhindern lassen.

Es ist sicher, dass man nur mit Hilfe sorgfältiger statistischer Aufzeichnungen in dieser Angelegenheit Klarheit verschaffen kann, besonders in bezug auf das bis jetzt vollkommen unbekanntes Verhältnis, wie viel des Gesamtschadens einer schlechten Ernte auf die Witterungseinflüsse vor und nach der Ernte zurückzuführen ist.

Bei den angestellten Berechnungen wurde wenigstens soviel bemerkt, wie die eben erwähnten Zahlen zeigen, dass die Stoffverluste und die Verluste an Handelswert schon bei mässig schlechten Ernten Verluste

an Nationalvermögen ergeben, die in die Hunderte von Millionen gehen. —

Der Schaden, den eine schlechte Ernte verursacht, ist zunächst für den Landwirt bemerkbar, weil dieser einen geringeren Erlös erzielt.

Auch der Staat spürt bald die Folgen, weil die Steuerkraft der Landwirtschaft herabgesetzt wird und ausserdem der Minderertrag und der Minderwert der Ernte durch Kauf aus dem Auslande gedeckt werden muss.

Grösser aber noch als diese Schäden an Geldwert ist der indirekte Schaden, welcher von der Verwendung des minderwertigen Getreides zu Nahrungszwecken herrührt.

Die Grösse dieser Schädigung ist nicht zu ermessen. Man erhält wenigstens eine Vorstellung davon, wenn man sich darüber klar wird, wo das schlechte Getreide bleibt.

2. Was geschieht mit dem minderwertigen Getreide?

a) Es wird für Brennereizwecke und zur Stärkefabrikation verwendet.

Für die in dieser Schrift massgebenden Gesichtspunkte ist die Verwendung von schlechtem Getreide in diesen beiden Gewerben ohne Bedeutung, schon aus dem Grunde, weil schlechtes Material nur ungen und daher sicher nur in geringen Mengen verwendet wird.

b) Es wird zuweilen für Mahlzwecke verwendet.

Einen gewissen Grad der Verderbnis wird das zur Mühle kommende Getreide jedoch nie überschreiten können, weil die Backfähigkeit des daraus gewonnenen Mehles vorhanden sein muss. Man hilft sich oft in der Weise, dass man das Mehl aus einem Gemisch von gutem und schlechtem Getreide verarbeitet. Eine je bessere Backfähigkeit das gute Getreide besitzt, desto mehr von dem schlechten Getreide kann zugesetzt werden. Im übrigen ist die bisherige Art und Weise der Vermischung von gut und schlecht backendem Getreide ein Fehler, den das Müllereigewerbe heutzutage begeht. Auf die Begründung dieser Behauptung kann der Verfasser an dieser Stelle nicht eingehen. Die schädliche Wirkung des schlechten Materials auf den menschlichen Körper bleibt natürlich auch bei Mischungen bestehen, nur wird es dem Körper in einer weniger bemerkbaren Form zugeführt. —

Hiermit gelangen wir zum Schwerpunkt der gesamten Getreidebehandlungsfrage. In den meisten Fällen lässt sich die schädliche Wirkung von schlechten Nahrungsmitteln nicht direkt nachweisen. Aber schon das Unbehagen, mit welchem man solche Nahrungsmittel genießt, weist darauf hin, dass der Körper sich geschädigt fühlt. Bei häufigem oder dauerndem Genuss häufen sich auch die schädlichen Einwirkungen, weil notwendig funktionelle Störungen des normalen Gleichgewichtszustandes auftreten müssen.

Durch die zahlreichen Verfälschungen von Lebensmitteln werden besonders die ärmeren Klassen der Bevölkerung geschädigt. In bezug auf die einzelnen Fälle ist diese Schädigung nicht nachweisbar, aber auf die Dauer muss sie die Neigung zur Entartung und zum Siechtum befördern. Ohne dass Krankheiten aufzutreten brauchen, kann der Körper an Arbeitsfähigkeit einbüßen, und ein schwächeres Geschlecht ist die Folge. Gerade die ärmeren Klassen erhalten oft »Steine für Brot«, d. h. Material, welches im Körper keine rechte Verwertung findet.

Die Nahrungsverhältnisse werden vielleicht auch von Einfluss sein, auf das seit mehreren Jahren bemerkte Zurückgehen des Rekrutenmasses.

So wie der Staat es für seine Pflicht hält, die Bevölkerung vor Nahrungsverfälschungen zu schützen, ebenso müsste er sich für verpflichtet halten, das Volk vor dem Genuss schlechten Getreides zu schützen, sofern er die Überzeugung hat, dass dieses die Volkskraft schädigt. [2]

c) Das schlechte Getreide wird vielfach für Futterzwecke verwendet.

Dieselben Gesichtspunkte, welche für die Beurteilung der menschlichen Nahrung massgebend sind, müssen auch für die Tiere gelten. Die Tiere sind im allgemeinen weniger empfindlich als der Mensch. Der Einfluss guter und schlechter Nahrung macht sich daher bei ihnen meist weniger bemerkbar. Aber auch hier gibt es Grenzen, die für jede Gattung verschieden sein werden. Hat man doch bereits bemerkt, dass gekeimtes Getreide, längere Zeit verfüttert, dem Vieh schädlich ist. Der dauernde Genuss von Nahrungsmitteln, die diese Grenzen nach der ungünstigen Seite hin überschreiten, kann allmählich die Arbeitsfähigkeit

herabsetzen, die Nachfolge verschlechtern und beim Schlachtvieh das Fleisch geringwertig machen.

Wie beim Menschen, so ist auch beim Tier der Schaden an den einzelnen Individuen nur selten bemerkbar, weil die Einwirkung langsam fortschreitet. Erst dann, wenn durch schlechte Nahrung Krankheiten und ansteckende Tierseuchen auftreten, kann der Schaden in kurzer Zeit sehr erheblich werden. Die langsame Entartung durch unpassende Nahrung macht aber häufig den Körper erst für Krankheiten empfänglich.

Die eben geschilderten Schädigungen der Tiere treffen in ihrer Rückäusserung die Bevölkerung und damit den Staat.

d) Schlechtes Getreide wird geröstet.

Es ist wahrscheinlich, dass viel schlechtes Getreide geröstet und als Kaffeersatz verwendet wird.

Die Röstung selbst ist ein ausgezeichnetes Erhaltungsmittel. Die geröstete Ware wird auch bei längerer Lagerung nicht weiter verderben, aber die schädigenden Bestandteile werden durch das Rösten nur teilweise zerstört, während die gut und angenehm wirkenden Bestandteile in geringerer Menge vorhanden sind als bei einem guten gerösteten Getreide.

Das letztere Produkt muss im Geschmack und in der Bekömmlichkeit dem Produkt aus verdorbener Ware vorzuziehen sein. —

Die verschiedenen Verwendungsarten des schlechten Getreides beweisen, dass der weitaus grösste Teil desselben als Nahrungsmittel für Mensch und Tier verbraucht wird und seinem schlechten Zustande gemäss einen schädigenden Einfluss ausüben muss.

3. Wie ist das Getreide vor dem Verderben zu schützen?

Es ist zwar anzunehmen, dass durch Verwendung des Rieselsystems in Verbindung mit Siloschächten die gegenwärtige Art der Getreidelagerung bedeutend verbessert werden könnte, so dass weit weniger Getreide verderben würde. Aber auch bei dieser Art der Getreidelagerung wäre man von der Witterung abhängig und ein Verfahren der Lagerung, welches den Einfluss der Witterung vollständig ausschliesst, wird als erstrebenswert betrachtet werden müssen.

Ein solches Verfahren ist die Trocknung und Kühlung von Getreide

bis zur Lagerfestigkeit und darauffolgendes Lagern in eisernen Siloschächten.

Die Bedeutung des möglichst guten Zustandes des Getreides ist oben auseinandergesetzt worden. Da dieser Zustand am schnellsten und sichersten durch geeignete Trockenvorrichtungen erreicht werden kann, so sind diese von grösster Bedeutung.

4. Der Staat und der Kaufmann.

Es sei gestattet, die Verschiedenartigkeit der Gesichtspunkte zu beleuchten, von welchen aus der Staat einerseits und der Kaufmann andererseits die Verwendung eines Trockenapparates betrachten werden.

Ein Kaufmann, der Getreide an- und verkauft, sucht beim Umsatz desselben möglichst viel zu verdienen, was man ihm nicht verdenken kann. Hat er feuchtes Getreide auf Lager, so kann es für einen bestimmten Preis verkauft werden. Wollte der Kaufmann das Getreide trocknen, so würde er einen höheren Preis erzielen. Er wird nun abwägen, wie der Handel für ihn günstiger ist. Sind die Trocknungskosten und der Materialschwund nicht so hoch wie der Preisaufschlag für das getrocknete Getreide, so wird der Kaufmann keinen Augenblick zögern, das Getreide trocknen zu lassen.

Ist aber der zu erzielende Preis beim Aufschlag nicht grösser als die Trocknungskosten und der Wertverlust durch Gewichtsschwund, so dass er an dem ungetrockneten Getreide dasselbe verdient, wie an dem getrockneten, so wird der Kaufmann sich gar nicht veranlasst fühlen, das Getreide einem derartigen Prozess unterwerfen zu lassen.

Er verkauft lieber das schlechtere Material und spart dadurch Mühe und Arbeit, die stets mit dem Trockenprozess verbunden sind.

Für den Staat liegt diese Angelegenheit ganz anders.

Wird dem Volke verdorbene Ware zugeführt, so erleidet der Staat einen Verlust, weil, wie oben bereits auseinandergesetzt, die Kraft und die Arbeitsfähigkeit des Volkes um so viel herabgesetzt wird, als die Nahrung minderwertig ist.

Wenn der Staat feuchtes Getreide billig zu verkaufen hätte, und er würde diese Ware durch Trocknen in gesundes Korn überführen können, nach der Trocknung aber nicht den Zuschlag erhalten, den die Trocknungskosten und der Schwund fordern, so würde er dennoch zum Besten der Bevölkerung und damit zu seinem eigenen Besten gut tun, das Getreide zu trocknen und sogar mit Verlust zu verkaufen. —

Damit ist der Beweis geliefert, dass das Vorhandensein von gut wirkenden Getreidetrocknern von grosser Bedeutung ist.

II. Über das Bedürfnis von gut wirkenden Getreidetrocknern für Handel und Gewerbe.

Die Wichtigkeit der Trockner für die Landwirtschaft geht aus den Erörterungen des vorigen Abschnittes hervor.

Die landwirtschaftlichen Gewerbe haben insofern grosses Interesse an dieser Angelegenheit, als die Aufbewahrung und gute Erhaltung des für den Betrieb nötigen Getreides auf die Ausbeute wirkt.

Es kann hier nicht beabsichtigt werden, die Bedeutung der Getreidetrockner für Handel und Gewerbe erschöpfend zu behandeln, es wird vielmehr zweckmässig sein, einzelne Fälle herauszugreifen.

1. Dem Versuchs-Kornhause sind mehrfach Getreideposten zugeführt worden, welche getrocknet werden sollten.

Die kleineren Posten liessen sich mit dem vorhandenen Trockner gut behandeln, wobei aber festgestellt wurde, dass die Trocknung in ihm noch nicht billig genug ist.

In einem Falle (1900) handelte es sich um die Trocknung von 600 Ztr. havariertem Roggen, welche aber misslang. Die grossen Wassermassen konnten nicht entfernt werden.

Allerdings galt es, etwa 120 Ztr. Wasser zu entfernen. Das Bedürfnis für solche Leistungen liegt in der Praxis vor, und das Versuchs-Kornhaus würde jährlich viele tausend Zentner Getreide zur Trocknung erhalten, wenn ein leistungsfähiger Apparat vorhanden wäre. [3]

2. Eine Firma an der Nordseeküste hat sich vor einigen Jahren eine Speicheranlage aus Siloschächten bauen lassen. Bald nach der Fertigstellung des Speichers wurde er mit Getreide gefüllt, worauf eine starke Selbsterwärmung des gelagerten Getreides stattfand. Nach den Angaben der Firma in einem uns freundlichst übersandten Bericht soll das betroffene Getreide 14–18 pCt. Wasser enthalten haben. Ein grosser Teil verdarb trotz des beständigen Umarbeitens. Ein guter Trockenapparat wäre in diesem Falle von grösster Wichtigkeit gewesen; die Firma fällt jedoch in dem angegebenen Bericht über die gegenwärtigen Trockner ein absprechendes Urteil und bemerkt, dass sie bei Anschaffung eines solchen eine Leistung von 1300 Ztr. in 10 Stunden verlangen würde, was gegenwärtig kein Trockner in Deutschland leistet.

3. Das Müllereigewerbe hat der Entwicklung der Trocknungsfrage ebenfalls grosse Aufmerksamkeit zu widmen. Merkwürdigerweise soll in diesen Kreisen die Auffassung geäussert worden sein, für die Mühlen wäre die Angelegenheit von keiner Wichtigkeit, weil das Getreide doch gewaschen werden müsste. Diese Meinung ist unberechtigt. Die Mühlen brauchen gerade trockenes Getreide. Es soll durch den Waschprozess nicht nur gereinigt werden, sondern man verbindet damit zugleich den Zweck, die Schale des Kornes zu lockern, wodurch ihre Entfernung vom Mehlkörper leichter vonstatten geht. Wollte der Müller Getreide verwenden, welches durch und durch feucht ist, so müsste er es gründlicher waschen müssen, als trockenes und vorher gereinigtes Getreides, denn es enthält, abgesehen vom Geruch, um so mehr anhaftende Verunreinigungen, je feuchter es ist. Das Getreide würde dann noch mehr Wasser aufnehmen und noch weicher werden als schon ist. Die Folge davon wäre das leichte Verschmieren und Unbrauchbarwerden der Walzen und Steine.

Ferner ist zu beachten, dass die Backfähigkeit des Getreides ebenso wie die Keimfähigkeit um so mehr leidet, je länger es sich im feuchten Zustande befindet, weil die Verschlechterung des Klebers langsam aber andauernd vor sich geht.

Es ist zwar noch nicht nachgewiesen, aber nach den vorliegenden Beobachtungen als wahrscheinlich zu betrachten, dass die Backfähigkeit gegenüber einem Wasserüberschuss empfindlicher ist, als die Keimfähigkeit. Dagegen scheint sie weit weniger empfindlich zu sein in bezug auf höhere Temperaturen, so dass man geradezu auf die Trocknung solchen Getreides hingewiesen wird, welches Backzwecken dienen soll.

Aus diesen Gründen ist die Trocknungsfrage auch für das Müllereigewerbe von grösster Wichtigkeit.

4. Von wie grosser Bedeutung die Trockenapparate für das Brauereigewerbe sind, hat Verfasser bereits mehrfach in seinen Veröffentlichungen besprochen. Insbesondere wurde darauf hingewiesen, dass die Keimfähigkeit des Getreides durch den Trocknungsprozess gebessert wird. Auch Professor Windisch und Dr. Schönfeld haben sowohl am hiesigen Institut als auch in der Praxis Untersuchungen angestellt und gefunden, dass die eine schlechte Keimfähigkeit besitzenden Gersten durch den Trocknungsprozess eine wesentliche Verbesserung derselben erfahren.

Es sei hier aber gleich die überaus wichtige Tatsache vermerkt,

dass ein durch schlechte Erntewitterung oder durch ungeeignete Lagerung allmählich verdorbenes Getreide nach dem Trocknen sich nicht verbessert, sondern im Gegenteil, mitunter eine bedeutende Verschlechterung der Keimfähigkeit aufweist.

Die nach der Trocknung keimenden Körner entwickeln sich dann allerdings auf der Tenne stets sehr gut. Aus diesen Erfahrungen folgt, dass man möglichst früh die Trocknung des Getreides durchführen soll, und dass man eine abermalige Aufnahme von Luftfeuchtigkeit durch das Getreide zu verhindern hat.

Der letztere Umstand bietet aber gerade in Brauereien Schwierigkeiten, weil man es hier mit Betrieben zu tun hat, welche bekanntlich riesige Feuchtigkeitsmengen entwickeln.

Die Gerste der letzten Ernte ist bei der bisher üblichen Behandlungsweise noch weit weniger zur Übersommerung geeignet als diejenige trockener Jahrgänge. Dennoch lässt sich eine Übersommerung leicht durchführen, ohne irgendwelche Schädigung der Keimfähigkeit, wenn man das Getreide gleich nach dem Einkauf einem sorgfältigen Trocknungsprozess unterwirft und es dann in eisernen Siloschächten aufbewahrt. Beim nächsten Feldzug wird man dann ein gut und gleichmässig keimendes Korn haben.

Für Brauereien hat also die Trocknungsfrage eine massgebende Bedeutung.

III. Die Wirtschaftlichkeit der Getreidetrocknung vom geschäftlichen Standpunkte aus.

Wie bereits erwähnt, macht man den gegenwärtigen Trocknern den Vorwurf, dass sie zu teuer arbeiten und nicht leistungsfähig sind.

Es tritt aber noch ein dritter Umstand hinzu, welcher eine ganz besondere Scheu vor der Anlage und vor dem Gebrauch von Trockenapparaten veranlasst: das ist der durch das Trocknen stattfindende Gewichtsverlust. Das getrocknete Material muss einen so hohen Preis erzielen, dass dieser Verlust nicht nur eingeholt wird, sondern dass auch die Trocknungskosten mindestens gedeckt werden.

Das Versuchs-Kornhaus hat schon mehrfach von seiten der Kundenschaft die Mitteilung erhalten, dass die getrocknete Ware mit Gewinn verkauft wurde. In einem Fall ist es gelungen, die genauen Preise zu erhalten, welche ein Getreide vor und nach der Trocknung erzielte.

10 Tonnen Roggen konnten vor der Trocknung zum Preise von 128 Mk. pro Tonne verkauft werden, hatten also einen Handelswert von 1280 Mk. Nach der Trocknung waren 9,5 Tonnen Roggen vorhanden, welche mit 141 Mk. pro Tonne verkauft wurden. Der Erlös betrug 1340 Mk.

Der Mehrerlös von 60 Mk. musste natürlich höher sein als die Kosten der Trocknung, d. h. die Trocknung von einer Tonne Getreide musste weniger als 6 Mk. kosten, wenn die Trocknung noch rentabel sein sollte.

Da nun die besten gegenwärtigen Trockner den Roggen mit einem Kostenaufwande von 3 Mk. pro Tonne trocknen, so war die Wirtschaftlichkeit der Getreidetrocknung selbst vom kaufmännischen Standpunkte aus für diesen Fall vorhanden und dürfte es auch in den meisten Fällen sein. Sie wird sicher durchgängig vorhanden sein, wenn es gelingt, die Trocknungskosten herabzusetzen, was zweifellos stattfinden wird.

Nach den bisherigen Erfahrungen unterliegt es keinem Zweifel, dass die Kosten der Trocknung einer Tonne Getreide bei grösseren Anlagen in Zukunft weniger als 2 Mk. betragen werden, wenn die Entfernung von 5 pCt. Wasser als normal angenommen wird. [3]

Die eben angeführten und ähnlichen Tatsachen müssten allgemein bekannt werden, damit die Furcht vor dem scheinbaren Stoffverlust schwindet.

Es gibt in dieser Beziehung aber noch einen andern Gesichtspunkt, der in neuerer Zeit immer mehr an Bedeutung zu gewinnen scheint. Die eben erörterten Fragen lassen sich wesentlich einfacher behandeln, wenn man das Getreide, das Malz, das Mehl usw. stets nur mit Rücksicht auf seinen Gehalt an Trockensubstanz handelt und das Wasser bei diesem neuen Handelsgebrauch als einen Bestandteil berücksichtigt, der um so schädlicher wirkt, je mehr von ihm vorhanden ist. Diese Möglichkeit ist gegenwärtig geboten durch einen neuen Wasserbestimmer, welcher es ermöglicht, in jedem Getreideposten, in jedem Malzposten, in jedem Mehlposten usw. das Wasser im Zeitraume von 20—25 Minuten sehr zuverlässig zu bestimmen. Auch Laien sind in der Lage, nach einiger Übung vollkommen richtige Zahlen zu erhalten.

Die ausserordentliche Wichtigkeit des vorgeschlagenen neuen Handelsgebrauchs wird darin liegen, dass weder der Landmann, noch der Händler das geringste Interesse daran haben könnte, durch Bei-

behaltung des überschüssigen Wassers das Gewicht zu bewahren. Im Gegenteil, weil die Trockensubstanz qualitativ und quantitativ um so wertvoller ist, je weniger Wasser sie aufweist, so würde nach Durchführung eines derartigen Gebrauches jeder Landmann und jeder Kaufmann bestrebt bleiben, das Getreide möglichst trocken zu halten. Grosse Verluste an Nationalvermögen könnten dadurch vermieden werden, weil sich der fortwährende Verlust an Trockensubstanz und die fortgesetzte Schädigung der Keimfähigkeit und Backfähigkeit herabsetzt.

Naturgemäss lässt sich vorläufig nicht absehen, in welchem Umfange eine derartige Abänderung des Handelsgebrauchs in der Praxis der Zukunft Platz greifen wird. Es ist möglich, dass eine Berücksichtigung des Wassergehaltes nur für bestimmte Zwecke, z. B. beim Abschluss grösserer Lieferungen, oder bei der Anlieferung des Getreides in genossenschaftliche Kornhäuser oder in ähnlichen Fällen beim Mehl sich einbürgern wird. Aber auch eine derartige Einschränkung würde schon einen grossen Gewinn bedeuten, und es dürfte wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass die möglichst umfangreiche Durchführung des erörterten Handelsgebrauches vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus als ein sehr erstrebenswertes Ziel betrachtet werden muss.

Nachträge.

1. Als diese Zahlen berechnet wurden, war dem Verfasser die Tragweite der Kondensationsbildung, über welche im vorhergehenden Stücke gesprochen ist, noch nicht recht zum Bewusstsein gekommen. Ein Teil der Gewichtsabnahme der Trockensubstanz ist nicht auf die Atmung, sondern auf die Bildung von Kondensationen unter Wasserabspaltung zurückzuführen. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet sind die im Text angegebenen Zahlen vielleicht zu hoch. Sie mögen aber stehen bleiben, weil es vorläufig nicht möglich ist, zuverlässigere Werte anzugeben.

2. Zu den vorstehenden Ausführungen vergleiche man: Die Mühle. 1903. Nr. 49. »Der Wert der Getreidetrocknung« von O. Wandelt und »Entgegnung auf den vorstehenden Aufsatz«.

3. Man vergl. Stück 15.

37. Die Einwirkung des Trocknungsprozesses auf Nachreife und Auslese (Selektion) beim Getreide.

I.

In den bisherigen Abhandlungen habe ich darauf hingewiesen, dass die Bildung von Kondensationen im Getreide für den Reifungsprozess wahrscheinlich von grosser Bedeutung ist.¹⁾

Die Wichtigkeit des Sauerstoffes ist nur gelegentlich erörtert worden, soll aber hier eingehender behandelt werden. Ich stelle folgende Behauptung auf:

1. Der Luftsauerstoff wird während der Zeit der Nachreife als Reservestoff aufgespeichert.
2. Der hohe Wassergehalt des frisch geernteten Getreides verzögert die Aufspeicherung dieser Reserve und verzögert damit auch den Nachreifeprozess.

Die vorstehenden Behauptungen bilden zunächst eine Hypothese; sie hat aber insofern eine Berechtigung, als sie nicht nur verschiedene auffallende Erscheinungen zu erklären gestattet, sondern auch allem Anschein nach der experimentellen Prüfung leicht unterzogen werden kann. Letztere soll nach der nächsten Ernte stattfinden.

Sowohl am hiesigen Institut als auch von anderer Seite und neuerdings von Prof. Gisevius²⁾ wurde festgestellt, dass sowohl die Keimfähigkeit als auch die Keimenergie durch die Trocknung in der Regel eine wesentliche Verbesserung zeigen. Bezüglich der Keimenergie wurden aber stets einige auffallende Unregelmässigkeiten bemerkt, welche auch bei neueren Untersuchungen zutage traten, die Professor Windisch am hiesigen Institut durch Dr. Bischoff ausführen lässt. Die betreffenden Versuche sollen Aufschluss geben über die Veränderlichkeit der verschiedenen Eiweissstoffe im Gerstenkorn durch den Trocknungsprozess. Bei dieser Gelegenheit wurde auch der Einfluss des Trocknens auf die Keimfähigkeit und Keimenergie untersucht: man fand Unregelmässigkeiten, welche frühere Beobachtungen am hiesigen Institut usw. bestätigen. Hierzu trat aber eine noch weit merkwürdigere Beobachtung. Die Untersuchung der erwähnten Gersten

1) Man vergl. auch Stück 35.

2) Man vergl. seinen Vortrag in Nr. 29 der Wochenschrift für Brauerei, 1903.

begann im September vorigen Jahres (1902). Gleich nach dem Einliefern wurden Keimfähigkeit und Keimenergie festgestellt; dann trocknete man das Getreide, füllte es in Flaschen mit Glaspfropfen und bewahrte es in dieser Weise auf. Im Februar d. J. ergab die Keimfähigkeit bei allen Gersten mit einer Ausnahme (wo vielleicht ein Versuchsfehler vorliegt) eine erhebliche Verbesserung, während die Keimenergie bei verschiedenen Proben bedeutend zurückgegangen war. Als im Mai abermals ein Keimversuch mit den letztgenannten Proben gemacht wurde, ergab die Keimfähigkeit wieder eine geringe Verbesserung, die Keimenergie dagegen zeigte eine ganz auffallende Erhöhung. War schon das Herabgehen der letzteren Eigenschaft in den erwähnten Fällen merkwürdig, so musste die nachträgliche bedeutende Verbesserung als erstaunlich betrachtet werden.

Hier trat wieder eines jener sonderbaren Rätsel auf, welche das Getreidekorn uns häufig liefert. Die Lösung desselben scheint sich möglicherweise aus folgenden Betrachtungen zu ergeben: Wie oben bemerkt, wurde das Getreide sofort nach dem Trocknen in Glasflaschen mit Glasverschluss getan und ist in dieser Weise aufbewahrt worden. Im allgemeinen wird bei dieser Aufbewahrungsart auch im Laufe längerer Zeit nur wenig Luft hinzutreten und zwar um so weniger, je besser die Pfropfen schliessen. Die Keimprobe im Februar erforderte ein Ausschütten der Gerste zum Zwecke der Probeentnahme. Bei dieser Gelegenheit sind mit ihr oder mit einzelnen Teilen, die wiederum in die Flasche kamen, verschiedene Handhabungen ausgeführt worden (z. B. Bestimmung des Tausendkörnergewichtes), welche sie mit der Luft reichlich in Berührung brachten; den einzelnen Gerstenproben wird hierbei wahrscheinlich eine sehr verschiedene und teilweise nicht ausreichende Gelegenheit geboten worden sein, ihr Sauerstoffbedürfnis zu befriedigen.

Wir wissen, dass Getreide zur Keimung eine grosse Menge Sauerstoff nötig hat. Nach den Untersuchungen von Windisch keimt eine Gerste viel rascher und besser, wenn sie während des Weichprozesses gelüftet wird. Ferner hat Windisch die wichtige Beobachtung gemacht, dass getrocknete Gerste Wasser unter Umständen rascher aufnimmt, als ungetrocknete Gerste. Eine solche getrocknete Gerste von 7 pCt. Wassergehalt erlangte z. B. schneller die Vollweiche als die ungetrocknete Gerste von 20 pCt., obgleich im letzteren Falle viel weniger Wasser aufzunehmen war. Wird angenommen, dass die Vollweiche bei

48 pCt. Wassergehalt erreicht worden sei, so wurde im ersten Falle der Unterschied von 41 pCt. schneller ausgeglichen als im zweiten Falle der Unterschied von 28 pCt.: Eine Entdeckung, welche für die Mälzerei-praxis von grosser Bedeutung ist!

Als mir dieses Verhalten mitgeteilt wurde, gab ich folgende Erklärung, welche auch als plausibel angenommen wurde: Wenn das Getreidekorn einen hohen Wassergehalt besitzt, dann sind alle Teile des Kornes verquollen. Insbesondere werden die Eiweisstoffe vielfach die Beschaffenheit von Gelatine annehmen. Hierdurch wird der Wassereintritt in das Korn bedeutend erschwert; er kann nicht durch Strömung erfolgen, sondern nur auf dem Wege der Osmose.

Trocknen wir das Korn, dann verliert es Wasser, die Trockensubstanz schrumpft zusammen und es bilden sich naturgemäss zahllose Haarröhrchen und kapillare Spalten. Wird ein derartiges Korn ins Wasser gelegt, dann vermag dies rasch durch die kleinen Hohlräume und Kanäle in das Innere des Kornes zu gelangen.

Bevor das Material selbst Gelegenheit und Zeit hat zur Quellung, wird das Korn als Ganzes reichlich Wasser aufgenommen haben.

Mit dieser Vorstellung ist aber die Erklärungsmöglichkeit nicht erschöpft, sondern es treten noch Umstände hinzu, deren Berücksichtigung ein weiteres Licht auf die betrachteten Vorgänge werfen. So müssen wir die starke Atmung des feuchten Getreidekornes, besonders die Entwicklung der Kohlensäure als einen zweiten mechanischen Einfluss in dieser Beziehung ansehen. Sowohl die normale Atmung, bei welcher Luftsauerstoff zur Verbrennung der Substanz herangezogen wird, als auch die intramolekulare Atmung, welche nach neueren Untersuchungen eine alkoholische Gärung sein soll, liefert Kohlensäure und zwar um so mehr, je feuchter das Getreide ist. Hierdurch wird eine beständige, wenn auch langsame Gasbewegung von innen nach aussen stattfinden. Legen wir ein solches Korn ins Wasser, dann wird die Gasentwicklung das Eindringen des Wassers in das Innere des Kornes erschweren. Ein trocknes Korn hat nur eine sehr geringe Gasentwicklung, daher wird dem Eindringen des Wassers von dieser Seite her ein um so geringerer Widerstand geboten, je trockner das Getreide ist. Ehe das Korn in Quellung gerät und ehe sich eine starke Atmung ausgebildet hat, kann schon eine starke Sättigung mit Wasser eingetreten sein.

II.

Von dieser einfachen mechanistischen Erklärungsweise wollen wir nun Gebrauch machen und untersuchen, ob sie nicht auch imstande ist, einen Lichtschimmer auf die Vorgänge bei der Nachreife zu werfen.

Zunächst müssen wir uns vergegenwärtigen, dass frisch geerntetes Getreide einen hohen Wassergehalt hat. Infolgedessen ist der Inhalt gänzlich verquollen, was sich auch aus der Tatsache ergibt, dass die Körner während eines früheren Reifestadiums, wo sie einen höheren Wassergehalt aufweisen, ein weit grösseres Volumen besitzen, als zu einer späteren Zeit, wo der Wassergehalt geringer ist. Die Folge des hohen Wassergehaltes wird eine starke Atmung sein, welche eine entsprechende Kohlensäureentwicklung veranlasst. Unserer Annahme nach muss das Korn den Sauerstoff absorbieren, damit es keimfähig wird. Da das Korn aber verquollen ist, so sind keine Wege vorhanden, auf welchen er durch Strömung in das Innere des Kornes gelangen kann. Ein Eintritt ist nur möglich durch die Absorption von seiten des äusseren Gewebes und darauf folgende Diffusion in das Innere.

Die Austrocknung des Kornes wird den Eintritt des Sauerstoffes aus folgenden Gründen leichter gestatten:

1. Das Korn wird durch den Trocknungsprozess schrumpfen. Hierdurch werden sich Kanäle und Risse bilden, durch welche der Sauerstoff leichter überall hingelangen kann,

2. Das feuchte Korn entwickelt verhältnismässig reichliche Mengen von Kohlensäure, welche beständig nach aussen treten und das Eindringen des Sauerstoffes aufhalten. Beim ausgetrockneten Korn findet nur eine sehr geringe Atmung statt, also auch eine sehr geringe Kohlensäureentwicklung. Denn ein Getreide von etwa 30 pCt. Wassergehalt entwickelt nach Kolkwitz etwa 2000 mal soviel Kohlensäure als ein Getreide von 13 pCt. Die Trocknung wird demnach die erwähnte Hemmung des Sauerstoffeintrittes aufheben.

3. Je feuchter ein Getreide ist, desto mehr ist es mit Schimmelpilzen und Bakterien verunreinigt. Diese Mikroben haben zu ihrem Leben und zu ihrer Vermehrung verhältnismässig sehr bedeutende Sauerstoffmengen nötig, wie von Kolkwitz u. a. nachgewiesen wurde. Der an das Korn herantretende Sauerstoff wird also schon von diesen Mikroben zum grossen Teile mit Beschlag belegt. Gelangt wirklich ein Teil desselben in das Getreidekorn selbst, so kann er schon in den

äussersten Schichten durch das Gewebe in Anspruch genommen werden, indem dieses die intramolekulare Atmung aufgibt und mit Hilfe des gebotenen Sauerstoffes die normale Atmung ausführt.

Alle diese Umstände werden die notwendige Aufspeicherung des Sauerstoffes als Reserve für die spätere Keimung verzögern, bzw. verhindern. Der Trocknungsprozess schaltet ihre schädliche Wirkung aus.

Wie bereits erwähnt, soll die hier entwickelte Theorie einer experimentellen Prüfung unterworfen werden. Wenn ich ihre Bestätigung oder Verwerfung durch den Versuch nicht abwarte, sondern sie in der vorstehenden Weise zur Veröffentlichung bringe, so geschieht dieses aus zwei Gründen: Zunächst glaube ich, dass die obigen Erörterungen auch manche der bisher erhaltenen Ergebnisse erklären; ferner werden voraussichtlich im nächsten Herbste auch von anderen Seiten Versuche über die Beeinflussung der Keimfähigkeit durch den Trocknungsprozess ausgeführt werden, weshalb es zweckmässig erscheint, auf die erwähnten verschiedenartigen Einflüsse hinzuweisen.

III.

An die vorstehenden Ausführungen knüpfe ich einige Bemerkungen über die »Auslese« durch den Trocknungsprozess.

Alle Erfahrungen bezüglich der Fortpflanzung von tierischen und pflanzlichen Lebewesen weisen darauf hin, dass ein gesundes Individuum in der Regel einen besseren und gesünderen Nachwuchs haben wird als ein krankes Individuum. Also wird auch ein gesundes und gutes Getreide, wenn es zur Aussaat gelangt, eine gesündere Nachfolge haben als ein durch schlechte Lagerungsart erkranktes Getreide derselben Sorte und Herkunft. Hieraus folgt, dass ein getrocknetes Getreide, da es durch den Trocknungsprozess in seinen Eigenschaften gebessert wird, eine bessere Nachfolge verlangt, als wenn es feucht zur Aussaat kommt.

Ich halte es nicht für unwahrscheinlich, dass durch einen richtig geführten Trocknungsprozess die Keimfähigkeit des ungesunden Getreides, welches einen kümmerlichen Nachwuchs erzeugen würde, gänzlich verloren geht, während das unter denselben, zweckmässig geregelten Umständen seine Keimfähigkeit bewahrende Getreide gut ist und demnach auch (wenn sonst die Witterungsverhältnisse normal sind) eine gute Ernte liefern wird. Trifft diese Ansicht zu, dann steht zu

erwarten, dass durch die Trocknung eine Art Auslese stattfindet, welche die Nachkommenschaft verbessert.

Es ist wahrscheinlich, dass die Einführung dieses neuen Gesichtspunktes bei der Untersuchung auf diesem Gebiete einige Vorteile liefern wird.

Schon früher habe ich die Beobachtung gemacht, dass altes Getreide durch die Trocknung keine Verbesserung der Keimfähigkeit aufweist, sondern eher eine Verschlechterung. Wenn man schlechtes Getreide trocknet und der Länge nach aufschneidet, findet man häufig, dass der Keim bereits in Wachstum übergegangen ist, d. h. das Korn hatte bereits gekeimt. In anderen Fällen hat ein Zusammenschumpfen des Keimlings stattgefunden; beim Zerschneiden des Kornes fällt er mitunter aus dem Keimbehälter heraus.

Solche Kennzeichen liefern natürlich den besten Beweis, dass ein derartiges Getreide entweder unter einer ungünstigen Erntewitterung gelitten hat, oder unter ungünstigen Umständen aufbewahrt worden ist.

Wenn daher nach der besprochenen Richtung hin Untersuchungen stattfinden, so wären nicht allein die Lüftungsverhältnisse im Auge zu behalten, sondern man müsste auch vor und nach dem Trocknen Schnitte beobachten und sehen, ob und inwieweit das Getreidekorn durch Beregnung auf dem Felde oder durch schlechte Lagerungsbedingungen morphologische Veränderungen erlitten hat.

IV.

Die Auslese durch den Trocknungsprozess kann in der folgenden Beziehung auch von praktischer Wichtigkeit sein:

Die Witterungsverhältnisse sind mitunter für die Ernte so ungünstig, dass eine grosse Schädigung selbst Vernichtung derselben stattfindet, so dass viele Landwirte dann nicht einmal Getreide zur Aussaat besitzen, sondern dieses noch zukaufen müssen.

Diese traurigen Verhältnisse, welche in jedem feuchten Jahre wiederkehren, haben schon lange Bestrebungen zu ihrer Abwehr gezeitigt.

Hierher gehört auch die Absicht, das Getreide im Halm zu trocknen. Eine derartige Trocknung ist wirtschaftlich nicht durchführbar, weil der Rauminhalt des Materials sehr gross ist, so dass überaus grosse Gebäude

und umfangreiche Beförderungsmittel notwendig sein würden, welche grosse Anschaffungs-, Abschreibungs- und Versinsungssummern erfordern. Um dieser Schwierigkeit zu entgehen, ist der Gedanke aufgetaucht, in feuchten Jahren nur die Ähren abzuschneiden und das Stroh niederzupflügen. In Kalifornien wird diese Art der Ernte im grossen Massstabe ausgeführt, und passende Maschinen sind für diesen Zweck seit längerer Zeit im Gebrauch.¹⁾

Es ist nun klar, dass die Ähren allein um so besser vom Stroh getrennt werden können, je gleichmässiger die Höhe des Halmes ist. Diese muss vom Saatgut abhängen. Wenn wir von der Wirkung der Bodenzusammensetzung absehen, die wir möglichst gleichmässig annehmen wollen, so ist die Länge des Halmes bei Körnern gleicher Herkunft und Sorte eine Funktion des Zustandes, in dem sich das Getreidekorn bei der Aussaat befunden hat.

Die feuchte Ernte des vorigen Jahres (1902) hat Schuld, dass die Frucht vielfach von sehr ungleichmässiger Beschaffenheit war, verursacht durch die ungleichmässige Verteilung der Feuchtigkeit. Das Getreide gelangte im ungleichmässigen Zustande zur Aussaat, und diesem Umstande ist es jedenfalls zu einem grossen Teile zuzuschreiben, dass die Ähren auf dem Felde in diesem Jahre eine so ausserordentlich verschiedene Länge aufweisen.

Der gleichmässig und richtig geführte Trocknungsprozess versetzt nun das Getreide in einen gleichmässigen Zustand, welcher durch eine längere Lagerungsdauer unter guten und gleichmässigen Bedingungen, während welcher die erforderlichen Kondensationen im Korn stattfinden können, sich noch weiter einem guten Durchschnittszustande nähern wird. Derartige Körner werden sich demgemäss auch beim Wachstum ziemlich gleichmässig verhalten und ein gleichmässigeres Korn liefern, als ungetrocknetes, im feuchten Zustande aufbewahrtes Getreide. Beim Abschneiden der Ähren wird unter diesen Umständen nur eine sehr geringe Strohmenge notwendig mitgehen müssen, und das Trocknen

1) Kurzsichtigkeit gibt es überall, und so konnte es nicht ausbleiben, dass dem erwähnten Vorschlage gegenüber auf den Verlust des Strohes hingewiesen und der ganze Vorschlag abfällig beurteilt wurde. Seine Anerkennung wird aber nicht ausbleiben, wenn die nüchterne Beurteilung der gegebenen Verhältnisse dahin führt, mit den unvermeidlichen Verlusten rechnet.

der Ähren kann sich ohne ausserordentliche Anlagekosten für den Trockner durchführen lassen.

Ähnliche Überlegungen würden auch bezüglich der gleichmässigen Standfestigkeit des Halmes gelten müssen.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die Trocknung das Ausfallen der Körner aus den Ähren bedeutend erleichtert, dass also das gewaltsame Dreschen fortfällt, welches gerade bei feuchtem Getreide vielfach Schädigungen verursacht.

Vielleicht ist unter Umständen ein Rüttelsieb ausreichend, die Körner aus den getrockneten Ähren zu befreien.

38. Einige Bemerkungen über den Einfluss des Trocknens auf das Getreide.

1. Vor einiger Zeit habe ich in der »Tageszeitung für Brauerei« [1] einen Artikel über Getreidetrocknung veröffentlicht, in welchem die Behauptung von der Notwendigkeit derselben begründet wird. Dort wurden Betrachtungen allgemeiner Art angestellt, während ich hier besonders auf die Vorteile der Getreidetrocknung für die Brauerei und Mälzerei etwas näher eingehen will.

Die Grundlage für ein gutes Malz ist eine gute Beschaffenheit der verwendeten Gerste. Setzen wir den Fall, dass in der letzteren ein gewisser Überschuss von Wasser vorhanden ist, dann werden im Korn langsam aber dauernd Veränderungen erfolgen, welche jene kostbaren Stoffe schädigend beeinflussen, von welchem die Keimfähigkeit abhängt. Je höher der Wassergehalt und je höher die Temperatur, desto rascher finden diese Zerstörungen statt und die Keimfähigkeit kann in verhältnismässig kurzer Zeit bedeutend heruntergehen, ohne dass man äusserlich dem Korne etwas anmerkt, und ohne dass eine bemerkbare Schimmelbildung auftritt. Genau dasselbe Getreide würde im trockenen Zustande und von der Luft abgeschlossen aufbewahrt, die Keimfähigkeit viele Jahre lang behalten.

Wenn ich mit dem Praktiker solche Angelegenheit bespreche, dann wird gewöhnlich der Einwurf erhoben, dass jedes Getreide gelüftet werden

müsse, weil es sonst erstickt. Dieser Einwurf ist gänzlich hinfällig für trockenes Getreide. Im Gegenteil, die andauernde und übermässige Lüftung ist schädlich, wahrscheinlich durch die übermässige Aufnahme und Wirkung des Luftsauerstoffes. Wir wissen, dass selbst trockenes Getreide an offener und trockener Luft lagernd, die Keimfähigkeit im Laufe weniger Jahre verliert, während dasselbe trockene Getreide unter Luftabschluss aufbewahrt, seine Keimfähigkeit viele Jahre hindurch behält.

Der vorher erwähnte Einwurf gilt dagegen für feuchtes Getreide, welches in der Tat umgearbeitet werden muss, damit es nicht einen schimmlichen Geruch erhält und verdirbt.

2. Es wird zweckmässig sein, eine kleine zeichnerische Darstellung zu geben, welche ich in etwas ausführlicherer Weise in meinen Vorlesungen über Lagerung und Behandlung von Getreide vorbringe und welche den Einfluss der Behandlungsart auf die Keimfähigkeit recht anschaulich macht.

Ich stelle mir ein Achsensystem her. Die wagerechte Achse (vergl. Abbild. 56) teile ich in gleich grosse Abschnitte, und jeder einzelne Abschnitt soll die Länge oder die Dauer einer Woche bezeichnen. Die senkrechte Achse teile ich ebenfalls in gleiche Abschnitte, und hierauf trage ich die Keimfähigkeit in Abständen von 10 zu 10 pCt. auf. In der Regel haben wir es mit Getreide zu tun, welches mehr als 50 pCt. Keimfähigkeit aufweist, daher lassen wir die senkrechte Achse nicht von Null, sondern von 50 pCt. Keimfähigkeit an beginnen. Nun untersuchen wir einen grösseren Getreideposten und finden seine Keimfähigkeit gleich nach der Ernte zu 55 pCt., d. h. von 100 angesetzten Körnern keimen 55, während die übrigen 45 ausbleiben. Das Ergebnis kennzeichnen wir auf dem Achsensystem durch einen kleinen Kreis auf der senkrechten Linie 0 in der Höhe 55. Die ganze Getreidemasse teilen wir in vier Posten und lagern jeden derselben für sich unter anderen Bedingungen. Posten (1) soll bei gewöhnlicher Temperatur recht sorgfältig behandelt werden. Wir untersuchen seine Keimfähigkeit nach

1	2	3	4	5	6	7	8	Wochen und finden
								sie entsprechend zu

70	80	88	93	97	98	98	98 pCt.
----	----	----	----	----	----	----	---------

Nach sechs Wochen ist also das Maximum der Keimfähigkeit erreicht und verändert sich von da ab nicht mehr.

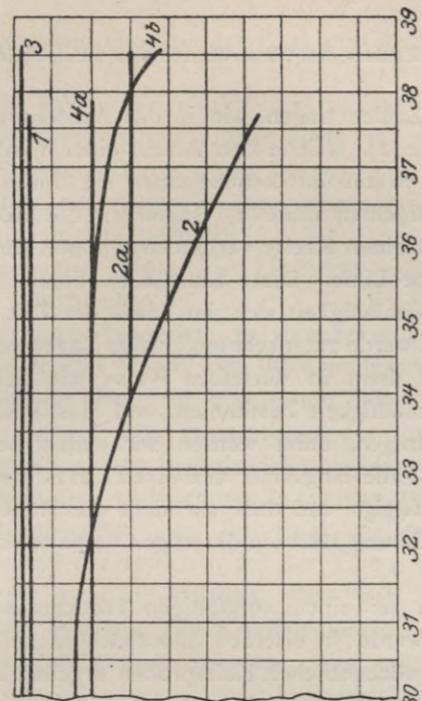
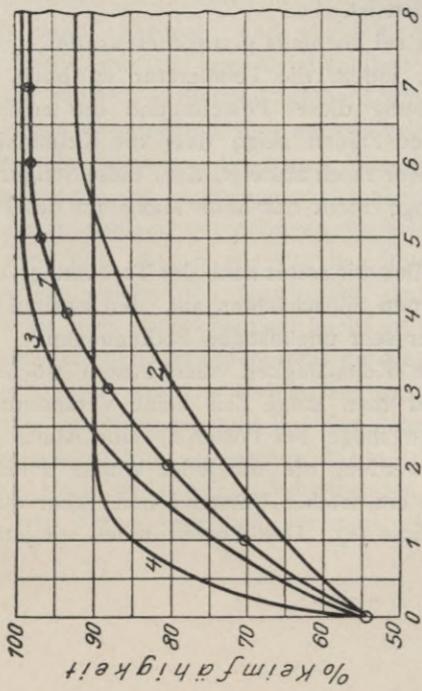


Abbildung 56.



Die gefundenen Zahlen tragen wir in das Achsensystem ein. Auf der senkrechten Linie (1), welche den Ablauf einer Woche bezeichnet, tragen wir die Höhe 70 auf und kennzeichnen sie durch einen kleinen Kreis. Auf der senkrechten Linie (2) tragen wir die Höhe 80 ab usw. Die eingezeichneten kleinen Kreise verbinden wir nun durch eine möglichst einfache krumme Linie. Diese Linie zeigt dann deutlich an, in welcher Weise die Keimfähigkeit sich im Laufe der Zeit geändert hat.

Der zweite Posten werde unter sehr ungünstige Lagerungsbedingungen gebracht. Wenn wir dann in derselben Weise wie beim Posten (1) wöchentlich die Keimfähigkeit bestimmen und das gesamte Ergebnis in die Zeichnung eintragen, dann werden wir einmal bemerken, dass sich jene im zweiten Falle langsamer verbessert, dass also die krumme Linie weniger steil ansteigt und dass sie nicht die Höhe erreicht, wie im Fall (1). Die Zeichnung lässt ein derartiges Verhalten auf einen Blick erkennen.

Der dritte Posten sei einem sorgfältigen Trocknungsprozess unterzogen worden und werde in eisernen Siloschächten aufbewahrt. Die mit ihm angestellten wöchentlichen Keimproben ergeben nicht nur eine schnellere Steigerung der Keimfähigkeit, sondern die letztere erreicht sogar einen höheren Wert als beim Posten (1), der doch in bester Weise behandelt worden ist.

Der vierte Posten sei ebenfalls getrocknet worden, jedoch nicht in so sorgfältiger Weise, indem die Temperatur zu hoch gegangen ist. Die nähere Untersuchung dieses Postens und die zeichnerische Darstellung der gefundenen Zahlen zeigt, dass die Keimfähigkeit bei der Aufbewahrung zwar sehr rasch ansteigt, dass diese Steigerung aber bald aufhört und dass lange nicht das hohe Maximum des Postens (3) erreicht wird.

Den Posten (4) teilen wir sofort nach der Trocknung; einen Teil (4a) bewahren wir in eisernen Siloschächten auf, den zweiten Teil (4b) dagegen lagern wir unter sehr ungünstigen Bedingungen.

3. Wird nun die Keimfähigkeit aller Posten wöchentlich weiter untersucht, dann wird man lange Zeit keine Veränderung bemerken. Etwa in der 32. Woche möge bei Posten 2) eine Abnahme der Keimfähigkeit festgestellt werden, die mit jeder Woche zunimmt. In der Zeichnung macht sich ein solcher Umstand bemerkbar durch das langsame Absinken der Linie (2). Den Posten teilen wir jetzt, indem wir

den einen Teil (2) unter den bisherigen ungünstigen Bedingungen weiter aufbewahren, während der andere Teil (2a) getrocknet werden soll. Die weitere Untersuchung dieser beiden Posten zeigt, dass Teil (2) seine Keimfähigkeit langsam weiter verliert, während (2a) die noch vorhandene Keimfähigkeit beibehält.

Die Zeichnung bringt die Einwirkung des Trocknungsprozesses deutlich zur Anschauung.

4. Es sei ganz besonders hervorgehoben, dass die Keimfähigkeit eines alten Getreides durch den Trocknungsprozess unter keinen Umständen verbessert wird; im günstigsten Falle wird diese Eigenschaft unverändert bleiben. Der grosse Segen der Trocknung besteht darin, dass die im Abnehmen begriffene Keimfähigkeit erhalten bleibt, dass ferner die Bakterien und Schimmelpilze der nicht keimenden Körner zum Teil eingetrocknet, zum Teil wohl gar zerstört werden, so dass die Entwicklung der Infektion auf der Tenne weniger gefährlich wird. Ja, ich vertrete sogar die Meinung, dass man nicht so sehr ängstlich darauf bedacht sein soll, die Keimfähigkeit des Getreides beim Trocknungsprozess durchaus zu schonen. Wir müssen nämlich beachten, dass neben den Körnern mit guter Keimfähigkeit und neben jenen, die diese Eigenschaft bereits ganz verloren haben, auch stets solche vorhanden sind, welche sich bereits in geschwächtem Zustande befinden, die nur noch elend vegetieren und ein schlechtes Wachstum auf der Tenne geben. Sie würden ihre Keimfähigkeit bei weiterer Lagerung überhaupt bald gänzlich verlieren. Solche Körner werden eine von den gesunden Körnern abweichende Keimenergie geben, während der Mälzer gerade auf ein gleichmässiges Wachstum Wert legt.

Ferner vermögen die vorerwähnten kranken Körner den Bakterien und Schimmelwucherungen nur geringen Widerstand entgegenzustellen. Von ihnen wird nun ebenso wie von dem toten Korn leicht eine Infektion ausgehen, welche den Geschmack der Würze ungünstig beeinflusst. Es ist nun wahrscheinlich leicht zu erreichen, dass bei der Trocknung eines solchen Getreidepostens die Keimfähigkeit der schwächlichen Körner zerstört wird; es bleiben nur die gesunden Körner keimfähig, wodurch das Keimungsbild auf der Tenne jedenfalls an Gleichmässigkeit gewinnen wird, abgesehen davon, dass durch die teilweise Zerstörung der Infektion in den nichtkeimenden Körnern die Schimmelbildung auf der Tenne erheblich abnimmt. Wenn also durch einen

richtig geführten Trocknungsprozess tatsächlich eine Verringerung der Keimfähigkeit im Getreide stattfindet, so ist dieses nicht als ein Mangel, sondern im Gegenteil in seinen Folgerungen als ein Vorteil anzusehen.

5. Kehren wir nochmals zu unseren Getreideposten zurück, dann werden wir bemerken, dass von Posten (4), welcher zu scharf getrocknet wurde, der eine im eisernen Siloschacht aufbewahrte Teil (4a) seine Keimfähigkeit unverändert beibehält, während der unter ungünstigen Bedingungen aufbewahrte Teil diese Eigenschaft allmählich einbüsst. Hieraus ist der Schluss zu ziehen: Die Trocknung des Getreides schafft zwar auf alle Fälle Nutzen, bei längerer Lagerungsdauer unter ungünstigen Bedingungen geht aber dieser Nutzen verloren.

Man sieht, dass die zeichnerischen Darstellungen eine vorzügliche Übersicht geben über den Verlauf der Keimfähigkeit in einem Getreideposten. Es dürfte sich daher für die Brauereien empfehlen, jeden grösseren Posten in der angegebenen Weise auf die Veränderung seiner Keimfähigkeit zu untersuchen, indem zugleich Wassergehalt, Stickstoffgehalt und Lagerungsbedingungen notiert werden. Die Brauereien und Mälzereien werden dann bald im Klaren darüber sein, unter welchen Bedingungen das Getreide am günstigsten lagert und man wird finden, dass die Mühe, welche man für diese Bestimmungen aufwendet, reichlich belohnt wird durch die Erzielung grösserer Ausbeute und eines besseren Produktes in der Mälzerei und im Sudhause.

6. Aus den besprochenen Beispielen wird man erkennen, dass der Einfluss der Zeit von hervorragender Bedeutung ist.

Während im Laufe einer Brauereikampagne ein bestimmter Gerstenposten eine vorzügliche Keimfähigkeit entwickelt, kann diese Eigenschaft in der nächsten Kampagne stark gelitten haben, eine Tatsache, die in Brauerkreisen längst bekannt und gefürchtet ist. Die Übersommerung der Braugerste ist immer eine sehr missliche Angelegenheit und man sucht sie zu vermeiden, um nicht im folgenden Herbst eine schlecht keimende Gerste auf Lager zu haben. Es dürfte zweckmässig sein, die wahrscheinlichen Ursachen dieses Verhaltens mit einigen Worten zu berühren.

Zunächst ist zu beachten, dass die Brauereien einen sehr feuchten Betrieb haben. Scheinbar herrscht auf den Gersten- und Malzböden eine grosse Trockenheit, aber auch nur scheinbar, weil nämlich das Getreide und besonders das Malz alle überschüssige Feuchtigkeit an-

zieht. Aus dem Sudhause und von anderen Stellen geht Feuchtigkeit in das Mauerwerk. Diese wandert selbstverständlich am raschesten jenen Stellen zu, die am trockensten sind, also dorthin, wo das Malz und die Gerste lagern, denn diese halten das Mauerwerk stets trocken. Aus denselben Gründen ist es von grosser Wichtigkeit, dass bei Speicherbauten das Mauerwerk vom Grundwasser möglichst gut isoliert wird.

7. In wie hohem Grade Mauerwerk die Feuchtigkeit fortleitet, habe ich an einem Beispiel feststellen können. Wenn man in ein hohes Glasgefäss etwas Wasser giesst, hierin einen Ziegelstein aufrecht hineinstellt und auf diesen Ziegelstein ein Säckchen mit Getreide legt, so nimmt letzteres im Laufe der Zeit ziemlich beträchtliche Feuchtigkeitsmengen auf. Ein zweites Gefäss dagegen, welches anstelle des Ziegelsteines einen Dreifuss enthält, auf dem das Säckchen liegt, im übrigen aber ebenso angeordnet ist, wie im vorigen Falle, lässt eine viel geringere Gewichtszunahme des Getreides erkennen. Als die Säckchen in dem untersuchten Falle nach längerer Zeit gewogen wurden, ergab sich, dass das erste auf dem Ziegelstein liegende Säckchen dreimal soviel Wasser aufgenommen hatte, als das andere. Hieraus ergibt sich die grosse Wasserübertragungsfähigkeit durch das Mauerwerk sehr deutlich.

Da nun die Wasserzunahme im Getreide in Verbindung mit der übermässigen Einwirkung des Luftsauerstoffes die Keimfähigkeit herabsetzt, so muss das Aufbewahren von Getreide in Gebäuden, in welchen sich das Sudhaus und ähnliche feuchtigkeitsgeschwängerte Einrichtungen befinden, als fehlerhaft bezeichnet werden.

8. Ein zweiter Umstand, welcher in Betracht zu ziehen ist, betrifft die chemische Zusammensetzung des Getreidekornes. Brauereigersten sollen einen geringen Eiweissgehalt aufweisen. Da nun die Keimfähigkeit gerade von diesen Eiweissstoffen abhängt, letztere aber bei Gegenwart von Wasser leicht zersetzt werden, so ist einleuchtend, dass eiweissarme Gersten ihre Keimfähigkeit leichter einbüssen werden, als eiweissreiche Gersten, gleiche Zusammensetzung der Eiweissstoffe natürlich vorausgesetzt. Die Brauereigersten sind also empfindlicher als andere und daher muss man sie ganz besonders vor der Einwirkung der Feuchtigkeit schützen, welches am besten durch Aufbewahrung in eisernen Siloschächten geschieht. Der verhältnismässig hohe Wassergehalt unseres einheimischen Getreides würde eine derartige Auf-

bewahrungsart nur dann gestatten, wenn die Gerste vor der Einlagerung in die Siloschächte einem sachgemässen Trocknungsprozess unterworfen ist, und so ergibt sich aus den vorstehenden Erörterungen wieder einmal die Notwendigkeit der Getreidetrocknung.

Nachträge.

1. Man vergl. Stück 36. Die Notwendigkeit der Getreidetrocknung.

39. Die Vermischung feuchten und trockenen Getreides.

1. In den nachfolgenden Zeilen soll der Wahrscheinlichkeitsbeweis geführt werden, dass die Mühlen einen Fehler begehen, indem sie feuchtes Getreide mit trockenem vermischen, um es so verwertbar zu machen. Nicht nur in Mühlen, sondern noch mehr im Bäckereigewerbe wird durch diese Massnahme grosser Schaden angerichtet.

Im Getreidekorne finden dauernd physikalische und chemische Umsetzungen statt, die um so kräftiger verlaufen, je mehr Wasser zugegen ist. Die empfindlichsten Körper des Getreidekornes sind die Eiweissstoffe; sie werden daher bei den Umsetzungen am meisten in Mitleidenschaft gezogen. Von diesen Stoffen hängt aber gerade die Backfähigkeit des Getreides ab; demzufolge wird der Wasserüberschuss auf die Backfähigkeit einen schädigenden Einfluss haben. Unterstützt wird diese Zerstörung der Stoffe durch die Gegenwart der sogenannten Enzyme, die in jedem Getreidekorne vorhanden sind.

Diese Körper haben die Eigenschaft, dass die chemischen und physikalischen Vorgänge im Getreide durch ihre Gegenwart beschleunigt werden. Sie spielen die Rolle des Schmieröles bei der Maschine. Ist also durch die Gegenwart von Wasser in den Eiweissstoffen, der Stärke usw. Neigung zur Umsetzung bezw. zum Zerfalle vorhanden, dann wird die Anwesenheit der Enzyme die Neigung hierzu wesentlich verstärken. Es ist einleuchtend, dass die Enzyme um so stärker zerstörend wirken, in je grösserer Menge sie vorhanden sind. Ferner ist zu beachten, dass bei Gegenwart von Wasser auf dem Korne auch Bakterien und Schimmelpilze gedeihen, die Enzyme absondern und in das Innere des Kornes senden. Durch eine fleissige Lüftung lässt sich zwar der dumpfige oder Fäulnisgeruch, der von der Infektion des Kornes herrührt, häufig entfernen. Die entstandenen und eingeführten Enzyme

werden aber auf diese Weise keineswegs vernichtet, sie bleiben im Korne und setzen ihre zerstörende Tätigkeit fort. Diese Tätigkeit kann nur stattfinden, wenn eine bestimmte Mindestmenge von Wasser vorhanden ist; und ebenso wie die Wirkung mit der Menge der Enzyme wächst, ebenso nimmt sie zu mit der Erhöhung des Wassergehaltes.

2. Wir nehmen an, dass von einer grösseren, aus gutem und gesundem Korne bestehenden Getreidemenge ein Teil nass wird, während der andere Teil wie bisher unter sehr günstigen Bedingungen lagert. In dem nassen Teile beginnt dann eine starke Atmung, d. h. eine lebhaftete Betätigung der physikalischen und chemischen Vorgänge. Die Zerstörung der Trockensubstanz kann durch diese Vorgänge bei feuchtem Getreide recht bedeutend sein: auf 1 Tag und Tonne Getreide 1 kg Trockensubstanz und mehr.

Dennoch ist dieser Umstand von geringer Bedeutung gegenüber dem Abbau der Eiweissstoffe. Durch diesen Abbau werden erstens jene hochmolekularen Stoffe zerlegt, von denen die Backfähigkeit und die Keimfähigkeit abhängen. Zweitens werden weitere Enzyme gebildet, sei es, dass die Bakterien und Schimmelpilze sich vermehren und Enzyme ausscheiden, sei es, dass solche im Korne selbst durch den Zerfall der Eiweissstoffe entstehen. Letzteres ist nicht unwahrscheinlich, denn die Enzyme sind Stoffe von Eiweiss ähnlicher Natur. Die gebildeten Enzyme wiederum haben das Bestreben, die vorhandenen Stoffe weiter zu zerlegen. Beim vorliegenden guten und plötzlich feucht gewordenen Getreide gehen diese Vorgänge zunächst sehr langsam vor sich, weil nur wenig Enzyme vorhanden sind. Im Laufe der Zeit vermehren sich die letztere naber, ihre Bildung erfährt eine Beschleunigung, so dass sie schliesslich in grosser Menge und, was wichtig ist, in sehr wirksamem Zustande vorhanden sein können. Die Dauer der Einwirkung des Wasserüberschusses kann im Laufe der Zeit eine erhebliche Herabsetzung, wenn nicht Zerstörung der Backfähigkeit veranlassen.

3. Wir setzen nun den Fall, dass die Absicht besteht, das eben geschilderte, im Laufe einer längeren Zeit verdorbene Getreide zu verwenden und zwar durch Zumischung zu dem anderen, unter fortdauernd günstigen Bedingungen aufbewahrten Getreideposten. Die Vermahlung dieses Gemisches ist der verhängnisvolle Augenblick. Die im feuchten Getreide in grosser Menge vorhandenen Enzyme werden durch den

Mahlvorgang in nachdrücklichster Weise auch auf das gute Mehl verteilt und sofort beginnen sie ihre zerstörende Tätigkeit auszuüben. Es sei angenommen, dass der Mahlvorgang ein Mehl von vielleicht 20 H. [1] Wassergehalt erzeuge, dann werden die vorhandenen Enzyme in nicht zu langer Zeit die Backfähigkeit dieses Mehles sehr bedenklich herabsetzen können.

4. Von dem gutbehandelten Getreideposten werde ebenfalls Mehl bereitet und zwar möge dieses durch Wasserzufuhr zum Getreide kurz vor der Vermahlung ebenfalls 20 H. Wasser enthalten. Dieser Wassergehalt ist hoch, er wird das Mehl im Laufe der Zeit schädigen, aber es ist zu beachten, dass in diesem Falle nur sehr wenig Enzyme vorhanden sind, dass diese sich erst ganz allmählich und ganz langsam bilden, und dass diese Bildung erst nach einiger Zeit eine grössere Schnelligkeit erlangt. Infolgedessen wird der zweite Posten viel langsamer dem Verderben unterliegen als der erste. Während dieser beim Lagern in den Räumen des Bäckers bereits vollständig seine Backfähigkeit verloren hat, wird der andere Mehlposten, bei demselben Wassergehalte und unter denselben Bedingungen gelagert, zu derselben Zeit noch eine befriedigende Backfähigkeit aufweisen können.

5. Wir haben uns nun die Frage vorzulegen, wie dieser Übelstand zu beseitigen ist. Hierauf gibt es nur eine Antwort: das feuchte und schlechte Getreide muss vor dem Vermischen ein Trockenverfahren durchmachen und erst nach einer Lagerungszeit von mehreren Wochen dem guten Getreide zugesetzt werden. Die Trocknung schafft vor allen Dingen das überflüssige Wasser fort, wodurch die physikalische und chemische Arbeit im Getreidekorne im entsprechenden Masse verringert wird, insbesondere können die Enzyme ihre schädliche Wirkung nicht mehr ausüben; der zur Zeit der Trocknung vorhandene Zustand, die Stoffverteilung und Zusammensetzung, bleibt zunächst erhalten, indem der weitere Zerfall aufgehalten wird. Ferner wird durch die Trocknung eine Reihe von Enzymen zerstört, ebenso der grösste Teil der Bakterien und Schimmelpilze, die sich im nassen Getreide stets vorfinden.

Endlich ist die Möglichkeit vorhanden, dass infolge der Wasserentziehung sogenannte Kondensationen stattfinden, d. h. ein Zusammentritt von einfachen Verbindungen zu höher zusammengesetzten Körpern, die sich sehr häufig nur unter Austritt von Wasser bilden. Es ist her-

vorzuheben, dass die Entstehung solcher Stoffe in der Regel sehr langsam vor sich geht, und dass eine gewisse Zeit zu ihrer Bildung erforderlich ist. Die so entstandenen hoch kondensierten Körper enthalten allem Anscheine nach gerade jene Stoffe, von denen die Backfähigkeit des Getreides bzw. des Mehles abhängt. Wahrscheinlich tritt diese Bildung von Kondensationen auch in altem Getreide auf, und sie wird hier durch Wasserentziehung befördert, vorausgesetzt, dass die Einwirkung des letzteren nicht schon zu weit gehende Zerstörungen veranlasst hat. Ich kann mich auf diese schwierige Angelegenheit hier nicht weiter einlassen; die Hauptsache ist, dass die Erfahrungen im Betriebe diese Auffassung rechtfertigen. Denn es ist bekannt, dass ein Getreide seine Backfähigkeit verbessert, wenn es längere Zeit unter günstigen Umständen lagert.

6. Wir nehmen nun an, dass der feucht aufbewahrte Getreideposten durch die Trocknung in seiner Backfähigkeit nicht verbessert worden sei, und wir vermischen dieses jetzt mit einem Posten des ursprünglichen guten und unter sehr günstigen Bedingungen gelagerten Getreides. Die Backfähigkeit des Gemisches wird dann zwar in entsprechendem Masse verringert werden, aber es liegen dennoch ganz andere Verhältnisse vor, als sie unter 3 geschildert wurden. Denn die Enzymmenge ist in den beiden zur Mischung gelangten Getreideposten nur gering; es wird also durch die Vermischung keine wesentliche Veränderung nach dieser Richtung hin auftreten.

Setzen wir weiter den Fall, dass auch jetzt, kurz vor der Vermahlung, eine Anfeuchtung des Getreides stattgefunden hat, wodurch der Wassergehalt des gewonnenen Mehles bis auf 20 pCt. steigt, dann wird eine allmähliche Verschlechterung des Mehles allerdings stattfinden. Aber die Einwirkung wird sehr langsam erfolgen, denn die zerstörenden Enzyme sind nur in geringer Anzahl vorhanden, sie werden sich im Laufe der Zeit erst wieder bilden. Zu einer Zeit, wo das nach 3. gewonnene Mehl beim Bäcker seine Backfähigkeit fast vollständig verloren hat, kann in dem zuletzt geschilderten Falle die Backfähigkeit noch befriedigend sein, ebenso wie bei dem in 4. erwähnten unvermischten Mehle. Diese Auseinandersetzungen zeigen, dass eine Vermischung des feuchten Getreides mit trockenem Getreide ein Fehler ist.

7. Die vorliegende Angelegenheit ist sehr verwickelter Natur, wegen der Unbeständigkeit der in Frage kommenden Stoffe nicht nur gegen

Wasser, sondern auch gegen Erwärmung. Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen scheint die Backfähigkeit höhere Wärmegrade ertragen zu können als die Keimfähigkeit. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet würde man verhältnismässig hohe Wärme zur Getreide-trocknung verwenden können. Andererseits steht aber zu erwarten, dass die Stoffe der kranken Körner bereits bei solchen Wärmegraden, bei denen die Backfähigkeit der gesunden Körner noch nicht leidet, färbende Verbindungen liefern, ein Umstand, der auf die Farbe des Mehles ungünstig einwirken kann.

Es ist nämlich wahrscheinlich, dass die bereits im Abbau befindlichen Eiweisskörper und sonstigen Stoffe, die sich im kranken Korne reichlicher vorfinden als im gesunden, gegen hohe Wärmegrade empfindlicher sind, leichter zersetzt werden, also auch leichter bräunen als die guten unzersetzten Stoffe. Daher wird ein krankes Getreide bereits bei solchen Trocknungstemperaturen gebräuntes Mehl geben, bei denen ein gesundes Mehl noch eine tadellose Beschaffenheit aufweisen würde. Im Zusammenhange mit den obigen Erörterungen folgt, dass es wichtig ist, jedes Getreide sobald wie möglich in einen trocknen Zustand zu bringen. Je länger es unter ungünstigen Bedingungen lagert, desto weniger tritt der Segen der Trocknung in Kraft.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass die obigen Auseinandersetzungen als ein Versuch zu betrachten sind, die bisher gesammelten Erfahrungen unter einheitliche Gesichtspunkte zusammenzufassen. Innerhalb gewisser Grenzen sind die Entwicklungen zweifellos richtig, aber nur die unmittelbare Versuchsanstellung vermag zu entscheiden, inwieweit und bis zu welchem Umfange sie es sind.

Nachträge.

I. 20 H. heisst $\frac{20}{100} = 20$ pCt.

IX.

Über die Ermittlung des Wassergehaltes in verschiedenen Stoffen.

40. Die Wasserbestimmung in Körnerfrüchten.

Methoden für die Praxis.

(Gegenüber dem Original gekürzt.)

i. Anforderungen der Praxis.

In den Getreidehäusern, bei der Prüfung von Trockenapparaten und in manchen anderen Fällen der Praxis, hat sich das Bedürfnis fühlbar gemacht, in Getreideproben an Ort und Stelle den Wassergehalt zu bestimmen. Das bisher übliche Verfahren, welches darin bestand, die Proben den Laboratorien zur Untersuchung zu senden, war unständig und langwierig.

Bei der Prüfung von Trocknern ist man im Unklaren über ihre Wirkungsweise, solange man noch nicht die Resultate aus den Laboratorien in Händen hat. Gerade in diesen Fällen ist es wichtig, sich sofort nach jedem Versuch ein ungefähres Bild über den Verlauf der Trocknung zu machen, um eventuell bei den nächsten Versuchen zweckmässige Abänderungen bezüglich der Temperatur, der Materialmenge usw. treffen zu können.

Die nach dieser Richtung hin zielenden Methoden müssen in möglichst kurzer Zeit Resultate liefern, unter Gewähr genügender Genauigkeit. Das in Laboratorien angewendete Verfahren, nach welchem eine kleine, geschrotene Probe des Getreides in einem Trockengläschen

bis zur Gewichtskonstanz bei 105° erwärmt wird, kann in der Praxis nicht verwendet werden einmal, weil die Zeitdauer der Trocknung, welche einschliesslich der Wägungen etwa fünf Stunden in Anspruch nimmt, zu lang ist und dann, weil für diese kleinen Mengen eine analytische Wage erforderlich ist. Diese auf Reisen mit sich zu nehmen, ist höchst unbequem, und Kornhäuser werden sich eine solche teure Wage nicht anschaffen, schon deswegen, weil niemand von den Angestellten gewöhnt ist, mit derselben umzugehen, während doch die Wasserbestimmungen auch eventuell von Arbeitern ausgeführt werden müssten.

In anderen Fällen wiederum ist es nicht nötig, die Trocknung schnell anzustellen, z. B. in Lagerhäusern, welche hin und wieder bei feuchtem Getreide den Wassergehalt bestimmen müssen.¹⁾

In einem solchen Falle wurde von seiten der Praxis ein ganz besonderes Gewicht darauf gelegt, dass die Wasserbestimmung ohne Wärmezufuhr, besonders ohne Hilfe entzündbarer Stoffe, angestellt werden kann. Die Feuerversicherungen sind ängstlich bestrebt, wegen der Feuergefahr der Getreidespeicher jede Flamme auszuschliessen, und sie haben um so mehr ein Recht dazu, als die Angestellten, welche die Wasserbestimmungen zu machen haben, nicht die Übung eines Chemikers in der Handhabung der Flammen besitzen. Man wird in solchen Fällen entweder als Wärmequelle Dampf verwenden oder auf eine solche überhaupt verzichten müssen.

Es kommen daher für die Getreidespeicher folgende Arten der Wasserbestimmung in Betracht:

1. Wasserbestimmung ohne Wärmezuführung,
2. die Wasserbestimmung unter Wärmezufuhr mittels Dampfleitung,
3. die Wasserbestimmung unter Wärmezufuhr mittels Flamme, welche aber nur vorübergehend und nur durch einen Sachverständigen angestellt werden kann.

Diese Methoden müssen soweit genaue Resultate geben, dass die Fehlergrenzen unterhalb 1 pCt. liegen.

Nachfolgend wollen wir die einzelnen Methoden nicht in der oben

1) Es ist allerdings zu bemerken, dass auch diese Speicher in feuchten Jahren so häufig feuchtes Getreide erhalten können, dass eine rasche Wasserbestimmung sehr wünschenswert ist.

angegebenen Reihenfolge aufführen, sondern in der Zeitfolge, wie sie bearbeitet worden sind.

Die Versuche sind mit Rücksicht auf die Praxis angestellt, doch wird vielleicht auch der im Laboratorium Arbeitende manches für ihn Brauchbare darin finden.

II. Die Bestimmungen des Wassergehaltes mittels Exsikkator.

Diese Methode ist uns von einem Praktiker vorgeschlagen, sie ist sehr bequem in der allgemeinen Anordnung, bietet aber im einzelnen gewisse Schwierigkeiten, welche ihre Anwendung in der Praxis nicht erlauben.

[Da die Ergebnisse keine weiteren verwertbaren Gesichtspunkte liefern, so wird von einer Beschreibung der Methode abgesehen.]

III. Die Wasserbestimmung unter Anwendung von Trockenschränken.

A. Über die Einrichtung der Trockenschränke.

Man kann entweder Schränke verwenden, welche nur durch grössere oder geringere Wärmezufuhr geregelt werden, oder solche, die in Zwischenwänden eine Lösung enthalten, welche zum Sieden erhitzt wird, deren Siedepunkt so hoch liegt, dass die dadurch erreichte Temperatur im Innern des Schrankes die gewünschte Höhe hat.

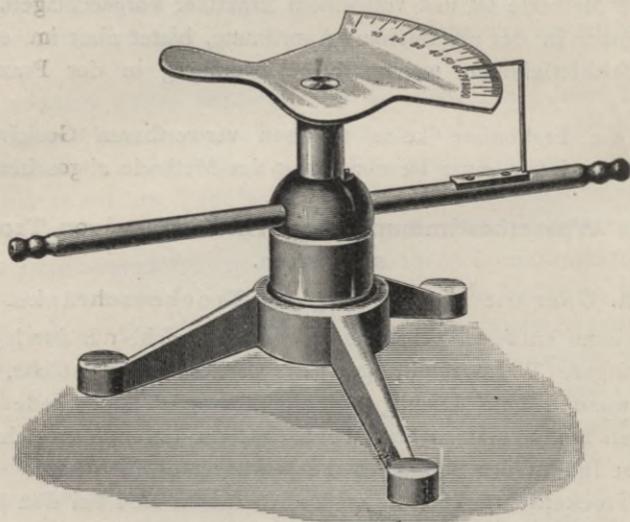
Die Trockenschränke der ersten Art lassen sich bei den hier verlangten Temperaturen nicht durch Quecksilber-Thermoregulatoren konstant halten, es muss daher der Gaszufluss direkt geregelt werden. Dies hat insofern seine Schwierigkeit, als der Gasdruck zu verschiedenen Zeiten verschieden ist. Ferner schwanken auch die Temperaturen der Arbeitsräume beständig, und meist in der Weise, dass die Räume früh am kühlgsten, am Ende der Arbeitszeit am wärmsten sind. Trotz dieser Übelstände hat sich die Verwendung von Präzisionshähnen als zweckmässig erwiesen, und die Temperaturen lassen sich mit denselben zur Zufriedenheit regeln.

Ein Präzisionshahn dient ebenso wie jeder andere Hahn dazu, das Gas abzuschliessen oder hindurchzulassen.

Die Abänderung besteht darin, dass der Knopf, durch welchen sonst die Einstellung des Gaszuflusses geschieht, eine grosse, in Grade geteilte Scheibe bildet. Mit dieser beweglichen Scheibe steht ein un-

beweglicher Zeiger in Verbindung. Ist das Gas abgeschlossen, so steht der Zeiger auf 0. Dreht man die Scheibe um 90° , so geht das Gas ungehindert hindurch.

Die eigentliche Regelung der Temperatur erfolgt ungefähr in der Mitte der Gradeinteilung und beschränkt sich auf wenige Winkelgrade, so dass die Drehung der Scheibe um einen Winkelgrad schon bedeutende Temperaturänderungen hervorbringt.



Abbild. 57. Präzisionshahn. Die obere Scheibe ist drehbar.

Trotzdem der Hahn also wenig empfindlich ist, erleichtert er doch die Temperatureinstellung bedeutend.

Der vom Verfasser gebrauchte Hahn ist in Abbild. 57 abgebildet.

Wie man sieht, ist nur der vierte Teil einer Kreisscheibe angewendet, welche in 90 Grade eingeteilt ist. Der Radius beträgt 50 mm könnte aber zweckmässigerweise doppelt so gross sein, der Kreisbogen dagegen könnte kleiner sein, wie sich gleich zeigen wird.

Bei einem Versuche zeigte der Trockenschrank 65° C. an, als der Zeiger auf 50 stand. Nach Einstellung des Zeigers auf 60 stieg die Temperatur bis auf 135° C. ; 1 Skalenteil von 1 mm Länge entspricht hier also etwa 7° C. Oberhalb 60 und unterhalb 50 kommen auf einen Skalenteil weit weniger Temperaturgrade.

Weil die Empfindlichkeit des Hahnes sich nur auf wenige Skalenteile beschränkt, so ist es nötig, den Kreisausschnitt möglichst gross zu nehmen, damit die Teile an der empfindlichen Stelle auseinander gezogen werden. —

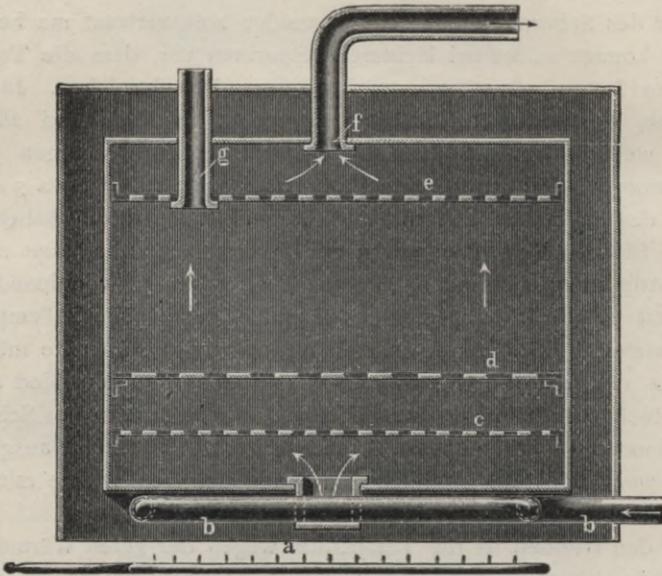
Als Trockenschränke dürfen selbstverständlich nur solche mit doppelter Wandung gebraucht werden, da einwandige Schränke keine genauere Temperatureinstellung erlauben. Aber auch unter den doppelwandigen muss man eine Auswahl treffen und sich mit den Eigenschaften des Schrankes, der benutzt werden soll, vertraut machen.

Es kommt selbst bei kleineren Apparaten vor, dass die Temperaturen im Innern ganz bedeutend voneinander abweichen. In einem Schranke, dessen innere Grössen 22 Breite, 18 Tiefe und 28 Höhe waren, steckten in den beiden dazu dienenden Öffnungen je ein Thermometer. Die durchlochte Eisenplatte befand sich etwa 3 *cm* vom Boden des Schrankes entfernt und war mit einer dicken Asbestplatte belegt. Bei den Versuchen waren die Thermometer überhaupt nicht in Übereinstimmung zu bringen. Sie wichen etwa 4—5° voneinander ab, und zwar zeigte im allgemeinen diejenige Seite höhere Temperatur, unter welcher die Gasflamme stand. Wollte man die Flamme möglichst genau in der Mitte brennen lassen, so trat der Unterschied auf die Dauer doch ein. Hieran waren jedenfalls die im Innern des Schrankes stattfindenden Luftströmungen schuld, die sich vielleicht ausgleichen lassen, wenn einige Zentimeter unterhalb der Decke eine mit vielen Löchern versehene Platte angebracht wird.

An den Wänden ist die Temperatur wegen der guten Wärmeleitung des Metalles höher als in der Mitte; folglich erhalten diejenigen Trockengläschen, welche die Wandung berühren, eine höhere Temperatur, als der Durchschnitt ist. Durch Einstellen von Asbestplatten lässt sich dieser Einfluss verringern.

Auf die Temperaturungleichheiten im Schrank ist sehr zu achten. Sie sind oft die Veranlassung, dass Wasserbestimmungen mit einer Kontrolle nicht übereinstimmen, weil die Temperaturen nur immer an einem Thermometer abgelesen werden. Beide Thermometer im Schranke stecken zu lassen, ist meist nicht ratsam, weil durch die Verengerung der Lüftungsöffnungen die Zirkulation der Luft und die Diffusion der Wasserdämpfe zu sehr verhindert wird. Zweckmässig ist es jedenfalls, den Schrank auf die betreffende Eigenschaft hin auszuprobieren.

Hat man keinen Präzisionshahn zur Verfügung, so ist es ratsam, die Temperatur des Trockenschrankes ungefähr einzustellen. Ist diese etwas zu hoch, so legt man auf die Unterlage im Innern eine oder mehrere Asbestplatten oder Drahtnetze. Ist sie zu niedrig, so umstellt man den Schrank mit Asbestplatten. Das Verhalten des Ausführenden muss sich hier wie in anderen Fällen nach den Umständen richten.



Abbild. 58A. Querschnitt durch einen doppelwandigen Trockenschrank. *a* Gasrohr, *b* Lüftungsrohr, *c* und *e* Verteilungssiebe für die Luft, *d* Auflageplatte für die Substanz, *f* Luftabflussrohr, *g* Rohr für das Thermometer.

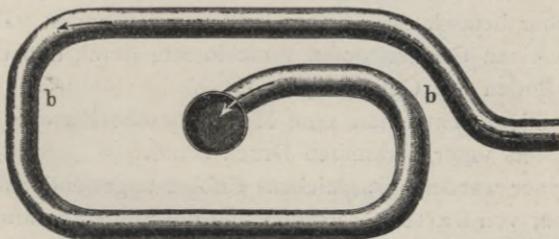
Um die Zirkulation im Innern zu vermehren und dadurch ein schnelleres Fortführen der gebildeten Wasserdämpfe zu erzielen, ist es mitunter empfehlenswert, den Schrank zu lüften, was besonders dann nötig ist, wenn er mit viel feuchter Substanz beschickt wird. Andererseits darf die Lüftung nicht zu stark sein, damit von dem Schrot nicht feine Teilchen mitgerissen werden.

Die Lüftung kann mittels Luftdruck- oder Wasserstrahlpumpe erfolgen.

Verfasser hat für einen Trockenschrank zur Lüftung einen kleinen Ventilator verwendet, welcher mit einem Elektromotor von $\frac{1}{10}$ PS. zusammen gekuppelt und auf dasselbe Brett montiert war. Der Trockenschrank, welcher mit diesem Ventilator verbunden werden konnte, war so eingerichtet, dass die Luft vor dem Eintritt in den Schrank erwärmt wurde.

Der Schrank hatte die Innenmasse: Länge 45 cm, Tiefe 24 cm, Höhe 23 cm (zwischen *c* und *e* Abbild. 58A).

Die Abbildung gibt einen Schnitt durch den Schrank mit Ausnahme des Lüftungsrohrs und der Gasheizschlange, welche Ansicht gezeichnet sind. Abbild. 58B gibt die Ansicht der Vorwärmespirale von oben gesehen.



Abbild. 58B. Das Lüftungsrohr *b* in 58A von oben gesehen.]

a ist die Gasschlange, welche das Rohr *b* und die hier durchtretende, vom Ventilator herrührende Luft erwärmt.

Letztere wird durch die Platte *c* verteilt, geht durch die Öffnungen der Platte *d*, auf welcher die zu trocknende Substanz liegt und tritt durch *e* und *f* ins Freie. Es ist zweckmässig, die Öffnungen in den Platten *c* und *e* so anzuordnen, dass die Luft den durch Pfeile angegebenen Weg geht. *g* ist die Öffnung für das Thermometer.

Der Schrank ist mit Doppeltüren versehen, die mit Asbest abgedichtet sind, so dass die Luft bis auf verschwindende Mengen den vorgeschriebenen Weg gehen muss.

Die gesamte Einrichtung war in dieser Weise getroffen, weil es sich darum handelte, einen Apparat für die Praxis zu erhalten, wo weder Druckluft, noch aus Mangel an einer Hochdruckwasserleitung eine Wasserstrahlpumpe angewendet werden kann.

Bei der Verwendung eines Ventilators ist darauf zu sehen, dass die

Rohre, welche die Luft zu- und abführen, möglichst weit gemacht werden, weil mit der Verengerung des Querschnitts die Wirkung des Ventilators unverhältnismässig schnell abnimmt.

Eine einzige unbeabsichtigte oder aus Unkenntnis der Wirkungsweise eines Ventilators angebrachte Verengerung der Luftwege kann die ganze Wirkung wesentlich vermindern.

Aus diesem Grunde ist es besser, eine wirkliche Luftpumpe anzulegen, welche bei weiten oder engen Röhren, abgesehen von den auf die Reibungsdifferenzen fallenden geringen Anteilen, stets dieselbe Luftmenge schafft. — — —

Ausgezeichnet regulieren liessen sich die Trockenschränke bei Verwendung von Spiritusbrennern, vorausgesetzt, dass diese gut funktionierten. Der Brenner wurde mit dem Spiritusbehälter, welcher sich etwa 1 m höher befand, durch einen Schlauch verbunden. Der Behälter wurde durch einen Gummistopfen verschlossen, durch den ein Glasrohr bis auf den Boden des Gefässes ging.

Dieses bildete demgemäss eine Mariottesche Flasche, in welcher der Spiritus stets unter demselben Druck stand.

Als Brenner wurden mit gleichem Erfolge angewendet der Spiritusbunsenbrenner von Bartels, Dresden und der Spiritusbrenner »Brillant« von Hurschmann, Barmen, von welchen der letztere jedoch kein eigentlicher Laboratoriumsapparat ist.

Die Einrichtung mit diesen Brennern und der Mariotteschen Flasche funktionierte so vortrefflich, dass die Temperaturen der Schränke bei mehreren Versuchen im Verlaufe von ganzen Tagen nur um Bruchteile von Graden schwankten.

Es ist allerdings noch zu prüfen, ob die Brenner so gebaut sind, dass sie auch dauernd so gut arbeiten.

Vor der Verwendung von Gas aus einer Zentralleitung hat Spiritus also den doppelten Vorteil, dass einerseits der Druck und damit die Temperatur konstant für den ganzen Tag gehalten werden kann, was bei Gas nicht zutrifft, und dass man andererseits nicht auf Leuchtgasleitung angewiesen ist, welche in den Speichern meist fehlt.

Die im Versuchs-Kornhause anzustellenden Trocknungen werden, wenn nicht Dampf verwendet wird, unter Verwendung eines Spiritusbunsenbrenners mit Spiritus angestellt, da ebenfalls kein Gas vorhanden ist. —

Leichter als die Regulierung der gewöhnlichen Luft-Trockenschränke ist diejenige der mit Flüssigkeit erwärmten Schränke.

Man verwendet besonders Toluol als Füllung. Für die vorliegenden Zwecke hat sich eine Mischung von Glycerin und Wasser als beste Füllung erwiesen. Je nach den Temperaturen, welche der Schrank haben soll, wird das Glycerin mit der nötigen Wassermenge versetzt. Hier wird gegenwärtig eine Lösung verwendet, die bei 120—121° C. siedet. Das Innere des Schrankes erhält dadurch eine völlig konstant bleibende Temperatur von 110° C. Später wird gezeigt werden, dass diese Temperatur für die vorliegenden Zwecke am geeignetsten ist.

Da Glycerinschränke sehr teuer sind, so wird man sie so klein verwenden, als zugänglich ist. Hierbei wird aber die Zeit des Trocknens verlängert, weil der Ausgleich der Wasserdämpfe des Getreides mit der Luft schwieriger ist. In diesem Falle ist eine geeignete Lüftung zweckmässig. Eine ungeeignete Extralüftung ist schlechter als gar keine, was sich bei dem in Abbild. 59 abgebildeten Glycerinschranke zeigte.

Der Schrank hatte die folgenden Aussenmasse: 50 *cm* Länge, 25 *cm* Tiefe, 25 *cm* Höhe. *b* ist der innere Mantel, *c c* sind Rohre, welche durch die Glycerinlösung bei *d* in das Innere des Schrankes führen. Solcher Rohre sind 8 vorhanden, von welchen je 4 senkrecht zur Bildebene hintereinander angeordnet sind. *e* ist ein Schornstein, in welchem ein kleines Gasflämmchen brennt, das hier nicht gezeichnet ist. Dieses Flämmchen erzeugt einen Luftzug. Die Aussenluft tritt in die 8 Rohre, erwärmt sich in ihnen, tritt bei *d* in den Innenraum, streicht über die im Schranke befindliche Substanz, Feuchtigkeit mitnehmend und entweicht durch den Schornstein.

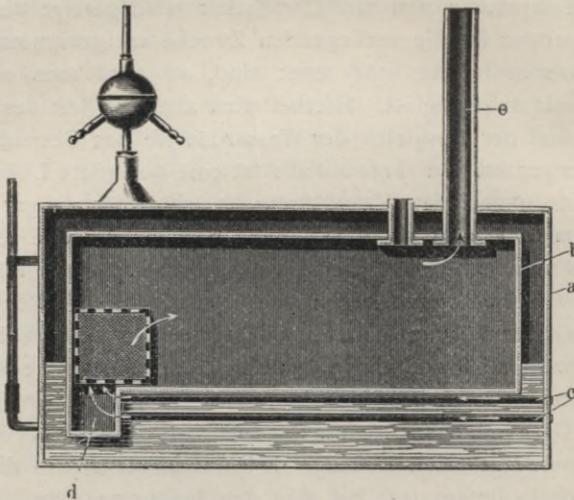
Der Apparat funktionierte nicht zur Zufriedenheit, denn es war nicht möglich, alles Wasser aus der zu trocknenden Substanz zu entfernen. Die Zahlen ergaben stets weniger Wasser als die Bestimmungen im gewöhnlichen Trockenschrank.

Der Fehler liegt nicht am Prinzip, welches einfach und gut ist, sondern wahrscheinlich daran, dass die Eintrittsöffnungen der Luft in der Nähe der Gasflammen liegen, welche den Apparat heizen. Das verbrannte Leuchtgas gibt eine grosse Menge Wasserdampf, welcher sich auf der kurzen Entfernung zwischen den Gasflammen und den Öffnungen nicht genügend in der Luft verteilen kann.

Es wurde versucht, diesem Übelstande abzuhelpen, indem ein

Drahtkorb mit weiten Maschen, der genau in die Ecke hineinpasste, wo die Luft in den Trockenraum tritt, mit Chlorkalziumstücken gefüllt und so hineingestellt wurde, wie die Abbild. 59 zeigt. Diese Vorrichtung genügte nicht, wahrscheinlich, weil für den grossen Feuchtigkeitsgehalt der Luft der Weg durch das Chlorkalzium zu kurz war.

Um diesen Apparat benutzen zu können, wird man den Zutritt der Verbrennungsgase zu den Öffnungen verhindern oder die Luft vortrocknen müssen.



Abbild. 59. Glyzerinschrank. *a* äusserer Mantel, *b* innerer Mantel, *cc* Luftzuführungsrohre, *d* Eintritt der vorgewärmten Luft vor dem Durchstreichen des Chlorkalziumkölbchens *f*, *e* Dunstabzug.

Weitere Versuche nach dieser Richtung hin wurden nicht gemacht. Der Schrank ist übrigens teuer, und bei auftretenden Fehlern äusserst schwer zu reparieren.

Bei der Verwendung von anderen Glyzerinschränken, welche in der gewöhnlichen Weise eingerichtet waren, wurden bessere Erfahrungen gemacht.

Von den vielen Versuchen, welche mit diesen Apparaten gemacht wurden, sind für die vorliegende Arbeit nur wenige von Interesse und es wird zweckmässig sein, die folgenden Erfahrungen schon an dieser Stelle einzufügen.

Die Schränke sind nicht gross genug, um in der weiter unten angegebenen Weise 2×25 g schnell, in weniger als $\frac{3}{4}$ Stunden, zu trocknen. Lässt man dieselben aber 2 Stunden im Schrank, so erhält man ausgezeichnete Resultate, welche mit den auf gewöhnlichem Wege erhaltenen Zahlen in bester Übereinstimmung stehen.

Die folgenden Zahlen beziehen sich auf Wasserbestimmungen von denselben Gerstenproben, die zu gleicher Zeit vom Verfasser im Institut für Gärungsgewerbe und von einem Laien mit dem Glycerintrockenschranke im Versuchs-Kornhause angestellt wurden.

Im Laboratorium gaben bei der Trocknung bis zur Gewichtskonstanz (4 Std. bei 105°)

5,209 g	0,896 g Wasser = 17,20	}	17,15
5,242 »	0,896 » » = 17,09		

Im Versuchs-Kornhause gaben in $2\frac{1}{2}$ Stunden je 25 g:

Probe 1	17,16 pCt.	}	17,20 pCt.
» 2	17,24 »		
» 3	17,20 »		

Die Temperatur im Innern des Schrankes betrug 107° C., während die Glycerinlösung $118\frac{1}{2}^\circ$ hatte.

Zu bemerken ist noch, dass zuerst Probe 1 herausgenommen und gewogen wurde. Dann wurde Probe 2 und schliesslich Probe 3 ebenso behandelt, so dass Probe 3 etwa $\frac{1}{4}$ Stunde länger trocknete als Probe 1.

Die Übereinstimmung lässt nichts zu wünschen übrig und dabei ist die Analyse mit 25 g und einer Präzisionswage weit schneller und angenehmer auszuführen als mit der chemischen Wage.

Wie bereits bemerkt, finden diese Ergebnisse keine weitere Berücksichtigung.

B. Versuche mit Trockenschränken.

Das Ziel der zu unternehmenden Versuche war:

- a) eine möglichst schnelle Wasserbestimmung zu finden,
- b) die Genauigkeit dieser Bestimmung innerhalb der Fehlergrenzen von 1 pCt.,
- c) die Anwendung einer möglichst grossen Substanzmenge, damit die Wasserbestimmungen eventuell auch von Arbeitern ausgeführt werden können.

1. Der Einfluss der Oberflächengrösse und des Materials der Unterlage.

Es ergibt sich von selbst, dass die Trocknung um so schneller vor sich geht, je höher die angewendete Temperatur ist und eine je grössere Oberfläche das Getreideschrot der stets sich erneuernden Luft bietet. Da die Verdunstung auch durch poröse Wände erfolgt, so muss ungeleimtes Papier wegen seiner Durchlässigkeit am geeignetsten sein.

Der Einfluss der Oberfläche ergibt sich aus folgenden Bestimmungen mit gewöhnlichen, die Substanz enthaltenden Trockengläschen, welche verschiedene Zeit bei etwa 105° nach der gebräuchlichen Laboratoriums-trockenweise in Schränken verschiedener Grösse erwärmt wurden.

Die Deckel lagen teils neben den Gläsern, teils waren sie senkrecht zur normalen Lage aufgesetzt, so dass sie die Öffnung der Gläsern zwar verkleinerten, aber nicht verschlossen. Angewandt wurden immer 2 × 10 g eines Getreides von 15,4 pCt. Wassergehalt.

Zeitdauer	Deckel oben Wasserverlust pCt.	Deckel nebenbei Wasserverlust pCt.	
1 Stunde	10,5	11,7	A
1 ¹ / ₄ »	12,6	12,9	B
1 *	10,9	11,7	B
1 »	12,0	13,2	C mit Lüftung

A ist ein kleiner, einwandiger Trockenschrank mit den Grössen 18 cm Länge, 14 cm Tiefe, 13 cm Höhe.

B ist ein doppelwandiger Schrank mit den inneren Grössen 22 cm Vorderseite, 18 cm Tiefe, 28 cm Höhe.

C ist der weiter oben beschriebene und abgebildete Schrank mit der Lüftungsvorrichtung.

Der Einfluss des aufgesetzten Deckels ist deutlich zu ersehen.

Dass auf Papier am schnellsten getrocknet wird, ergibt sich aus folgenden Zahlen:

	Wasserverlust in 1 Stunde bei 103° C.	
	Versuch I	Versuch II
Papier	14,5 pCt.	15,0 pCt.
Glasschalen	{ 14,2 »	14,6 »
	{ 13,6 »	
Porzellschalen . . .	— »	14,6 »

Angewandt wurden je 10 g einer Gerste mit 14,9 pCt. Wasser.

Da möglichst hohe Temperaturen angewendet werden sollen, so ist auch dasjenige Material zu bevorzugen, welches die schlechteste Leitungsfähigkeit besitzt. In Berührung mit guten Leitern wird das Schrot schon bei Temperaturen rösten, bei welchen schlechte Leiter kaum bemerkbare Veränderungen verursachen. Auch aus diesem Grunde ist Papier vor Glas und Metallunterlagen vorzuziehen.

Es sei bemerkt, dass das Rösten des Getreides erst dann stattfindet, wenn das Wasser verdampft ist. Denn die Wasserdämpfe bilden nicht nur eine schlecht leitende Hülle, sondern auch eine kühlende Schicht wegen der durch die Verdunstung entstehenden Wärmebindung.

Die Anordnung der folgenden Versuche war so, dass in den angegebenen Zeiten die Trocknung vollendet sein musste. Zur Beschleunigung derselben war das Getreide gut auseinandergereit. Die Temperatur des Schrankes betrug vor dem Hineinstellen 112°.

Unterlage	Getreidemenge g	Zeitdauer der Trocknung Minuten	Wassergehalt gefunden pCt.	Wirklicher Wassergehalt pCt.
1. { Glasschale von 17 cm Durchmesser . Papier	25 5	} 40	16,1 15,8	} 15,9
2. { Glasschale wie oben Papier	25 5	} 43	15,7 15,2	} 15,4
3. { Blechdeckel von 18 cm Durchmesser Papier	25 5	} 40	15,6 15,4	} 15,4

Die Unterschiede sind zwar nicht bedeutend, treten aber stets nach derselben Richtung hin auf, so dass ein geringer Einfluss des Röstens wohl anzunehmen ist. Einige Proben wurden weiter getrocknet, wobei keine Gewichtsabnahme mehr zu bemerken war.

2. Der Einfluss der Lüftung.

Art der Versuchsanstellung	Angewendete Menge	Ohne Lüftung			Mit Lüftung		Wirklicher Wassergehalt
		Zeit- dauer	Temp.	Wasser- verlust gefunden	Temp.	Wasser- verlust gefunden	
Im kleinen Trocken- schrank A, in Por- zellanschalen	5	60	110	15,8		15,8	15,9
	10	60	110	15,3		15,6	15,9
Im grossen Trocken- schrank C, in Glas- schalen	50	30	99	10,1		10,2	15,4
	50	30	101	9,3		9,8	15,4
Im grossen Trocken- schrank C, in Glas- schalen	25	30	102 $\frac{1}{2}$	14,2	99 $\frac{1}{2}$	14,7	14,9
	25	30	106 $\frac{1}{2}$	14,3	104 $\frac{1}{2}$	15,0	14,9

Besonders aus den beiden letzten Beispielen der Tabelle ist ersichtlich, dass trotz der niedrigeren Temperaturen die Wasserverdunstung durch Lüftung beschleunigt wurde.

Es sei nochmals bemerkt, dass eine stärkere Lüftung nicht in demselben Masse eine stärkere Wasserverdunstung erzeugt, sondern dass diese ein Maximum erreicht, welches von der jeweiligen Temperatur abhängt, und dass dann eine Verstärkung der Lüftung keinen weiteren Einfluss ausübt. Im Gegenteil, die Wirkung kann sich dadurch verringern, dass die verstärkte Lüftung eine Abkühlung hervorbringt. Nach der anderen Richtung können Fehler entstehen durch das Fortführen kleiner Teilchen.

Je grösser ein Schrank ist, desto besser ist die Trocknung, weil hier der Ausgleich der Luft mit dem Wasserdampf leicht stattfinden kann.

Demnach kann die Lüftung die zu geringe Grösse des Schrankes ersetzen, aber nur innerhalb bestimmter Grenzen.

Denn je kleiner der Schrank ist, desto weniger Getreide kann ausgebreitet werden. Will man in ihm aber ebensoviel Getreide trocknen wie in einem grösseren, so muss man das Getreide höher lagern, wodurch die Verdunstung erschwert wird. In diesem Falle kann auch die

beste Lüftung nicht dasselbe gute Resultat ergeben, als wenn das Getreide in einem grossen Schranke auch ohne Extralüftung gut ausgebreitet ist.

Übrigens spielt die Lüftung bei der Trocknung grosser Getreidemengen in der Praxis eine weit grössere Rolle als im Laboratorium. Da der Einfluss derselben noch nicht genügend festgestellt ist, so müssen nach dieser Richtung hin Versuche angestellt werden, deren Resultate für die Praxis wie für das Laboratorium in gleicher Weise Verwendung finden können.

3. Welche Materialmenge kann angewendet werden und welches ist die kürzeste Dauer der Trocknung.

Im Laboratorium werden für die Wasserbestimmung 5–10 g Substanz angewendet. In der Praxis, wo auch Arbeiter die Wasserbestimmungen machen sollen, sind solche Mengen zu klein. Es wäre angenehm, wenn man für die Bestimmungen 100 g verwenden könnte, weil das Resultat sich ohne Rechnung ergibt und weil die Fehler mit der grösseren Menge geringer werden. Es wurde aber gefunden, dass diese Mengen eine viel zu lange Zeit erfordern, und dass selbst 50 g zu viel sind.

Bei mehreren Versuchen mit den vorhandenen Schränken wurde bei Verwendung derselben Unterlage für verschiedene Gewichtsmengen folgendes gefunden:

50 g, 30 Minuten getrocknet, verloren etwa	10 pCt. Wasser	} bei mehreren Proben
25 „ 30 „ „ „ „	14–15 pCt. Wasser	

Der wirkliche Wassergehalt des Getreides war 14,9 pCt.

Die schnelle Trocknung von 50, auch 100 g könnte man durch genügende Ausbreitung des Materials erreichen, wozu aber sehr grosse Schränke erforderlich wären.

Aber auch die weitere Ausbreitung des Materials veranlasst nicht eine entsprechende schnellere Verdunstung. Von einer bestimmten Menge pro Flächeneinheit abgerechnet, ist kein Einfluss zu bemerken, wenn pro Flächeneinheit noch weniger Substanz ausgebreitet ist. Unter solchen Bedingungen spielt nicht mehr die Schichthöhe die Hauptrolle, sondern die Feinheit des Schrotes. — —

Durch eine grosse Reihe von Bestimmungen, von welchen mehrere

Beispiele auch aus den bereits angeführten Tabellen zu ersehen sind, wurde festgestellt, dass im grossen, mit Lüftung versehenen Schrank C auch bei Anwendung mehrerer Proben und bei einer Anfangstemperatur von 110° C. die Trocknung in 35 bis 40 Minuten vollendet ist. Mit Einschluss der Wägungen und des Mahlens ist dann die Wasserbestimmung in ungefähr einer Stunde fertig zu stellen.

Die Übereinstimmung der Resultate mit denjenigen nach der gebräuchlichsten Laboratoriumsmethode ist auch in dieser kurzen Zeit so gut, wie man nur wünschen kann.

Es verursacht keine nennenswerten Fehler, wenn man die Proben etwas länger im Schranke stehen lässt. Man bemerkt zwar, wenn die Trocknung auf weissem Papier stattfindet, auf diesem Fettflecken, welche auf ein gelindes Rösten hindeuten. Doch sind die hierdurch entstehenden Fehler verschwindende.

Sie sind es nicht mehr, wie weiter oben angeführt wurde, wenn statt des schlecht leitenden Papiere Metall oder Glas als Unterlage verwendet wird.

4. Die Ausführung der Wasserbestimmung.

Soll von einem Getreide die Wasserbestimmung gemacht werden so muss man zunächst dafür sorgen, dass der Trockenschrank auf etwa 110° C. eingestellt bleibt. Dann schrotet man ungefähr 100 g Korn und wägt in Gefässen, deren Tara man kennt, 2×25 g genau ab. Hierauf bringt man das Schrot auf Papier und mit diesem in den Trockenschrank.

Es ist zweckmässig, schon vorher mehrere Stück Papier in die geeignete Form zu bringen.

Man nimmt Quartblätter und faltet diese auf drei Seiten so, dass ungefähr 2 cm hohe Kanten entstehen, welche das Verstauen des Schrotes hindern sollen. Die vierte Seite bleibt glatt zur Erleichterung des Ausschüttens.

Die Anwendung von Papier ist nicht unbedenklich, weil es bei der Trocknung steif wird und dann bei der Handhabung knittert, wobei Substanzteilchen fortgeschleudert werden.

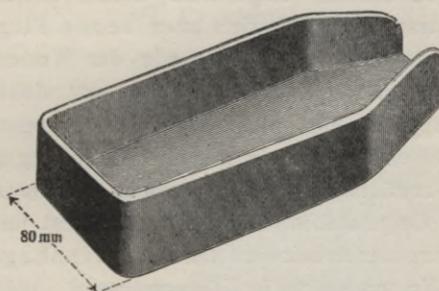
Man tut daher am besten, sich aus Pappe kleine schaufel- oder schuhförmige Behälter anfertigen zu lassen. Die vom Verfasser an-

gewandte Form ist in Abbild. 60 abgebildet. Der Rand ist etwa 30 mm hoch.

Bei diesen Behältern ist darauf zu sehen, dass die Innenfläche glatt ist und dass an den inneren Kanten keine Spalten vorhanden sind, zwischen welchen Material liegen bleiben kann. — Diese Schaufeln sind auch zum Einschütten von Getreide in Flaschen sehr geeignet.

Durch das Öffnen des Schrankes zum Zwecke der Beschickung und durch die niedrige Temperatur des Getreideschrotes sinkt natürlich die Temperatur schnell. Aber nach etwa 30 Minuten ist sie wieder über 100° C. gelangt und steigt dann langsam weiter.

Nach 35 Minuten wird der Schrank geöffnet und eine Probe herausgenommen, der Schrank schnell geschlossen und die Probe mittels



Abbild. 60. Trocknungsunterlage aus starker Pape.

Pinsels in ein bereit stehendes gewogenes Trockengläschen mit eingeschliffenem Deckel getan. Die Probe kann in dem Wägegläschen sofort gewogen werden, da der Auftrieb des warmen Getreides nicht bemerkenswert ist. Nach der Wägung der ersten Probe wird die zweite ebenfalls herausgenommen und gewogen, welche man somit etwas länger trocknet. Die beiden Proben müssen miteinander übereinstimmen, wodurch eine gute Kontrolle in bezug auf die vollständige Trocknung der Substanz ausgeübt wird. —

Ist das Getreide so nass, dass es nicht auf der Mühle gemahlen werden kann, was im allgemeinen für ein Getreide von 20 pCt. und mehr Wasser zutrifft, so muss es in ganzen Körnern eine halbe Stunde vorgetrocknet werden. Der Unterschied aus dem Gewichte des nassen und des vorgetrockneten Getreides ergibt den Wasserverlust. Dieses

vorgetrocknete Getreide wird dann ebenso behandelt, wie vorher beschrieben, und der gesamte Wassergehalt kann natürlich aus beiden gefundenen Zahlen berechnet werden. Die Bestimmung wird in diesem Falle etwa eine halbe Stunde verzögert.

IV. Der Knöflersche Trockner.

[Die Anwendung von Dampf für den vorliegenden Zweck lag nahe, doch fehlte es an geeigneten Apparaten.

Der Knöflersche Trockner, der ursprünglich für Warmwasserheizung eingerichtet war, wurde in einer neuen Form ausgeführt, in welcher er mit Dampf bis zu 5 Atmosphären Spannung erhitzt werden konnte. Diese Anordnung machte ihn für unsere Zwecke recht brauchbar und er wurde deshalb empfohlen. Seines hohen Preises wegen, 400 Mk. pro Apparat, konnte er sich aber keinen Eingang verschaffen. Weiter unten wird eine andere Methode der Wasserbestimmung beschrieben, die für unsere Zwecke geeignet ist; daher soll auf den Knöflerschen Apparat hier nicht näher eingegangen werden. Sein Prinzip ist aber so einfach und in mancher Beziehung so bequem, dass er auf alle Fälle erwähnt zu werden verdient. Näheres über ihn ist zu ersehen aus der Originalabhandlung Wochenschrift für Brauerei, 1899, Nr. 44, 45, und aus der Arbeit von Dr. G. Marienhagen: Beiträge zur Bestimmung des Wassergehaltes in Körnerfrüchten. Blätter für Gersten-, Hopfen- und Kartoffelbau 1900, September.]

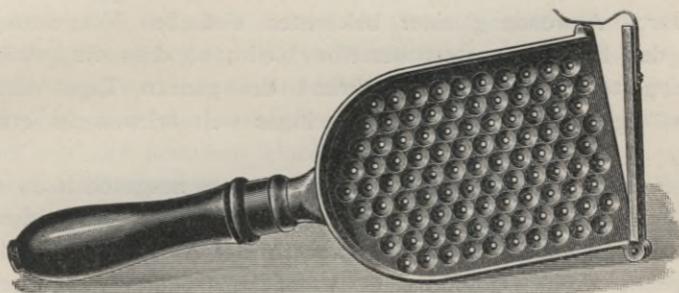
V. Die relative Wasserbestimmung mittels des 1000-Körner-Gewichts.

[Auch diese Methode ist durch die später zu besprechende hinfällig geworden. Auf die Beschreibung derselben wird daher verzichtet. Wir bringen aber die Abbildung des 1000-Körnerzählers, welcher als eine Frucht der Ausarbeitung jener Methode anzusehen ist und der sich in der Folge im Kornhause und im Institut für Gährungsgewerbe gut bewährt hat. Wir arbeiten in der Regel mit einem Apparat, der 200 Öffnungen hat. Seit einiger Zeit ist der auf demselben Prinzip beruhende Apparat von Kickelhayn sehr in Aufnahme gekommen, welcher zwar weniger handlich ist und daher nicht auf Reisen mitgenommen werden kann, der aber für Laboratorien und Getreidegeschäfte recht geeignet ist.]

Um die Zählung auszuführen, schüttet man 50 g auf den Zähler und schüttelt, bis alle Öffnungen Körner enthalten. Dann öffnet man die Ablaufklappe und veranlasst durch kurze Stösse des schräge gehaltenen Zählers, dass die überzähligen Körner hinuntergleiten. Die 200 Körner schüttet man nun an einen anderen Ort und hält den Apparat gegen das Licht, um sich zu überzeugen, dass auch alle Öffnungen leer sind. Die Handhabung wird wiederholt bis zu einem Reste des Getreides, den man mit der Hand zählt. Ob in einer Öffnung ein halbes Korn sitzt oder in einer anderen zwei Körner, lässt man bei nicht zu häufigem Vorkommen unberücksichtigt, weil diese Unregelmässigkeiten sich nahezu ausgleichen.

VI. Ergebnisse.

1. Es ist in der Praxis schwierig, wegen des Einflusses der Aussen-temperatur feuchtes Getreide auf einen normalen Wassergehalt zu bringen,



Abbild. 61. Zählapparat zur Bestimmung des 1000-Körnergewichtes.

um aus dem Gewichtsverlust den ursprünglichen Wassergehalt zu bestimmen.

2. Die bisherigen Methoden der Wasserbestimmung können für die Praxis leicht abgeändert werden, indem zur Trocknung in Trockenschränken grössere Mengen (je 25 g) angewendet und diese möglichst flach ausgebreitet werden.

3. Es ist möglich, in den gewöhnlichen Trockenschränken, selbst bei Anwendung von 25 g Substanz und unter Verwendung einer Präzisionswaage die Wasserbestimmung in einer Stunde einschliesslich der Wägungen fertig zu stellen bei Einhaltung der passenden Bedingungen. Die Fehlergrenzen können ohne Schwierigkeit unter $\frac{1}{2}$ pCt. herabgesetzt werden.

4. Die im Trockenraum eingehaltene Temperatur von 110° C. übt auf das Resultat innerhalb der abgekürzten Trockenzeit keinen Einfluss aus, wenn die Unterlage des Trockengutes aus einem die Wärme schlecht leitenden Mittel besteht.

5. Durch die Verbrennung der Heizgase wird viel Wasserdampf erzeugt. Es ist wichtig, dass diese verbrannten Gase, auch wenn sie heiss sind, nicht in Berührung mit dem Trockengut kommen, weil dadurch die Wasserverdunstung bedeutend erschwert wird.

6. Lüftungsvorrichtungen sind in den meisten Fällen dienlich, müssen aber mit Vorsicht gebraucht werden, damit nicht kleine Teilchen mitgerissen werden. Die Wirkung der Lüftung nimmt umso mehr ab, je höher das Trockengut gelagert ist.

7. Falls Wasserbestimmungen zu machen sind an Orten ohne Leuchtgasleitung, kann man mit gutem Erfolge Spiritus in Gasform als Heizmittel anwenden. Dieses hat vor Leuchtgas sogar den Vorzug, dass durch Anwendung einer bekannten einfachen Vorrichtung der Druck der Flüssigkeit stets derselbe bleibt, so dass die gewünschte und eingestellte Temperatur während des ganzen Tages durchaus gleichmässig ist, was man bei Leuchtgas weit schwieriger erreichen kann.

8. Falls für die Wasserbestimmung Flammen ausgeschlossen werden sollen und Dampf vorhanden ist, empfiehlt sich die Anwendung des Trockners von Dr. Knöfler und zwar in der Ausführung, in welcher die Heizung durch Dampf von etwa fünf Atmosphären Spannung stattfinden kann. Durch diesen ist man imstande, mit hinreichender Genauigkeit den Wassergehalt einer Substanz innerhalb einer Stunde zu bestimmen. Fernere Vorzüge dieses Apparates sind, dass man keine weitere Wage braucht und dass die Ausführung der Bestimmung mit verhältnismässig recht beträchtlichen Mengen (300 g) erfolgt.

9. Die Feststellung des Wassergehaltes mittels der Bestimmung des 1000-Körner-Gewichtes ist einfach und für Wasserbestimmungen an fremden Orten äusserst angenehm, wo keine einschlägigen Hilfsmittel zur Verfügung stehen. Die Fehler liegen innerhalb der zulässigen Grenzen und können wahrscheinlich bei weiterer Handhabung der Methode bedeutend eingeschränkt werden.

42. Hektolitergewicht und Wassergehalt des Getreides.

In der Praxis wird das Hektolitergewicht oft verwendet, um bei der Trocknung von Getreide die Abnahme des Wassergehaltes festzustellen, indem die Annahme gemacht wird, dass sich das Hektolitergewicht in demselben Masse erhöht, als der Wassergehalt verringert wird. Diese Annahme würde berechtigt sein, wenn die Körner zwischeneinander stets und unter allen Umständen Lufträume von gleicher Grösse hätten. Wegen der unregelmässigen und bei jedem Korne wechselnden Gestalt, und wegen der ungleichmässigen Aneinanderlagerung beim Aufschütten ist jedes einzelne Korn von einer verschieden grossen Luftschicht umgeben. Auf ein ganzes Hektoliter gerechnet haben wir unzählige Hohlräume, die alle voneinander abweichen, aber doch auch alle um einen mittleren Wert schwanken, der sich einigermassen gleichbleibt, wenn die Auffüllung stets in derselben Weise stattfindet. Wir können daher schliessen, dass wir mit demselben Getreide und mit derselben Art der Aufschüttung bei der öfteren Wiederholung der Hektolitergewichtsbestimmung auch immer ungefähr dasselbe Resultat erhalten werden.

Sobald aber das Getreide angefeuchtet wird, ändert es seine Gestalt und die Rauheit seiner Oberfläche. Wird es jetzt zur Hektolitergewichtsbestimmung verwendet, so werden die Körner aus den eben erwähnten beiden Gründen eine andere Sperrigkeit zeigen.

Bis zu einem Wassergehalt von 16 pCt. ist die Gestaltsänderung nur gering. Bei höherem Wassergehalt treten Quellungserscheinungen auf, wodurch die Form der Körner beträchtlich, aber bei jedem Korn ganz verschiedenartig geändert wird. Diese Veränderungen übertragen sich im erhöhten Masse auf die Hohlräume zwischen den Körnern, während doch gerade die Unveränderlichkeit dieser Zwischenräume als Grundlage gelten muss für eine Beziehung zwischen Hektolitergewicht und Wassergehalt.

Schon aus dieser einfachen Betrachtung folgt, dass der Zusammenhang zwischen den beiden Grössen ein sehr unregelmässiger ist, und dass man daher nie einen einfachen Ausdruck für die Beziehungen zueinander finden wird. Die vielfach angestellten Versuche haben dasselbe Ergebnis geliefert.

Es ist allerdings richtig, dass unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen eine Erhöhung des Wassergehaltes fast stets eine Verminderung

des Hektolitergewichts hervorbringt, und umgekehrt. Unter Umständen wird aber auch die Bemerkung gemacht, dass ein Wasserzusatz das Hektolitergewicht erhöht.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt wahrscheinlich darin, dass im Korn Hohlräume vorhanden sind, deren Luftinhalt von dem viel schwereren Wasser verdrängt wird. Es ist möglich, dass die Hohlräume unter der Spelze die Veranlassung sind, und dass man die betreffende Beobachtung dann wahrscheinlich nicht bei nackten Körnerfrüchten wird machen können.

Bei meinen Versuchen mit Getreidetrocknern habe ich in vielen Fällen das Hektolitergewicht vor und nach der Trocknung bestimmt, um mit den gefundenen Zahlen Vergleiche anstellen zu können.

Wurden die Bestimmungen nach dem Trocknen in kurzen Zeiträumen wiederholt, dann machte man die Bemerkung, dass das Hektolitergewicht in auffallender Weise zurückging. Zunächst geriet ich auf die Vermutung, dass das getrocknete Getreide aus der Luft Wasser anzieht, jedoch hätten ganz erstaunliche Wassermengen aufgenommen werden müssen, um die grosse Abnahme des Hektolitergewichts zu erklären. Die analytische Wasserbestimmung ergab denn auch, dass nur sehr geringe, oft gar keine Wasserunterschiede auftraten, so dass die Änderungen des Hektolitergewichts auf andere Ursachen zurückgeführt werden mussten.

Einige Zeit stand ich hier vor einem Rätsel, bis ich eine Erklärung fand, die mir auch heute noch richtig zu sein scheint.

Beim Erwärmen wird das Getreide weich und ändert leicht seine Gestalt in der Weise, dass die dazwischen liegenden Hohlräume mehr und mehr verkleinert werden. In solchen Trocknern, in welchen das Getreide unter Druck steht, wird demgemäss die Gestaltsänderung am bedeutendsten werden, daher tritt die Erscheinung besonders auffällig an Apparaten auf, die ähnlich gebaut sind wie der Trockner des Versuchs-Kornhauses, wo das Getreide hoch übereinander lagert.

Es ist klar, dass, wenn die Hohlräume zwischen den Körnern sich verkleinern, das Hektolitergewicht im entsprechenden Masse zunehmen muss, selbst wenn keine Änderung im Wassergehalt auftritt.

Nach dem Trocknen wird das Getreide gewöhnlich breitgelegt, um sich abzukühlen und noch etwas weiter abzdunsten, wenn die Witterung dazu geeignet ist. Hier beginnt es wieder ganz allmählich

seine frühere Gestalt anzunehmen, und wenn man das Hektolitergewicht fortlaufend bestimmt, so bemerkt man eine beständige Zunahme, die einige Tage dauern kann.

Mir scheint hierin der Hauptgrund für die grosse Veränderung des Hektolitergewichts zu liegen.

Noch ein anderer Umstand trat ein, von welchem ich glaubte, dass er das Hektolitergewicht beeinflussen könnte. Wenn man nämlich kurz nach dem Trocknungsprozess die Hand in das Getreide steckt, hat letzteres einen eigenartigen Griff, welchen der Praktiker mit »seifig« bezeichnet. Durch den Trocknungsprozess sind die Fette und Öle, zum Teil mit Wasser, an die Oberfläche des Getreides getreten. Das Wasser verdunstet, das Fett aber nicht, und man hat das Gefühl, als ob das Getreide seifig ist. Dieser Zustand ändert sich mit der Zeit, sei es, dass das Fett wieder in das Korn zurücktritt, sei es, dass der Luftsauerstoff es oxydiert.

Die seifige Beschaffenheit schien mir ein stärkeres Zusammenkleben der Körner zu verursachen, und ich hielt es daher nicht für ausgeschlossen, dass dadurch der Zusammenhang der einzelnen Körner verstärkt und ein grösseres Hektolitergewicht die Folge sein könnte.

Einige nach dieser Richtung hin angestellte Versuche ergaben aber die Haltlosigkeit dieser Annahme.

Aus den oben mitgetheilten Beobachtungen ergibt sich, dass es ganz unzulässig ist, bei der Trocknung von Getreide die Änderung des Hektolitergewichts als ein Mass für die Wirkung des Trockners anzunehmen.

Der Grad der Trocknung kann bestimmt werden:

1. durch Feststellung des Wassergehaltes vor und nach der Trocknung.
2. durch genaue Wägung des betreffenden Getreidepostens vor und nach der Trocknung.

45. Verfahren und Apparat zur Bestimmung des Wassergehaltes in festen Körpern und Lösungen.

1. In vielen Gewerbebetrieben und Laboratorien besteht das Bedürfnis, den Wassergehalt in gewissen Substanzen besonders in orga-

nischen Körpern auf einfache Weise und in kurzer Zeit bestimmen zu können.

Sowohl der Verfasser als auch Dr. Marienhagen, wissenschaftlicher Assistent am Versuchskornhause, haben auf die Wichtigkeit einer schnellen Wasserbestimmung in ihren Veröffentlichungen hingewiesen.

Dr. Marienhagen stellte einst aus eigenem Antriebe den Versuch an, das Wasser in der Weise zu bestimmen, dass eine Getreidemenge, die sich in einer Kochflasche befand, auf einem Sandbade erhitzt wurde, um das Wasser in ein anderes Gefäss überzutreiben und es dann zu wägen. Der Versuch ergab das befürchtete Resultat: Das Getreide brannte an und die Versuche wurden aufgegeben.

Als mir nach einiger Zeit die Unzulänglichkeit der bisherigen Methoden für die Wasserbestimmung im Getreide wieder einmal so recht zum Bewusstsein kam, fiel mir auch der Versuch von Marienhagen ein, und ich sann darüber nach, ob man nicht den Grundgedanken in eine verwertbare Form bringen könnte.

Nach mannigfachen Überlegungen und missglückten Versuchen entstand das vorliegende Verfahren.

2. Die bis jetzt in Aufnahme gekommenen Wasserbestimmungsmethoden haben entweder einzelne oder alle der folgenden Nachteile:

Die Zeitdauer der Bestimmung währt zu lange,

die verwendeten Apparate sind zu teuer,

die Methoden sind ungenau,

die Ausübung erfordert die Experimentiergeschicklichkeit eines ausgebildeten Chemikers.

Das vorliegende Verfahren soll in idealer Ausführung darin bestehen, dass der betreffende Körper in einen Destillierkolben getan, das Wasser überdestilliert und in einem Messrohr aufgefangen wird.

Die Hauptschwierigkeit, um welche sich die ganze Angelegenheit dreht, liegt darin, das Anbrennen derjenigen Teile des Materials zu verhindern, welche der gut leitenden Wand des Gefässes anliegen, während die übrigen Teile noch kalt bleiben.

Diese Schwierigkeit wird durch Anwendung einer Arbeitsflüssigkeit beseitigt, welche die Wärmeübertragung von den geheizten Wandungen überaus wirksam regelt und alle Teile der Substanz gleichmässig mit Wärme versorgt.

Das beständige Umherwirbeln des Materials in der Flüssigkeit verhindert das Anbrennen.

Die innige Berührung der Substanz mit der heissen Arbeitsflüssigkeit treibt das Wasser schnell heraus, welches durch Destillation in das Messgefäß übergeführt wird.

Die Arbeitsflüssigkeit muss folgende Eigenschaften haben:

Die Körper dürfen von ihr chemisch nicht beeinflusst werden,

der Siedepunkt muss höher liegen als der des Wassers, in Wasser darf sie nicht oder nur wenig löslich sein,

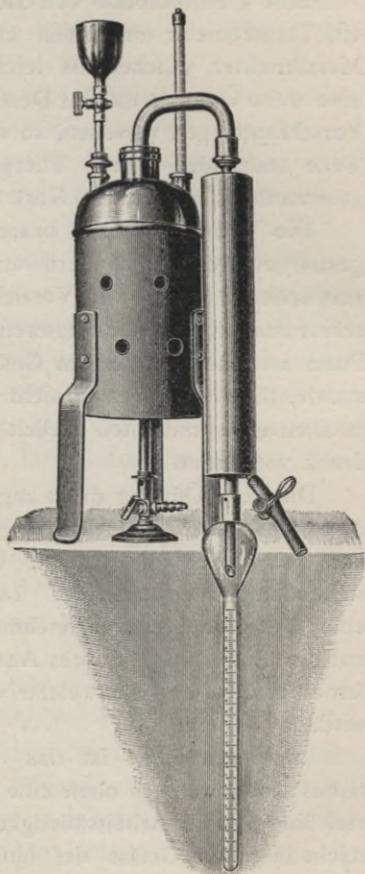
sie muss billig sein, sie darf mit Wasserdämpfen nur in geringer Menge übergehen.

Der letztere Punkt ist wichtig, weil im anderen Falle das Kühlgefäß für die übergegangenen Dämpfe zu gross werden müsste und die Bestimmung auch längere Zeit erfordern würde.

Ferner würden die Mengen Flüssigkeit und damit die Kosten für jede einzelne Wasserbestimmung zu gross werden.

3. Vorläufig wurde keine Flüssigkeit gefunden, welche alle diese Eigenschaften vereinigt. Infolgedessen musste das Verfahren abgeändert werden, und zwar geschah es in der

Weise, dass der zu untersuchende Stoff mit einer Flüssigkeit, welche mit Wasser nicht mischbar ist und einen hohen Siedepunkt hat (Schmieröl), zunächst erhitzt und dann mittels einer anderen Flüssigkeit, welche mit Wasser ebenfalls nicht mischbar ist, aber einen



Abbild. 62

niedrigeren Siedepunkt hat (Terpentinöl), übergetrieben und gemessen wurde. Zunächst ist die Methode für die Wasserbestimmung in Getreide ausgearbeitet; der hierfür zu verwendende Apparat hat folgende Einrichtung:

Eine Destillierblase von Metall hat drei Öffnungen, zwei enge für ein Thermometer und einen kleinen, mit Hahn versehenen Glas- oder Metalltrichter, welcher die leicht siedende Flüssigkeit aufnimmt, und eine weite Öffnung für das Destillieransatzrohr. Die Öffnungen sind mit Verschraubungen versehen, so dass ein leichtes Auseinandernehmen der Teile stattfinden kann. Thermometer und Trichter können in die abgeschraubten Hülsen mit Kork etc. leicht eingedichtet werden.

Die Verschraubungen brauchen nicht mit besonderer Präzision hergestellt zu werden, sondern man kann die im Handel gebräuchlichen verwenden. Nur ist die Vorsichtsmassregel zu beachten, dass alle Verschraubungen mit der angewendeten Flüssigkeit eingeschmiert werden. Dann ist nämlich der im Gefäss entwickelte Wasserdampf nicht imstande, diese (mit Wasser nicht mischbaren) Flüssigkeitswiderstände, die in allen etwa undichten Stellen sitzen, zu durchdringen, weil kein Überdruck vorhanden ist.

Die weite Öffnung dient zugleich zum Füllen und zum Reinigen des Apparates. Durch das hier angesetzte Destillierrohr, welches möglichst kurz ist, gehen die Dämpfe über und werden in einem senkrecht stehenden Kühler verdichtet. Letzterer ist ebenfalls leicht durch Lösung einer Verschraubung abzunehmen und wenn nötig zu reinigen. Am unteren Ende trägt er ein Ansatzrohr zum Ablassen des Kühlwassers, ferner zwei Ösen, an welche das geteilte Aufnahmegefäss angehängt wird.

Im Wesentlichen ist das letztgenannte Gefäss ein in $\frac{1}{10}$ ccm geteiltes Rohr, welches oben eine Erweiterung erhält, um auch etwa zu viel übergelassene Arbeitsflüssigkeit aufnehmen zu können. Das Kühlrohr reicht in dieses Gefäss tief hinein, um die Fortführung von Dämpfen nach aussen zu erschweren.

4. Bei dieser Bestimmungsart ergeben sich gegenüber den anderen Methoden einige bedeutende Erleichterungen. Zunächst braucht das Getreide nicht gemahlen zu werden, so dass die hierbei möglichen Fehler fortfallen. Ferner ist eine Vertrocknung des Getreides nicht nötig. Diese ist sehr lästig, muss aber für andere Methoden durch-

geführt werden, weil Getreide von 20 pCt. Wasser sich nicht mehr schroten lässt. Auch die hierbei auftretenden Fehlermöglichkeiten bezüglich der Probenahme, der Umrechnung und der Sorgfalt der Arbeit fallen mit dem neuen Verfahren fort.

Ferner ist es angenehm, dass 100 g Stoff verwendet werden können, und dass infolgedessen keine Umrechnung stattzufinden braucht, sondern die Ablesung sofort die Prozentzahl angibt. Zugleich ist die Möglichkeit der Wägefehler sehr gering.

Obleich das vorliegende Verfahren nur etwa 20 Minuten Zeit in Anspruch nimmt, die alten dagegen fünf Stunden für analytische und ein bis zwei Stunden für praktische Zwecke dauern, kann es doch völlig mit den analytischen Bestimmungen übereinstimmende Resultate geben.

5. Das Verfahren ist daher nicht nur für die Praxis brauchbar, wo selbst ungeübte Leute kaum einen grösseren Fehler als $\frac{1}{2}$ pCt. machen werden, sondern vielleicht auch für genauere analytische Zwecke.

Für diesen Fall müsste die Temperatur der Erhitzung herabgesetzt, die Zeitdauer derselben aber erhöht und der Siedepunkt der den Wasserdampf herübertreibenden Flüssigkeit möglichst niedrig genommen werden. Die mässige Erwärmung und Destillation im Vakuum wird hier in vielen Fällen vorteilhaft sein.

Gegenüber der gewöhnlichen Methode im Trockenschrank ist noch besonders zu bemerken, dass der oxydierende, stets Fehler veranlassende Einfluss der Luft fortfällt. Auch werden bei der gewöhnlichen Methode Fette und Öle fortgeröstet und als Wasser gerechnet, ein Fehler, der hier nicht auftreten kann.

Ferner ist die gleichmässige Benetzung mit der Flüssigkeit ein Vorzug gegenüber der trockenen Erhitzung, bei welcher einzelne Stellen des Materials mit den gut leitenden Flächen der Gefässe in Berührung kommen, wodurch die Wärmezufuhr zur Substanz ungleichmässig wird. Hierin liegt überhaupt der Grund, warum man beim vorliegenden Verfahren weit höhere Temperaturen anwenden kann als bei einem der früheren, ohne eine Zersetzung der Stoffe befürchten zu müssen. Die Zulässigkeit der hohen Temperatur wiederum beschleunigt die Bestimmung wesentlich.

6. Wie bei Körnerfrüchten kann man auch in anderen Fällen die Trocknung meist mit unzerkleinerten Substanzen vornehmen. Für Kar-

toffeln und ähnliche Früchte ist eine Zerkleinerung allerdings zweckmässig, weil sonst die Bestimmung zu lange Zeit währt.

Das Verfahren hat sich als gut anwendbar erwiesen bei Körnerfrüchten aller Art und Hefe. Es kann ferner Anwendung finden für Hopfen, Stärke, Mehl, Zucker und seine Lösungen, Dextrin und seine Lösungen, Milch und für viele andere Körper.

Wie bereits oben angegeben, sind die Versuche bis jetzt nur für Getreide durchgeführt worden, und dieses gilt auch für die folgende Vorschrift. Doch sollen in unserem Laboratorium weitere Versuche mit Substanzen angestellt werden, welche für die Gährungsfächer von Wichtigkeit sind. Sobald für diese Körper die Bedingungen der Wasserbestimmung festgelegt sind, wird die Veröffentlichung der weiteren Vorschriften erfolgen.

Bei der Ausarbeitung des Verfahrens ist Herr Dr. Marienhagen besonders eifrig beteiligt gewesen. Dann hat Herr Dr. J. H. Schulze, jetziger Assistent am Versuchs-Kornhause, die Versuche mit viel Sorgfalt weiter geführt. Verfasser stattet hiermit beiden Herren den besten Dank ab.

44. Die Ermittlung des Wassergehaltes im Getreide und im Malz (Vorschriften.)

I. Die Wasserbestimmung im Getreide.

1. 200 *ccm* gutes Schmieröl nebst 10 *ccm* Terpentinöl-Toluol-Mischung werden in den Destillierkolben getan. Die letztgenannte Mischung wird hergestellt durch Zusatz von 10 *ccm* Toluol zu 190 *ccm* Terpentinöl. Der Herstellung einer grösseren Menge dieser Mischung steht nichts im Wege, da sie sich bei der Aufbewahrung nicht ändert.

Das Schmieröl soll gutes Maschinenöl (nicht Nähmaschinenöl) sein. Um 200 *ccm* Schmieröl in den Kessel zu bringen, füllt man in den Messzylinder etwa 220 *ccm* Öl und giesst es in den Apparat. Das Öl ist so dickflüssig, dass ungefähr 20 *ccm* zurückbleiben.

Die Menge braucht nicht so genau eingehalten zu werden, wie bei der Terpentinöl-Toluol-Mischung.

2. 100 g Getreide werden ungeschrotten hinzugeschüttet und das Ganze gut durchgeschüttelt.

3. Das Kühlgefäss wird angeschraubt, dann mit Wasser gefüllt und das Messrohr angehängt. In warmer Jahreszeit muss man dem Kühlwasser Eis hinzufügen. Zwischen Kühler und Kessel wird eine Asbestplatte gestellt.

4. 50 *ccm* Terpentinöl-Toluol-Mischung werden in den aufgesetzten Trichter gefüllt, aber noch nicht hinzugelassen.

5. Das Thermometer wird mittels Kork eingesetzt und soweit abwärts geschoben, das es mit dem Quecksilbergefäss in die Flüssigkeit hineinreicht. Durch vorheriges Ausprobieren der Einstellung hat man sich hiervon zu überzeugen.

6. Das Schmieröl wird mit kräftiger Gas- oder Spiritusflamme in etwa 8 Minuten auf 180° C. erhitzt und eine bestimmte Anzahl von Minuten, welche für jede Getreidesorte verschieden ist, bei dieser Temperatur gehalten, wobei der grösste Teil des Wassers übergeht.

Man hält bei 180° C.	Gerste	5 Min.
» » » » »	Weizen	4—5 »
» » » » »	Roggen	3—4 »
» » » » »	Hafer	4 »
» » » » »	Mais	8 »

7. Dann lässt man das Terpentinöl rasch hinzufließen, wodurch die Temperatur sinkt und erwärmt mit grosser Flamme schnell auf 200° C. Sobald diese Temperatur erreicht ist, nimmt man den Brenner fort und lässt auf 180° C. abkühlen.

Nun nimmt man das Messgefäss ab, rollt es einige Male zwischen den Händen hin und her, um das Absinken der dem Glase anhaftenden Wasserteilchen zu veranlassen, und liest an der Stelle ab, wo das Terpentinöl von dem darunter befindlichen Wasser geschieden ist.

8. Schliesslich ist eine Korrektur des in Öl gelösten Wassers anzubringen. Richtet man sich genau nach den Vorschriften, so ist die Menge des übergehenden Terpentins und damit auch die Menge des suspendierten Wassers stets ungefähr gleich. Diese Wassermenge beträgt etwa 0,2 *ccm*.

Die Zahl 0,2 ist also zu der sofortigen Ablesung hinzuzuzählen, was dann den richtigen Wassergehalt des Getreides ergibt.

Beispiel. Gesetzt, die Ablesung gibt nach der Abkühlung bis auf

180° C. 16,9 *ccm*, dann wird man 0,2 *ccm* hinzuaddieren, und der wirkliche Wassergehalt des Getreides beträgt somit 17,1 pCt.

9. Bei der Verwendung von sehr feuchtem oder sehr leichtem Getreide geht häufig Getreide und Schmieröl über. Zur Vermeidung dieses Übelstandes verwende man dann nur 50 *g* Getreide und 100 *ccm* Schmieröl. Im übrigen bleibt die Vorschrift unverändert. Die Umrechnung auf 100 *g* Getreide hat erst dann zu erfolgen, wenn die unter 8. erwähnte Korrektur bereits angebracht ist.

Beispiel. Gesetzt, bei Verwendung von 50 *g* Getreide findet man 12,2 *ccm* Wasser im Messrohr; dann sind hierzu 0,2 *ccm* hinzuzuzählen, was 12,4 *ccm* ergibt. Diese Zahl wird verdoppelt, woraus man den wirklichen Wassergehalt von 24,8 pCt. erhält.

Allgemeine Bemerkungen.

1. Der Kessel, die Übergangsröhre und das Messrohr sind vor jeder Bestimmung mehrmals mit etwas Terpentinöl auszuspülen. Auch die letzten Körner müssen aus dem Apparate mit etwas Terpentinöl entfernt werden.

2. Alle Gewinde sind gut mit Schmieröl zu tränken.

3. Der Ungeübte hat stets zwei Bestimmungen hintereinander auszuführen, welche übereinstimmen müssen.

Man erhält zu wenig Wasser, wenn der Übertritt des Terpentins zu langsam erfolgt, weil dann die im Kessel befindlichen Wasserdämpfe nicht mitgerissen werden.

Man erhält zu viel Wasser, wenn dieses beim Übertritt Färbung zeigt.

4. Die Zeitdauer der Erhitzung richtet sich nach der Grösse des Kornes; kleinkörniger Weizen und grosskörniger Roggen erfordern ungefähr dieselbe Zeit. 1 Minute Abweichung ändert das Resultat nur um $\frac{2}{10}$ pCt, ist also praktisch von geringer Bedeutung.

5. Die Temperaturen sind genau einzuhalten. —

6. Man stelle die Flamme nicht genau unter die Mitte des Kessels sondern etwas seitlich und zwar nach dorthin, wo sich der Trichter befindet. [Man vergl. Stück 46 II].

II. Die Wasserbestimmung im Malz.

1. 300 *ccm.* gutes, wasserfreies Petroleum werden in den Destillierkolben getan.

2. 100 *g* ungeschrotenes Malz werden hinzugeschüttet und kräftig durchgeschüttelt.

3. Das Kühlgefäss wird angeschraubt, dann mit Wasser gefüllt und das Messrohr angehängt. In warmer Jahreszeit muss man dem Kühlwasser Eis hinzufügen. Zwischen Kühler und Kessel wird eine Asbestplatte gestellt.

4. 25 *ccm* Terpentinöl werden in den aufgesetzten Trichter gefüllt, aber noch nicht hinzugegeben.

5. Das Thermometer wird mittels Kork eingesetzt und soweit abwärts geschoben, dass es die Kesselwandung berührt. Sodann wird es um 10° C., etwa 10 *mm*, in die Höhe gezogen.

6. Man erhitzt in 10 Minuten auf 170° C. und zwar mit grosser Flamme bis auf 120° C., was in etwa 3 Minuten geschieht. Dann steigert man mit kleiner Flamme auf 170° C. und hält diese Temperatur 5 Minuten.

Man stelle die Flamme nicht genau unter die Mitte des Kessels, sondern etwas seitlich und zwar nach dorthin, wo sich der Trichter befindet. Hierdurch wird die Zirkulation verbessert.

7. Hierauf lässt man aus dem Trichter das Terpentinöl hinzufließen, wodurch die Temperatur sinkt. Dann erhitzt man mit mässig kleiner Flamme in 2—3 Minuten auf 185—190° C., bis ein stark fließender Nachlauf eintritt.

Nun nimmt man das Messgefäss ab, rollt es einige Male zwischen den Händen hin und her um das Absinken der dem Glase anhaftenden Wasserteilchen zu veranlassen und liest an der Stelle ab, wo das Terpentinöl von dem darunter befindlichen Wasser geschieden ist.

8. Schliesslich ist für helles Malz eine Korrektur des in Öl gelösten Wassers anzubringen. Richtet man sich genau nach den Vorschriften, so ist die Menge des übergelassenen Terpentinöless und damit auch die Menge des darin suspendierten Wassers stets ungefähr gleich. Diese Wassermenge beträgt stets etwa 0,2 *ccm.*

Die Zahl 0,2 ist also zu der sofortigen Ablesung hinzuzuzählen, was dann den richtigen Wassergehalt des hellen Malzes ergibt.

9. Für dunkle, aromatische Malze gibt die Ablesung sofort die richtige Wassermenge (man vergl. Wochenschrift für Brauerei 1902, Nr. 29), die Hinzuzählung von 0,2 *ccm* Wasser hat hier also nicht stattzufinden.

Bei Malzen zweifelhaften Charakters zähle man zu der abgelesenen Wassermenge 0,1 *ccm* Wasser hinzu.

Beispiel: Für ein Malz mögen sich im Messrohre 7,2 *ccm* Wasser ergeben haben. War das Malz dunkel, aromatisch, dann hatte es 7,2 pCt. Wasser.

Handelt es sich dagegen um ein Pilsener Malz, dann hatte es $7,2 + 0,2 \text{ ccm} = 7,4$ pCt. Wasser. War es aber ein Wiener Malz, dann hatte es $7,2 + 0,1 = 7,3$ pCt. Wasser.

10. Während die Wasserbestimmung in gewechter Gerste nach der Vorschrift für Getreide stattzufinden hat, ist bei Grünmalz von der Zeit an, wo ein deutliches Spitzen der Gerste bemerkt wird, die Vorschrift für helles Malz anzuwenden. Man verwende 50 g Grünmalz. Die Umrechnung auf 100 g Grünmalz hat erst dann zu erfolgen, wenn die unter 8. erwähnte Korrektur bereits angebracht ist.

Im übrigen gelten die allgemeinen Bemerkungen unter I.

44. Der neue Wasserbestimmer in der Praxis.

Wie nicht anders zu erwarten stand, bereitet der Apparat in der Praxis einige Schwierigkeiten, wie sich aus verschiedenen brieflich an uns gerichtete Anfragen ergibt. Denn so einfach die Methode an und für sich auch ist, so erfordert die Handhabung derselben doch eine gewisse Übung, welche erst durch eine Reihe von Versuchen erlangt wird. Man soll genau nach Vorschrift arbeiten. Jedoch, trotz aller Bemühungen kommt es leicht vor, dass man am Anfange eine oder die andere Vorsichtsmassregel übersieht, wodurch dann die Bestimmung falsch, mitunter unausführbar wird.

Zum Nutzen der Besitzer eines solchen Apparates wollen wir hin und wieder die Erfahrungen in der Praxis zusammenfassen und veröffentlichen.

Auf die einzelnen Anfragen soll der Reihe nach eingegangen werden.

1. Die bisher veröffentlichte Vorschrift gilt nur für Rohfrüchte. Die Bestimmung des Wassergehaltes im Malz ist

gegenwärtig abgeschlossen, und die hierauf bezügliche Vorschrift gelangt in nächster Zeit zur Veröffentlichung.

2. In solchen Fällen, wo es sich darum handelt, das Wasser in einem sehr nassen Getreide zu bestimmen, z. B. im Weichgut, reicht die Einteilung des gelieferten Messrohres nicht aus. Man kann sich entweder ein anderes Gefäß schicken lassen, oder man verwendet 50 g Material zur Bestimmung und verdoppelt das gefundene Ergebnis.

3. In dem vom Wasser befreiten Getreide hat man in der Praxis öfter verkohlte Körner gefunden. Dieses darf nicht vorkommen. Entweder ist das Getreide mit dem Schmieröl nicht tüchtig herumgeschwenkt worden vor dem Erhitzen, oder aber, was wahrscheinlicher ist, von der vorhergehenden Bestimmung sind noch Körner im Gefäß zurückgeblieben, welche bei der nächsten Bestimmung verkohlten. Die letzten Reste des Getreides lassen sich aus dem Gefäße leicht entfernen, wenn man mit etwas Terpentinöl nachspült. Ein etwas bräunliches Aussehen des Getreides nach der Bestimmung ist nicht von Bedeutung.

4. Das zur Verwendung kommende Schmieröl muss ein richtiges gutes Dampfmaschinenöl (nicht Nähmaschinenöl) sein; auf das spezifische Gewicht desselben kommt es nicht so sehr an.

5. Ob sich das bereits verwendete Schmieröl weiter verwerten lässt ohne Beeinflussung des Ergebnisses, ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Es scheinen jedoch keine wesentlichen Bedenken vorzuliegen. Natürlich kann die Wiederverwendung des Öles erst nach dem Filtrieren erfolgen. [1]

6. Besonders wichtig ist das Verhältnis von Terpentinöl und Toluol in der Mischung, die durch den Trichter in das Gefäß gelassen wird. Das Gemisch muss genau nach Angabe hergestellt werden, denn hiervon hängt die Richtigkeit des Ergebnisses sehr ab.

7. Bei gewissen Getreidesorten, z. B. leichtem, langkörnigem Hafer kommt es vor, dass Öl und Körner übersteigen. In solchen Fällen verwende man nur 50 g Getreide. Bei Grünmalz tritt derselbe Übelstand auf.

Nachtrag.

1. Man vergleiche den nächsten Artikel I. 3.

45. Weitere Erfahrungen mit dem neuen Wasserbestimmer.

I.

1. Wie gross sind die Fehler bei mangelhafter Einhaltung der vorgeschriebenen Temperaturen?

Mehrfach ist an uns die Anfrage gerichtet worden, ob geringe Abweichungen von der vorgeschriebenen Temperatur bedeutende Fehler veranlassen können. In der Tat sind diese Anfragen berechtigt, denn dem Anfänger wird es nicht leicht, die Temperaturen genau innezuhalten. Je mehr Übung vorhanden ist, desto sicherer wird man in dieser Beziehung arbeiten.

In den Vorschriften, welche die Wasserbestimmung im Getreide betreffen, soll man die Temperatur von 180° C. fünf Minuten lang halten, und dann auf die Endtemperatur von 200° C. steigern. Hält man anstelle dessen fünf Minuten bei 190° C. und geht am Ende auf 205° C., dann wird 0,6 pCt. Wasser zuviel erhalten. Ein Unterschied von 10° C., der fünf Minuten lang einwirkt, gibt also einen verhältnismässig recht geringen Fehler.

Da nun ein derartiges Überschreiten der Temperatur nur bei den ersten schüchternen Versuchen auftritt, so fallen die Fehler in Wirklichkeit bei einiger Übung wesentlich geringer aus. Im Laboratorium rechnet man als zulässige Fehlergrenze bei den Bestimmungen des Wassergehaltes nach der gewöhnlichen analytischen Methode 0,2 pCt.; wenn sonst die Temperatur des Trockenschrankes richtig eingehalten ist, sollen zwei parallele Bestimmungen nicht mehr wie 0,2 pCt. voneinander abweichen. Trotz der grössten Vorsicht geschieht dies aber doch ziemlich häufig. Bei den Versuchen mit dem neuen Wasserbestimmer haben wir selten Unterschiede von mehr als 0,1 pCt. gefunden, was darauf zurückzuführen ist, dass mit 100 oder mindestens mit 50 g gearbeitet wird, also eine weit bessere Durchschnittsprobe zur Verwendung gelangt, als bei der analytischen Bestimmung, wobei in der Regel nur 5 g Substanz verwendet werden.

Wenn auch aus den oben mitgeteilten Zahlen folgt, dass Abweichungen von der vorgeschriebenen Temperatur in der Regel nur einen verhältnismässig geringen Fehler geben, so ist doch eindringlich darauf hinzuweisen, dass diese Fehler durch ansprechende Übung auf

das geringste Mass herabgesetzt werden. Je kleiner die Fehler sind, desto mehr Freude und Vorteil wird man von der Methode haben.

An dieser Stelle mag noch erwähnt werden, dass Fehler auftreten können, wenn das Wasser im Kühler zu warm wird. Bei warmer Aussentemperatur empfiehlt es sich, das Kühlgefäss vermittlems der beiden angelöteten Stutzen an die Wasserleitung anzuschliessen und das Wasser während der Bestimmung beständig von unten nach oben hindurch laufen zu lassen. Bei Verwendung von Eis ist diese Massregel nicht nötig.

2. Die Verwendung von Spiritus an Stelle von Gas.

Das Arbeiten mit Spiritus ist schwieriger als mit Gas. Der Spiritusbrenner weist eine Stichflamme auf, welche die Regulierung der Flamme erschwert, indem sie bei der bisweilen erforderlichen niedrigen Einstellung erlischt. Andererseits ist wahrscheinlich, dass diese Stichflamme auch das Material des Kessels leichter angreifen wird als ein gewöhnlicher Bunsenbrenner. Aus diesen Gründen haben wir es als zweckmässig betrachtet, einen kleinen Schieber anzubringen, welcher beide Fehler beseitigt und der ganz dem Schieber des Bunsenbrenners entspricht. Man denke sich eine kleine Blechhülse von etwa 3 *cm* Höhe welche sich gerade über den Brenner schieben lässt und zwei Öffnungen entkält, die etwas grösser sind als die Seitenöffnungen des Spiritusbrenners. An der Hülse befindet sich ein Draht von vielleicht 5 *cm* Länge befestigt, welcher gestattet, auch bei brennender Flamme die Öffnungen zu vergrössern oder zu verkleinern. Man hat es mit dem Schieber in der Hand, die Stichflamme zu vermeiden, selbst dann, wenn die Flamme vorschriftsmässig sehr niedrig einzustellen ist. Die besprochene Vorrichtung, die sich jedermann leicht anfertigen lassen kann, ist hier noch nicht häufig verwendet worden, weil am Institut fast nur mit Gas gearbeitet wird. Mitteilungen aus der Praxis über diesen Gegenstand würden uns angenehm sein.

3. Die Wiedergewinnung der gebrauchten Öle.

Von Anfang an tauchte der Gedanke auf, das für die Wasserbestimmung verwendete Öl von neuem nutzbar zu machen. In dieser Richtung erfolgten verschiedene Anfragen, welche ablehnend beantwortet werden mussten, weil noch keine Versuche über die Wasseraufnahme

von seiten des Öles vorlagen. Diese sind nun angestellt worden und es hat sich ergeben, dass die gebrauchten Öle sehr wohl zu verwenden sind, wenn man sie in der rechten Weise behandelt.

Für das Schmieröl nehme man eine grosse trockene Flasche, auf welche ein grosser Trichter gesetzt wird. In den Hals des Trichters bringe man Wolle oder dergl. hinein, so dass ein lockerer Propfen entsteht. Das Schmieröl wird mit dem Getreide auf den Trichter gebracht; während letzteres liegen bleibt, läuft das Öl klar hindurch, wenn der Filterpfropfen gut eingesetzt ist. Das ölige Getreide ist als Brennmaterial verwendbar, während das durchgelaufene Öl jederzeit wieder für die Wasserbestimmung benutzt werden kann.

Es ist nur zu beachten, dass man dem bereits gebrauchten Öle nicht von vornherein die in der Vorschrift angegebenen 10 ccm Terpentin-Toluol-Mischung hinzufügen darf, weil es von der letzteren Mischung trotz der Destillation noch genügend enthält.

Auch die Terpentin-Toluolmischung, welche überdestilliert, kann wieder in Gebrauch genommen werden; nur ist hier eine etwas sorgfältigere Behandlung derselben erforderlich. Man giesse alle Reste dieser Art, auch die wasserhaltigen Teile, ferner diejenigen, die zum Ausspülen des Destilliergefässes dienen, in einen sogenannten Scheidetrichter. Das Wasser wird sich unten ansammeln. Man lässt nun vorsichtig alles Wasser ab. Es bleibt dann im Scheidegefäss die Ölmischung zurück, welche durch die geringen Beimischungen von Schmieröl etwas gelblich gefärbt ist. Das letztere beeinflusst die Bestimmung nicht.

Das im Trichter befindliche Öl hat nach dem Ablassen des Wassers noch einen geringen Wassergehalt, der zu entfernen ist. Zu diesem Zwecke wirft man in eine Flasche, die vielleicht einen Liter Inhalt hat, einige Stücke von gut getrocknetem Chlorcalcium, schüttelt gut durch und lässt stehen. Ist die Flasche infolge des Hinzugiessens weiterer Reste gefüllt, dann lässt man noch einige Tage stehen und giesst das Öl von dem Chloralcalcium in ein Vorratsgefäss. Zu dem zurückgebliebenen Salze kann man dann zum Zwecke der Trocknung neues Öl hinzufügen. Sobald aber das Chlorcalcium Neigung zur Verflüssigung zeigt, was um so eher geschieht, je weniger sorgfältig man gearbeitet hat, so muss man dieses fort tun und frisches Salz verwenden.

Da Chlorcalcium auch aus der Luft begierig Wasser aufnimmt, so ist es in gut verschlossenen Flaschen aufzubewahren.

II.

Von Dr. J. H. Schulze und Dr. G. Marienhagen.

Zu den verschiedenen Erfahrungen bei der Wasserbestimmung mit dem Apparate von J. F. Hoffmann fügen wir noch einige Versuche als Ergänzung hinzu.

Unter den Methoden zur Bestimmung des Wassergehaltes im Getreide und Malz hat die zur Ermittlung des Wassergehaltes im Malz zu ihrer Ausarbeitung die grössten Schwierigkeiten geboten und die längste Zeit erfordert.

Die Hauptursache liegt in dem Materiale selbst, da dasselbe bei den einzelnen Malztypen ausserordentlich verschieden ist und andererseits sich bei höherer Temperatur leicht zersetzt. Hieraus lässt sich leicht ersehen, dass die Genauigkeit der Methode unter anderem von der Gleichartigkeit des Materials sowie von der Beständigkeit bei hohen Temperaturen, wodurch sich z. B. die verschiedenen Gerstensorten bezw. Getreidesorten auszeichnen, abhängt.

Um nun die bisherige Methode zur Bestimmung des Wassergehaltes im Malze mit dem Wasserbestimmer, die im ganzen noch immer etwa $\frac{1}{2}$ Stunde Zeit erfordert, schneller ausführen zu können und ihre Genauigkeit zu verbessern, haben wir eine Methode ausgearbeitet, deren Vorschrift bereits gegeben ist. [1]

Bei den Vorarbeiten haben wir besonders der Zirkulation der Flüssigkeit unsere Aufmerksamkeit zugewendet. Die Zirkulation ist abhängig von der Zähigkeit bezw. Beweglichkeit der betreffenden Flüssigkeit, ferner von der Höhe der Temperatur und der Art und Weise der Erhitzung.

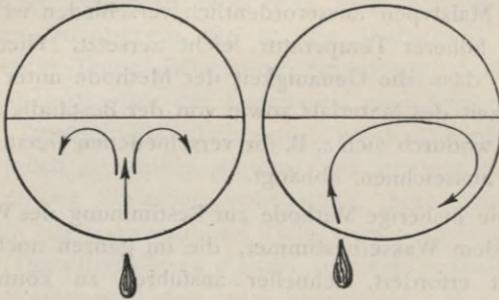
In welcher Weise die letztere von Einfluss ist, ergibt sich aus dem folgenden Versuch:

Der Apparat wurde wie gewöhnlich mit Schmieröl und Getreide beschickt; anstelle des Trichters befand sich aber ein zweites Thermometer. Es wurden bald geringe, bald ziemlich beträchtliche Temperaturunterschiede an den beiden Instrumenten beobachtet, je nach der Stelle, an welcher sich die Flamme unter dem Kessel befand. Dieser Umstand muss bei der Vorschrift berücksichtigt werden. Es ist klar, dass die Temperaturunterschiede um so geringer sein werden, je besser die

Zirkulation ist; und diese wiederum wird flotter stattfinden können, wenn die Flamme nicht direkt unter die Mitte, sondern etwas seitlich gestellt wird. Die beiden kleinen Abbildungen sollen den mutmasslichen Unterschied für die beiden Fälle veranschaulichen.

Wir haben nun aus den oben erwähnten Gründen eine leichter bewegliche Flüssigkeit als das Schmieröl, nämlich Petroleum gewählt und die Erhitzungstemperatur auf 170°C . erhöht.

Ferner stellten wir beim Erhitzen die Flamme etwas seitlich und zwar etwa unter den Trichter. Hinsichtlich des Nachlaufes ist noch zu erwähnen, dass es wesentlich darauf ankommt, dass derselbe stark



Abbild. 62.

fließt, nicht nur tröpfelt, selbst wenn man dann noch einige Grade höher erhitzen muss.

Die Methode ist ausgearbeitet für helle und dunkle Malze bis etwa zum Typus 2,5, von denen uns eine ganze Anzahl mit verschiedenem Wassergehalte zur Verfügung stand.

Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass wir eine Doppelbestimmung zu zweien ansetzten und nur die Übereinstimmung derselbe als richtig anerkannten, um auf diese Weise eine grössere Sicherheit zu gewinnen.

Leider war es uns nicht möglich, in typisch Münchener Malzen das Wasser nach obiger Methode zu ermitteln, da wir dieses Material nicht erhalten konnten.

Es ist wohl anzunehmen, dass die folgende Vorschrift sich auch für diese Malztypen eignet.

Wir benutzen an dieser Stelle noch die Gelegenheit zur Mitteilung, dass jetzt Apparate neuer Konstruktion angefertigt werden und im Handel erscheinen.

Die Verbesserung besteht in der Einfachheit der Zusammensetzung, indem nicht wie früher Thermometer, Scheidetrichter und Destillierrohr einzeln in den Apparat eingeschraubt werden, sondern gemeinsam in einem Deckel angebracht sind, der direkt auf den Apparat geschraubt wird. Die in diesem Apparate ausgeführten Bestimmungen standen mit denen des alten Apparates vollständig im Einklange.

Nachtrag.

1. Die im Original folgende Vorschrift steht im Stück 43 II.

X.

Aufsätze gemischten Inhaltes. Zusammenfassendere Schlussfolgerungen.

46. Die Keimfähigkeit des Getreides unter verschiedenen Bedingungen.

Von J. F. Hoffmann und J. H. Schulze.

Seit mehreren Jahren hatte der eine von uns Getreideproben angesetzt, welche dazu dienen sollten, das Verhalten der Keimfähigkeit unter verschiedenen Bedingungen zu untersuchen und die zu keinem bestimmten Ergebnis führten, weil die Versuchsanordnung nicht zweckmässig war. Schliesslich wurde eine Methode angewendet, welche eine zuverlässige Durchführung der Versuche gestattete. Das Getreide wurde nämlich in einzelnen Fällen in zugeschmolzenen Kölbchen aufbewahrt, welche dann zum Zwecke der Keimfähigkeitsbestimmung zerbrochen werden mussten. Die Abbildungen 63—65 geben die Anordnung im halben Massstabe deutlich wieder.

Das Getreide des Jahres 1902 war fast durchweg feucht. Um nun nicht durch Schimmelbildung Verwicklungen herbeizuführen, wurde es auf Zeughorden bei Temperaturen von 30° C. getrocknet, und wies dann einen Wassergehalt von 9—10 pCt. auf.

Die nebenstehende Tabelle I enthält die näheren Werte. In ihr sind auch die Ergebnisse der Keimungsversuche enthalten. K. E. bedeutet Keimungsenergie, welche am vierten Tage untersucht wurde. K. F. bedeutet Keimungsfähigkeit, welche am neunten Tage festgestellt wurde.

Tabelle I.

		Sommer- gerste	Winter- gerste	Roggen	Weizen	Hafer
1	Prozent Wasser vor dem Trocknen	15,73	16,40	16,53	15,61	15,30
2	Prozent Wasser nach dem Trocknen	10,36	9,49	10,35	10,20	8,67
3	Keimfähigkeit vor dem Trocknen	68,00 K. E. 79,00 K. F.	90,00 95,00	91,00 93,00	56,00 98,00	a { 23,00 K. E. 70,00 K. F.
4	Keimfähigkeit nach dem Trocknen	72,00 K. E. 90,00 K. F.	91,00 97,00	95,00 93,00	99,00 99,00	a { 63,00 K. E. 81,00 K. F. b { 67,00 K. E. 74,00 K. F.

Von der Haferfrucht gelangten zwei Sorten a und b zur Untersuchung.

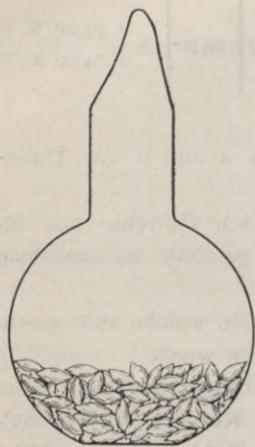
Die Versuchsanstellung mit dem getrockneten Getreide war für einen Zeitraum von zehn Jahren berechnet und geschah im einzelnen in folgender Weise:

1. Das Getreide wurde in eine Flasche gefüllt, welche mit einem Wattepfropfen locker verschlossen gehalten wurde.
2. Das Getreide befand sich in zugeschmolzenen Kölbchen ohne eine weitere Einwirkung eines anderen Körpers (Abbild. 63).
3. Das Getreide wurde in Kölbchen mit Kohlensäure gesättigt und das Glas dann rasch zugeschmolzen.
4. Das Getreide wurde in die eine Kugel von Doppelkölbchen gebracht, während die andere Kugel mit Chlorkalzium beschickt wurde.
5. In die eine Kugel des Doppelkölbchens wurde verdünnte Kalilauge getan (Abbild. 64).
6. In die eine Kugel des Doppelkölbchens wurde festes Ätzkali gebracht (Abbild. 65).

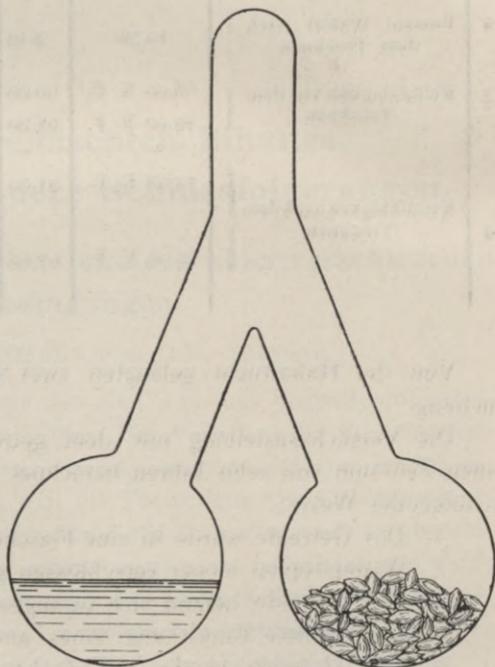
Die Proben wurden im Dunkeln aufbewahrt. Die erste Unter-

suchung fand im Oktober d. J. (1903) statt, deren Ergebnis in der folgenden Tabelle II niedergelegt ist.

Betrachten wir diese etwas näher, dann finden wir das auffallendste Merkmal unter 5. Der hier angestellte Versuch sollte Aufschluss darüber geben, welchen Einfluss die Entfernung der Kohlensäure hat, ohne dass dem Getreide Wasser entzogen wird.



Abbild. 63.



Abbild. 64.

Das Material hatte, mit 5prozentiger Kalilauge zusammen eingeschlossen, seine Keimfähigkeit gänzlich eingebüßt. Es ist möglich, dass dieser Umstand nicht allein auf das Wasser zurückzuführen ist, welches vom Getreide aus der verdünnten Lösung aufgenommen wird. Der Wassergehalt dieses Getreides ergab sich zu rund 21 pCt.

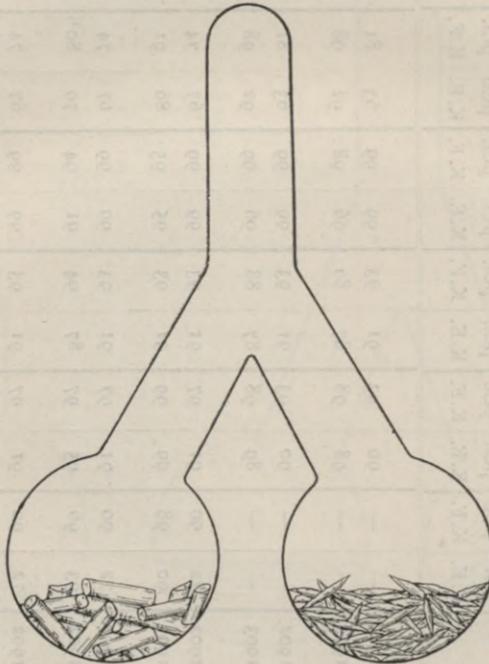
Unter gewöhnlichen Umständen ist ein so hoher Wassergehalt geeignet, eine reichliche Schimmelwucherung auf dem Getreide zu ver-

Tabelle II.

Nummer	Sommergerste		Wintergerste		Roggen		Weizen		Hafer		Durchschnitt	Bemerkungen
	pCt. K.E.	pCt. K.F.										
1	—	90	93	91	99	99	99	81	63	81	91,5	4,1 pCt. Unterschied in der Keimfähigkeit
	—	98	98	87	89	96	98	98	92	98	95,6	
2	—	90	93	91	99	99	99	81	63	81	91,5	4,1 pCt. Unterschied in der Keimfähigkeit
	—	89	98	87	88	96	99	92	92	98	95,6	
3	72	91	97	91	99	99	99	74	67	74	90,6	4,6 pCt. Unterschied in der Keimfähigkeit
	90	99	99	91	95	95	95	86	86	91	95,2	
4	72	91	97	91	99	99	99	74	67	74	90,6	1,6 pCt. Unterschied in der Keimfähigkeit
	93	95	97	87	94	91	94	79	79	80 ¹⁾	92,2 ¹⁾	
5	72	91	97	91	99	99	99	74	67	74	90,6	Keine Schimmel- bildung
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	72	91	97	91	99	99	99	81	63	81	92,6	3,6 pCt. Unterschied
	93	99	100	88	92	99	99	90	90	95	95,6	

1) Vermutlich fehlerhaft.

anlassen. Die mikroskopische Untersuchung des gemahlenen und mit Wasser angerührten Getreides zeigte aber weder eine Spur von Schimmelbildung noch eine Spur von Bakterienentwicklung. Trotzdem hatte das Getreide seine Keimfähigkeit gänzlich eingebüßt. Es liegt hier eine katalytische bezw. Enzymwirkung vor. Nach den von uns vertretenen Anschauungen kann das Wasser die Vorgänge im Getreidekorn



Abbild. 65.

in zweifacher Weise beeinflussen: entweder bilden sich unter Hydrolyse der vorhandenen Stoffe in reichlicher Menge Enzyme, oder die vorhandenen Enzyme mögen bei Gegenwart des Wassers in Wirksamkeit treten. Der sichtbare Einfluss auf die Eigenschaften des Getreides ist in beiden Fällen gleich.

Bei der vorliegenden Versuchsanstellung scheint aber die Kali-

lauge selbst eine entscheidende Bedeutung zu haben. Vor etwa 2 Jahren stellte nämlich Herr Dr. Dennhardt (damals Assistent am Versuchs-Kornhause) auf Veranlassung des einen von uns Getreide in einem Exsikkator über Schwefelsäure an, in einem anderen über Kalilauge. Die für möglich gehaltene Schädigung durch Schwefelsäure trat nicht ein, dagegen bemerkte Dennhardt, dass die über Kalilauge aufbewahrte Gerste nach dem Einweichen und nach dem Ansetzen zur Keimung eine dunklere Färbung besass. Die Keimfähigkeit schien sich etwas verringert zu haben.

Bei einem von uns angesetzten zweiten Versuche wurde die Konzentration der Lösung, über welcher sich das Getreide befand, so gewählt, dass im letzteren ein Wassergehalt von etwas mehr als 12 pCt. dauernd verblieb. Die Exsikkatoren standen $4\frac{1}{2}$ Monate im Thermostaten bei etwa 24° C.

Als dann die beiden Gersten geweicht und zur Keimung angesetzt wurden, zeigte die über Kalilauge stehende Gerste wiederum eine dunklere Färbung; ihre Keimfähigkeit betrug 90 pCt., während diejenige der über Schwefelsäure stehenden Probe zu 98 pCt. gefunden wurde. Es hatte also eine deutliche Abnahme der Keimfähigkeit stattgefunden. Die Vermutung, dass hier vielleicht eine kräftige Entziehung der Kohlensäure von seiten der Kalilauge schädlich gewirkt habe, wird hinfällig durch das unter Nr. 6 der Tabelle II erhaltene Ergebnis. Wir finden keine Schädigung der Keimfähigkeit durch die Gegenwart des festen Ätzkalis.

Weiter war die Möglichkeit vorhanden, dass im Laufe der Zeit aus den Stickstoffverbindungen des Kornes Ammoniak frei wird, wodurch die dunklere Färbung und die Abnahme der Keimfähigkeit eine Erklärung gefunden hätte. Aber auch diese Vermutung ist nicht berechtigt. Denn das im Versuch 5 untersuchte Getreide zeigte eine kräftige Säuerung, die sich schon durch den Geruch bemerkbar machte. Es wurde vorher erwähnt, dass die mikroskopische Untersuchung des gemahlene Getreides nach dem Umrühren mit Wasser keine Mikrobenbildung zeigte. Nach einigen Tagen zeigte sich aber in diesem Gemisch eine kräftige Entwicklung von Buttersäure- und Milchsäurebakterien, ein Beweis, dass die Substanz als solche keine für die Lebewesen giftigen Stoffe enthält.

Das Verhalten des Getreides gegenüber der Kalilauge erscheint

so merkwürdig, dass weitere Versuche in dieser Angelegenheit vorgenommen werden sollen.

Gegenüber der eben beschriebenen Tatsache treten die übrigen Beobachtungen mehr in den Hintergrund.

Die Keimfähigkeit von Roggen und Weizen hat durchschnittlich etwas abgenommen.

Ferner wäre zu erwähnen, dass die Angabe 80 pCt. Keimfähigkeit unter Hafer (4) wahrscheinlich falsch ist, und dass hier zweifellos 10 bis 15 pCt. mehr zu rechnen sind. Der sich hieraus ergebende geringe Unterschied von 1,6 pCt. in der Zunahme der Keimfähigkeit in Reihe (4) würde entsprechend grösser sein.

Im allgemeinen sehen wir, dass die Veränderungen der Keimfähigkeit sehr geringfügig sind. Auch eine schädliche Wirkung der Kohlensäure unter Versuchsanstellung 3 ist wider Erwarten nicht eingetreten. Im Gegenteil finden wir hier (wohl zufällig) gerade die grösste Zunahme der Keimfähigkeit. Während sie sonst im Durchschnitt unter günstigen Verhältnissen 4,1 pCt. beträgt, zeigt die Versuchsanstellung mit Kohlensäure eine solche von 4,6 pCt. Diesem geringen Unterschiede ist allerdings kein Wert beizulegen; auf alle Fälle können wir aber schliessen, dass die Gegenwart von Kohlensäure nicht den mindesten Schaden angerichtet hat.

Ist hiernach die von Herrn Holzner in Nr. 46 der Zeitschrift für das gesamte Brauwesen angeführte Meinung von der Schädlichkeit der Kohlensäure ungerechtfertigt?

Wir haben zunächst geglaubt, dass die dort geäusserte Meinung durch die vorstehend beschriebenen Versuche gänzlich widerlegt wären. Nachträglich sind uns aber Bedenken aufgestiegen, deren Erledigung eine Reihe von weiteren Versuchen erfordert. Der erste Einwurf, welcher gegen unsere Schlussfolgerung gemacht werden kann, besteht darin, dass das Material vorgetrocknet wurde und dass dann erst die Versuchsanstellung erfolgte. Wir werden entsprechende Versuche ohne Vortrocknung ansetzen.

Ferner ist ein zweiter Einwurf denkbar. Es ist nämlich zu beachten, dass im Getreidekorn besondere Vorgänge auftreten, auf die von unserer Seite bereits mehrfach hingewiesen ist¹⁾.

1) Man vergleiche Stück 35.

Im Getreidekorn treten während seines Entwicklungsganges nicht umkehrbare Vorgänge auf. Ein solcher Vorgang kann darin bestehen, dass Kohlensäure abgespalten wird, vielleicht unter Bildung von Kondensationen, dass diese Abspaltung durch die Gegenwart eines Überschusses von Kohlensäure verhindert bzw. verzögert wird, und dass Temperatursteigerungen die Entfernung der Kohlensäure beschleunigen. Ist aber einmal die Kohlensäure entfernt, dann lässt sich der Prozess nicht mehr rückgängig machen. Die Kohlensäure-Molekel vermag in den Verbindungen des Kornes nicht mehr die vorige Lage einzunehmen, und damit könnte die Schädigungsmöglichkeit fortfallen.

Diese Erklärung ist nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, und ihre experimentelle Prüfung scheint unter gewissen Voraussetzungen keine wesentlichen Schwierigkeiten zu bieten. Es ist jedoch zu beachten, dass dieselbe Rolle, die wir hier der Kohlensäure beigelegt haben, auch von anderen Stoffen, besonders vom Wasser, übernommen wird. Dem letzteren Körper sind wir aber geneigt, die grösste Bedeutung beizulegen, wie sich aus unseren Veröffentlichungen a. a. O. ergibt.

Ganz besonders scheint der Umstand gegen die Annahme von Herrn Holzner zu sprechen, dass die Keimfähigkeit nicht gleich nach der Trocknung ihr Maximum erreicht.

Die Erklärung dieses Verhaltens ist zu suchen in der Bildung von Kondensationen mit und ohne Wasserabspaltung. Diese Kondensationen, mögen sie umkehrbarer oder nicht umkehrbarer Natur sein, erfordern eine bestimmte Zeit zu ihrer Bildung, und damit findet die Verzögerung in der Erreichung des Maximums der Keimfähigkeit ihre Erklärung. Bemerken wir noch, dass uns über eine langsame Kondensationsbildung unter Abscheidung von Kohlensäure nichts bekannt geworden ist, so ergibt sich aus den bisherigen Betrachtungen in Verbindung mit den oben mitgeteilten Versuchsanstellungen bis auf weiteres die Schlussfolgerung, dass die Kohlensäure kein schädigendes Stoffwechselprodukt ist. Auf alle Fälle liefert die Versuchsanstellung (3) den Beweis, dass eine andauernde Einwirkung von Kohlensäure die Keimfähigkeit des Getreides nicht herabsetzt.

Wir erwähnen gleichzeitig, dass die in Nr. 31 der Wochenschrift für Brauerei 1903 von uns angekündigte Untersuchung über die Einwirkung des Sauerstoffes auf die Keimfähigkeit des Getreides anderer dringender Arbeiten wegen noch nicht hat stattfinden können.

Wir haben dabei keineswegs den Wunsch, das besprochene Arbeitsfeld für uns zu reservieren. Im Gegenteil, das vom Versuchs-Kornhause zu behandelnde Material hat sich allmählich als so reichhaltig herausgestellt, dass eine Unterstützung von anderer Seite sehr willkommen wäre. Wenn derartige Untersuchungen von mehreren Seiten zugleich in Angriff genommen werden sollten, so könnte dieser Umstand für die Klärung der bezüglichen Fragen nur förderlich sein.

47. Über die Notwendigkeit der Errichtung von Versuchsanstalten für Müllerei und Bäckerei.

Von Prof. Dr. M. Delbrück, Geheimer Regierungsrat.

Abdruck aus dem Archiv des Deutschen Landwirtschaftsrats.

XXVII. Jahrgang. 1903.

Die Forderung, dass die Wissenschaft der Lagerung des Korns, seiner Umarbeitung in Mehl und des Backens vertieft werde, ist eine alte. Sie ist entstanden und entwickelt in jener Periode, welche die Begründung landwirtschaftlicher Getreideverkaufsgenossenschaften gebracht hat. Die Notwendigkeit, Kornhäuser zu errichten, war nicht nur gegeben aus dem Wunsch, die Verkehrsverhältnisse im Getreidehandel zu bessern, sondern auch in dem Sinne, dem Getreide in der Lagerung eine bessere Behandlung angedeihen zu lassen. Griff man einmal die Kornlagerung technologisch an, so ergab sich von selbst der weitere Gedanke, auch die Umschaffung in Mehl und das Backen mit hinein zu ziehen. In ein akutes Stadium trat die Frage durch den Streit um die Backfähigkeit des aus inländischem oder ausländischem Korn hergestellten Mehles. Diese Frage ist nun durch das energische Zugreifen der Landwirtschaftskammer für Brandenburg und die von dem Professor Dr. Fischer angestellten Versuche in einer gewissen Richtung als gelöst zu erachten. Die Behauptung, dass das Auslandsgetreide notwendig einen Vorzug haben müsse bezüglich der Herstellung von backfähigem Mehl, kann füglich nicht mehr aufrecht erhalten werden; die gegenteilige allerdings, die den Spiess umdreht und sich auf den Standpunkt stellt, dass speziell deutsches Getreide die Bedingung der Backfähigkeit der daraus bereiteten Mehle in sich schliesse, ist ebensowenig

berechtigt. Immerhin bleibt das Verdienst der Landwirtschaftskammer für Brandenburg gross genug; denn sie hat das Vorurteil gegen das deutsche Getreide beseitigt, und nun liegt die Sache so, wie es ja auch jedem Sachverständigen von vornherein klar sein musste, dass es leider im Ausland und im Inland sehr viel nicht backfähiges Getreide gibt. So ist man denn genötigt, von dieser bedauerlichen Tatsache ausgehend, die Forderung zu stellen, nunmehr durch technisch-wissenschaftliche Arbeit die Ursache dieser Entscheidung zu erforschen, um ferner die Mittel zu finden für die Abhilfe.

Man mag billig erstaunt sein, dass eine solche Grundfrage: wie verschaffe ich mir gutes, d. h. ein backfähiges Mehl bzw. Getreide? — nicht längst seine Lösung gefunden hat. Von botanischer wie von chemischer Seite liegen eingehende, weitgehende Forschungen vor, aber sie haben ein befriedigendes Ergebnis deshalb nicht gehabt, weil man in einseitiger Weise an die Lösung der Aufgabe herantrat. Die Einseitigkeit allerdings war eine historisch begründete; denn derjenige Standpunkt, den man nach unserer heutigen Erkenntnis in der Sache einnehmen muss, ist eben ein neuer, zu jener Zeit der Forschung bisher unbekannt gewesener. Den botanischen Aufbau des Kornes zu kennen, ist natürlich Vorbedingung jeder wissenschaftlichen Behandlung der Frage. Diese Frage leitet uns, wenn es sich um die mechanische Zerlegung des Kornes in seine verschiedenen Bestandteile handelt — denn nichts anderes ist ja der Effekt der Müllerei. Ebenso ist die Kenntnis des chemischen Bestandes notwendig, und wir würden überhaupt in eine Erörterung der Frage nicht eintreten können, wenn nicht die Zusammensetzung des Getreides und des Mehles, sein Gehalt an verschiedenartigen Eiweissstoffen, an Kohlehydraten, an Salzen bekannt wäre. Den botanischen Aufbau, den chemischen Bestand von Korn und Mehl muss man kennen. Aber beide sind nicht entscheidend dafür, was aus dem Mehl wird, wenn es mit Sauerteig oder mit Hefe verbacken werden soll. Beim Backen erfährt das Mehl unter dem Zusammenwirken von Wasser, Wärme und Organismen, sei es Hefe, seien es säureerzeugende Bazillen, gewisse Veränderungen, und diese Änderungen sind in gewissem Grade unabhängig von dem chemischen Bestand. Aber es kommt ein Drittes — und das ist das Entscheidende — hinzu. Das Mehl besitzt eine gewisse Veränderlichkeit in sich. Es besitzt Kräfte, seinen Bestand an Stoffen zu ändern,

welche nicht aus dem Gärmittel der Hefe oder dem Sauerteig herrühren, sondern welche in ihm selber stecken. Entscheidend dafür, was aus einem Mehle beim Backen wird, ist nicht der botanische Aufbau oder der chemische Bestand, sondern die Tendenz der Kräfte, welche die Veränderungen im Mehl beim Backen hervorrufen. Einen so verschiedenen Kräftezustand im Mehl bezeichne ich als seinen physiologischen Zustand. Von einem solchen physiologischen Zustand kann man sprechen bei jeder Frucht, bei jeder Pflanze, bei jedem lebendigen Wesen. Ich habe diesen Gedanken speziell verfolgt bei der Hefe, bei der Gerste, dem Hopfen und der Kartoffel. Um die wissenschaftliche Auffassung, die hier zugrunde liegt, mit einem volkstümlichen Stichwort zu bezeichnen, habe ich gesprochen von hitziger Gerste, von hitziger Hefe, ebenso von hitzigem Hopfen oder Kartoffeln. Bei der Kartoffel bedeutet sie die leichte Veränderlichkeit im Lager. Sie ist die Ursache des Verderbens. Die Hitzigkeit zu beurteilen oder zu regeln ist wichtiger, als die Kartoffel etwa zu schützen vor dem Eindringen von Bazillen. Der hitzige Hopfen hält sein Aroma nicht; es schlägt um. Ruhiger Hopfen — denn das ist der Gegensatz — lässt sich lange unverändert aufbewahren. Hitzige Hefe wird auf dem Transport weich und verdirbt, nicht weil sich schädliche Bazillen neben dem reinen Hefeorganismus entwickeln und sie zur Fäulnis bringen; nein, die Hefe trägt die zerstörenden Kräfte in sich selbst. Hitzige Gerste ist den Sachverständigen der Gärungsgewerbe am geläufigsten. Man hat davon gesprochen, solange es Mälzerei gibt, und schon vor 150 Jahren wiesen die Brauer die mit Schafmist gedüngte Gerste zurück, weil sie sich auf der Malztenne schlecht bearbeiten lässt, d. h. hitzig zeigt, d. h. stark zur Erwärmung neigt. Hitzigkeit heisst also Veränderlichkeit, Veränderlichkeit schliesslich in dem Sinne, dass eine Zerstörung des organisierten Lebens eintritt, dass eine Selbstauflösung zustande kommt. Und welches sind die Ursachen solch merkwürdiger Zustände, welche zu erkennen um so wichtiger ist, weil man auf falschen Pfaden, vielfach Ursache mit Wirkung verwechselnd, die Verderblichkeit auf das Eindringen von Bazillen zurückführte, während umgekehrt die Selbstauflösung das Bett war, in dem sich die nachträglich sich entwickelnden Bazillen breit machen konnten. Doch genug der Einleitung: die Ursache dieser Veränderlichkeit liegt in den lebendigen Wesen, welche gebunden sind an eigenartige

Stoffe, die man als Enzyme bezeichnet. Enzyme sind überall in den lebendigen Wesen tätig, wo es sich um Betätigung des Lebens handelt.

Man geht, wenn man sich über diese Verhältnisse ein deutliches Bild machen will, am besten aus von der Betrachtung der einfachsten Wesen, und diese sind auch mir Veranlassung geworden zu der vorgetragenen Gedankenbildung. Die Hefezelle, obgleich nach ihrem Inhalt kaum unter dem Mikroskop erkennbar, ist doch höchst fein gegliedert. Sie enthält erstens den Zellkern. An diesen ist die Eigenart des Organismus gebunden. Wenn er sich durch Sprossung fortpflanzt, so muss von dem Zellkern ein Teil in die neue Zelle übertreten. Zweitens das Plasma. Dieses umgibt als die Arbeitsmittel und Kräfte erzeugende Masse den Kern. Drittens aus den Arbeitsinstrumenten, und das sind die Enzyme, um die es sich handelt. Enzyme werden von der Hefezelle hervorgebracht je nach den Aufgaben, welche die Erhaltung des Lebens des Kerns der Zelle stellt. Sie arbeiten in dem »Zellsaft«, der in den Vakuolen sichtbar wird. Endlich und viertens birgt die Zelle Reservenerbstoffe, welche in Form von Fett, Glykogen und anderen Stoffen vorhanden sind. Das Ganze ist — aber das ist unerheblich — umschlossen von der Zellhaut. Nun die Enzyme! Sie sind so vielgestaltig wie das Leben. Wir können sie einteilen in Verdauungsenzyme, in Kraftenzyme, Kampfenzyme und aufbauende. Soll eine Zelle ernährt werden, oder will sie in ihr abgelagerte Reservestoffe benutzen zum Bau neuer Zellen, so müssen diese abgebaut werden, wie man sagt, d. h. sie müssen aus dem schwer verdaulichen Zustande in einen leicht verdaulichen übergehen, übergehen in einfachere chemische Verbindungen. So gehen über die Kohlehydrate, das Stärkemehl, welches unlöslich in Wasser ist, in Zucker, so gehen über die unlöslichen Eiweissstoffe in lösliche Amide. Die Fette werden gespalten und umgewandelt in Glyzerin und freie Fettsäuren. Diese Spaltarbeit besorgen Enzyme: für Kohlehydrate die Diastasen, für Eiweiss die Peptasen, für Fette die Lipasen. Aus diesen Spaltungsstoffen baut dann der Organismus die Bestandteile der neuen Zelle, das neue Plasma, die neue Kernsubstanz, welche der alten sich angliedert, auf. Manche meinen, dass dieser Aufbau ebenfalls durch Enzyme bewirkt werde; andere sind der Ansicht, dass hier das Plasma als solches tätig ist. Gleichgültig wie man diese Dinge auffasst, es stehen sich gegenüber in

derselben Zelle fortgesetzt: abbauende, d. h. auflösende, und aufbauende d. h. aus der Lösung abscheidende Kräfte. Das abbauende Enzym ist tätig, wenn aus dem Stärkemehl Zucker wird, das aufbauende, wenn rückwärts aus Zucker Stärke gebildet wird. Das abbauende Enzym ist tätig, wenn aus Eiweissstoffen Amide entstehen, und das aufbauende, wenn rückwärts die Amide sich zusammenlegen zu Eiweissstoffen.

Eine zweite Gruppe bilden die Kraftenzyme. Zu der beschriebenen Tätigkeit der lebenden Zelle gehört ein Kraftaufwand. Er wird gewonnen, wie Ihnen allen bekannt, durch die Atmung. Aber neu ist die Auffassung, dass die Atmung nicht unmittelbar von dem Plasma ausgeübt wird, dass dieses Plasma vielmehr hierzu eines Werkzeuges bedürfe, und dieses Werkzeug ist ein Enzym; es heisst Oxydase. Wie die Blutkörperchen im Blut, so vermittelt die Oxydase im arbeitenden Organismus die Übertragung von Sauerstoff auf den zu veratmenden Stoff, z. B. auf den Zucker, auf Eiweiss, auf Fett. Wahrscheinlich ist die Oxydase in ihrer Tätigkeit angewiesen auf die Mithilfe der abbauenden Enzyme, so dass nicht das Fett als solches sondern durch die Lipase in Fettsäure und Glycerin gespalten und veratmet wird. Nicht das Stärkemehl wird veratmet, sondern durch die Diastase in Zucker umgewandelte usf. Neben der Oxydase ist noch weit verbreitet in der Natur die Zymase; sie ist das Gärenzym, sie ist das Arbeitsinstrument, mit welchem die Hefe bei der Gärung Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt zu verschiedenen Zwecken, unter anderem aber zwecks Gewinnung von Wärme. Bei der Gärung entsteht Wärme. Diese Wärme ist die Kraftquelle, und daher darf die Zymase mit Recht als Kraftenzym bezeichnet werden. Die Zymase tritt auf in zahllosen Pilzen. Ihr stehen, kaum entdeckt, andere ähnliche Enzyme zur Seite, z. B. die von dem Professor Buchner kürzlich gefundenen Enzyme des Milchsäure- und des Essigsäurepilzes. Genug, die Spaltarbeit der Pilze, welche industriell benutzt wird, beruht auf der Erzeugung und auf der Wirkung von Enzymen. Aber ich sprach auch von Kampfenzymen. Das Kampfenzym $\alpha\tau' \xi\sigma\chi\acute{\nu}$ ist die Zymase. Sie spielt im Leben der Hefe, wie es von mir zuerst ausgesprochen ist, die grösste Rolle, indem sowohl der Alkohol als die Kohlensäure Gifte sind für solche Pilze, welche im Kampf ums Dasein mit der Hefe in Traubensäften, in Bierwürzen, in Branntweinmaischen ringen. Von Kampfenzymen kann man auch in anderem Sinne sprechen. Sie spielen in der Medizin eine grosse

Rolle: die Immunisierung beruht wahrscheinlich darauf, dass in dem Blute immunisierter Tiere die Bildung von Enzymen veranlasst wird, welche die Befähigung besitzen, bestimmte Infektionspilze oder von ihnen erzeugte Giftenzyme anzugreifen, zu töten oder gar aufzulösen. Wir dürfen annehmen, dass auch bei der Hefe die Peptase, das Eiweiss auflösende Enzym, die Rolle des Kampfenzyms spielt, indem es einen Hefengegner, einen anderen Pilz, durch Auflösung zum Tode bringt. Die Regelung des Entstehens und der Wirkung der aufbauenden und der abbauenden Enzyme ist die Grundlage alles Lebens. Nur der Organismus, bei welchem der abbauenden Tätigkeit von Enzymen eine gleichwertige aufbauende Tätigkeit gegenübersteht, bleibt in seinem Bestande erhalten. Überwiegen die abbauenden, so löst er sich in sich selbst auf, überwiegen die aufbauenden, so mästet er sich oder wird befähigt, neue Zellen anzusetzen. Die Selbstauflösung, die überall bei Pflanze, Tier und Mensch die Ursache des Todes ist, muss so gedacht werden, dass die abbauenden, d. h. auflösenden Enzyme ihre Tätigkeit nicht beschränken auf die Auflösung, d. h. Verdaulichmachung von Nährstoffen oder Reservestoffen, sondern dass diese Enzyme, die ja auch Eiweiss auflösende Kräfte besitzen, sich richten gegen lebendige Körpersubstanz selbst, d. h. gegen das Plasma, gegen die Kernsubstanz. Indem das Plasma angegriffen wird, wird die Möglichkeit, neue Enzyme zu schaffen, unterdrückt; indem der Kern aufgelöst wird, wird der Sitz des Lebens selbst zerstört.

Ein anderes Beispiel des Aufbaues und Abbaues, das uns unserem eigentlichen Thema näher führt! Enzyme sind überall in den Pflanzen tätig, wo es sich um Ernährungsvorgänge dreht. Mit Hilfe des Sonnenlichtes entsteht in den Blättern der grünen Pflanze das Stärkemehl. Enzyme lösen es auf, und in Form von Zucker wandert es von Zelle zu Zelle, um endlich als Zucker anzukommen in der Ähre, in den Getreidekörnern. Dort treten die aufbauenden Kräfte in Tätigkeit, und der Zucker wandelt sich in Stärkemehl, welches als Reservestoff niedergelegt wird. Nicht anders geht es mit den Eiweissstoffen, und so enthält unreifes Korn Amide, Zucker, das reife Korn enthält das Stärkemehl, das wirkliche Eiweiss. Stärkemehl ist die Ruheform der Kohlehydrate, Zucker die Wanderform, das echte Eiweiss die Ruheform der stickstoffhaltigen Substanz, die Amide die Wanderform. Indem das Korn reift, gehen alle Stoffe über in die Ruheform.

Den umgekehrten Prozess haben wir bei der Keimung. Das Korn ist eingeweicht, es fängt an zu atmen, alle Kräfte spielen, der Keimling sondert Enzyme ab. Fett und Eiweiss werden gelöst, Kohlehydrate in Zucker verwandelt, und die beweglich gewordenen Stoffe wandern in den Keimling, der mit diesen Wurzel und Blatt aufzubauen in der Lage ist. Die Oxydase vermittelt die Krafterzeugung, indem sie die Atmung ermöglicht, und an die Stelle der Oxydase tritt, sobald Luft abgesperrt wird, die Zymase, und wir beobachten im keimenden Korn eine wahrhafte Wärme erzeugende Gärung, welche Alkohol und Kohlensäure liefert. Das reife Korn! Alles geht zur Ruhe, die aufbauenden Enzyme überwiegen, die abbauenden gehen zurück. Keimendes Getreide! Alle Stoffe werden mobil gemacht durch die vom Keimling erzeugten Enzyme. Die abbauenden überwiegen, und allmählich unterliegt der gesamte Mehlkörper des Kornes der Auflösung. Während die Auflösung in dem Mehlkörper sich vollzieht, muss gleichzeitig und gleichwertig der Aufbau in Wurzel und Blattkeim tätig sein. Ein im Keimen begriffenes Korn entwickelt Enzyme, ein Korn, welches im Keimen ist und wieder zum Trocknen gebracht wird, lässt die Enzyme zurückgehen, so auch wenn Grünmalz durch Trocknen übergeführt wird in Darmmalz. Es scheinen Lüftungsverhältnisse und Konzentrationsverhältnisse und Temperaturen zu sein, welche hier entscheidend sind, entweder nach der Richtung des stärkeren Abbaues oder nach der Richtung des Aufbaues. Ich habe gegenübergestellt das reife Korn in der Ruhe und das keimende Korn in Bewegung. Zwischen diesen beiden Grenzfällen gibt es noch zahlreiche Abstufungen der Übergänge, und je nach der Stufe konstatiere ich einen verschiedenen physiologischen Zustand in dem betreffenden Organismus, und dieser physiologische Zustand charakterisiert sich durch den Vorrat an Enzymen oder durch die Fähigkeit oder Möglichkeit, solche Enzyme zu bilden. Überwiegt die Fähigkeit der Bildung abbauender Enzyme, so ist ein Organismus hitzig, überwiegt die Fähigkeit der Bildung aufbauender Enzyme, welche zugleich die abbauenden zurückdrängen, so ist derselbe Organismus ruhig. Der physiologische Zustand wird nun durch die verschiedensten Einflüsse bedingt. Er muss verfolgt werden in seiner technischen Bedeutung vom Reifen und Ernten bis zum Lagern des Kornes, bis zu seiner Umwandlung in Mehl, ja,

bis zum Verbacken. Aber, nachdem die Grundlagen unserer Anschauung nunmehr festgelegt sind, wird sich in schneller Folge die Betrachtung erledigen lassen.

Für den physiologischen Zustand ist entscheidend die Sorte, die Rasse, die Anlage des die Eigenart des betreffenden Lebewesens ausmachenden Zellkerns oder der Zellkerne. Die eine Rasse ist geneigt, starke Enzyme hervorzubringen, die andere besitzt diese Fähigkeit nicht. Nachgewiesen ist diese Tatsache mit Sicherheit an der Gerste, an der Hefe. Die eine Gerstenart ist zur Brennmalzbereitung geeignet; sie soll starke Enzyme, d. h. Diastase bilden, und darin besteht ihr technischer Wert. Die andere Sorte ist schwach in der Hervorbringung von Enzymen, sie ist die spezifische Braumalzgerste; denn ein Fehler des Braumalzes ist es, wenn die Enzyme zu stark entwickelt sind. Von dem findigen Geiste praktischer Erfahrung zeugt es, dass die Erkenntnis, dass hitzige Gerste keine Braugerste ist, wie schon oben angedeutet, 150 Jahre zurückliegt. Neben der Sorte ist mitbedingend der Ernährungszustand, Düngung und Kultur, Boden, Wind und Wetter, Sonnenschein und Regen, vor allem aber die Bereitstellung von Nahrungsmitteln. Reiche Eiweissernährung gibt eiweissreiches Korn, und dieses eiweissreiche Korn ist das spezifisch hitzige, welches starke Enzyme hervorbringt. Es ist nachgewiesen von uns an der Gerste, am Roggen, am Weizen. Die eiweissreichen Sorten bringen starke Enzyme hervor, sowohl Diastase, wie Peptase. Das gleiche gilt von der Hefe. Eiweissreiche Hefe ist hitzig und die Hitzigkeit zeigt sich in einer grossen Gärkraft, und die Gärkraft beruht auf einem starken Vorrat an Zymase oder auf einer starken Fähigkeit, Zymase zu bilden. Nun zur Reife des Getreides! Bei der Reife geht, wie schon oben erörtert, alles zur Ruhe. Aber wie weit diese Beruhigung geführt wird, wie weit die Amide und der Zucker in Eiweis und Stärke übergehen, wie weit vor allen Dingen die abbauenden Enzyme zurückgehen, das ist bedingt durch die Art der Trocknung, welche beim Reifen eintritt. Schnell, unter starker Luftbewegung und nicht allzu grosser Wärme sich vollziehendes Reifen ist entgegenzustellen dem Brüten der Sonne auf dem still daliegenden Meer der Ähren bei dunstiger Luft. Das Getreide reift bei hoher Temperatur, ohne gleichzeitig entsprechend Wasser abgeben zu können. Wie diese beiden grundverschiedenen Tendenzen des Reifens auf den physiologischen Zustand des Getreides wirken, ist

unbekannt. Es muss erforscht werden. Meine Meinung ist, dass hiervon der physiologische Zustand des Getreides und hiervon der Bestand an Enzymen oder die Fähigkeit, ferner Enzyme hervorzubringen, abhängt, und dass somit die Art der Reife den physiologischen Zustand bedingt. Meine Gründe hierfür nehme ich aus Beobachtungen der Mälzerei; wenn man gekeimtes Getreide auf die Darre bringt und hierbei die Trocknung in verschiedener Weise ausführt, d. h. einmal mit schnell steigender Temperatur ohne entsprechende Wasserverdampfung, das andere Mal mit langsam steigender Temperatur unter starker Wasserverdampfung. Die erste Art des Trocknens bringt hervor ein Absterben des Keimlings. Auch die Enzyme gehen zurück, aber sie haben noch Zeit genug, eine auflösende Wirkung im Korn hervorzubringen, und man findet in dem fertigen Malz einen gewissen hohen Bestand an gelösten Stoffen, an Zucker. Im andern Falle — schnelle Trocknung bei niedriger Temperatur — behält das Getreide seine Keimfähigkeit. Der Keimling bleibt lebendig, die diastatischen wie enzymatischen Kräfte gehen zurück, wenn auch nicht so stark wie im ersten Falle, aber vor allen Dingen findet eine Rückbildung des Zuckers statt. Es findet ein Aufbau statt bei diesem Trocknen; es geht die Wanderform der Kohlehydrate, der Zucker in die Ruheform, in das Stärkemehl über. Das ist das eigenartige unserer Beobachtung, dass trotz Vorhandensein stärkster diastatischer Enzyme doch bei dieser Trocknung des Getreides in Gegenwart der Diastase rückwärts aus Zucker Stärkemehl gebildet wird. Das Studium der Reifevorgänge des Getreides nach dieser Richtung hin, nach dem Vorrat, nach dem Bestand an den Ruhe- oder Wanderungsformen der chemischen Stoffe des Getreides, an dem Bestand von Enzymen und an der Möglichkeit, solche zu bilden, wird neue Aufschlüsse geben. In dasselbe Gebiet gehört das Studium des wiederholten Beregnens und Wiederaustrocknens des Kornes; je nach Umständen wird es ein Vorwärts- oder Rückwärtsgehen der Enzyme bedingen. Nun das Lagern! Das Lagern ist keine Ruhe des Getreides. Es atmet fortgesetzt. Die Wärme, die entwickelt wird im Lager, ist eine Folge des Atmens. Auf Veranlassung des Vorstehers des Versuchs-Kornhauses, des Herrn Dr. Hoffmann, hat Dr. Kolkwitz diese Atmung neuerdings verfolgt und festgestellt, dass auch gut getrocknetes Getreide nicht unerhebliche Mengen von Kohlensäure erzeugt, so dass daraus unmittelbar die Wärmemenge zu be-

rechnen ist, welche gebildet wird. Er zeigt uns weiter, wie bei steigendem Wassergehalt diese Atmung in starken Proportionen zunimmt. Aber im Lager findet dann auch die Nachreife statt, und das Korn, wie allbekannt, erlangt nach einer gewissen Lagerzeit seine volle Keimfähigkeit. Insbesondere hat man die Erfahrung bei der Gerste, und unserer einheimischen Gerste ist vorzuwerfen, dass sie zu Beginn der Malzkampagne noch nicht die volle Keimfähigkeit besitzt, welche sie erst nach einem monatelangem Lagern, z. B. im Dezember erreicht. Gerade das Jahr 1903 ist typisch für diese Erscheinung. Die Nachreife kann nachgeahmt werden durch künstliche Trocknung, und Ihnen allen ist bekannt, dass durch zweckmässiges Trocknen die Keimfähigkeit des Getreides nicht leidet, sondern im Gegenteil verbessert werden kann¹⁾. Hiernach ist es sicher: der physiologische Zustand ändert sich beim Getreide im Lager, im Silo, je nach der Behandlung, je nach der Dauer, je nach dem Lüftungsgrad, je nach dem Wasservorrat, und so wird, wenn der physiologische Zustand entscheidend ist für die Frage, ob ein Getreide backfähiges Mehl liefert, die Grundlage dafür in einer zweckmässigen Behandlung der Getreidelager geschaffen. So haben wir die eigenartige Beobachtung, dass gerade wiederholt auf dem Felde nass gewordenes Getreide schliesslich doch ein vorzugsweise backfähiges Mehl gibt. Das lässt sehr wohl die Möglichkeit offen, dass erst dadurch die erwünschte Nachreife, d. h. der vollständige Übergang in den Ruhezustand erreicht wurde. Wie sehr ein wiederholtes Anfeuchten den physiologischen Zustand des Kornes ändert, beweisen die Beobachtungen über das Verhalten beregneter Gerste. Durch Beregnen und Wiedertrocknen erhält die Gerste in ihrer inneren Beschaffenheit eine mehligere Struktur, die sie den Bräuern annehmbarer macht. Wenn man weiss, dass das Getreidelager mit einem Wassergehalt von annähernd 12 pCt. schon als trocken gilt, wenn man feststellt, dass der Wassergehalt von 15 pCt. zur Besorgnis keine Veranlassung gibt, aber schon die Beaufsichtigung notwendig macht, wenn aber ferner zu konstatieren ist, dass ein Wassergehalt in diesem Jahre von 17, 18 pCt. bei der im Norden und Osten Deutschlands geernteten Gerste fast die Regel war,

1) Auch die Erhaltung der Keimfähigkeit ist von dem physiologischen Zustand abhängig und so hat Kommerzienrat Haase die Beobachtung gemacht, dass eiweissreiche, d. h. hitzige Gerste bei der Aufbewahrung über Sommer die Keimfähigkeit verliert.

wenn man ferner weiss, welche Veränderungen im physiologischen Zustand des Getreides dieser Wassergehalt hervorbringen muss, dann muss man anerkennen, welche ungeheure Tragweite die Konstruktion und die Einführung tüchtiger, schnell wirkender Trockenapparate besitzt. Die Erfahrungen, welche die grossen Mälzereien gemacht haben, sind so übler Natur, dass man der Ansicht zuneigt, zu einer gut eingerichteten Mälzerei oder Brauerei gehört vor allen Dingen der Schnelltrockenapparat, welcher das Getreide in den Ruhezustand überführt, bevor es zum Lagern genommen wird.

Man ist geneigt, die Umwandlung des Kornes in Mehl lediglich als einen mechanischen Vorgang anzusehen. In der Tat ist die Kunst, die einzelnen Schichten des Getreidekörnchens, die einzelnen morphologisch trennbaren Teile mechanisch zu zerlegen, eine grossartig entwickelte. Aber sie ist sicher auch mit einer Änderung des physiologischen Zustandes verbunden. Auf die Tatsache, dass frisch bereitetes Mehl sich keineswegs gleich verhält abgelagertem, weist schon Hoffmann hin. Auch das Mehl selbst ist kein toter Körper, in ihm sind die Enzyme noch tätig, es wird je nach der Art der Lagerung, je nachdem die Luft mehr oder weniger abgeschlossen, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt, je nach der Temperatur sich ändern. Eingreifender ist jedenfalls das Müllern selbst. Die Enzyme sind keineswegs gleichmässig verteilt im Korn. Im Keimling sind andere wie im Mehlkörper, in den Kleberschichten andere wie mehr im Innern des Mehlkörpers, und so ist die Zerlegung des Körnchens in Mehl und Kleie nicht bloss eine mechanische, sie ist nicht nur begleitet von einer anderen Verteilung eiweissartiger Stoffe, und eigentlichen Stärkemehl, vielmehr auch die Enzyme finden sich vorzugsweise in der Kleie: die Kleie ist hitzig und das Mehl ist ruhig. Untersuchungen darüber liegen für das Müllereigewerbe nicht vor, wohl aber haben wir einige Analogien in dem Brauverfahren. Wiederholt sind Versuche gemacht worden, das Gerstenmalz im richtigen Müllereiverfahren zu trennen in Malzkleie und Malzmehl und nur das Mehl zu verbrauen. Letzteres ergibt eine sehr hohe Ausbeute an Bierwürze, und es würde in einem solchen Verfahren ein sehr wesentlicher Vorteil gegenüber dem steuereinfordernden Fiskus gewonnen sein. Denn die Brausteuer wird bekanntlich erhoben für den Zentner verarbeiteten Rohstoffes. Aber das Versieden solchen Mehles hat ein durchaus anders schmeckendes Bier ergeben. Das Bier wird

zu milde, es wird süß. Auch die Gärung verläuft anders. Und einer der Erfinder auf diesem Gebiete hat sich veranlasst gesehen, mit der ausdrücklichen Begründung, dass er die in der Kleie hauptsächlich abgetrennten Enzyme wieder gewinnen wolle, die Kleie für sich einzumaischen und den wässerigen Kleieauszug dem zu versiedenden Mehl wieder zuzuführen. Man wird also den Mahlvorgang daraufhin neu studieren müssen, wie der Enzymbestand des Getreides sich auf die verschiedenen Mehlsorten, vor allen Dingen auf Mehl und Kleie verteilt. Aber auch direkte Eingriffe wird das Vermahlen hervorbringen. Die Temperaturerhöhung, welche beim Mahlen eintritt, hat sicherlich nicht unwichtige enzymatische Wirkungen im Gefolge, so dass wir eben nicht eine rein mechanische Zerlegung des Kornes, sondern auch ein durch Enzymwirkung verändertes Erzeugnis vor uns haben. Studien, die berechtigten, irgend ein Urteil über die technische Bedeutung dieser Verhältnisse zu fällen, liegen nicht vor. Die Art der Betrachtung, welche ich Ihnen gebe, ist eben eine — soweit ich es zu überblicken vermag — völlig neue. Nun das Backen selbst! Wir sehen zunächst von der Mitwirkung der Hefe vollständig ab und wollen nur einer Betrachtung unterziehen das Schicksal, welches etwa das Mehl, indem es zu Teig verrührt wird, und in dem es eine gewisse Temperaturerhöhung durchgemacht, unterliegt. Hier kommen nun sämtliche enzymatische Kräfte zur Geltung. Mit einem angemessenen Feuchtigkeitsgehalt, auf einer gewissen mittleren Temperaturhöhe, die ich auf etwa 60° C. schätze, gehalten, würde das Mehl in sich zergehen, so dass es unmöglich ein Backwerk zu geben imstande wäre. Man wird sowohl Umwandlung der Eiweissstoffe wie der Kohlehydrate annehmen müssen; und auch die Fette werden zerlegt werden. Es kann nicht zweifelhaft sein, dass ein gesundes Mehl durch mangelhafte Behandlung im Backverfahren zu einem ranzigen Brot führen kann, wenn irgendwie namhafte Mengen Fett vorhanden wären. Das ist nun im allgemeinen nicht der Fall. Es liegt das in der mechanischen Wirkung des Mahlens, welches die Hauptmenge des Fettes der Kleie zuweist. Wie stark aber gerade die Fett spaltenden Enzyme in den Früchten sind, das möge der Hinweis auf eine wichtige neue Arbeit von Konstein und Genossen erweisen. Diese zeigten, dass zerquetschte Ölfrüchte mit kleinen Mengen Säure bei mässigen Temperaturen angestellt, eine in verhältnismässig kurzer Zeit fast völlige Spaltung des Fettes in Glycerin und Fettsäure ergeben,

eine Spaltung, welche man sonst nur durchführen könnte nach dem Verfahren der Seifensieder, durch das Verkochen des Öles mit alkalischen Laugen. Hier liegt nun eine ganz neue Aufgabe vor, nämlich die Qualität der Mehle dadurch zu bestimmen, dass man ihre Fähigkeit sich selbst aufzulösen, zu charakterisieren, zu bestimmen sucht; denn das wird die Grundlage aller Backfähigkeit der Mehle sein. Irgendwelche Forschungsergebnisse, welche uns hier bereits festen Boden unter die Füße geben könnten, liegen nicht vor. Wie anders aber, wenn nun das Gärmittel selbst hinzukommt, entweder der Sauerteig oder, was noch mehr interessiert, die Hefe. Es gibt keinen Organismus, der enzymatischer wäre, als die Hefe selbst. Der Gehalt an Gärenzym, an Zymase bedingt den Trieb des Backwerks. Von nicht geringerer Kraft ist aber ihre peptische Wirkung, d. h. ihre Fähigkeit, die Eiweissstoffe zu lösen. Wenn es nun richtig ist, dass die Art und die Beschaffenheit des Klebers eines Mehles seine Backfähigkeit bestimmt, so wird man nicht erstaunt sein, dass diese Backfähigkeit zerstört oder vermehrt werden kann, wenn ein neues Agens, nämlich eine Hefe hinzugefügt wird, welche durch ihre Eiweiss auflösenden Kräfte den Bestand des Mehles an Eiweiss oder Kleber verändert. Ob dies geschieht und in welchem Grade, hängt nur völlig ab von erstens der Hefenrasse, welche zum Backen dient und zweitens von dem Backverfahren. Mit der Gewinnung einer gleichmässigen, brauchbaren Bäckerhefe ist eine ganze Industrie beschäftigt. Hier bewege ich mich in meinen Erörterungen auf bekanntem Terrain und ich kann folgendes feststellen: Die Bierhefe wird als Abfallstoff in ungeheuren Quantitäten vom Brauereigewerbe gewonnen, aber verworfen, weil sie sich als Bäckerhefe nicht eignet. Seit alter Zeit versteht man, der untergärigen Bierhefe die Bitterstoffe zu entziehen und sie durch Waschen mit Alkalien in eine weisse, appetitliche, nicht schmeckende Masse umzuwandeln. Und doch ist diese Hefe zu Herstellung irgendwie feineren Gebäckes nicht verwendbar. Sie gibt, wie der fachmännische Ausdruck lautet, keinen zweiten Trieb. Eher geeignet schon zum Backen ist die obergärige Hefe, insbesondere die Milchsäurepilze enthaltende Hefe des Berliner Weissbieres. So wird denn diese in grossen Mengen tatsächlich im Bäckereigewerbe verwendet. Bierhefe ist, man kann fast sagen, zu jedem beliebigen billigen Preise vorhanden, und doch gibt es trotz der jammervollen Preisverhältnisse im Brennereigewerbe, trotz eines Nieder-

ganges in den Preisen der Hefe, eine grosse Industrie in Deutschland, welche in nicht weniger wie fast tausend Betrieben überall seit Alters her angesessen ist, welche neben Alkohol als Haupterzeugnis Bäckerhefe herstellt. Die Ursache, dass ein solches Gewerbe als ein selbstständiges sich hat entwickeln können, liegt darin, dass man immer höhere Ansprüche an das Backwerk macht, und dass diese höheren Ansprüche nur zu befriedigen sind, wenn man eine bestimmte Heferasse zum Backen verwendet. Die Hefenzuchtstelle des Vereins der Spiritusfabrikanten liefert in Tausenden von Kilogrammen jährlich rein gezüchtete Hefe für das Brennereigewerbe, dasselbe Gewerbe, welches vor Einführung dieser Hefenreinzucht seine Stellhefe aus den Presshefefabriken, den Bäckereihefefabriken bezog. Man hat die billige Bäckerhefe durch die teure Reinhefe ersetzt, weil man feststellen musste, dass diese Bäckerhefe kein geeignetes Zuchtmaterial für die Brennereien bilde. Die berühmten Rassenhefen der genannten Anstalt, so die »Heferass II«, haben sich als für Presshefefabrikation durchaus ungeeignet erwiesen. Gegenwärtig wird von der Hefezuchtanstalt die Rasse IX an Presshefefabriken vertrieben, ohne dass man aber behaupten könnte, dass sie sich einer allgemeinen Anerkennung erfreut. Immerhin finden wöchentlich reichliche Abgaben von dieser besonderen Bäckerheferasse an die Industrie als Saathefe statt. Von einer guten Bäckerhefe verlangt man, dass sie auf dem Transport haltbar ist, dass sie eine hohe Gärkraft besitze und endlich, dass sie einen lang anhaltenden Trieb, einen zweiten oder dritten Trieb im Backverfahren gibt. Die tiefere Ursache des verschiedenen Verhaltens der Hefen ist nun von uns gefunden worden. Die Hefen unterscheiden sich voneinander nicht bloss in der Gärkraft, welche sie entwickeln, sondern vor allen Dingen auch durch die peptischen Kräfte, welche sie besitzen. Es scheinen sogar Zymase, das Gärenzym und Peptase, das Eiweissenzym in einem gewissen Gegensatz zueinander zu stehen. Peptische Hefen lösen sich leicht in sich selbst auf, indem zunächst Zymase und alsdann das Plasma durch die Peptase zerstört wird. Hefen, welche geringe Mengen Peptase enthalten, oder wenig Peptase zu erzeugen vermögen, besitzen eine hohe Gärkraft und behalten vor allen Dingen diese Gärkraft auch unter ungünstigen Verhältnissen. Wenn eine Hefe beim Backen den zweiten Trieb nicht gibt, so ist das ein Beweis, dass die peptischen Kräfte das Übergewicht über die zymatischen erlangt haben. Das ist

der Grund, weshalb Bierhefe für das Backen durchaus nicht verwendbar ist; denn gerade die Bierhefe zeichnet sich durch eine sehr schnell eintretende und bei verhältnismässig niedrigen Temperaturen eintretende Selbstauflösung aus. Ich will den Gedanken nicht weiter ausspinnen, aber es ist wohl klar, dass alle Backversuche, welche bisher angestellt sind, an einem grossen Fehler leiden, nämlich an dem, dass nicht eine einheitliche reine Bäckerheferasse zu den Versuchen verwendet worden ist. Den Gärungstechniker berührt es einfach komisch, wenn man von ernsthaften Backversuchen hört, welche bestimmt sind, verschiedene Mehle auf ihre Backfähigkeit und an verschiedenen Stellen zu untersuchen, und wenn dann die fundamentale Bedingung der Vergleichbarkeit der Backversuche aufgehoben ist dadurch, dass man nicht dafür sorgte, dass auch die Verbackung mit der gleichen Hefe stattfindet. Richtige Backversuche können nur angestellt werden, wenn immer die gleiche Heferasse in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht, und wenn auch diese Heferasse vorhanden ist in einem bestimmten für den Backerfolg mit ertscheidenden physiologischen Zustand.

Damit habe ich die technische und wissenschaftliche Begründung erschöpft, welche Ihnen beweisen sollte, dass es gilt, ein grosses, neues Gebiet aufzuschliessen. Mit feinsten Methodik und auf voller Beherrschung der neueren Enzymforschung, unter genauer Kenntnis der Bedingung der Lagerung, der Vermahlung und des Verbackens des Getreides oder des Mehles sind durchzuarbeiten die ganzen Phasen der Gewinnung guten Brotes von der Getreidezüchtung durch die Kultur bis zum Reifen, von der Lagerung bis zum Verbacken des Mehles; überall sind die Wirkungen und Gegenwirkungen der Enzyme, ihr Entstehen und Vergehen neu zu erforschen. So meine ich denn, gezeigt zu haben, dass alle Veranlassung vorliegt, nicht bloss hier und da, an verschiedenen Stellen des Reiches und mit verschiedenem Mehl, mit inländischem und ausländischem und verschiedenen Jahrgängen Backversuche zu machen. Sie bilden einen ganz kleinen Teil des Gebietes, welches es neu aufzuschliessen gilt. Es ist hiernach auch ohne weiteres klar, dass die bestehenden landwirtschaftlichen Versuchsstationen nicht die geeigneten Organisationen sind, um hier wirklich fruchtbar zu arbeiten. Die Enzymforschung ist ein so eigenartiges Gebiet, dass sie eine gewisse Tradition in dem Laboratorium, welches diese Richtung pflegen will, verlangt. Es kann nicht ein Forscher sich die Aufgabe

stellen, einmal einen Winter durch solche Backversuche anzustellen. Er kann sich unmöglich im Umsehen die Methodik der Versuchsanstellung verschaffen, welche hierzu notwendig ist. Es bedarf zu einer solchen Versuchsanstellung einer besonderen Schulung, einer Schule, welche sich als ausschliessliche Aufgabe das umschriebene Forschungsgebiet ausgewählt hat. Das Versuchs-Kornhaus, welches mit staatlichen Mitteln errichtet ist und dessen wissenschaftliche und geschäftliche Leitung dem Institut für Gärungsgewerbe unterstellt ist, hat wohl ähnliche Aufgaben und der Leiter dieses Versuchs-Kornhauses, Herr Dr. Hoffmann, hat diese Aufgaben wohl erfasst. Aber diese Anstalt besitzt in ihrer gegenwärtigen Organisation wiederum nicht die Grundlagen, welche zu einer gedeihlichen Behandlung der erörterten Frage folgen könnten. Es ist klar, dass alle Arbeit des Versuchs-Kornhauses Stückwerk bleibt, so lange die Forschung sich lediglich mit der Behandlung des Getreides bei der Lagerung befasst und nicht imstande ist, den Erfolg dieser oder jener Lagerungsart zu verfolgen bis zur Vermahlung des Korns, bis zum Verbacken des daraus erzeugten Mehls. Auch die an der landwirtschaftlichen Hochschule bestehende Müllereiversuchsanstalt, welche von einem Kuratorium geleitet wird, gebildet aus Vertretern der preussischen landwirtschaftlichen Verwaltung, des Reichsschatzamts, des preussischen Finanzministeriums, Vertretern des Müllereiverbandes, welchem die geschäftliche Sicherstellung des Betriebes obliegt, durch Vertreter der Wissenschaft, zu denen auch der Vortragende sich zur hohen Ehre rechnet zu gehören — auch diese Anstalt kann nicht so, wie sie ist, als eine geeignete Organisation angesehen werden. Die Leistungen der Müllereiversuchsanstalt als einer analytischen Station sind überall anerkannt, und sie hat als begutachtende Behörde für die Reichsfinanzverwaltung, für die Zollverwaltung beachtenswertes geleistet, aber die Mittel, technische wie Geldmittel, die ihr zur Verfügung stehen, das Arbeitspersonal, das sie ins Feld stellen kann, ist ein unzureichendes, und es ist eine Aufgabe, welche für den wissenschaftlichen Leiter, Herrn Geheimrat Wittmack, wenn er an die Bearbeitung der von mir angegebenen Richtungen herantreten sollte, unter den gegenwärtigen Verhältnissen dieser Anstalt nicht lösbar ist. Man würde eben fehlgreifen, wenn man eine Müllereiversuchsanstalt allein mit den Aufgaben betrauen wollte; ebenso wie das Versuchs-Kornhaus nicht die geeignete Stelle ist, ebenso wie die

landwirtschaftlichen Versuchsstationen eine einseitige Richtung darstellen würden. Es handelt sich eben darum, ein neues, grosses, das ganze von mir erörterte Gebiet umfassendes Institut zu schaffen. Ein solches Institut muss meines Erachtens verbunden sein mit einer Hochschule. Unsere neuere Richtung, wissenschaftliche Anstalten zu schaffen, geht da teilweise leider einen recht falschen Weg. Gewiss ist es anzuerkennen von der Reichsverwaltung, und es wird immer mit einer gewissen Genugtuung sowohl von Reichswegen als den Mitgliedern des Reichstages betont, was man mit der biologischen Reichsanstalt für die Landwirtschaft tue. Es sind auch reichliche Mittel vorhanden; es sind auch tüchtige wissenschaftliche Kräfte da; aber leider hat man diese Forschungsstelle losgelöst von einem grösseren wissenschaftlichen Verbands. Aber die Geschichte der Wissenschaften, besonders die Geschichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin beweist, dass eine rein forschende Tätigkeit in isolierten Anstalten leicht zu einem Verkümmern und Vertrocknen führt. Fruchtbare Forschertätigkeit muss verbunden sein mit dem Schaffen einer Schule, Schule nicht in dem Sinn bloss, dass Schüler ausgebildet werden, sondern in dem Sinne des Schule-Machens, d. h. eine bestimmte Forschungsrichtung festzulegen und das junge Material von jungen Forschern heranzubilden, welche in dieser Richtung weiter zu arbeiten gesonnen sind und angeleitet werden. Die Errichtung einer besonderen landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Bromberg liegt auch auf diesem falschen Wege. Die wissenschaftliche Befruchtung, die gegeben ist in den verschiedenen Richtungen, welche an einer Hochschule gepflegt werden, fehlt in solcher Isolierung. Nur die eigenartige Zusammenfassung der verschiedensten wissenschaftlichen Kräfte, wie sie unsere technischen Hochschulen, wie sie unsere Universitäten, wie sie unsere landwirtschaftlichen Hochschulen zeigen, bieten eine Gewähr für eine auf die Dauer sicher gestellte produktive Leistung. Man wird mir, wenn ich mich in solcher Weise äussere, eine gewisse Voreingenommenheit nicht mit Unrecht vorwerfen; denn ich will nun kurz und gut beweisen, dass es mit der Angliederung an eine landwirtschaftliche Hochschule allein auch nicht getan ist, dass vielmehr der Weg beschritten werden muss, welcher zu so grossen Erfolgen speziell an der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin geführt hat. Die Landwirtschaftliche Hochschule in Berlin besteht aus drei Abteilungen: die eine pflegt die Landwirtschafts-

wissenschaft im weitesten Umfange, die zweite ist der Geodäsie gewidmet, und die dritte schliesst in sich die landwirtschaftlich-technischen Gewerbe, also die Zuckerindustrie, die Gärungsgewerbe, die Industrie der Stärkefabrikate, die Essigbereitung usw. Diese technische Abteilung ist aber, obgleich ein vollberechtigtes Mitglied der landwirtschaftlichen Hochschule, doch auch in fest gefügter Verbindung mit den Vertretern der betreffenden Gewerbe selbst. Es herrscht ein Kondominat. Die preussische landwirtschaftliche Verwaltung hat die Bauwerke gestellt, teilweise unter pekuniärer Inanspruchnahme der vertretenen Gewerbe, die fertigen Versuchsanstalten zur Ausnutzung überwiesen grossen gewerblichen Verbänden. So sind denn an der Abteilung für landwirtschaftlich-technische Gewerbe an der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule nicht weniger als etwa 10000 technische Betriebe beteiligt, welche in sechs Interessenverbänden gruppiert sind. Der jährliche Etat sämtlicher Anstalten zusammen weist die bedeutende Ziffer von etwa 1 $\frac{1}{2}$ Millionen Mark auf, den gesamten Etat der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule um über das Dreifache übertreffend und ebenso den Etat mancher kleinen Universität in den Schatten stellend. In zahlreichen Unterabteilungen werden die vorliegenden Fragen behandelt. Die Zahl der wissenschaftlichen Kräfte ist, man möchte fast sagen, eine unbegrenzte; denn sie werden unabhängig von Mitteln, die etwa die Staatsregierung bewilligt, allein nach dem Bedarfe eingestellt; nur das Bedürfnis der Industrie ist massgebend und darf massgebend sein, weil die Industrie selbst die Mittel zur Verfügung hält. Auf solcher Basis nun will die Königl. preussische landwirtschaftliche Verwaltung an die Begründung eines umfassenden Instituts für Kornlagerung, Müllerei und Bäckerei herantreten. Bei den weitgehenden Interessen, welche an den zu lösenden Aufgaben nicht isoliert bei dem Müllereigewerbe ruhen, sondern gleichmässig sich verteilen auf die das Korn erzeugende Landwirtschaft, auf die das Mehl verbrauchende Bäckerei, ist die Leitung so gedacht, dass ein Kuratorium bestellt wird, das gleichmässig aus den Vertretern der beteiligten landwirtschaftlichen und Gewerbskreise und Vertretern der Regierung besteht. Das vorhandene Versuchskornhaus soll ausgebaut werden, technisch selbst verbessert zu einer Versuchsmühle mit Versuchsbäckerei. Wird auch die pekuniäre Grundlage für die Versuchstätigkeit durch die Regierung und die beteiligten Verbände bereit gestellt werden müssen, so ist es doch auch Aufgabe des neuen Instituts, sich

selbst Mittel in seinem Betriebe zu verschaffen. Das aber wird nur möglich sein, wenn es den insgesamt zu verarbeitenden Stoff nicht bloss in Forschertätigkeit behandelt, sondern gleichmässig auch tätig ist, für den unmittelbaren Dienst der Praxis und den Unterricht; denn diese Dreigliederung der Tätigkeit halte ich für notwendig. Die Grundlage bleibt die technisch-wissenschaftliche Forschung; sie kann nutzbar nur werden, wenn sie nicht beschränkt bleibt auf Laboratoriums-Arbeit, wenn sie sich vielmehr anschliesst an einen technisch durchgeführten Betrieb von einem gewissen Umfange. Um Erfahrungen zu sammeln, wird die Versorgung der betreffenden Kreise mit Honoraranalysen notwendig sein; denn durch diese wird der neuen Gedankenrichtung Material aus der Praxis herbeigeschafft. Die Ergebnisse sollen nicht bloss niedergelegt werden in wissenschaftlichen Veröffentlichungen, sie sollen dienstbar werden dem Unterricht, und so ist denn die Unterrichtsabteilung, um eine gedeihliche Tätigkeit für alle Zukunft festzustellen; durchaus erforderlich. Ich kann daher nur empfehlen, dass der Landwirtschaftsrat seiner Genugtuung über den Plan der Königl. preussischen Verwaltung Ausdruck gibt. Es ist gewiss mit Freude zu begrüßen, wenn auch an anderen Stellen des Reiches in gleicher Richtung gearbeitet wird, und ich will gewiss nicht verkennen, dass einzelne landwirtschaftliche Versuchsstationen sowohl die Mittel wie das Personal haben, an solche Fragen heranzutreten, aber ich glaube doch, dass es zweckmässig wäre, hier alle Kräfte zusammenzufassen, damit ein wirklich grosses und leistungsfähiges Institut geschaffen werden kann.

Eins aber bleibt höchst bedauerlich, das sind die finanziellen Verhältnisse im Reiche und in den Einzelstaaten. Es war die Absicht der preussischen landwirtschaftlichen Verwaltung, in den Etat von 1903 eine entsprechende Summe einzustellen. Leider hat die finanzielle Situation es unmöglich gemacht, und so begegnen wir denn in der Etatsberatung des preussischen Abgeordnetenhauses der betreffenden Position nicht. Wir müssen uns vertrösten, dass sie in dem Etat zu 1904 zum Ausdruck gebracht werden wird. Wenn aber erst zum 1. April 1904 die Baumittel flüssig gemacht werden, dann ist wohl mit Sicherheit anzunehmen, dass man mit der Fertigstellung der Anstalt, mit der Inangriffnahme der Arbeiten sich wird auf das Jahr 1906 vertrösten müssen. Mit dieser Perspektive kann der Landwirtschaftsrat sich unmöglich einverstanden erklären. Eine Abänderung des Beschlüsse des preussischen Staatsministeriums wird wohl

kaum herbeizuführen sein. Auch ist hier wohl nicht der Ort, in die Erörterung der Frage, ob das möglich sei, einzutreten; aber was hier mit aller Bestimmtheit festgestellt werden mag, ist folgendes. Die Vertreter der Landwirtschaft sowohl wie die Vertreter des Müllerei-, des Bäckereigewerbes können unmöglich ein Hinausschieben der einmal als notwendig erkannten neuen Versuchstätigkeit auf so weite Ferne zustimmen; denn wenn mit der Versuchsarbeit 1906 begonnen wird, so wird man auf Ergebnisse vielleicht am Ende des ersten Jahrzehnts dieses Jahrhunderts rechnen können. Das Gebiet selbst ist noch ein so neues, dass ich vorschlage, die Schaffung einer provisorischen Organisation zu empfehlen. Die Kräfte, welche später berufen sein sollen, das neue Institut zu leiten, müssen schon jetzt ausgebildet werden. Es genügt nicht, dass man in eine fertiggebaute Anstalt einen tüchtigen Chemiker setzt; er muss mit ausreichender praktischer Erfahrung ausgerüstet sein, und diese kann er nur gewinnen, wenn er nicht nur Beziehungen technisch-wissenschaftlicher Art zur Landwirtschaft besitzt, wenn er nicht nur ein Urteil in Fragen der Getreidelagerung erworben hat; er muss vielmehr die Technik des Müllereigewerbes, die Technik des Bäckereigewerbes vollständig, und zwar aus eigener Anschauung beherrschen. Dann kommt hinzu, dass er nicht nur in chemischen und botanischen Dingen Bescheid wissen muss, dass er die seltene Kunst des Experimentes versteht, nein es ist notwendig, dass er in die moderne, bakteriologische Versuchsrichtung eingeweiht ist, dass er auch in Gedanken und Experiment in der Lage ist, Enzymforschung zu betreiben. Ich meine deshalb nur, dass, wenn die Vertreter der Landwirtschaft dem grossen Plane überhaupt geneigt sind, sie dahin wirken sollten, dass schon jetzt die Mittel für die Schaffung einer provisorischen Organisation bereitgestellt werden. Man soll aber auch hier in kleinem Massstabe nicht anfangen, und ich meine, dass der schon jetzt zu beschaffende jährlich zur Verfügung zu haltende Betrag etwa auf 20 000 Mk. zu beziffern ist. An seiner Aufbringung sollten sich die Landwirtschaftskammern und die entsprechenden wirtschaftlichen Vertretungen der Landwirtschaft sowie die Regierungen, das Reich, wie die Einzelstaaten, beteiligen. Gleichzeitig muss verlangt werden, dass die Müllerei- und Bäckereiverbände in angemessener Weise herangezogen werden; denn, soweit ich orientiert bin, haben sich hervorragende Interessenverbände dieser Gewerbe bereits mit der Hergabe namhafter Mittel einverstanden erklärt.

Aber man kann auch noch etwas weitergreifen in der Interessierung von Gewerben, und so haben sich die dem Institut für Gärungsgewerbe vereinigten Verbände ebenfalls zu einer Subventionierung der neuen Anstalt bereit gefunden. Denn in der Tat ist das Brauereigewerbe auf die Bereitstellung keimfähigen Getreides angewiesen, ebenso das Brennereigewerbe, welches ebenfalls auf einer richtigen Malzbereitung beruht — diese beiden Gewerbe sind die richtigen Stätten der Enzymforschung, noch viel mehr aber die Industrie der Presshefegewinnung. Diese darf in dem neuen Arbeitskreise, welcher durch die Anstalt erschlossen werden soll, nicht fehlen. Und so meine ich denn, dass es nicht schwerfallen kann, die Mittel für eine provisorische Organisation zusammenzubringen. Eine Arbeitsstätte wird sich schon finden lassen, ein Chemiker und ein Bakteriologe müssen an der Spitze des Forschungsapparates stehen, ihnen müssen ausreichende Assistentenkräfte zur Seite gestellt werden. Unter diesen wird zweckmässigerweise ein Ingenieur sich befinden.

Reichliche Mittel werden auch erforderlich sein zu Studienreisen und Informationen in Mühlen und Bäckereien, um eine eingehende Kenntnis der Praxis dieser beiden Gewerbe zu ermöglichen.

Aus der eigenen Arbeit und im Zusammenarbeiten mit der bestehenden Müllereiversuchsanstalt und dem Versuchskornhause und der Schaffung fester Beziehungen zur Landwirtschaft und Bäckerei wird sich eine sichere Vorbereitung ergeben für die Aufgaben des neuen Instituts und eine auf eigenes Urteil gestützte Mitarbeit bei dem Bau und der Einrichtung der Versuchsanstalten.

Gewiss, es ist keine leichte Aufgabe, welche gestellt ist, aber sie ist für jeden Mann der Wissenschaft eine äusserst anziehende. Betrifft sie zwar uralte Fragen, so muss an die Lösung doch mit völlig neuen Mitteln herangetreten werden; aber, das wissenschaftliche Interesse weit überragend, ist das allgemein volkswirtschaftliche, denn welch schönere Aufgabe könnte es geben, als die Sorge für gesundes Brot aus heimischem Getreide!

48. Die Notwendigkeit der Errichtung einer Versuchsanstalt für Brotgetreide.

Referat des Herrn Dr. Hoffmann-Berlin, Vorsteher des Versuchskornhauses, erstattet in der Plenarversammlung der Landwirtschaftskammer für die Provinz Ostpreussen am 21. Januar 1904.

Mein Vortrag soll die Gründe auseinandersetzen, warum die Errichtung einer Versuchsanstalt für Brotgetreide als eine Notwendigkeit anzusehen ist. Man kann diese Angelegenheit von verschiedenen Gesichtspunkten aus behandeln:

1. Das allgemeinste Interesse bietet sie bezüglich der Backfähigkeit des aus irgend einem Getreide gewonnenen Mehles.
2. Fast ebenso wichtig ist die Frage der Ausbeute, d. h. der Menge Mehl bzw. Gebäck, die aus einer bestimmten Getreidemasse gewonnen wird.
3. Ferner kommt die Beschaffenheit des Gebäckes zur Geltung, welches man aus den verschiedenen Getreidesorten erzielt. Die auffallendste Tatsache ist hier, dass diejenigen Getreidesorten welche sich am besten verbacken und die grösste Ausbeute liefern, durchaus nicht immer das bevorzugteste Gebäck erzeugen. Im Zusammenhang hiermit steht die Beurteilung der gesamten Materialien, also des Getreides, des Mehles, des Gebäckes, der Hefe usw.
4. Ferner ist zu beachten die gesamte technologische Behandlung von der Ernte des Getreides bis zur Vermahlung und Brotbereitung. Wir alle wissen, dass besonders die Mühlen einen sehr bedeutenden maschinellen Betrieb haben.
5. Endlich ist in Rechnung zu stellen die hohe, allgemein wissenschaftliche Bedeutung eines derartigen Institutes, dessen Untersuchungen und Ergebnisse zweifellos geeignet sein werden, auch auf andere Gebiete der Landwirtschaft, der Technik und der Wissenschaften befruchtend zu wirken, neue Bahnen zu öffnen oder Licht zu werfen auf bisher unerklärbare Erscheinungen.

Man wird schon aus dieser kleinen Einleitung erkennen, wie ungewöhnlich umfangreich die Interessen sind, welche hier in Frage kommen.

Die eingehende Behandlung sämtlicher 5 Punkte würde mich viel zu weit führen, daher werde ich mich im wesentlichen darauf beschränken, die beiden ersten Gesichtspunkte etwas näher zu beleuchten und zu entwickeln.

Die Backfähigkeit des Getreides ist seit Anfang des vorigen Jahrhunderts Gegenstand vieler Untersuchungen geworden. Die Klagen der Bäcker und Müller sind aber erst in den letzten Jahrzehnten stärker zum Ausdruck gelangt, indem vielfach die Behauptung aufgestellt wurde, dass deutsches Getreide, wenn es für sich allein verarbeitet wird, kein gutes Backwerk zu liefern vermag, dass ausländisches Getreide notwendig beigemischt werden müsse.

Die deutschen Landwirte fühlten sich hierdurch begreiflicher Weise geschädigt und es wurden Versuche in grossem Massstabe angestellt welche prüfen sollen, inwieweit diese Behauptung den Tatsachen entspricht.

Wenn wir von den in früheren Jahren von Professor Maercker-Halle angestellten Versuchen absehen, so fordern in neuester Zeit zunächst die Bestrebungen der Landwirtschaftskammer für die Provinz Brandenburg unsere Beachtung. Auf Veranlassung derselben hat Professor Fischer in Halle seine vielbesprochenen zunftmässigen Mahl- und Backversuche angestellt. Dann folgten Professor Behrendt mit Dr. Kläiber, in Hohenheim und Professor Schneidewind mit Dr. Meyer in Halle. Das Ergebnis dieser gesamten Bemühungen war die Feststellung, dass im deutschen Reiche vielfach Getreide gewonnen wird, welches bezüglich der Backfähigkeit mit dem besten ausländischen Getreide in Wettbewerb treten kann. Die Behauptung, dass letzteres unter allen Umständen eingeführt werden müsse, weil die Backfähigkeit des deutschen Getreides nicht genüge, ist widerlegt worden. Für einen unbefangenen Beurteiler liegt dieses Ergebnis eigentlich ziemlich nahe. Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass schlechtes und gutes Getreide sowohl im Inlande, als im Auslande vorhanden sein wird. Ich werde auf diesen Gegenstand an geeigneter Stelle nochmals zurückkommen.

So wichtig nun auch nach mancher Richtung hin das Zahlenmaterial ist, welches durch die besprochenen Versuche gewonnen wurde, so liefern die letzteren doch keine wesentlich neuen Gesichtspunkte in bezug auf die Ursache der wechselnden Backfähigkeit verschiedener Getreidesorten.

Sie waren auch nicht mit Rücksicht auf dieses Ziel angestellt sondern sie sollten nur den für das betreffende Jahr geltenden Zustand der Backfähigkeit des deutschen Getreides gegenüber dem des Auslandes ermitteln.

Auch jährlich wiederholte Versuche würden den Geltungsbereich derselben nicht viel ändern. Wenn diese in ihren Einzelheiten sorgfältig registriert und wenn dann die verschiedenen Jahrgänge zu Vergleichen herangezogen werden, selbst dann steht der Wert der Versuchsanstellungen nicht über jedem Zweifel. Denn diese vergleichenden Versuche haben nur einen zuverlässigen Wert, wenn sie stets an derselben Stelle ausgeführt werden, wo alle Mittel zur Verfügung stehen, welche gestatten, in jedem Jahre möglichst gleichmässige Bedingungen einzuhalten, z. B. immer ein und dieselbe Heferasse, und diese, was sehr wichtig ist, stets in demselben physiologischen Zustande zu verwenden.

Wir sehen also, dass schon in diesem einfachsten Falle, wo es sich darum handelt, technische Tatsachen zu sammeln und zu verwerten, bereits ein Bedürfnis nach einem entsprechenden Mittelpunkt auftritt

Weit zwingender und in die Augen fallender macht sich das Bedürfnis nach einer solchen Anstalt geltend, wenn es sich um die Erforschung der Backfähigkeitsursachen handelt, eine Angelegenheit, die für Technik und Wissenschaft eine ungewöhnliche Bedeutung hat und an Wichtigkeit von irgend einer anderen Frage der Kulturwelt kaum in den Schatten gestellt werden kann.

Um ein Bild zu gewinnen von den grossen Schwierigkeiten und von den zahlreichen Fragestellungen, die in dieser Hinsicht zu bewältigen sind, soll ein Überblick erfolgen über den gegenwärtigen Stand der Frage von den Ursachen der verschiedenen und wechselnden Backfähigkeit der Getreidesorten.

Schon die Festsetzung des Begriffes der Backfähigkeit unterliegt Schwierigkeiten. Die Franzosen scheinen als Backwert (*valeur boulangère*) eines Mehles jenen Geldwert zu bezeichnen, den die Gewichtseinheit Mehl in Form von Gebäck erzielt. Hieraus ergibt sich natürlich ein verschieden grosser Backwert, je nachdem das Mehl zur Herstellung von Kommisbrot oder Weissbrot oder Kuchen verwendet wird.

Von mancher Seite ist dieser Ausdruck für bezeichnender und besser erklärt worden, als der deutsche Ausdruck Backfähigkeit, womit die Fähigkeit des Mehles bezeichnet wird, einen Teig zu bilden, der ein

gutes und gesundes Gebäck liefert. Wir halten im Gegenteil die letztere Bezeichnung für zutreffender. Für die wissenschaftliche Untersuchung des Wesens der Backfähigkeit hat die französische Bezeichnung keinen Wert. Erst wenn es sich um die Unterschiede im Gebäck selbst, um die Beschaffenheit desselben mit Rücksicht auf den Käufer handelt, also um das Aussehen, die Porigkeit, den Nährwert usw., ist mit dem Backwert zu rechnen. Heute werde ich keine Gelegenheit haben, auf diese Sache näher einzugehen, und so will ich nur bemerken, dass es sich hier ebenfalls um eine Angelegenheit handelt, die in den Rahmen der geplanten Anstalt hineinpasst, und dass ihre Bedeutung nicht unterschätzt werden darf.

Die Backfähigkeit des Mehles ist besonders von zwei Eigenschaften abhängig. Einmal muss es ein bestimmtes Wasseraufnahmevermögen besitzen; ferner muss der Teig im aufgegangenen Zustande eine gewisse Steifigkeit aufweisen, damit er im Backofen nach dem Austreten der Kohlensäure und nach dem Verdampfen des Wassers und des Alkohols nicht sogleich zusammenklappt.

Man hat die Wasseraufnahmefähigkeit in Beziehung bringen wollen zu der Backfähigkeit, indem die Behauptung aufgestellt wurde, dass diese Eigenschaft im Mehle um so mehr ausgeprägt sei, eine je grössere Wasseraufnahmefähigkeit es besitze. Bald stellte sich aber heraus, dass gut backfähige Mehle weniger Wasser aufzunehmen vermögen, als andere Mehle, welche diese Eigenschaft in einem geringeren Masse besitzen. Das Wasseraufnahmevermögen gibt also keinen Aufschluss über die Backfähigkeit. Man kann nur im allgemeinen sagen, dass Mehle mit besonders geringem Wasseraufnahmevermögen in der Regel auch eine ungenügende Backfähigkeit besitzen. Mehle von gutem Wasseraufnahmevermögen besitzen in der Regel eine ausreichende Backfähigkeit. Man hat es also nicht mit gesetzmässigen Beziehungen, sondern mit Regeln zu tun.

Die weiteren Untersuchungen, welche die Ursachen der Backfähigkeit ins Auge fassten, ergaben, dass auch in Betreff der Eiweissstoffe, bzw. des auswaschbaren Klebers beim Weizen eine ähnliche Regel besteht. Auch hier glaubte man zuerst gefunden zu haben, dass kleberreiches Mehl eine bessere Backfähigkeit besitzt, als kleberarmes Mehl. Es stellte sich heraus, dass kleberarmes Mehl eine bessere Backfähigkeit besitzen kann, als ein Mehl von einem höheren Klebergehalt. Es scheint nur

soviel gefunden zu sein, dass Mehle mit besonders geringem Klebergehalt in der Regel eine geringe Backfähigkeit besitzen; ein Getreide mit hohem Klebergehalt hat dagegen in der Regel eine gute Backfähigkeit.

Also auch in dieser Beziehung war eine Regel und keine Gesetzmässigkeit zu finden.

Weiter wurden dann Untersuchungen angestellt, welche darauf hinausgingen, die für die Backfähigkeit massgebenden Stoffe im Kleber zu finden.

Fleurant in Paris glaubte entdeckt zu haben, dass das im Mehl vorhandene Gliadin im wesentlichen dieser Stoff sei; er hält aber auch einen anderen Stoff, das Glutenin, für notwendig und meint, dass ein Verhältnis der beiden Körper von 3 zu 1 die beste Backfähigkeit liefert. Die Untersuchungen und Schlussfolgerungen Fleurants entbehren immer noch der Bestätigung.

Bei ihnen ist zu bedenken, dass ihre Grundlage der auswaschbare Kleber des Weizens ist, während Roggen, über den derartige Untersuchungen, soweit mir bekannt ist, nicht vorliegen, gar keinen auswaschbaren Kleber besitzt. Trotzdem weist der letztere nicht nur eine ebenso gute Backfähigkeit auf als der Weizen, sondern dieselbe ist auch weniger empfindlich gegen äussere Einflüsse. Im allgemeinen kann man sagen, dass seit den glänzenden Untersuchungen Ritthausens hier in Königsberg über die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Eiweissstoffe im Getreide und Mehl nur wenig wesentliche Fortschritte zu verzeichnen sind.

Auch heute ist man noch im Zweifel, welche Bewandnis es mit dem kurzen und dem langen Kleber hat.

Das bisherige gesamte Ergebnis unserer Betrachtungen führt zu der Überzeugung, dass die Ursachen der Backfähigkeit immer noch im Dunkeln liegen, und dass neue Wege eingeschlagen werden müssen, um dieses Rätsel zu lösen.

Ich glaube behaupten zu dürfen, dass wir im Institut für Gärungsgewerbe, dessen Mitglied zu sein ich die Ehre habe, bereits im Begriffe sind, solche Wege einzuschlagen, auf welchen wir die Hoffnung hegen können, uns dem Ziele wesentlich zu nähern. Aber welche Fülle von Arbeit dabei noch zu verrichten ist, werden meine weiteren Ausführungen erkennen lassen.

Wir gedenken das Problem nach drei Richtungen hin zu bearbeiten.

Der eine Weg ergibt sich aus den Beobachtungen, welche im Versuchs-Kornhause gemacht wurden, und welche darauf hindeuten, dass der Wassergehalt im Getreide die Eigenschaften des letzteren in weit höherem Masse zu beeinflussen imstande ist, als man bisher geglaubt hat und dass auch die Witterungsverhältnisse in dieser Beziehung eine sehr grosse Bedeutung haben.

Der zweite Weg ist gegeben durch die Erforschung der enzymatischen Vorgänge im Getreidekorn und im Mehl, auf welche der Vorsteher des Instituts für Gärungsgewerbe, Geheimrat Delbrück, immer wieder mit Nachdruck hingewiesen hat. Der von ihm geschaffene Ausdruck »physiologischer Zustand« des Getreidekornes, des Mehles, der Hefe usw. drückt in gewisser Beziehung die spezifische Fähigkeit des betreffenden Materiales aus für jenen Vorgang, dem es dienen soll.

Der dritte Weg wird geboten durch die Betrachtung der mechanischen Veränderungen, welchen das Getreidekorn und das Mehl infolge der stofflichen bzw. der enzymatischen Vorgänge unterliegt, und die mechanische Beschaffenheit ist wiederum abhängig von der Zusammensetzung der vorhandenen Stoffe und von der Art ihrer Verteilung.

Hier hat die Hahrröhrchen-Anziehung und die Oberflächenspannung eine wesentliche Bedeutung; ein Getreide oder ein Mehl, welches unter trockenen Bedingungen aufbewahrt wird, hat ganz andere Kräfte des Aufsaugens und Festhaltens von Wasser zur Verfügung, als ein Mehl, welche längere Zeit feucht aufbewahrt worden ist.

Diese drei Wege des Problems laufen ineinander und kreuzen sich.

Ohne Wasserwirkung sind keine enzymatischen Vorgänge denkbar, ohne Enzyme würden keine physiologischen Vorgänge im Mehl stattfinden können und ohne geeignete mechanische Struktur des Materials würde der Teig nicht das erforderliche Wasserhaltungsvermögen besitzen.

Wenn wir diese drei Seiten des Problems gebührend berücksichtigen, werden wir auch in der Lage sein, uns dem ins Auge gefassten Ziel zu nähern und zu erkennen, warum einzelne Getreidesorten verbacken werden können, andere nicht, warum der ausgewachsene Roggen keine Backfähigkeit besitzt, warum die schlechte Backfähigkeit des Mehles unter Umständen durch gewisse Zusätze, die für den Organismus in der Regel schädlich sind, in seiner Backfähigkeit etwas verbessert wird usw.

Was nun zunächst die Wasserwirkung anbetrifft, so müssen wir die vom Versuchs-Kornhause erhaltenen Ergebnisse berücksichtigen, welche auf diesem Gebiete eine wesentliche Klärung verursacht haben und als notwendige Voruntersuchungen aufzufassen sind.

Von der Aussaat bis zur Ernte, dann während der Lagerungszeit bis zur Brotbereitung wechselt der Wassergehalt des Getreides und des Mehles beständig und beeinflusst dauernd die Eigenschaften der empfindlichen Stoffe, insbesondere der vorher erwähnten Enzyme und damit den physiologischen Zustand.

Zum Brotbacken und zum Erreichen einer guten Keimung hat das Getreide Wasser in reichem Masse unbedingt nötig. Wo es aber darauf ankommt, ein Getreide zu lagern, und seine kostbaren Eigenschaften zu erhalten, da muss es möglichst fern gehalten werden. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet ist das Wasser der grösste Feind des Getreides. [1]

Der schädigende Einfluss des Wasserüberschusses auf die Keimfähigkeit ist längst bekannt und die Erfahrungen, welche ich als Vorsteher des Versuchs-Kornhauses hierüber sammelte, führte mich auf die Vermutung, dass auch die Backfähigkeit in ähnlicher Weise geschädigt würde.

In der Tat ergaben einige im Laboratorium angestellten Versuche über die Änderung des Wasseraufnahmevermögens, dass ich mich hier anscheinend auf einem richtigen Wege befinde. Als ich nämlich Mehl mit feuchter Luft in Berührung brachte, wurde beobachtet, dass die Wasseraufnahmefähigkeit desselben sich umsomehr verringerte, je länger es sich in der feuchten Atmosphäre befand. Natürlich wurde das Wasser, welches vom Mehl aus der feuchten Luft aufgenommen worden war, gebührend berücksichtigt.

Der ganze Vorgang lässt keine andere Deutung zu, als dass durch die Gegenwart der feuchten Luft die Eiweissstoffe und die Enzyme eine ungünstige Änderung in ihrer Zusammensetzung bezw. in ihrer Struktur erlitten hatten.

Die bei diesen Versuchsanstellungen erhaltenen Ergebnisse erschienen mir bemerkenswert, so dass versucht werden soll, auf diesem Wege eine Methode zur Bestimmung der Backfähigkeit auszuarbeiten. Die bisherigen im Laboratorium angewendeten Methoden geben kein gutes Bild von der Backfähigkeit eines Mehles. Sie sind als ein Not-

behelf zu betrachten; und wenn es darauf ankommt, den wahren Wert der Backfähigkeit zu bestimmen, so haben sich immer Versuche im grossen Massstabe als unumgänglich notwendig herausgestellt. Selbstverständlich lässt sich eine so schwierige Aufgabe, welche die Ausarbeitung einer Methode zur Bestimmung der Backfähigkeit zum Gegenstande hat, nur dann mit Erfolg in Angriff nehmen, wenn man in der Lage ist, sie mit Versuchen im grossem Massstabe beständig zu vergleichen.

Bei der Wasserwirkung auf Getreide und Mehl hat man es, wie stets bei organisierten Körpern, ebenfalls mit ausserordentlich verwickelten Vorgängen zu tun. Die vorher erwähnten Versuche und die Beobachtungen, welche ich aus der Praxis zu sammeln vermochte, machen den Eindruck, als ob die Backfähigkeit des Getreides durch die langandauernde Einwirkung des Wassers, auch wenn es nicht in einem besonders grossen Überschusse vorhanden ist, geschädigt wird.

Ich habe über diese Angelegenheit meine Ansichten bereits mehrfach veröffentlicht und will sie daher an dieser Stelle nicht wiederholen. Im grossen und ganzen konnte ich bemerken, dass man mit meinen Ausführungen einverstanden war, in manchen Fällen habe ich auch Widerspruch erfahren. Ich habe stets darauf hingewiesen, dass die von mir entwickelten Ansichten zunächst als Arbeitshypothesen zu betrachten sind und daher durch weitere Beobachtungen und Versuchsanstellungen gestützt werden müssen.

Bisher habe ich keinen Grund gehabt, meine Ansichten zu ändern. Im Gegenteil, die Anzeichen mehren sich, welche für ihre Richtigkeit sprechen. So hat z. B. Professor Kosutany einen Artikel über Weizen und Weizenmehle veröffentlicht und Anschauungen geäussert, die sich zum Teil vollkommen mit den meinigen decken. Gerade die Unklarheit, welche in den allerverschiedensten Fragen herrscht, ist ja eben die Ursache, warum sie gemeinsam vom wissenschaftlichen und vom praktischen Standpunkte aus in Angriff zu nehmen sind.

Die Beobachtungen der Praxis allein werden niemals einen zuverlässigen Aufschluss darüber geben können, inwieweit die Feuchtigkeit bzw. die klimatischen Verhältnisse eine Rolle spielen, weil die Bedingungen in der Praxis nicht gleichmässig, sondern im Gegenteil so mannigfaltig sind, wie die Natur selbst.

Nur bei entsprechenden, scharf umgrenzten Versuchsanstellungen,

wo sich die Bedingungen der Wasserzufuhr, der Temperatur, des Lichts usw. genau regulieren lassen, sind einwandfreie Ergebnisse zu erreichen.

In bezug auf diesen Gegenstand möchte ich noch bemerken, dass ein feuchtes Klima, bei welchem der Reifezustand des Getreides hinausgeschoben wird, keineswegs stets als ein Nachteil anzusehen ist. Im Gegenteil, die Ausbeute pro Hektar bebauten Land ist innerhalb gewisser Grenzen grösser als in trockenen Klimaten, weil die reichliche Wassergegenwart den Stoffwechsel und auch den Aufbau befördert.

Mürbe Weizen entwickeln sich vorzugsweise in feuchten Klimaten und geben eine grössere Ernteaussbeute als glasige Weizen.

Es handelt sich aber darum, dem Getreide solche Düngungsverhältnisse zu bieten und es nach der Ernte so zu behandeln, dass es neben dieser hohen Ausbeute auch die genügende Backfähigkeit aufweist. Eine übermässig hohe Backfähigkeit ist nicht nötig.

Hier ist also der Forschung ein umfangreicher Gegenstand geboten. Insbesondere wird erforderlich sein, die Unterschiede in der Ernteaussbeute und in der Backfähigkeit feuchter und trockener Jahrgänge zu beobachten. Denn es ist klar, dass eine nasse Ernte ein ganz anderes Mehl liefern wird, als eine trockene. Die dabei auftretenden Verschiedenheiten und Veränderungen aufzuklären ist eine wichtige Aufgabe. Ferner ist wichtig, Mittel zu finden, welche die mit der ungünstigen Witterung verbundenen Schädigungen rückgängig machen können.

Das wichtigste, hier in Frage kommende Mittel ist zweifellos die Wasserentziehung aus dem Getreide, um die damit zu erzielende Beschleunigung des Nachreifeprozesses herbeizuführen.

Auch auf Mehl, welches längere Zeit aufbewahrt werden soll, wirkt die Wasserentziehung günstig. Man hat bemerkt, dass alte Mehle im allgemeinen eine bessere Backfähigkeit besitzen, und das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Eiweissstoffe im Laufe der Zeit unter Wasserabgabe sogenannte Kondensationen bilden. Diese kondensierten Stoffe verleihen dem Mehle vermutlich eine grössere Wasseraufnahmefähigkeit und eine grössere Steifigkeit, als die weniger kondensierten Verbindungen. Die Gegenwart des Wassers verhindert die Kondensation und damit auch die Verbesserung der Backfähigkeit.

Ferner ist wahrscheinlich, dass der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureabgabe und dem dadurch bedingten Zustande des Materials ebenfalls eine gewisse Bedeutung beizulegen ist. Zwar wissen wir über diese Angelegenheit so gut wie nichts. Es würde aber sehr merkwürdig sein, wenn diese beiden wichtigen Stoffe keinen grossen Einfluss haben sollten; daher ist auch auf ihr Verhalten im Mehle und bei der Brotbereitung das Augenmerk zu richten.

Endlich aber sind im Korn die vorher erwähnten Enzyme vorhanden, welche bei Gegenwart des Wassers ihre zerstörende Wirkung entfalten können, indem sie die vorhererwähnten kondensierten Stoffe abbauen, zerlegen und somit die Backfähigkeit herabsetzen. Aber die Schädigung erfolgt nicht sofort, sondern sie gebraucht Zeit, denn sie steht vermutlich in einem gewissen Zusammenhange mit der Atmung, die nicht nur im Getreide, sondern auch im Mehl stattfindet. Dieser Atmungsprozess ist vermutlich ein geregelter enzymatischer Vorgang.

Jedes Getreide atmet also, d. h. unter Bildung von Wasser und Kohlensäure wird Material zerstört und zwar umso mehr, je wärmer das Getreide lagert und je mehr Feuchtigkeit es besitzt.

Wir können Getreide in Wasser werfen, wovon es in wenigen Minuten grosse Mengen aufnimmt. Unterwerfen wir es sofort einem sorgfältigen Trocknungsprozess, dann werden seine guten Eigenschaften nicht gelitten haben; lassen wir dagegen wenig Wasser lange Zeit auf das Getreide einwirken, wie es z. B. bei Feimen geschieht, die bei feuchter Witterung auf dem Felde stehen, dann verliert das Getreide durch die Atmung einen bestimmten Teil seines Gewichtes an Trockensubstanz. Dieser Verlust ist dem Besitzer des Getreides natürlich nicht angenehm. Er hat aber eine geringe Bedeutung gegenüber dem viel grösseren Verluste, der durch die Schädigung der wertvollen Eigenschaften des Getreides infolge der Wasser- und Enzymwirkung auftritt.

Diese wenigen Andeutungen bezüglich der Wasserwirkung ergeben die Notwendigkeit, sowohl Getreide als auch Mehl nicht nur vom Wasser, sondern auch von feuchter Luft fernzuhalten.

Nach diesen Ausführungen ist es leicht verständlich, warum ich in meinen Veröffentlichungen stets darauf hingewiesen habe, dass die Trocknung von Getreide im weitesten Umfange für die deutsche Landwirtschaft eine sehr segensreiche Massregel sein würde.

Ich habe nicht die Absicht, die Trocknungsangelegenheit an dieser

Stelle eingehend zu behandeln, möchte doch aber ganz kurz einige Beispiele berühren, auf die ich auch schon an anderer Stelle hingewiesen habe. Ich bin nicht in der Lage gewesen, sie zu kontrollieren. Wenn ich sie trotzdem hier erwähne, so geschieht das, weil ich erstens keinen Grund habe, sie anzuzweifeln und weil sie zweitens einen trefflichen Hinweis geben auf ganz bestimmte Versuchsanstellungen.

Die Schweden beziehen Getreide aus Finnland und glauben, dass die Finnländer besonders gute Sorten züchten. Mir wurde von einem russischen Grossgrundbesitzer mitgeteilt, dass diese Ansicht nicht zutrefte; sondern nur der Umstand, dass alles Getreide in Finnland getrocknet werde, hat es in diesen guten Ruf gebracht.

Das zweite Beispiel veranschaulicht die eigentümliche Wirkung des Getreidetrocknens recht deutlich. Ein Besitzer war beständiger Lieferant einer Mühle. In einem feuchten Jahre gab das aus seinem Getreide gewonnene Mehl eine so schlechte Backfähigkeit, dass die Lieferungen beanstandet wurden. Der Besitzer wusste sich nicht anders zu helfen als dadurch, dass er sämtliches Getreide auf einem in seiner Nähe belichen Apparat trocknen liess. Und siehe da, die Mühle machte ihm die erfreuliche Mitteilung, dass er noch niemals Getreide von so guter Backfähigkeit geliefert habe.

Das Verhalten dieses Getreides lässt die Frage entstehen, ob hier eine allgemeine Erscheinung vorliegt oder eine Ausnahme und vor allen Dingen, welches sind denn nun die durch den Trocknungsprozess erzeugten Veränderungen, welche eine so wichtige Verbesserung erzielen. Selbstverständlich wird das Getreide nur dann eine genügende Backfähigkeit erlangen können, wenn der Grad der Verderbnis nicht bereits zu weit vorgeschritten ist. Ist der letztere Zustand bereits eingetreten, dann hilft natürlich alles Trocknen nichts.

Wenn wir das Verhalten der eben erwähnten Getreideposten mit der merkwürdigen Tatsache in Zusammenhang bringen, dass der Bäcker alte Semmel wieder aufzufrischen vermag, indem er sie in den Ofen schiebt, weil sie dadurch nachträglich wieder wasseraufnahmefähig werden, so sehen wir uns ohne Zwang zu der Vermutung geführt, dass hier ein innerer Zusammenhang besteht.

Welcher Art derselbe aber ist, davon können wir uns vorläufig noch keine Vorstellung machen. Auf alle Fälle ist die Aufklärung dieses Verhaltens von grosser Bedeutung für die Praxis.

Ferner ist den Mühlen häufig aufgefallen, dass man einem feuchten und wenig Backfähigkeit besitzenden Getreide immer sehr bedeutende Mengen naturtrockenes Getreide von guter Backfähigkeit hinzusetzen muss.

Hierfür glauben wir eine plausible Erklärung geben zu können. Vorher wurde schon erwähnt, dass die vorhandene Feuchtigkeit die Backfähigkeit im Mehle langsam aber sicher herabsetzt. Und nicht genug damit: Im feuchten Getreide bilden sich durch den Einfluss des Wassers im Laufe der Zeit eine Menge von Enzymen. Wird nun ein solches Getreide mit trockenem Getreide vermischt und vermahlen, dann verteilt sich die gesamte Enzymmasse auch im guten Getreide und kann sofort ihre zerstörende Tätigkeit entfalten. Die Einwirkung ist eine viel stärkere, als wenn wir das trockene Getreide nur mit reinem Wasser versetzt hätten, weil nämlich in diesem letzteren Falle die wirksamen Enzyme sich mit Hilfe des Wassers erst bilden müssen, und dieser Vorgang geht nur langsam vonstatten.

Diese Erklärung wurde von mir in einem Aufsatze etwas näher behandelt, welcher in der Wochenschrift »Die Mühle« erschienen ist. Zwar hat der angenommene Standpunkt eine nicht geringe Wahrscheinlichkeit für sich; ob er aber wirklich im grossen Umfange zutreffend ist, wie weit er sich mit den tatsächlichen Verhältnissen deckt, das kann eben nur die eingehende Forschung an einer geeigneten Anstalt lehren.

Das letztere Beispiel ist besonders geeignet, die Wichtigkeit des zweiten Problems erkennen zu lassen, welches den Einfluss der Enzyme betrifft.

Ein Enzym hat man in reinem Zustande überhaupt noch nicht gesehen.

Die Erklärung desjenigen, was man unter Enzym versteht, bereitet noch Schwierigkeiten. Vorläufig kann man nur sagen: Enzyme sind zusammengesetzte Körper eiweissartiger Natur, welche imstande sind, bestimmte Vorgänge, zu welchen nicht nur Neigung vorhanden ist, sondern welche bereits an und für sich bestehen, zu beschleunigen.

Häufig ist ein Prozess nicht nachweisbar, weil er durch weitere nachfolgende Umsetzungen verdeckt wird. Als Beispiel mag die Alkoholbildung gelten, welche in pflanzlichen Organismen stets aufzutreten scheint.

Unter gewöhnlichen Umständen wird aber so wenig erzeugt, dass der hinzutretende Luftsauerstoff ihn sofort zu zerstören vermag. Infolgedessen bemerkt man ihn gewöhnlich nicht, sondern nur seine Zerstörungsprodukte, Kohlensäure und Wasser. Ist aber das entsprechende Enzym vorhanden, dann wird die Entwicklung des Alkohols so lebhaft, dass er nicht schnell genug von dem vorhandenen Sauerstoff zerstört werden kann und zur Ansammlung gelangt; es tritt die bekannte alkoholische Gärung auf.

Die enzymatischen Vorgänge sind einerseits die Träger der physiologischen Erscheinungen, andererseits bilden sie eine Unterabteilung der sogenannten Katalyse, welche auch das ganze anorganische Gebiet umfasst. Die katalytischen Vorgänge wiederum sind physikalisch-chemische Erscheinungen, und damit werden die physiologischen Vorgänge auf eine der einwandfreien Forschung zugängliche rationelle Grundlage gestellt.

Dieser Umstand ist ausserordentlich wichtig, weil dadurch das unfassbare und der Untersuchung nicht zugängliche sogenannte Lebensprinzip vorläufig ausgeschaltet wird.

Über die enzymatischen Vorgänge im einzelnen und deren Begleiterscheinungen im Getreidekorn, im Mehl und bei der Brotbereitung kann ich mich hier kurz fassen, weil Herr Geheimrat Delbrück im Landwirtschaftsrat in einem Vortrage, der denselben Gegenstand behandelt wie mein heutiger Vortrag, sehr eingehend darüber gesprochen hat.

An einer Stelle ist folgendes ausgeführt: [2]

»Das Mehl besitzt eine gewisse Veränderlichkeit in sich. Es besitzt Kräfte, seinen Bestand an Stoffen zu ändern, welche nicht aus dem Gärmittel der Hefe oder dem Sauerteig herrühren, sondern welche in ihm selber stecken. Entscheidend dafür, was aus einem Mehle beim Backen wird, ist nicht der botanische Aufbau oder der chemische Bestand, sondern die Tendenz der Kräfte, welche die Veränderungen im Mehl beim Backen hervorrufen. Einen so verschiedenen Kräftezustand im Mehl bezeichne ich als seinen physiologischen Zustand. Von einem solchen physiologischen Zustand kann man sprechen bei jeder Frucht, bei jeder Pflanze, bei jedem lebendigen Wesen. Ich habe diesen Gedanken speziell verfolgt bei der Hefe, bei der Gerste, dem Hopfen und der Kartoffel. Um die wissenschaftliche Auffassung, die hier zugrunde liegt,

mit einem volkstümlichen Stichwort zu bezeichnen, habe ich gesprochen von hitziger Gerste, von hitziger Hefe, ebenso von hitzigem Hopfen oder Kartoffeln. Bei der Kartoffel bedeutet sie die leichte Veränderlichkeit im Lager. Sie ist die Ursache des Verderbens. Die Hitzigkeit zu beurteilen oder zu regeln, ist wichtiger, als die Kartoffel etwa zu schützen vor dem Eindringen von Bazillen. Der hitzige Hopfen hält sein Aroma nicht; es schlägt um. Ruhiger Hopfen — denn das ist der Gegensatz — lässt sich lange unverändert aufbewahren. Hitzige Hefe wird auf dem Transport weich und verdirbt, nicht weil sich schädliche Bazillen neben dem reinen Hefeorganismus entwickeln und sie zur Fäulnis bringen; nein, die Hefe trägt die zerstörenden Kräfte in sich selbst. Hitzige Gerste ist den Sachverständigen der Gärungsgewerbe am geläufigsten. Man hat davon gesprochen, solange es Mälzerei gibt, und schon vor 150 Jahren wiesen die Brauer die mit Schafmist gedüngte Gerste zurück, weil sie sich auf der Malztenne schlecht bearbeiten lässt, nämlich hitzig zeigt, d. h. stark zur Erwärmung neigt. Hitzigkeit heisst also Veränderlichkeit, Veränderlichkeit schliesslich in dem Sinne, dass eine Zerstörung des organisierten Lebens eintritt, dass eine Selbstauflösung zustande kommt. Und welches sind die Ursachen solch merkwürdiger Zustände, welche zu erkennen um so wichtiger ist, weil man auf falschen Pfaden, vielfach Ursache mit Wirkung verwechselnd, die Verderblichkeit auf das Eindringen von Bazillen zurückführte, während umgekehrt die Selbstauflösung das Bett war, in dem sich die nachträglich sich entwickelnden Bazillen breit machen konnten. Doch genug der Einleitung: die Ursache dieser Veränderlichkeit liegt in den lebendigen Wesen, welche gebunden sind an eigenartige Stoffe, die man als Enzyme bezeichnet. Enzyme sind überall in den lebendigen Wesen tätig, wo es sich um Betätigung des Lebens handelt.«

Es gibt zahllose Kraftwirkungen verschiedenster Art, welche von ebenso zahllosen Enzymen ausgeübt werden. Man kann diese aber in verschiedene Gruppen zerlegen:

1. Eine Reihe von Enzymen zerlegt die Kohlehydrate, z. B. Zellulose, Stärke, Rohrzucker und andere; solche Enzyme sind die Zytase, die Diastase, die Invertase usw.
2. Die sogenannten proteolytischen Enzyme bauen Eiweiss ab, wie z. B. die Enzyme des Magensaftes, die Peptase des Malzes oder des Endotrypsin in der Hefe.

3. Eine weitere Reihe von Enzymen spaltet Fett in Fettsäuren und Glycerin.
4. Noch andere Enzyme bewirken Oxydationserscheinungen, aus welchem Grunde sie Oxydasen genannt werden.
5. Ferner hat für uns eine ausserordentliche Bedeutung die Zymase der Hefe, welche die Gärung des Teiges veranlasst, indem sie Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt.

Wie wichtig dieser zuletzt genannte Vorgang ist, lässt eine andere Stelle aus dem Vortrage des Herrn Geheimrat Delbrück erkennen, welche zugleich als Erläuterung einiger von mir bereits angestellten Erörterungen dienen kann. [3]

»Von einer guten Bäckerhefe verlangt man, dass sie auf dem Transport haltbar ist, dass sie eine hohe Gärkraft besitze und endlich, dass sie einen lang anhaltenden Trieb, einen zweiten oder dritten Trieb im Backverfahren gibt. Die tiefere Ursache des verschiedenen Verhaltens der Hefen ist nun von uns gefunden worden. Die Hefen unterscheiden sich voneinander nicht bloss in der Gärkraft, welche sie entwickeln, sondern vor allen Dingen auch durch die peptischen Kräfte, welche sie besitzen. Es scheinen sogar Zymase, das Gärenzym und Peptase, das Eiweissenzym, in einem gewissen Gegensatz zueinander zu stehen. Peptische Hefen lösen sich leicht in sich selbst auf, indem zunächst Zymase und alsdann das Plasma durch die Peptase zerstört wird. Hefen, welche geringe Mengen Peptase enthalten, oder wenig Peptase zu erzeugen vermögen, besitzen eine hohe Gärkraft und behalten vor allen Dingen diese Gärkraft auch unter ungünstigen Verhältnissen. Wenn eine Hefe beim Backen den zweiten Trieb nicht gibt, so ist das ein Beweis, dass die peptischen Kräfte das Übergewicht über die zymatischen erlangt haben. Das ist der Grund, weshalb Bierhefe für das Backen durchaus nicht verwendbar ist; denn gerade die Bierhefe zeichnet sich durch eine sehr schnell eintretende und bei verhältnismässig niedrigen Temperaturen eintretende Selbstauflösung aus. Ich will den Gedanken nicht weiter ausspinnen, aber es ist wohl klar, dass alle Backversuche, welche bisher angestellt sind, an einem grossen Fehler leiden, nämlich an dem, dass nicht eine einheitliche Bäckerheferasse zu den Versuchen verwendet worden ist. Den Gärungstechniker berührt es einfach komisch, wenn man von ernsthaften Backversuchen hört, welche bestimmt sind, verschiedene Mehle auf

ihre Backfähigkeit und an verschiedenen Stellen zu untersuchen, un wenn dann die fundamentale Bedingung der Vergleichbarkeit der Backversuche aufgehoben ist dadurch, dass man nicht dafür sorgte, auch die Verbackung mit der gleichen Hefe stattfinden zu lassen. Richtige Backversuche können nur angestellt werden, wenn immer die gleiche Heferasse in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht, und wenn auch diese Heferasse vorhanden ist in einem bestimmten für den Backerfolg mit entscheidenden physiologischen Zustand.«

In neuerer Zeit sind Beobachtungen gemacht worden, welche darauf schliessen lassen, dass Enzyme nicht nur die oben genannten Zeregungen veranlassen, sondern, dass aus den letzteren auch wieder die zusammengesetzte Substanz aufgebaut werden kann. Während die Diastase Stärke unter Aufnahme von Wasser in Zucker umwandelt, kann auch der entgegengesetzte Prozess stattfinden.

Derartige Vorgänge nennt man umkehrbar, und die Richtung eines solchen hängt ab von den Temperaturen und Mengenverhältnissen, die in Frage kommen.

Ebenso ist aber gewiss, dass andere enzymatische Vorgänge, wozu vielleicht auch die Wirkung der Zymase bei der alkoholischen Gärung gehört, nicht umkehrbar sind, und die Erforschung der Bedingungen für den einen und für den anderen Fall bildet ein ebenso umfangreiches als dankbares Arbeitsgebiet. Von praktischer Wichtigkeit ist diese Angelegenheit, um nur ein Beispiel anzuführen, insofern als umkehrbare Vorgänge die Möglichkeit in sich schliessen, übel behandeltes Getreide und Mehl zu verbessern, während nicht umkehrbare Vorgänge eine derartige Möglichkeit ausschliessen und nur zulassen, dass eine Verschlechterung vermieden wird.

Ein anderes Gebiet der enzymatischen Forschung bietet das Pflanzenwachstum. Hier findet eine beständige Atmung statt und damit eine Stoffzerstörung; daneben läuft aber auch ein beständiger Aufbau von Pflanzenmaterial, dessen sichtbarer Ausdruck das Wachstum der Pflanze ist. Beide Erscheinungen haben ihre Ursache in jener besonderen Klasse von physikalisch-chemischen Vorgängen, als welche die enzymatischen Prozesse anzusehen sind.

Aus der Luft wird Kohlensäure entnommen; die Pflanze spaltet letztere in Kohlenstoff und Sauerstoff und der erstere Körper wird unter Bildung von Wasser in Kohlehydrate umgewandelt und wandert

in den Pflanzen von den Stellen höherer Konzentration zu jenen mit niedriger Konzentration. Auf den Wegen oder an einzelnen Stellen finden Ausscheidungen des Materials statt, über deren Gründe wir noch im unklaren sind. Und doch haben diese für uns eine grosse Wichtigkeit, weil sie einen wesentlichen Beitrag liefern werden zu der Erkenntnis, warum die verschiedenen Getreidesorten eine so mannigfache Ausbildung einzelner Eigenschaften besitzen, warum z. B. die Backfähigkeit in dem einen Getreide bedeutend, im anderen verschwindend ist.

Man kann mit Sicherheit annehmen, dass bei allen besprochenen Vorgängen den Enzymen eine bedeutsame Rolle zugewiesen ist.

Diese Bemerkungen über die enzymatischen Vorgänge dürften genügen und wir wenden uns noch kurz einem anderen Gegenstande zu.

Die Beschaffenheit des Getreides bzw. des daraus gewonnenen Mehles, einerseits, die Düngungs- und Bodenverhältnisse andererseits, ferner die Sortenauswahl und endlich auch die Ernteausschüttung stehen zueinander in Wechselbeziehungen, auch wenn wir gleichbleibende klimatische Bedingungen annehmen. Herr Professor Gisevius hier in Königsberg weist auf Schindlers Untersuchungen hin, welche ergeben, dass die Abänderung der Bodenbearbeitung das Korn in seiner Eigenschaft zu ändern vermag. Intensivere Bodenbearbeitung macht das Korn grösser und kleberärmer, also mehlig. In Millwaukee, N.-A., z. B. sind früher nachweislich harte Weizen gehandelt und geliefert worden. Seit Einführung der intensiven Bodenkultur wird mehligere Weizen geliefert.

Man hat in den landwirtschaftlichen Betrieben schon mehrfach die Beobachtung gemacht, dass durch eine bestimmte Behandlungsweise des Bodens die Ernteausschüttung sich auf Kosten der Qualität vergrössert. Bezüglich der Backfähigkeit des Weizens scheinen ähnliche Verhältnisse vorzuliegen. Der harte Weizen soll durchschnittlich eine bessere Backfähigkeit aufweisen als der mürbe, der letztere soll aber andererseits in den meisten Fällen einen höheren Ernteertrag geben. Entsprechen diese Mitteilungen den tatsächlichen Verhältnissen, dann liegt die Aufgabe vor, Bedingungen festzulegen, welche bei einer genügenden Backfähigkeit ein Maximum der Ausschüttung zu erzielen gestatten. Wir kommen somit auf eine Aufgabe zurück, die unter dem Gesichtspunkte der Wasserfrage bereits früher erwähnt wurde.

Es gibt offenbar Bedingungen der Bodenbeschaffenheit, der Düngung,

der Sortenauswahl usw., unter welchen das Getreide weniger wasserempfindlich ist.

Man wird leicht einsehen, dass diese Angelegenheit für die Landwirtschaft von der grössten Wichtigkeit ist, aber auch sachgemässe, mit ausreichenden Mitteln anzustellende Versuche erfordert.

Hiermit will ich die Betrachtung von Einzelheiten schliessen. Die Einleitung ergibt noch eine Menge Material, welches in demselben Sinne wie bisher besprochen werden könnte. Die stattgehabten Erörterungen liefern aber schon ein deutliches Bild von dem Umfange des zu behandelnden Stoffes.

Niemand wird wohl die Notwendigkeit bestreiten, dass die von mir angegebenen einzelnen Fragestellungen der dringenden Erledigung bedürfen, und wie es in der Praxis gewöhnlich der Fall ist, es werden weitere Wünsche und Forderungen auftauchen, die sich in dem Masse vermehren, als die Aufklärung auf dem betreffenden Gebiete fortschreitet.

Eine andere Frage ist aber, ob es notwendig ist, dieses Forschungsgebiet mitsamt den erforderlichen praktischen Arbeiten zu einer einzigen Anstalt zusammenzufassen.

Hierzu sei zunächst bemerkt, dass selbst die wertvollsten Arbeiten nicht die verdiente Beachtung finden können, wenn sie nicht auf einem umfassenden Gebiete nutzbringend zur Verwertung gelangen.

Es gibt viele Fragen, welche gut und gedeillich an Sonderanstalten mit engbegrenzten Arbeitsgebieten und auch mit beschränkten Hilfsmitteln zu erledigen sind.

So ist z. B. die Einwirkung des Wassers auf die Eigenschaften des Getreides, sofern es sich um die Keimfähigkeit handelt, durch das Versuchs-Kornhaus in der jetzigen Gestalt und unter den vorhandenen Bedingungen durchzuführen, wenn auch die Einzelheiten noch viele Jahre praktische Beobachtungen und wissenschaftliche Arbeiten verlangen.

Das Mälzereigewerbe wird von diesen Arbeiten einen erheblichen Vorteil ziehen und ganz besonders aus dem Grunde, weil das Kornhaus in Verbindung mit der Versuchs- und Lehrbrauerei gebracht worden ist. Wollte man an das Versuchs-Kornhaus dieselbe Forderung bezüglich der Backfähigkeit des Getreides stellen, würde sie nicht erfüllt werden können.

Ein Beispiel wird hierüber den besten Aufschluss geben. Wir haben verschiedene Getreideposten im Versuchs-Kornhause getrocknet, welche an Mühlen weiter geliefert wurden. Einige der letzteren wurden zufriedengestellt, andere nicht, und wir sind vorläufig im Zweifel, was hieran Schuld ist. Wahrscheinlich wird in einzelnen Fällen die Backfähigkeit des eingelieferten Getreides bereits soweit geschädigt sein, dass auch die Trocknung keine wesentliche Verbesserung erzielen konnte. Im Zusammenhange mit Mühle und Bäckerei würden wir einzelne getrocknete Getreideposten sogleich vermahlen und verbacken lassen und in kurzer Zeit in die Lage kommen, wenigstens im grossen und ganzen zu beurteilen, wie Roggen und wie Weizen getrocknet werden muss und ob das Material überhaupt noch für Backzwecke verwendbar ist.

Dieses Beispiel deutet ganz besonders darauf hin, in welcher eigentümlichen und undankbaren Lage sich das Versuchs-Kornhaus gegenüber den hier in Betracht kommenden Erwerbsgruppen befindet, welche Nutzen von ihm ziehen sollen.

Es sind wichtige Beobachtungen gemacht worden, deren Bedeutung aber erst bei ihrer Anwendung auf die Produkte des Getreides zutage treten. Hieraus ergibt sich deutlich das Erfordernis, eine Müllerei und Bäckerei mit dem Versuchs-Kornhause in Verbindung zu bringen.

Mit entsprechenden Schwierigkeiten hat die Versuchsanstalt des Verbandes deutscher Müller zu kämpfen. Ihre Tätigkeit ist zum grössten Teil rein analytischer Natur und als solche vermag sie für die betreffenden Gewerbe und für zollamtliche Untersuchungen vortreffliche Dienste zu leisten. Die zahlreichen Anfragen können aber nur zu einem Teile ihre exakte Erledigung finden, weil sie vielfach unbekannte und der Aufklärung bedürftige Gebiete betreffen.

Wollte man nun mit dieser Versuchsanstalt eine Mühle und eine Bäckerei in Verbindung bringen ohne Zusammenhang mit dem Versuchs-Kornhause, dann würden die notwendigen Unterlagen fehlen über den Einfluss der Lagerungsbedingungen auf Getreide und Mehl, deren Einfluss bei der Verarbeitung dieser Stoffe in Erscheinung treten. Die Erweiterung der geplanten Anstalt müsste hiernach in dem Umfange erfolgen, dass ein Zusammenschluss mit dem Versuchs-Kornhause stattfindet.

Man hat auch in Anregung gebracht, dass die grösseren landwirt-

schaftlichen Versuchsstationen die ganze Angelegenheit in die Hand nehmen und ihrerseits Mahl- und Backversuche ausführen sollten.

Es wurde schon darauf hingewiesen, welche Bedenken die Versuchsanstellung an verschiedenen Orten bzw. unter verschiedenen Bedingungen verursachen.

Aber auch dann, wenn solche Versuchsstationen eine eigene Mühle und Bäckerei erhalten, so wäre damit den Anforderungen von seiten der Praxis und der Wissenschaft noch nicht Genüge getan. Denn es fehlt diesen Anstalten einerseits das Beobachtungsmaterial eines geeigneten Kornhauses und andererseits die Heferversuchsanstalt. Denn auch die letztere Einrichtung ist von grosser Bedeutung, wegen der grossen Hefemengen, die für den Bäckereibetrieb notwendig sind und deren Eigenschaften für den vorliegenden Zweck ein grosses Forschungsgebiet für sich bilden. Wir kommen also zu dem Schluss, dass die Errichtung einer Versuchsanstalt für Brotgetreide eine Notwendigkeit ist und dass sie in ihrer Gesamtheit ein umfassendes und mit reichen Mitteln ausgestattetes Institut sein muss.

Ferner ist der unmittelbare Anschluss an eine landwirtschaftliche Hochschule erforderlich, weil die wissenschaftlichen Beamten der Versuchsanstalt dadurch am besten Gelegenheit finden, sich die Fortschritte auf den entsprechenden Nachbargebieten zunutze zu machen.

Endlich ist erforderlich ein möglichst enger Anschluss an die Praxis, also an die Landwirtschaft und an das Mühlen- und Bäckereigewerbe. Denn infolge der Bedürfnisse der Erwerbs- und Verbrauchsstände liegt hier gerade der Lebensnerv für die gedeihliche weitere Entwicklung der Anstalt.

Nachträge.

1. Ein Teil der Auseinandersetzungen dieses Vortrages findet sich bereits an anderen Stellen dieser Sammlung entwickelt. Eine Kürzung erschien aber nicht zweckmässig, weil die Gesichtspunkte doch immer wieder andere sind und weil bei der Unterhaltung mit Fachleuten gefunden wurde, dass die hier vertretenen Anschauungen nur bei wiederholter und eindringlicher Behandlung erspriesslich sind.

2. Man vergleiche den vorhergehenden Aufsatz Seite 515, 516.

3. Man vergleiche den vorhergehenden Aufsatz Seite 527.

49. Der Getreidehandel nach Trockensubstanz.

In den folgenden Erörterungen soll eine Reihe von Übelständen beim Getreidehandel besprochen werden, unter welchen die gesamte Bevölkerung, am meisten aber die Landwirtschaft leidet. Die Beseitigung derselben, deren Möglichkeit hier ebenfalls untersucht werden soll, erfordert jedoch unten zu besprechende Massnahmen, welche zwar für die Bevölkerung insgesamt unmittelbar in die Augen fallende Vorteile liefern, für die Landwirtschaft aber scheinbar wenig günstig sind.

Denn der Handel nach Trockensubstanz, den wir hier befürworten, würde ein geringeres Erntegewicht für den einzelnen Besitzer ergeben und bei diesem wird dann die Befürchtung auftreten, dass er einen geringeren Erlös erzielt, als wenn er die Ware ohne Rücksicht auf ihren Wassergehalt verkauft.

Es mag jedoch von vornherein hervorgehoben werden, dass der vorgeschlagene Handelsgebrauch verschiedene Übelstände beseitigen würde, die gegenwärtig für den Landwirt mit Geldverlusten verbunden sind und die, abgesehen von der Wertverminderung der wasserreichen Ware, bei längerer Lagerdauer z. B. darin bestehen, dass der Käufer das gekaufte Getreide bei der Anlieferung beanstandet und dann, wenn alle hierdurch entstandenen Schwierigkeiten gehoben sind, es schliesslich für einen niedrigeren Preis erhält, als die trockene und ein geringeres Gewicht aufweisende Ware erzielt hätte.

2. Über die Schädigung der massgebenden Eigenschaften des Getreides, also der Keimfähigkeit und noch mehr der Backfähigkeit durch einen Überschuss an Wasser, hat Verfasser in verschiedenen Aufsätzen eingehende Betrachtungen angestellt, von welchen in aller Kürze das folgende wiedergegeben werden soll:

Feuchte Klimate erzeugen ein feuchtes Getreide. Der hohe Wassergehalt erleichtert den Stoffwechsel und damit nicht nur die mit Stoffzerstörung verbundene Atmung, sondern auch den Aufbau der Trockensubstanz. Daher werden diese Ernten innerhalb gewisser Grenzen pro Hektar bebautes Land eine grössere Menge an Trockensubstanz aufweisen, als trockene Ernten unter sonst gleichen Bedingungen hervorzubringen vermögen. Die Quantität der Ernte wird allerdings in vielen Fällen nur auf Kosten der Qualität zunehmen. Treten in durch-

schnittlich feuchten Klimaten besonders nasse Jahre auf, dann wird die Atmung des Kornes auf dem Halm und während der späteren Lagerung derartig verstärkt, dass nicht nur eine Schädigung des Materials auftritt, sondern dass auch gegenüber trockeneren Jahren die Ausbeute an Trockensubstanz eine Verminderung erfährt. Trotzdem kann das gesamte Erntegewicht eines Besitzers in diesem Falle grösser sein als in trockenen Jahren, eben wegen des anwesenden grossen Wassergewichtes.

Wird nun der Marktpreis durch den Wassergehalt nicht besonders beeinflusst, oder nach Gewicht und Wirkung unterschätzt, dann hat der Landwirt auch keine unmittelbare Schädigung gegenüber den trockenen Jahren zu verzeichnen, sondern er kann im Gegenteil einen besseren Gelderlös erzielen. Hierbei ist aber angenommen, dass das Getreide sehr bald nach der Ernte gedroschen und verkauft wird. Ist der Besitzer hierzu nicht in der Lage, dann erleidet er mit jedem Tage Verluste an Trockensubstanz, besonders bei jenen Getreidemassen, welche auf dem Felde dem Witterungswechsel längere Zeit ausgesetzt sind. Die feuchten Teile des Getreides können durch den Atmungsprozess an jeder Tonne und an jedem einzigen Tage 1 kg Trockensubstanz verlieren, was pro Monat 3 pCt. Substanzverlust bedeutet.

Dieser Verlust an Material ist im Laufe einer längeren Zeit bedeutend, aber doch nicht so wichtig wie die Verschlechterung der Eigenschaften des Kornes durch den Wasserüberschuss, indem sowohl die Backfähigkeit als auch der Nachwuchs des Getreides d. h. die neue Ernte minderwertig wird, auch in solchen Fällen, wo noch kein Schimmelgeruch zu bemerken ist.

3. Der Landwirt und der Kaufmann erblicken beim Verkauf des Getreides ihr Ziel naturgemäss darin, einen möglichst hohen Preis zu erlangen. Sie freuen sich, wenn feuchtes Getreide verhältnismässig gut bezahlt wird und damit ist für sie die Angelegenheit abgetan.

Vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus beginnen aber erst die Schwierigkeiten, die ihre Schatten auf die Landwirtschaft und damit auch auf den einzelnen Landwirt werfen.

Wir haben im Versuchs-Kornhause im letzten Winter (Ende 1903) die Erfahrung gemacht, dass Roggen mit 19 pCt. Wasser, also ein Material, welches unter allen Umständen dem baldigen Verderben entgegengelt, wenn es nicht verbraucht wird, von der Sachverständigen-

kommission der Börse nur mit 1,50 Mk. unter Börsennotiz für derzeitig bestes inländisches Getreide bewertet worden ist.¹⁾

Unter solchen Umständen ist es ganz natürlich, dass jeder Landwirt sich sträuben wird, sein Getreide trocknen zu lassen, weil er im letzteren Falle den Wasserverlust nicht in entsprechendem Maasse, d. h. nicht als nahezu vollwertiges Getreide, bezahlt erhält. Oft genug ist feuchtes und muffig riechendes Getreide von Kaufleuten und Landwirten in das Kornhaus eingeliefert worden mit dem ausdrücklichen Auftrage, es marktfähig zu machen, aber kein Wasser fortzutrocknen! Mitunter musste direkt darauf hingewiesen werden, dass wir nicht in der Lage wären, Zauberkünste auszuführen. Das Verlangen, die Ware haltbar zu machen, wurde niemals ausgesprochen. Was mit dem betreffenden Getreide geschieht, wenn es dann verkauft ist, ob es seine Keimfähigkeit und Backfähigkeit immer mehr einbüsst und ob es schimmelig wird, darüber braucht sich der Vorbesitzer des Getreides keine Sorge zu machen, sie ist auf den Käufer übergegangen, welcher sich mit dem empfangenen Material nach besten Kräften abfinden muss. Dieser wird selbstverständlich Vergleiche ziehen bezüglich der Ausbeute und Güte des Materials zwischen einem derartigen Posten und einem trockenen Getreide, wie es besonders aus Süd-Russland hierher gelangt. Er wird finden, dass trockenes Getreide nicht nur eine grössere Ausbeute, sondern auch in vielen Fällen ein besseres Mehl liefert, und so wird man sich auch nicht wundern, wenn er z. B. dem russischen Getreide, unter der Voraussetzung, dass es sich um saubere Ware handelt, den Vorzug zu geben geneigt ist, selbst wenn er dafür 6 Mk. und mehr über den Marktpreis des inländischen Getreides geben müsste. Der Müller wendet diesen höheren Preis bei trockenem Getreide gern an, sobald er überzeugt ist, dass er einen grösseren Gewinn erzielt, als bei einem niedrigen Preise für feuchtes Getreide.

1) Wir bemerken hierbei, dass die angegebene Bewertung sich auf den Durchschnitt bezieht. Einzelne Teile dieses Getreidepostens (es handelte sich um 12 000 Ztr.) wurden erheblich geringer, andere aber sogar zum vollen Marktpreise bewertet, je nach dem Zustande des Materials. Grössere Teile wurden zunächst überhaupt zurückgewiesen, d. h. nicht für marktfähig betrachtet. Diese wurden so lange bearbeitet, bis sie zur Annahme gelangten, wobei sie ebenfalls bald zu einem Minderpreise, bald zum vollen Marktpreise eingeschätzt wurden.

Der Wassergehalt aller in Frage kommenden Posten war gleich, er veränderte sich durch die Bearbeitung nur unbedeutend.

In solchen Ländern, die trockenes Getreide nach Deutschland liefern, gibt es ebenfalls feuchtes Material, aber es liegt im Interesse der Lieferanten, nur die trockenste Ware zu versenden, weil sie im anderen Falle verdirbt. Der Umstand, dass fast ausnahmslos trockenes Getreide eingeführt wird, ist also nicht ein Beweis für das gänzliche Fehlen von feuchtem Getreide in jenen Ländern. Nicht das feuchte Getreide, welches dort zurückbleibt, sondern das zur Versendung gelangende trockene Getreide (naturtrocken oder künstlich getrocknet), welches bei der Verarbeitung eine besonders hohe Ausbeute liefert, schafft hierzulande bedenkliche Konkurrenzverhältnisse und verursacht Meinungen von einer angeblichen Minderwertigkeit des deutschen Getreides. Dieser ungerechtfertigten Zurücksetzung könnte man am besten entgegenzutreten, wenn das deutsche Getreide in umfangreichem Masse getrocknet würde. Die dem deutschen Getreide fehlende Sommerhitze müsste ihm im frisch geernteten Zustande künstlich zugeführt werden, damit jene Eigenschaften sich einfinden, wegen welcher die ausländischen Getreidesorten bevorzugt werden.

Die geforderte Massregel lässt sich jedoch nicht in Einklang bringen mit den bisherigen Geschäftsgewohnheiten, gemäss welchen die Bewertung des Getreides ohne eine zuverlässige Berücksichtigung des Wassergehaltes stattfindet. Diese erfolgt nur schätzungsweise, worauf wir weiter unten zurückkommen werden.

Um der Landwirtschaft und dem Konsumenten gleichzeitig zu helfen, ist es notwendig, den nach einer zuverlässigen Methode festgestellten Wassergehalt zu berücksichtigen oder, besser ausgedrückt, den Handel nach Trockensubstanz einzuführen, weil erst in diesem Falle die Getreidetrocknung allgemein zur Durchführung gelangen wird.

4. Die Vorteile, welche sich aus einer derartigen Massregel ergeben, lassen sich aus den vorstehenden Erörterungen zum Teil unmittelbar erkennen. Es sei noch folgendes kurz hervorgehoben: Die Eigenschaften mancher Stoffe, Wasser anzuziehen, geben vielfach Veranlassung zur Übervorteilung der Käufer. Es ist vorgekommen, dass eine oder die andere Malzfabrik bei Versendungen mit dem Schiffe nicht das bestellte Gewicht verfrachtet hat, sondern einige Prozent weniger, weil mit der Erfahrung gerechnet wurde, dass auf einem Wege von bestimmter Länge auch eine bestimmte Menge Wasser angezogen wird. Der Empfänger erhielt schliesslich das richtige Gewicht oder gar noch

mehr. Auch die richtige, nach Muster gekaufte Ware hatte er erhalten und dennoch konnte ihn eine erhebliche Schädigung treffen, wenn er nicht bei der Ankunft des Malzes den Wassergehalt feststellte. Nehmen wir einmal an, es seien statt der bestellten 100 t Malz nur 97 t verschifft worden, welche unterwegs 3 pCt. Wasser anziehen. Unter der Voraussetzung, dass im Malz nur 5 pCt. Wasser vorhanden sind, war der Kaufpreis zu 250 Mk. pro Tonne festgesetzt worden. Das ankommende Malz hatte aber 8 pCt. Wasser, ein Unterschied, der durch äussere Merkmale nicht einschätzbar ist.

Pro 1 t Malz sollten vorhanden sein	950 kg	Trockensubstanz
Es sind vorhanden	920 »	»
Demnach fehlen pro 1 t	30 kg	Trockensubstanz

Der Brauer, welcher ein Bier von bestimmten Extraktgehalt erzielen will, muss diesen Ausfall durch einen Mehrverbrauch an Malz decken.

Da in 100 kg Malz 92 kg Trockensubstanz vorhanden sind, so entsprechen diese 30 kg Trockensubstanz gleich 32,6 kg des gelieferten Malzes, welche 8,15 M kosten. So viel muss der Brauer für jede Tonne Malz mehr aufwenden, um sein normales Bier zu erhalten. Bei den gekauften 100 Tonnen erleidet er also einen Schaden von 815 M.

Diese gelegentlichen Auswüchse beim Malzhandel sind die Ursache, warum in Brauereikreisen das Malz vielfach nach Wassergehalt gehandelt wird, und es machen sich bereits Bestrebungen geltend, diesen Handelsgebrauch auch auf Rohfrucht auszudehnen.

Ferner ist zu beachten, dass bei der Bearbeitung und beim Transport das Wasser als nutzloser Ballast anzusehen ist, der eine nicht unbedeutende Verteuerung mit sich bringt. Eine Tonne Getreide von 1000 kg Gewicht hat in trockner Frucht (naturtrocken) 880 kg Trockensubstanz, also 120 kg mechanisch gebundenes Wasser. Im feuchten Getreide sind 800 kg und noch weniger Trockensubstanz und 200 kg und noch mehr mechanisch gebundenes Wasser vorhanden. Falls bei einem Getreide 10 pCt. Wasser fortgetrocknet werden, verringern sich naturgemäss die Kosten für die Fracht, für die Ladung und für die Bearbeitung ebenfalls um 10 pCt.

Fassen wir die bisherigen Betrachtungen zusammen, so ergibt die Getreidetrocknung und der Handel nach Trockensubstanz folgende Vorteile:

- a) das Material wird durchschnittlich bessere Eigenschaften be-

sitzen. Keimfähigkeit und Backfähigkeit werden im trocknen Getreide gegenüber diesen Eigenschaften im feuchten Getreide überlegen sein. Das trockne Getreide wird eine grössere Widerstandsfähigkeit aufweisen gegen äussere Einflüsse, es wird nicht schimmeln, es wird dem Käferfrass weniger unterliegen als das feuchte Getreide.

- b) Das Material wird pro Tonne eine grössere Ausbeute liefern, weil der Wasserballast geringer ist.
- c) Die Möglichkeit der Übervorteilung durch den Verkäufer würde nach dieser Richtung hin wesentlich eingeschränkt werden.
- d) Fracht, Lagerspesen und sonstige Unkosten würden für jede Tonne Getreidetrockensubstanz um so billiger werden, je weniger Wasser vorhanden ist.
- e) Da trocknes Getreide weder der Verschimmelung noch sonstigen ähnlichen Schädigungen ausgesetzt ist, so werden Brot und Futter durchschnittlich gesünder sein wie gegenwärtig, was für den Ernährungszustand von Mensch und Tier vorteilhaft ist.
- f) Viele Millionen Zentner Getreide werden vor dem Verderben und vor der Veratmung bewahrt bleiben. Hierdurch wird sich zum Nutzen der Volkswirtschaft die Einfuhr verringern.

5. Die Bestrebungen des Verfassers, für Getreide den Handel nach Trockensubstanz in die Wege zu leiten, begegneten anfangs einigen wesentlichen, technischen Schwierigkeiten, die gegenwärtig als überwunden anzusehen sind. Wenn grosse Getreidemassen getrocknet werden sollen, so müssen auch Trockenapparate vorhanden sein, welche jene zu einem billigen Preise in einen lagerungsfähigen Zustand überzuführen vermögen. Diese Aufgabe ist in der letzten Zeit im wesentlichen gelöst worden, und zwar durch die Bemühungen des Versuchs-Kornhauses, welche darauf gerichtet waren, die Fabrikanten für diese Angelegenheit zu interessieren.

Die andere massgebende Schwierigkeit ergab sich aus dem Umstande, dass ein Handel nach Trockensubstanz nur dann stattfinden kann, wenn Methoden vorhanden sind, welche die Bestimmung des Wassergehaltes leicht und sicher gestatten. Auch diese Aufgabe ist seit etwa einem Jahre vom Versuchs-Kornhause gelöst worden, indem es gelungen ist, ein neues Verfahren auszuarbeiten, mit welchem jeder Laie in der Lage ist, den Wassergehalt mit der wünschenswerten Genauigkeit in weniger

als einer halben Stunde auszuführen. Die alten Methoden erfordern mit Vorbereitung usw. fünf Stunden Zeit und liefern nur in der Hand eines ausgebildeten Chemikers zuverlässige Ergebnisse.

So einfach wie die Feststellung des Hektolitergewichtes mittels der holländischen Wage oder mit anderen Getreideprüfern ist die neue Methode allerdings nicht. Dafür ist aber die Wasserbestimmung von einem ungleich höheren Werte als die Bestimmung des Hektolitergewichtes. Letzteres kann zu grossen Täuschungen Veranlassung geben und ist z. B. für Braugerste und Saatgetreide häufig irreführend, daher wertlos. Der Wassergehalt dagegen gibt, besonders wenn er durch andere Bonitierungsmerkmale unterstützt wird, stets einen zuverlässigen Gradmesser für den Wert eines Getreides.

6. Ausser den beiden erwähnten technischen Schwierigkeiten tauchte die Frage auf, ob es wegen des geringen Wertes des Getreides überhaupt zweckmässig ist, auf diese Angelegenheit einzugehen, d. h. ob sich der Arbeitsaufwand für die Wasserbestimmungen im Getreide kaufmännisch und wirtschaftlich lohne. Es wird eingeworfen, dass man wohl beim Zucker und beim Rübensamen den Wassergehalt bestimmt, diese Materialien haben aber einen wesentlich höheren Wert als Getreide.

Hierzu bemerken wir, dass in der Praxis die Neigung vorhanden ist, bei allen Materialien immer mehr auf Verunreinigungen und nutzlose oder gefährliche Beimengungen jeglicher Art zu achten, sie nach ihrem Geldwerte einzuschätzen und dass diese Spezialisierung mit den Fortschritten der Technik ebenfalls dauernd fortschreitet.

Wer hätte noch vor kurzem daran gedacht, dass die Brauer ihre Gersten nur unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes einkaufen wollen? Wer hätte ferner vor wenigen Jahrzehnten daran gedacht, Kartoffeln nach Stärkegehalt oder Rüben nach Zuckergehalt zu kaufen? Und doch sind die Kartoffeln und Rüben weit billiger als das Getreide!

Der vorstehend erwähnte Einwand ist also nicht stichhaltig.

Beachten wir schliesslich noch, dass wir es hier mit einem Material zu tun haben, welches als Nahrungsmittel die hervorragendste Bedeutung besitzt, so können wir unter Berücksichtigung aller bisherigen Betrachtungen nur zu dem Schlusse gelangen, dass es gegenwärtig an der Zeit ist, die vorliegende Angelegenheit mit Nachdruck zu fördern, und dass ihre Inangriffnahme keineswegs als verfrüht anzusehen ist.

7. Wenn wir uns nun Klarheit verschaffen wollen über die Form, in welcher der Handel nach Trockensubstanz durchzuführen wäre, so begegnen wir zunächst einer Schwierigkeit, die nicht nur an dieser Stelle näher besprochen werden muss, sondern die auch ferner in der Öffentlichkeit mannigfache Erörterungen verursachen wird: Sie bezieht sich auf den Wassergehalt, welchen man für das vorliegende Unternehmen als Banner zu betrachten hat.

Bei Rübensamen wird der Verkauf in der Weise gehandhabt, dass ein Wassergehalt von 14 pCt. als Unterlage gilt. Von 14—17 pCt. erfolgt ein prozentischer Abzug am Preise und über 17 pCt. ist das Material nicht mehr lieferbar. Enthält der Samen weniger als 14 pCt. Wasser, so findet keine Vergütung statt, obgleich mehr Trockensubstanz angeboten wird.

Die Analysen der Untersuchungslaboratorien lassen erkennen, dass Rübensamen geliefert wird, dessen Wassergehalt ziemlich häufig bis auf 12 pCt., mitunter sogar bis auf 10 pCt. heruntergeht. Diese trocknen Samen weisen auch in der Regel mehr Keime auf, und daher befindet sich der Lieferant des trockneren und ausbeutereicheren Materiales gegenüber dem anderen im Nachteil. Es ist eigentlich wunderbar, dass bei diesem Handelsgebrauch die Trocknung des Rübensamens eine so weit verbreitete Massregel geworden ist. Aber gerade aus diesem Umstande ist deutlich erkennbar, dass die Trocknung vortreffliche Wirkungen verursachen muss bezüglich Lagerfestigkeit und Keimfähigkeit des Materials. Es handelt sich hier um Qualitätspreise. Die Lieferanten scheuen sich nicht ängstlich vor einem geringeren Wassergehalt, sondern es liegt ihnen vor allen Dingen daran, das beste Material zu liefern, um ihr Ansehen als Saatgutzüchter zu erhöhen. Und als ein Mittel hierzu bedienen sie sich der Trocknung!

Die Übertragung des Handelsgebrauches für Rübensamen auf den Getreidehandel würde unserer Meinung nach wenig Aussicht auf Erfolg haben, besonders aus dem Grunde, weil die Trockensubstanz eines sehr trockenen Getreides nicht in genügender Weise zur Bewertung gelangt. Daher müssen wir versuchen, andere Grundlagen zu schaffen.

8. Das Klima Deutschlands verursacht im Getreide einen Wassergehalt von durchschnittlich 15—16 pCt. Ein solcher veranlasst aber ununterbrochene Schädigung, indem nicht nur Teile der Trockensubstanz allmählich zerstört, sondern auf die Dauer auch die Eigenschaften des Materials beeinträchtigt werden.

Zur Verhinderung dieser Übelstände ist ein geringerer Wassergehalt im Getreide erforderlich. Nach den bisherigen Erfahrungen hat man bei 12 pCt. keine Befürchtungen mehr zu hegen, selbst wenn das Getreide im Sommer in grossen Massen ohne Bearbeitung längere Zeit in Siloschächten aufbewahrt wird. Ein solches Getreide bezeichnen wir nach dem Vorgange M. Delbrücks als lagerfest.

Welchen Wassergehalt soll man nun zugrunde legen, 15 pCt. oder 12 pCt.?

Man wird einräumen, dass der letztere, welcher selbst unter ungünstigen Umständen eine Gewähr für die Erhaltung der wichtigen Eigenschaften des Getreides bietet, im Grunde genommen als allein richtig anzunehmen ist.

Die Gegner des hier ins Auge gefassten Zieles sehen aber gerade in diesem Punkte die praktische Schwierigkeit des Handels nach Trockensubstanz, indem sie einwerfen, dass ein Wassergehalt von 12 pCt. in Deutschland nur ausnahmsweise vorkommt, und zwar nur bei eingeführtem Getreide. Weil aber das inländische Getreide einen höheren Wassergehalt hat, so müsse ihrer Ansicht nach der Marktpreis¹⁾ hierfür eben mit Rücksicht auf den höheren Wassergehalt festgesetzt werden.

9. Von einem einheitlichen Marktpreise kann man nicht reden. Denn selbst für die einzelnen Börsenplätze des Reiches schwankt der Preis für Getreide ein- und derselben Beschaffenheit ziemlich beträchtlich. Noch grösser sind die Unterschiede bezüglich der Hauptbörsenplätze des Welthandels. Man ist daher gezwungen, bei den vorliegenden Betrachtungen die Notizen an einer bestimmten Börse ins Auge zu fassen.

Gesetzt, dass an der Berliner Börse für inländischen Roggen, so gut wie er zu haben ist, ein Preis von 120 Mk. gezahlt werde. Dieses wäre

1) Der Marktpreis wird der Hauptsache nach durch zwei Ursachen bestimmt. Erstens durch Angebot und Nachfrage, bezw. durch den Gebrauchswert des Getreides. Zweitens von der Spekulation. Die Bemerkungen des Verfassers über die Preisbildung beziehen sich auf den ersten Gesichtspunkt; der zweite kann für die in Betracht kommende Angelegenheit naturgemäss nicht berücksichtigt werden. Die allmähliche und schrittweise Einschränkung der Spekulation ist zwar eine natürliche Forderung der volkswirtschaftlichen Entwicklung, steht aber mit der hier zu behandelnden Angelegenheit nicht im wesentlichen Zusammenhange.

dann die Berliner Notiz für inländische Ware. Ausser dieser kann noch ausländische Ware, sagen wir, südrussischer Roggen¹⁾, zum Verkauf stehen, für den aber einschliesslich Fracht und Zoll 125 Mk. geboten werden, d. h. fünf Mark über Börsennotiz. Derselbe Preis würde für einen trocknen Roggen aus irgend einem anderen Lande geboten werden und er stellt daher den Marktpreis für das ausländische Getreide dar.²⁾

Hierbei ist zu beachten, dass letzteres nur in durchaus trockenem Zustande verschickt wird, denn eine Versendung feuchten Getreides würde ein Verderben desselben verursachen, wie oben bereits auseinandergesetzt wurde.

Der vorhererwähnte durchschnittliche Wassergehalt des Getreides in Deutschland ist recht bedeutenden Schwankungen unterworfen. Aber auch das ausländische, zur Versendung kommende Getreide weist einen verschiedenen Wassergehalt auf; denn in manchen Jahren wird es auf der Erde eine durchschnittlich feuchtere Ernte geben, als in anderen. Die Schwankungen werden jedoch beträchtlich geringer sein, als in einzelnen Ländern, weil die Versendungen stets aus den trockensten Gebieten erfolgen, die bald hier bald dort liegen.

Es wird sich daher stets um trocknes Getreide handeln, und wir werden uns wohl nicht weit von der Wahrheit entfernen, wenn wir annehmen, dass ausländisches Getreide bei der Verfrachtung in der Regel nicht mehr als 12 pCt. Wasser enthält. Zwar wird es auf dem Transport nach hier Feuchtigkeit anziehen, auf dem Schiffwege mehr als auf dem Landwege, trotzdem wird es in der Regel immer noch weniger Wasser enthalten als das inländische Getreide; es wird daher seinen ursprünglichen Charakter nur langsam einbüssen und seiner ganzen Beschaffenheit nach eine grössere Ausbeute liefern. Daraus

1) Es sei ausdrücklich bemerkt, dass bei den folgenden Vergleichen zwischen ausländischer und inländischer Ware immer angenommen ist, dass sich die erstere in demselben reinlichen Zustande befindet wie das inländische Getreide. Der Umstand, dass besonders russisches Getreide nach bestimmten Methoden verschmutzt wird, mitunter in ungläublicher Weise, muss hier gänzlich ausser acht gelassen werden.

2) Für den Praktiker im Getreidehandel werden diese Schlüsse etwas fremdartig klingen. Der Grund liegt in der bereits erwähnten Notwendigkeit, das Gebiet der Spekulation auszuschalten. Nur unter dieser Bedingung ist eine Klarlegung der Einzelheiten möglich.

ergibt sich naturgemäss eine Bewertung, welche die Börsennotiz für inländisches Getreide bedeutend übersteigen kann.

Wir sehen nun keine praktische Schwierigkeit in der Wertbestimmung, wenn an Stelle des Marktpreises für inländisches Getreide mit dem vorhandenen hohen Wassergehalt ein Grundpreis für 12prozentiges Getreide tritt. Dieser wäre dann gleich der Preis für die ausländische trockene Ware an dem betreffenden Börsenplatze.

Jedes Getreide, welches einen höheren Wassergehalt hat, mag es inländischen oder ausländischen Ursprunges sein, würde sich mit Rücksicht auf den Grundpreis leicht und zuverlässig bewerten lassen.

Würde getrocknetes einheimisches Getreide mit 12 pCt. Wassergehalt auf den Markt gelangen, dessen sonstige Eigenschaften nicht geschädigt sind, dann wäre auch dieses so gut wie das beste ausländische Getreide zu bewerten.¹⁾ Es wäre unter allen Umständen als lagerfest anzusehen während das inländische Getreide von 15 pCt. Wassergehalt und das ausländische Getreide, welches denselben Wassergehalt im Laufe der Zeit während des Transportes und bei der späteren Lagerung unter ungeeigneten Bedingungen erlangt hat, nicht als lagerfest bezeichnet werden kann.

1) Man vergl. hierzu Anm. I auf Seite 564.

Ferner sei noch folgendes bemerkt: Wenn ausländisches Getreide in vielen Fällen bevorzugt, also besser bewertet wird, als die inländische Ware, so ist das zum Teil eine Art Modesache, zum Teil bedeutet es einen Mangel an Neigung, mitunter sogar an Fähigkeit, sich den gegebenen inländischen Materialien anzupassen. In hiesigen Bäckerkreisen findet man vielfach die Auffassung, dass die Kaffeebrötchen nur dann herstellbar sind, wenn dem deutschen Mehle eine bestimmte Menge ungarisches Meh beigemischt wird. Verfasser hat auf seiner letzten Reise nach Wien und Budapest die erstaunliche Elastizität des aus ungarischem Mehle bereiteten Teiges kennen gelernt, welche derjenigen der deutschen und englischen Getreidesorten weit überlegen ist. Aber gerade Budapester Bäcker, welche in Deutschland und Frankreich gearbeitet haben, stellten mit Entschiedenheit die Behauptung auf, dass sich gute Semmeln auch aus reinem deutschen oder englischen Mehle herstellen lassen, nur müsste die Backmethode dem Mehle angepasst werden.

Inwieweit diese Angaben, welche durch die Ergebnisse der von wissenschaftlicher Seite mehrfach angestellten zunftgemässen Mahl- und Backversuche eine Stütze zu erfahren scheinen, gerechtfertigt sind, kann hier nicht entschieden werden. So lange aber die Müller und Bäcker Deutschlands in der Mehrzahl den oben erwähnten Standpunkt vertreten, solange muss der Getreidehandel mit der Tatsache rechnen, dass verschiedene ausländische Getreidesorten den deutschen Sorten vorgezogen werden.

Die obengestellte Frage, ob ein Wassergehalt von 15 pCt. oder ein solcher von 12 pCt. zugrunde gelegt werden müsse, ist daher im Sinne der letzteren Zahl zu beantworten.

Aus den vorstehenden Entwicklungen ergibt sich ohne weiteres, dass der vorgeschlagene Handelsgebrauch eine Zuverlässigkeit im Verkauf und Einkauf verursachen würde, die bisher gefehlt hat. Es mag nur darauf hingewiesen werden, dass beim bisherigen Gebrauch, wo der Wassereinfluss nur sehr schätzungsweise Berücksichtigung findet, der Verkäufer feuchten Getreides sich stets geschädigt fühlt, wenn von seiten des Käufers mit Rücksicht auf den Wassergehalt ein Preisdruck versucht wird. In Wirklichkeit schneidet jener häufig besser ab, als nach dem Gebrauchswerte des Materials gerechtfertigt ist.

Sobald diese Erkenntnis sich Bahn gebrochen hat, wird sich das Bestreben geltend machen, das Getreide durch Wasserentfernung und durch Fernhalten der Luftfeuchtigkeit in einen möglichst guten Zustand zu versetzen und darin zu erhalten.

Damit wäre dann das erstrebte und vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus so bedeutungsvolle Ziel erreicht, welches aus den vorstehenden Entwicklungen zu Tage tritt.

10. Wir können nun einen weiteren Schritt tun und auf Grund des Wassergehaltes von 12 pCt. untersuchen, welch' ein Prozentsatz vom Preise des Getreides abzuziehen, bzw. zu vergüten ist, wenn der Wassergehalt 12 pCt. überschreitet oder darunter liegt. Zunächst wollen wir annehmen, dass für je ein Prozent Wasser auch ein Prozent des Preises entsprechend in Rechnung gestellt wird. Ferner sei angenommen, dass erstklassiges Getreide nicht weniger als 8 pCt. und nicht mehr als 16 pCt. Wasser haben wird.

Als Beispiel nehmen wir einen guten Weizen, der bei 12 pCt. Wassergehalt mit 150 Mk. bewertet wird. Wie stellen sich die Preise pro Tonne bei 8 pCt. und bei 16 pCt. Wasser und wieviel kostet in jedem Falle 1 kg Trockensubstanz?

8 pCt. Wasser	12 pCt. Wasser	16 pCt. Wasser
$150 + 4 \cdot 150/100$		$150 - 4 \cdot 150/100$
150 + 6		150 - 6
Preis pro Tonne: 156 Mk.	150 Mk.	144 Mk.

Teilen wir die letzten Zahlen durch die in einer Tonne enthaltene Menge von Trockensubstanz, dann erhalten wir den Wert der letzteren für je 1 kg, also:

	156/920	150/880	144/840
1 kg Trockensubstanz kostet:	16,96 Pfg.	17,05 Pfg.	17,14 Pfg.

Wir sehen, dass bei der vorliegenden Preisbildung der Wert der Trockensubstanz pro 1 kg um so höher ist, je feuchter das Material. Hierin liegt aber trotz der Berücksichtigung des Wassergehaltes immer noch eine ungerechte Bewertung. Denn die Auseinandersetzungen der vorigen Paragraphen lassen im Gegenteil erkennen, dass die Trockensubstanz um so weniger Wert haben wird, je feuchter das Korn ist.

Eine richtigere Beurteilung wird geliefert, wenn je 1 pCt. Wasserunterschied mit $1\frac{1}{4}$ pCt. des Getreidewertes in Rechnung gestellt wird. Auf dieser Grundlage erhalten wir folgendes Bild:

	8 pCt Wasser	12 pCt. Wasser	16 pCt. Wasser
Preis pro Tonne:	157,50 Mk.	150 Mk.	142,50 Mk.
1 kg Trs. kostet:	16,17 Pfg.	17,05 Pfg.	16,96 Pfg.

Hiernach würde die Trockensubstanz beim trocknen Getreide etwas besser bezahlt werden, als beim feuchten, was vollkommen gerechtfertigt ist.

Soll die Trockensubstanz in allen Fällen gleich bewertet werden, so müsste man $1\frac{1}{7}$ pCt. zugrunde legen. Der Umstand, dass die Berechnung mit Hilfe dieser Zahl etwas unbequem ist, braucht nicht in Frage zu kommen; denn es wäre leicht eine kleine Tabelle auszuarbeiten, die in jedem Notizbuche Platz findet.

11. Nach diesen Ausführungen übergeben wir folgende Vorschläge der öffentlichen Erörterung:

1. Der Wassergehalt von 12 pCt. im Getreide ist als Handelsgrundlage zu betrachten. Der Preis jedes Getreidepostens ist daher mit Rücksicht auf diesen Grundwassergehalt festzusetzen.
2. Ein niedrigerer Wassergehalt wird in Anrechnung gebracht, indem für je 1 pCt. weniger der Wert des Getreides sich um $1\frac{1}{4}$ pCt. erhöht. Für je 1 pCt. Wasser mehr im Getreide erniedrigt sich der Wert desselben um $1\frac{1}{4}$ pCt.

Vorausgesetzt ist, dass weder durch Trocknung noch im Laufe der Lagerung durch hohen Wassergehalt die Eigenschaften gelitten haben. Im letzteren Falle, und wenn Schimmelgeruch vorhanden ist, erfolgen weitere Abzüge, die wir hier nicht zu besprechen haben.

50. Ergebnisse und Ergänzungen.

I. Die geschäftliche Lage des Versuchs-Kornhauses.

Diese erschien in der ersten Zeit keineswegs im rosigen Lichte, was besonders darauf zurückzuführen war, dass man dem Versuchs-Kornhause trotz jener in der Geschäftsordnung angegebenen Richtschnur für die Arbeiten desselben, (Stück 2) mit Misstrauen begegnete und ihm die nötige Unterstützung versagte. Daher musste noch mehrfach darauf hingewiesen werden, dass man in dieser Anstalt eine wissenschaftliche Einrichtung zu sehen habe, die nicht einzelne Gruppen von Gewerbetreibenden gegen andere unterstützen, sondern die eine für das ganze Volk wichtige Angelegenheit ohne einseitige Voreingenommenheit planmässig aufklären soll. Diese Angelegenheit heisst: »Wie lagert und behandelt man Getreide, um seinen Wert (Verkaufswert oder Gebrauchswert) möglichst zu erhöhen?«

Das anfängliche Misstrauen und die offenbare Abneigung, mit dem Kornhause in Verbindung zu treten, sind einem bedeutenden Vertrauen gewichen, was die Verwaltung mit Genugtuung feststellen kann.

Misshelligkeiten und Fehler bleiben naturgemäss in keinem Geschäftsbetriebe aus und die eigentümlichen Aufgaben des Hauses sind geeignet, diesen Übelstand zu verschärfen.

Bei alledem hat sich ein Stamm von Kunden der verschiedensten Art (Brauer, Kaufleute, Landwirte, Mühlen) gebildet, welcher die angebahnten Geschäftsbeziehungen zu erhalten sucht. Das Versuchs-Kornhaus ist auf eine gesunde, geschäftliche Basis gestellt, so dass es, abgesehen von der Verzinsung des Anlagekapitals, sich selbst vollkommen erhalten kann und dass der ganze Staatszuschuss der wissenschaftlichen Abteilung (die Gehälter aller wissenschaftlichen Beamten eingeschlossen,) zur Verfügung steht. Mit Rücksicht auf den geringen Lagerraum des Versuchs-Kornhauses und mit Rücksicht auf den durch die gesamte maschinelle Einrichtung bedingten geringen Umschlagsverkehr muss dieses Ergebnis als durchaus zufriedenstellend bezeichnet werden. Es sei noch bemerkt, dass der Umsatz pro Jahr etwa das Vierfache der Fassungsfähigkeit des Hauses beträgt.

2. Das Versuchs-Kornhaus als Bau betrachtet und seine innere Einrichtung.

Häufig wird die Ansicht geäußert, dass man das Versuchs-Kornhaus als eine Musteranstalt zu betrachten habe. Diese Ansicht ist nicht zutreffend. Das Kornhaus ist nach dem derzeitigen Stande der Erfahrungen eingerichtet worden. Es musste ausserdem Rücksicht genommen werden darauf, dass einerseits mehrere Systeme zur Anwendung kommen sollten und dass andererseits die Möglichkeit für Versuchsanstellungen geboten wurde. Hieraus ergab sich, dass der Speicher nicht ein einheitliches Prinzip zur Anschauung bringen konnte, was von einem Musterspeicher verlangt werden müsste.

In manchen Beziehungen haben sich die Anforderungen geändert, wie der ganzen Sachlage nach zu erwarten stand. So ist, um ein Beispiel anzuführen, bei der Kürze des Gebäudes das Hauptförderband für die Verteilung auf den obersten Böden nicht zweckmässig; ein Drehtellersystem würde im vorliegenden Falle geeigneter sein. Bänder verwendet man dann besser, wenn es sich um den Transport von Getreide auf grössere Entfernungen handelt.

Von weiteren allgemeinen Erfahrungen wäre folgendes zu bemerken: Jedes Kornhaus müsste mit einer kleinen Rieseleinrichtung versehen sein; sie ersetzt eine grössere maschinelle Anlage, wenn die Umarbeitung des Getreides notwendig wird. Besonders angenehm wird eine derartige Einrichtung sein, wenn ein Getreidetrockner vorhanden ist, weil mit der Rieseleinrichtung warmes Getreide rasch gekühlt werden kann.

Falls Siloschächte vorhanden sind, muss die Rieseleinrichtung oder die maschinelle Anlage grösser sein, als bei einer einfachen Kasten- oder Bodenlagerung. Wir geben eisernen Siloschächten den Vorzug vor hölzernen Siloschächten (S. 34, 354). Im Spätsommer und im Herbst ist dem in eisernen Schächten lagernden Getreide erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen wegen der Möglichkeit der Wasserabscheidung an den Innenwänden; ferner ist an kalten Tagen oder besser inkalter Nacht die Umarbeitung vorzunehmen. Vor Sonnenaufgang ist die Umarbeitung am wirksamsten. Die gemauerten Siloschächte zeigen Eigenschaften, die zwischen jenen des Eisens und jenen des Holzes liegen.

Neue Speicher dürfen erst nach dem Austrocknen mittels Koksfeuer mit Getreide beschickt werden, weil im anderen Falle leicht

Selbsterwärmungen des Getreides auftreten können, welche mit einem Verderben desselben verbunden sind.

Ein Teil des Fussbodens auf dem ersten Boden des Versuchs-Kornhauses ist mit Terrast (Zementboden) belegt worden. Diese Einrichtung hat sich gut bewährt. Ein besonderer Vorzug vor den Holzfussböden besteht darin, dass die gefährliche Ausbreitung der Getreideschädlinge verhindert wird, welche in den Spalten von Holz sich leicht vermehren.

Eine Abänderung der Lagerungsart in den Kästen ist auf einem Boden des Versuchs-Kornhauses getroffen worden, indem die Wand an einer Seite entfernt und etwa $\frac{1}{2}$ m über dem Fussboden in dem bisherigen Gange Bohlen gelegt wurden. Trotzdem der Gang auf diese Weise zur Lagerung nutzbar gemacht ist, kann jetzt nur eine geringere Getreidemenge gelagert werden als bisher, weil die Schütthöhe niedriger ist. Der Vorteil besteht aber darin, dass diese Getreideposten eine gute Lüftung erfahren und vor allen Dingen gut besichtigt werden können. Die Abänderung ist mit besonderer Rücksicht auf die Sachverständigenkommission der Börse ausgeführt worden, damit die Mitglieder derselben bequem in der Lage sind, das Getreide zu betreten und zu begutachten.

Das Versuchs-Kornhaus ist, abgesehen von der Arbeitshalle, nicht für Sacklagerung eingerichtet. Die Möglichkeit der letzteren sowie das Vorhandensein eines Sackaufzuges ist sehr wünschenswert.

Es wird manchem angenehm sein, die Einrichtung eines kleinen, zweckmässig angelegten amerikanischen Kornhauses kennen zu lernen, die im Stück 6 wiedergegeben ist.

3. Die maschinelle Einrichtung.

Nicht nur alle Winkel eines Kornhauses, sondern auch alle Maschinenteile müssen leicht zugänglich und leicht zu besichtigen sein. Die Elevatoren müssen Fenster haben, damit man sofort sieht, wenn eine Verstopfung eintritt und das Becherwerk stille steht. Gurte, Riemen und Bänder werden durch den Feuchtigkeitswechsel der Luft in ihrer Länge sehr beeinflusst, hierauf ist Rücksicht zu nehmen bei der Einrichtung und beim Betriebe der Kornhäuser (vergl. Seite 372). Getreideablaufeinrichtungen, welche auf den Bändern schleifen, sogen.

Schuhe, sind zu vermeiden und durch die im Kornhaus gebaute Einrichtung oder durch ähnliche zu ersetzen. (Man vergl. Seite 39.)

Jedes Band muss eine Spannvorrichtung haben, damit ein Schiefgehen und Streuen der Bänder vermieden wird. Nur bei ganz kurzen Bändern könnte man eine Ausnahme machen. Diese sind aber in der Regel besser durch eine andere Anordnung der Fallrohre oder auch durch Schnecken zu ersetzen.

An Stelle der Abwurfwagen hat Verfasser in einigen Kornhäusern auch einfache und billige Abstreichvorrichtungen gesehen. Ob diese sich im Laufe der Zeit bewähren, steht noch nicht fest; auf keinen Fall darf eine starke Reibung des Bandes stattfinden, damit letzteres nicht geschädigt wird.

Die Klappen alten Systems im Versuchs-Kornhause hielten nicht dicht, so dass mitunter eine Vermischung verschiedener Getreidesorten auftrat, die sich dann schwierig gutmachen liess. Eine neue Art von Klappen, welche die Firma Dinglinger lieferte, hat sich gut bewährt.

Es ist gut, wenn jedes Kornhaus mit einer Futterquetsche und einer Schrotmühle versehen ist, damit der Einlagerer nicht gezwungen ist, sein Getreide zum Zwecke der Zerkleinerung nach einem anderen Speicher zu schaffen.

Die maschinelle Einrichtung des Versuchs-Kornhauses wird stark in Anspruch genommen, bis auf die sogen. aus Tarar und Trieur bestehende Nachreinigung; diese hat sich für das Kornhaus nicht als besonders geeignet erwiesen. Dagegen empfahl sich die Anschaffung des Sortierers von Brügge in Flensburg, welcher geeignet ist, kleine und grosse Körner einer Fruchtart voneinander zu trennen.

Die Kraftanlage des Versuchs-Kornhauses genügt nicht mehr und es besteht die Absicht, letzteres an das Kabelwerk der Stadt anzuschliessen.

Bei der Errichtung von neuen Kornhäusern ist darauf zu sehen, dass die einzelnen Verrichtungen (Ein- und Auslagern, Umarbeiten, Reinigen, Trocknen usw.) möglichst unabhängig voneinander ausgeführt werden können. Die Teilung des Betriebes ist zu erstreben, indem durch Motoren nur Teile der gesamten Transmission und ganz bestimmte Maschinen in Bewegung gesetzt werden; die Betriebskosten werden sich dadurch verringern (Stück 4, II. 14). Andererseits kann eine zu weit-

gehende Teilung den Betrieb verteuern, indem die Anlagekosten eine zu hohe Verzinsung usw. beanspruchen.

Es ist wichtig, den Kraftbedarf der einzelnen Maschinen festzustellen und zu erforschen, ob der für die einzelnen Handhabungen (Umarbeitung, Reinigung, Mischung) erforderliche Kraftbedarf im Einklange steht, einerseits mit der Leistung der einzelnen Arbeitsmaschinen, anderseits mit dem Preise, der dafür dem Eigentümer des Getreides in Rechnung gestellt wird.

Durch Indizierung der Dampfmaschine des Versuchs-Kornhauses und Anhängen der leergehenden und belasteten Arbeitsmaschinen wurde dieser Kraftbedarf zu messen gesucht. Die gewonnenen Ergebnisse lassen den Kraftbedarf ungefähr erkennen, sie sind aber doch nicht einwandfrei. Denn die Fehlergrenzen bei der Indizierung sind unter den vorliegenden Umständen grösser als wünschenswert. Die Kraftmessung auf elektrischem Wege gibt zuverlässigere Zahlen.

Dieser Umstand ist im Zusammenhange mit den obenerwähnten Gründen, welche für die Teilung des Betriebes sprechen, eine der Ursachen, warum das Versuchs-Kornhaus Wert darauf legt, dass der Dampfmaschinenbetrieb in einen elektrischen Betrieb umgewandelt wird.

Die mit einiger Sicherheit festgestellten Werte für den Kraftverbrauch sind die folgenden:

- | | |
|--|------------|
| 1. Maschine leer mit Dynamovorgelege im Maschinenhause | 5,62 P. S. |
| 2. Quetschmühle belastet (Leistung 100 Ztr. Mais pro Stunde) | 9,5 » |
| 3. Schiffs-elevator (leer) mit Zubehör | 3,7 » |
| Leistung 360 Ztr. pro Stunde, Kraftbedarf unter Belastung
schätzungsweise 2 P. S. mehr. | |
| 4. Band und 2 Elevatoren belastet (360 Ztr. pro Stunde) | 2,76 » |
| 5. Maschine leer mit 2 Vorgelegen | 7,06 » |

Aus diesen Zahlen ergibt sich, z. B. die Folgerung, dass die Umarbeitung des Getreides, wenn keine andere Arbeit verrichtet wird, im vorliegenden Falle viel teurer ist, als wenn sie durch einen Elektromotor erfolgen würde. Denn die Arbeitsleistung selbst erfordert nur 2,76 PS., aber der Leerlauf der Dampfmaschine und der beiden Vorgelege verlangt noch 7,06 PS. (gemäss 5.), so dass insgesamt 9,82 PS. geliefert werden müssen, während ein Elektromotor von 3 PS. ausreichen würde.

4. Versuchsanstellungen bezw. Beobachtungen im Kornhause und in der Praxis.

a) Trocknungsversuche.

Ihrer Wichtigkeit wegen hat diese Angelegenheit einen hervorragenden Teil der Gesamtarbeit in Anspruch genommen. Die vom Verfasser bisher geprüften Trockner sind Stück 4 V. angegeben.

Ferner hat Verfasser Gelegenheit gehabt, als Mitglied des Preisgerichtes für Kartoffeltrockner, welches im Jahre 1902 auf Veranlassung des Vereins der Spiritusfabrikanten in Deutschland gebildet wurde, eine Reihe von Trocknern kennen zu lernen. Dabei wurden Erfahrungen gesammelt, welche für die Getreidetrocknung nutzbar gemacht werden können. Die Notwendigkeit und die segensreiche Einwirkung der Getreidetrocknung ist schon seit vielen Jahren betont worden. Die Arbeiten des Versuchs-Kornhauses haben aber wesentlich dazu beigetragen, die ungewöhnliche Bedeutung dieser Angelegenheit in ihrem ganzen Umfange erkennen zu lassen. Seine Bestrebungen, welche darauf gerichtet waren, die Trocknungsfrage zu fördern, sind von Erfolg gewesen. Denn nach vielen Bemühungen ist dem Versuchs-Kornhause der Nachweis gelungen, dass es möglich ist, mit unseren heutigen Systemen grosse Getreidemassen unter einem geringen Kostenaufwande zu trocknen, ohne Schädigung der massgebenden Eigenschaften des Kornes.

Häufig wird uns die Frage vorgelegt, welche Temperaturen bei der Trocknung angewendet werden dürfen. Diese richten sich einerseits nach dem Trocknungssystem, andererseits nach dem Zwecke, dem das Getreide dienen soll. Bei Tüchertrocknern können höhere Temperaturen angewendet werden als bei jenen, wo das Getreide eisernen Wänden anliegt. Wo es sich um Braugerste handelt, welche lange Zeit (12 Stunden und mehr) vorsichtig getrocknet werden soll, wie z. B. in den Trommeltrocknern der Firma Freund & Co., Charlottenburg, geht man nicht über 50° C. Temperatur hinaus. Diese Temperatur würde die Keimfähigkeit unter keinen Umständen schädigen, auch nicht bei noch länger andauernder Einwirkung.

Je schneller das Getreide durch den Trockner geht, desto höhere Temperaturen vermag es zu ertragen. Beim Tüchertrockner von Richter

haben wir Temperaturen von 100°C . angewendet, welche die Keimfähigkeit nur in sehr geringem Masse beeinträchtigten. Das Getreide erlangte dabei Temperaturen von $60-70^{\circ}\text{C}$., je nach der Schnelligkeit, mit der es durch den Apparat ging. Wenn es sich um Getreide handelte, welches nicht gerade als tadellose Brauware bezeichnet werden konnte, aber dennoch für diesen Zweck Verwendung finden sollte, dann haben wir in der Regel eine geringe Schädigung der Keimfähigkeit insofern nicht für bedenklich gehalten, als unseren Ausführungen gemäss (Stück 37, 38) bei der Trocknung zunächst die schwächlichen Körner ihre Keimfähigkeit verlieren, welche auf der Tenne leicht Schimmelbildung liefern. Es ist auffallend, dass diese abgestorbenen Körner nur geringe Neigung zur Schimmelbildung besitzen und dadurch den Keimungsprozess der normalen Körner auf der Tenne nicht schädigend zu beeinflussen vermögen. Inwieweit diese im Laboratorium gemachten Beobachtungen für die Praxis Geltung besitzen, ist noch nicht festgestellt.

Ogleich die Backfähigkeit nach den bisherigen Erfahrungen in der Praxis höhere Temperaturen vertragen kann als die Keimfähigkeit, so scheint es doch nicht zweckmässig zu sein, bei Weizen und Roggen wesentlich höhere Temperaturen als bei Braugerste anzuwenden. Denn die letztere besitzt Spelzen, welche die Wärme nur langsam in das Innere des Kornes gelangen lassen, während die nackten Samen durch den Mangel an Spelzen die Temperatur der heissen Luft rascher annehmen. Besonders empfindlich scheint in dieser Beziehung der Roggen zu sein, denn er nimmt leicht Darrgeruch an.

Wo es sich um Futtergetreide handelt, und besonders bei havariierter Ware, können die Temperaturen bedeutend höher genommen werden, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Trocknung wesentlich erhöht wird. Mit dem neuen Trockner von Büttner wenden wir unter solchen Umständen bis zu 150°C . an, während für Braugerste und Brotgetreide vorläufig 70 bzw. 90°C . gehalten werden.

Verfasser hat jüngst einen Mühlenbetrieb kennen gelernt, wo das ungewaschene Getreide mit einer Lufttemperatur von $100-110^{\circ}\text{C}$., und zwar durch Koksfeurgase getrocknet wird. Der auftretende Darrgeruch veranlasste mehrfach die Anstellung von Backversuchen, aus welchen hervorging, dass Backfähigkeit und Geschmack ausgezeichnet waren. Das so behandelte Material wurde von den Bäckern vor dem ungetrockneten bevorzugt.

Eine weitere Erhöhung der Temperatur ergab zunächst nicht eine Verringerung der Backfähigkeit, sondern, je nach der Temperaturhöhe, eine dunklere Färbung des Mehles.

Die Trocknungskosten des Büttnerschen Apparates von 1,23 Mk. pro Tonne Getreide, die in Stück 15 angegeben sind, beziehen sich auf Futtergetreide mit geringem Wasserüberschuss.

Havariertes Getreide wird natürlich pro Tonne mehr Kosten verursachen, weil mehr Wasser zu verdampfen ist.

Braugersten und Brotgetreide veranlassen wegen der Verwendung niedriger Temperaturen ebenfalls grössere Kosten, die aber infolge des höheren Materialwertes keine wesentliche Rolle spielen.

Die grösste Schwierigkeit bereitet der Trocknungsfrage die Einbusse an Gewicht, welche bei der Trocknung stattfindet und welche viel mehr in Frage kommt als die Trocknungskosten. Die dadurch bewirkte Abneigung gegen das Trocknen von seiten der Verkäufer wird leider nicht beseitigt durch die Erkenntnis, dass die Eigenschaften des Materials infolge des Trocknens besser werden und länger erhalten bleiben. Der Handel nach Trockensubstanz würde diesen Übelstand beseitigen. Verfasser betrachtet es als seine Aufgabe, diese Angelegenheit in Fluss zu bringen (Stück 50). Die dabei auftretenden Schwierigkeiten werden nicht unterschätzt. Aber die Hauptschwierigkeit ist beseitigt durch das Vorhandensein von guten Trocknern und ferner eines neuen Wasserbestimmers von dem später die Rede sein wird.

b) Versuche an Reinigungs- und Sortiermaschinen.

Einige Systeme sind geprüft worden. Unter diesen lieferte die Maschine von Brügge-Flensburg ein gutes Ergebnis, so dass ein solcher Apparat für das Versuchs-Kornhaus angeschafft wurde (Stück 5). Er ist für Brauereien und Mühlen zu empfehlen.

Ferner wurden auf Veranlassung des Landwirtschafts-Ministeriums Versuche vorgenommen, welche die zollamtliche Feststellung des Mischungsverhältnisses in Getreidemischungen zum Gegenstande hatten. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist Seite 37 kurz angedeutet.

Bemerkt sei hier noch, dass die auf das spezifische Gewicht sich erstreckenden Laboratoriumsuntersuchungen angestellt wurden mit Vermischungen von Nitrobenzol und Chloroform.

Maschinen, die nach dem spezifischen Gewicht trennen sollen,

lieferten im Versuchs-Kornhause für einzelne Mischungen gute Ergebnisse. Gerste und Hafer, Weizen und Roggen und noch einige andere Mischungen liessen sich aber weder auf diese Weise, noch in Verbindung mit Trieuren trennen.

c) Beobachtungen über Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse im Kornhause und im Getreide.

Eine der ersten Beobachtungsreihen lieferte die Erkenntnis, dass die Temperatur in den oberen Stockwerken wärmer ist als in den unteren. Da der Feuchtigkeitsgehalt aber oben nicht höher gefunden wurde und da die warme Luft mehr Wasserdampf aufzunehmen vermag als kalte, so ergab sich die natürliche Vorschrift, dass feuchte Getreideposten immer möglichst auf den obersten Böden zu lagern sind, weil dort ihre allmähliche Austrocknung leichter erfolgt.

Die Temperaturänderungen im Getreide finden am langsamsten statt in eisernen Siloschächten, besonders wegen des Fehlens der Diffusionsvorgänge, dann folgen hölzerne Siloschächte und schliesslich Böden (Stück 27).

Feuchtes Getreide erwärmt sich leichter als trockenes. Ferner erfolgt die Selbsterwärmung natürlich um so eher, je höher der Getreideposten lagert. Auffallend ist die Beobachtung, dass die Selbsterwärmung nicht in der Mitte des Haufens am stärksten auftritt, sondern in Schichten, die näher an der Oberfläche liegen (Stück 22). Die Ursache ist darin zu suchen, dass die Wärme des Getreidehaufens Strömungen nach oben verursacht, welche die leichten Wasserdämpfe mitnehmen. Diese schlagen sich an kühleren Stellen nieder, machen das Material wasserreicher und befördern dadurch die Atmung, also auch die Temperatursteigerung.

Von besonderer Wichtigkeit ist der Umstand, dass eiserne Siloschächte und auch eiserne Fallrohre und Schnecken sich im Frühjahr aussen, im Herbst dagegen innen mit Feuchtigkeit beschlagen. Wo keine Eisenteile sind, findet ebenfalls ein Niederschlag statt, nur tritt er nicht in Erscheinung, weil entweder das Getreide selbst oder die Holzteile das Wasser aufnehmen¹⁾.

1) Es sei nochmals bemerkt, dass wir trotz dieser Vorgänge mit den Eisensilos sehr zufrieden sind und ihnen vor den Holzsilos den Vorzug geben. Man vergl. S. 425, wo sich die Wasseraufnahmefähigkeit des Holzes nicht als ein Vorzug ergibt.

Auf Grund der Beobachtungen und Überlegungen sind zwei Regeln aufgestellt worden:

Regel I: Die Fenster sind zu schliessen, sobald die Aussenluft wärmer ist als die Speicherluft bezw. das Getreide, weil Luft um so wasserreicher ist, je höhere Temperaturen sie besitzt.

Regel II: Die Fenster sind zu öffnen, wenn die Aussenluft kälter ist, als die Innenluft und das Getreide. Die zweite Regel gilt weniger allgemein als die erste.

Die Verwendung von Feuchtigkeitsmessern gibt einen zuverlässigen Aufschluss darüber, ob man das eine oder das andere tun soll.

Das Mauerwerk ist nicht undurchdringlich für Feuchtigkeit. Wo Dampf aus Schornsteinen ausströmt und das Gebäude trifft, wird Feuchtigkeit aufgenommen und durch Diffusion in das Innere des Speichers geführt. Aus dem gleichen Grunde ist Getreide nicht in Gebäuden zu lagern, die einen feuchten Betrieb haben (Stück 32).

Der massgebende Einfluss des Wassergehaltes im Getreide auf seine Eigenschaften einerseits und der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf den Wassergehalt andererseits sind die Ursachen, warum dem Wasserdampf in der atmosphärischen Luft in mehreren Aufsätzen eine grosse Aufmerksamkeit geschenkt worden ist. Da der Landwirt in besonderem Masse von den Witterungsverhältnissen abhängig ist, so dürfte es als selbstverständlich zu betrachten sein, dass ihm wenigstens die hier besprochenen Vorgänge geläufig sind. Neues an Tatsachen bringen diese Artikel naturgemäss nicht: die Art der Darstellung ist aber so gewählt, dass Verfasser glaubt, den ziemlich schwierigen und doch so wichtigen Gegenstand auf diese Weise auch weiteren Kreisen zugänglich machen zu können. Von Einzelheiten mag erwähnt werden, dass der Ausdruck »Dampfspannung« sich als unumgänglich notwendig erwies; er konnte auf verschiedene Weise, z. B. auch mit Hilfe einer Spiralfeder, eine anschauliche Erklärung finden.

d) Temperaturmessungen im Getreide.

In dem auf Böden lagernden Getreide kann die Temperatur mit Hilfe langer Thermometer leicht festgestellt werden. Letztere sind zum Schutze des Glases von eisernen Gasrohren umgeben.

Die Temperaturmessung in Siloschächten ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden.

Die im Stück 24 beschriebene Methode, welche gegenwärtig im Versuchs-Kornhause angewendet wird, hat sich bisher als die beste erwiesen. Es ist zweckmässig, in den Silospeichern wenigstens einige Schächte mit einer solchen Einrichtung zu versehen, in welchen dann die nicht ganz einwandfreien Getreideposten aufbewahrt und beobachtet werden. Durch Selbsterwärmung können in Siloschächten Temperaturen von weit über 100° C. auftreten, wodurch das Material in Kohle umgewandelt wird und nur noch als Brennmaterial verwendbar ist, (Stück 34).

e) Die Bekämpfung der Getreideschädlinge.

Das wichtigste Ergebnis in dieser Hinsicht besteht darin, dass es mit Hilfe des Schwefelkohlenstoffes und einer geeigneten Methode (Stück 17) gelingt, selbst aus hölzernen Siloschächten jede Infektion zu vertreiben bezw. die Brut abzutöten, was früher stets als unmöglich bezeichnet wurde.

In der Anilinöllösung ist ein weiteres, ausserordentlich wirksames Mittel zur Bekämpfung der Getreideschädlinge gefunden worden, welches besonders geeignet ist, in den Fugen und Spalten der Holzteile eines Speichers die Brut abzutöten. Wenn man gegen die Schädlinge vorzugehen beabsichtigt, so ist es wesentlich, einen wohldurchdachten Feldzugsplan zu entwerfen und diesen kräftig durchzuführen. Selbst die besten Kampfmittel helfen nichts, wenn man schwächlich oder unzweckmässig vorgeht.

In Rieselspeichern treten Schädlinge nicht auf wegen der guten Lüftung und wegen der heftigen Bewegung des Getreides.

Weitere Laboratoriumsversuche mit Getreideschädlingen ergaben, dass zahlreiche Flüssigkeiten bei gewöhnlicher Temperatur Dämpfe entwickeln, die tödlich auf die Schädlinge und auch auf den mit ganz besonderer Lebensfähigkeit begabten schwarzen Kornkäfer wirken. Die Dämpfe der ätherischen Öle wirken alle unangenehm und zum Teil tödlich bei längerer Einwirkung in konzentrierter Anwendung.

An all diese Gifte kann der schwarze Kornkäfer sich gewöhnen; daher sind stets so kräftige Massregeln anzuwenden, dass dieser Fall nicht eintreten kann.

f) Die Entmischung des Getreides.

Beim Herauslassen des Getreides aus den Siloschächten findet man, dass zunächst die schweren Körner herauslaufen und dass dann immer leichtere Frucht folgt. Die Abnahme des Hektotitergewichtes ist recht bedeutend. Im Versuchs-Kornhause ist dieser Übelstand ebenfalls mehrfach bemerkt worden, hat aber zu keinen Unzuträglichkeiten geführt. Dagegen hat man in den grossen Speichern am Rhein in dieser Beziehung tüble Erfahrungen gemacht; das Material ist oft so verschiedenartig ausgefallen, dass den Lagerhausverwaltungen bedeutende Mischhelligkeiten erwachsen. Um den Übelstand zu beseitigen, sind verschiedene Einrichtungen angewendet worden. Es steht noch nicht fest, ob eine derselben sich dauernd bewährt hat.

5. Die Laboratoriumsarbeiten und ihre Anwendung auf die Praxis.

a) Mikroben auf dem Getreide.

Die Anzahl der Organismen auf den untersuchten Getreideproben ist sehr verschieden. Während auf einzelnen Proben pro 0,1 g Getreide mehr als eine Million gefunden wurde, hatten andere Getreideproben nur wenige Tausend und diese verringerten sich noch stark bei der weiteren Lagerung in trockenen Räumen. Feuchtes Getreide hat viele Millionen Keime und die Schädlichkeit derselben liegt besonders darin, dass sie Enzyme absondern, welche in das Innere des Kornes gelangen können und hier Schädigungen verursachen.

Ferner ist eine Methode ausgearbeitet worden zur Isolierung und Zählung von Mikroben (Stück 19). Bei den Arbeiten der Abhandlung 20 hatte diese noch keine Anwendung gefunden; sie bewährte sich aber bei den weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiete. Die betreffenden Arbeiten sind nicht veröffentlicht worden, weil sie anderer Versuche halber abgebrochen werden mussten.

b) Atmung und Selbsterwärmung.

Eine Temperaturerhöhung von 14° C. auf 40° C. steigert die Atmung und damit die Kohlensäureentwicklung etwa um das Dreissigfache. Die Erhöhung des Wassergehaltes im Getreide von 12 pCt. auf 30 pCt. steigert dagegen die Kohlensäureentwicklung um das Zweitausendfache.

Hieraus ist der ungeheure Einfluss des Wassers auf das Getreide deutlich erkennbar. Ein Getreide von 30 pCt. Wassergehalt verliert pro Tonne und Tag (24 Stunden) 1 kg an Trockensubstanz.

Die Atmung ist mit Wärmeentwicklung verbunden; ein stark atmendes Getreide erwärmt sich also leichter als ein schwach atmendes, trockenes Getreide.

Die Selbsterwärmung kann sich steigern bis zur Selbstentzündung. Damit letztere einzutreten vermag, ist eine gewisse Grösse der in Frage kommenden Masse erforderlich. Die Siloschächte bieten diesen Vorgängen um so mehr Gelegenheit, je grösser sie sind, oder wenn sie in grösserer Anzahl dicht zusammen stehen (Stück 34).

Die pekuniäre Schädigung kann unter ungünstigen Umständen sehr bedeutend sein. Sie wird vermieden, wenn man das Getreide nur im trockenen Zustande in den Siloschächten lagert. Bei hölzernen Schächten ist eine vorhergehende Austrocknung des Holzes durch Kokskörbe erforderlich.

Falls Getreide, welches sich in Siloschächten befindet, umgearbeitet wird, darf es nicht unmittelbar in denselben Schacht zurückgeleitet werden, denn einzelne Teile der Gesamtmasse nehmen an der Umarbeitung nicht teil. Diese verderben leicht und bei eisernen Siloschächten findet sogar ein Festrosten des Getreides an den Wänden statt.

Besonders beim Herauslassen des Getreides können in den Siloschächten ungeheure Drucke und Reibungen entstehen, wie wir gelegentlich der Temperaturmessungen in den Schächten feststellen konnten (Stück 28). Hierauf ist in vielen Fällen sicherlich die Selbsterwärmung der zurückbleibenden und wieder ergänzten Getreidemassen zurückzuführen, welche ihrer trockenen Beschaffenheit wegen unter normalen Umständen keine Neigung zur Erwärmung gezeigt hätten.

c) Die Wasserermittelung im Getreide und in anderen Substanzen.

Diese Angelegenheit hat ebenfalls viel Arbeit und Zeit gefordert. Zunächst wurden die bisherigen Methoden der Wasserbestimmung für die Zwecke der Praxis umzuarbeiten versucht. Ein Erfolg war zwar zu verzeichnen, indem es gelang, die Wasserbestimmung mit grösseren

Mengen in etwa einer Stunde mit genügender Genauigkeit durchzuführen. Es mussten aber immer noch grössere Anforderungen an die Geschicklichkeit der die Wasserbestimmung ausführenden Personen gestellt werden als ratsam ist. Die weiteren Bemühungen führten endlich auf eine neue Methode der Wasserermittlung, welche für Getreide und andere Materialien sehr geeignet ist. Jeder Laie kann diese Bestimmung nach einiger Übung in einer halben Stunde mit genügender Zuverlässigkeit ausführen, während die bisherigen Bestimmungen z. B. für Getreide 5 Stunden in Anspruch nahmen.

Besonders bemerkenswert ist die Bestimmung des Wassergehaltes im Hopfen. Diese war nach den bisherigen Erwärmungsmethoden stets fehlerhaft, weil Verflüchtigungen oder Zersetzungen der Öle stattfanden, so dass man nicht wusste, wieviel andere Substanzen aus dem Wasser entfernt wurden. Die bisher zuverlässigste Methode im Vakuum-Exsikkator nahm bei gewöhnlicher Temperatur eine Woche Zeit in Anspruch, während die neue Methode die Ermittlung des Wassergehaltes in der kurzen Zeit von einer halben Stunde gestattet.

Das bei diesen Bestimmungen gebrauchte Öl kann wieder verwendet werden, wodurch das Verfahren billig wird.

Die relative Wasserbestimmung mit Hilfe des 1000-Körnergewichtes erwies sich nicht zweckmässig. Die Methode ist in abgekürzter Form aufgenommen, weil die Beispiele ein Licht werfen auf das Verhalten einer grösseren Körnermenge bei der Durchzählung. Man vergleiche Stück 40 und die obigen Bemerkungen unter 4f über die Entmischung des Getreides.

Die Bestimmung der Änderung des Wassergehaltes mittels des Hektolitergewichtes oder der holländischen Wage ist gänzlich unbrauchbar und irreführend wegen der Gestaltsveränderung und wegen der Veränderung der Adhäsion durch den Trocknungsprozess (Stück 41). Die mit Hilfe derselben festgestellte Leistungsfähigkeit von Trockenapparaten, wie sie in der Praxis zuweilen erfolgt, ist daher ganz und gar wertlos.

d) Einige weitere Versuchsanstellungen im Laboratorium.

Von den übrigen im Laboratorium angestellten Versuchen erwähnen wir die folgenden:

Die Kenntnis der Spannung des aus dem Getreide entwickelten Wasserdampfes ist von grosser Wichtigkeit, besonders wenn es sich darum handelt, getrocknetes Getreide zu kühlen oder feuchtes Getreide umzuarbeiten, welches auf den Böden bei gewöhnlicher Temperatur lagert. Ist die Spannung des Wasserdampfes in der Luft grösser als diejenige im Getreide, dann zieht das letztere Wasser an. Man darf daher die erwähnten Arbeiten nur vornehmen, wenn die Dampfspannung des Getreidewassers grösser ist, als diejenige des Luftwasserdampfes; in diesem Falle wird der gewünschte Vorgang eintreten; d. h. es wird Wasser an Luft abgegeben. Das bezügliche Zahlenmaterial ist bereits seit längerer Zeit gewonnen, harrt aber noch der Bearbeitung, die einige Schwierigkeiten verursacht. Verfasser glaubt, jetzt endlich Zeit zu finden, diese Angelegenheit zum Abschluss zu bringen.

Ferner wurde Mehl in feuchter Luft aufbewahrt und die Wasseraufnahmefähigkeit von Zeit zu Zeit bestimmt. Es ergab sich, dass diese dauernd abnimmt, auch wenn das vom Mehl aufgenommene Wasser berücksichtigt wird.

Ferner wurden Versuche angestellt, welche Aufklärung darüber geben sollten, wie sich die Keimfähigkeit des Getreides unter verschiedenen Lagerungsbedingungen im Laufe der Zeit ändert. Die Versuchsanstellung erfolgte zum Teil in zugeschmolzenen einfachen oder Doppel-Kölbchen. Diese Gefässe müssen natürlich zum Zwecke der Keimfähigkeitsprüfung zerbrochen werden. Die gesamte Versuchsanordnung berücksichtigt eine Zeitdauer von 10 Jahren.

Bisher hat das Getreide erst ein Jahr gelagert und ergab bei der Untersuchung, dass es für diesen Zeitraum ziemlich gleichgültig war, ob das Getreide mit der atmosphärischen Luft in Berührung stand oder von derselben abgeschlossen war; ob es mit Kohlensäure gesättigt, oder ob diese entzogen wurde; ob dem Getreide dauernd Wasser entzogen wurde oder nicht.

Eine merkwürdige Beobachtung ist aber bei dieser Gelegenheit gemacht worden, dass nämlich Kalilauge in der einen Kugel des Doppelkölbchens die Keimfähigkeit in der anderen Kugel vollständig zerstört (Stück 46). Es ist noch nicht aufgeklärt, ob hier allein die Wasseraufnahme des Getreides aus der Kalilauge wirksam ist.

6. Allgemeine Schlussfolgerungen.

In vielen Abhandlungen ist die Schädigung des Getreides durch einen Wassertüberschuss besprochen und an der Hand von Beispielen erörtert worden. Erst die Gegenwart des Wassers im Getreidekorn ermöglicht die Umsetzungen. Letztere sind physiologische Vorgänge, d. h. Zusammenwirkungen physikalischer und chemischer Art. Sie sind auf Enzymwirkungen zurückzuführen und diese wieder sind eine Abteilung der katalytischen Erscheinungen, welche auch das gesamte anorganische Gebiet in sich schliessen.

Die Enzymtätigkeit im Getreide ist gemäss dem gegenwärtigen Stande der Forschung besprochen worden. Es wird gezeigt, dass die im allgemeinen schädliche Wirkung der Enzyme durch die Gegenwart von viel Wasser befördert wird, insbesondere auch dadurch, dass letzteres die Vermehrung der Bakterien und Schimmelpilze befördert, welche ihre Enzyme in das Getreidekorn senden und seine Eigenschaften auch ihrerseits schädigen.

Die während des Wachstums vom Klima herrührenden Schädigungen können nicht beseitigt werden, dagegen jene, welche von der Art der Düngung, von der Sortenauswahl usw. herrühren.

Bei der Betrachtung dieser Einzelheiten drängen sich zahlreiche Fragen auf, welche der Erledigung harren, und welche besonders in den letzten Aufsätzen dieser Sammlung hervorgehoben sind.

An dieser Stelle gestatten wir uns, auf eine neue, von Wilh. Ostwald angestellte Betrachtung hinzuweisen, »die von den Physiologen, soweit bekannt, bisher nicht benutzt worden ist und die zu einem Verständnis der Bildung von Stoffen mit hoher, freier Energie im Organismus führt; es ist das die Idee der gekoppelten Reaktionen. Freiwillig verlaufende Prozesse können, wie bekannt, nur zu Produkten mit niederer, freier Energie führen. Während aber das Gesamtergebnis der Reaktion eine Verminderung der freien Energie sein muss, können einzelne Reaktionsprodukte doch eine verhältnismässig höhere, freie Energie annehmen, als ihr unmittelbarer Ausgangsstoff besass, wenn der Unterschied durch einen entsprechend grösseren Verlust seitens der anderen Reaktionsprodukte gedeckt wird. Damit aber ein solcher Vorgang möglich ist, muss er mit den anderen, energieliefernden Vorgängen gekoppelt sein, d. h. er muss mit ihnen in einer unlösbaren, durch eine einzige chemische Gleichung darstellbaren Beziehung stehen.

Durch diese Betrachtung dürfte manches anscheinende Rätsel des Organismus lösbar und ein gelegentlich benutzter Schlupfwinkel des Vitalismus mit dem Licht der Wissenschaft erleuchtet werden.«¹⁾ Wir zweifeln nicht daran, dass derartige gekoppelte Vorgänge im Getreidekorn stattfinden. Vielleicht ist die Stärkebildung bei der Keimung ein solcher Prozess.

Von vornherein ist erkannt worden, dass das Versuchs-Kornhaus an und für sich eine Reihe von Arbeiten, welche für die Praxis der Getreidelagerung wichtig sind, sehr wohl zu erledigen vermag. Die erwähnten Fragen können aber nur in einem Institut ihre Erledigung finden, welches nicht nur die für die wissenschaftlichen Untersuchungen notwendigen Mittel zur Verfügung hat, sondern welches auch einerseits mit der Landwirtschaft, andererseits mit den entsprechenden Industrien, also mit dem Brauereigewerbe, mit dem Müllerei- und Bäckereigewerbe, in enger Verbindung steht. Jede vorteilhafte oder fehlerhafte Massregel in der Landwirtschaft zeigt ihre Folgen in diesen Gewerben. Welcher Art diese Folgen sind, kann nur durch planmässige Untersuchungen in einer Versuchsanstalt erforscht werden, die zugleich befähigt ist, Versuche im Massstabe der Praxis anzustellen.

1) Zeitschrift für physikalische Chemie, 1904. Bd. XLVII, 1. Heft.



Sachregister.

- Abfallverwertung 43.
Ablaufeinrichtung für Getreide 570.
Abwurfwagen, beweglicher — 8.
Amerikanischer Getreidespeicher 50.
— Trockner 90, 151.
Amide 519.
Anbaubedingungen 423, 427.
Anilin zum Vernichten der Getreide-
schädlinge 186, 578.
Antinonin zum Vernichten der Getreide-
schädlinge 185.
Asphalt 347.
Atmung 84, 415, 463, 550.
— des Getreides 126, 522, 544, 579.
— der Gerstenkörner 262.
— der Gerstenkörner, Bestimmung der
Kohlensäure 265.
— der Gerstenkörner, Einfluss der
Feuchtigkeit 261, 272.
—, Einfluss der Desinfektion des Ge-
treides 280.
— —, Einfluss der Kohlensäure 269.
—, Einfluss des vermehrten Sauerstoff-
gehaltes der Luft 275, 279.
—, Einfluss durch Zerstückeln des Ge-
treides 275, 279.
— —, Intensität 271.
—, intramolekulare — 24, 450.
— der Kleie 232.
Aufgaben des Versuchs-Kornhauses 14,
20 u. ff.
Aufschüttvorrichtung 39.
Auslese 452.
—, Wirkung des Trocknens 448.
Auslieferungsbedingungen 17, 18.
Ausputz 12.
Ausspeichern 9.
Auswuchs 21, 58.
Backen 525.
Backfähigkeit 29, 95, 526, 537, 582.
— des in- und ausländischen Getreides
423.
—, Einfluss der schwefligen Säure 422.
—, Einfluss der Trocknung 108, 134, 140.
—, — höherer Temperaturen 466.
—, Schädigung durch Vermischen feuchten
und trockenen Getreides 464, 465.
—, — durch Wasserüberschuss 444, 462,
463.
—, schädlicher Einfluss des Wasserüber-
schusses 541, 546, 555.
Bäckereihefe 526, 528, 549.
Backversuche mit nachgetrocknetem Ge-
treide 131, 132, 133, 134.
Backwert 537.
Bakterienbildung bei gärender Kleie 214.
Bakterien auf Getreide, Proteusarten 210,
211.
Barometer 290.
Bau des Kornhauses 33.
Baupläne für kleine Kornhäuser 50.

- Bekämpfung der Schädlinge 31, 184 usw.
 Betriebsleitung 40.
 Biologie 24.
 Bierhefe 528.
 Bodenbearbeitung 551.
 Böschungswinkel des Getreides 113.
 Braugerste 521.
 —, Lagerung 461.
 — Übersommerung 406, 460.
 Bushel 53, 56, 57.

 Cementbeton 33.
 Chemische Veränderungen des Kornes 27.
 Cyklone 13.

 Dampfkessel 4.
 Dampfspannung des Getreides 26.
 — 84, 87, 284.
 Darrgetreide, Aufbewahrung desselben 148.
 Darmmalz, Herstellung aus Grünmalz durch Getreidetrockner 161, 162, 163.
 Dematium pullulans, Verhalten desselben gegen Jodlösung und bei verschiedenen Temperaturen 211.
 Diastase 517, 518, 549.
 Diffusion der Gase 289.
 — der Wasserdämpfe der Luft 311.
 Diskreditierung des inländischen Getreides 21.
 Drehteller-Einrichtung 40.
 Drehtellersystem 569.

 Einkauf vom Auslande 21.
 Eisensilo 34, 352 usw., 425.
 Eiweis 518, 519.
 Eiweisstoffe, Abbau derselben 463.
 — im Getreide 148, 414, 416.
 Elevator, Kraftbedarf 570.
 Endotrypsin 549.
 Entgranter 55.
 Entspelzmaschine 55.
 Enzyme 415, 416, 430, 517, 520, 524, 528.
 —, Auf- und abbauende 518 u. f.

 Enzyme, Einfluss auf die chemischen und physikalischen Vorgänge im Getreidekorn 462.
 —, Natur derselben 463.
 —, Wirkung derselben 249, 510, 540, 544, 546, 548, 582.
 Erdthermometer 361, 369.
 Ernährungsfrage 21.
 Ernährungsstörungen 21.
 Erntebedingungen 423, 427.
 Fahrstuhl 13.
 Fallrohre 39.
 Festhaltungsvermögen für Wasser 175.
 Festrosten der Körner 13.
 Fette des Kornes 27.
 Feuchtigkeitseinfluss auf Transportbänder 372.
 — — Treibgurte 372.
 — — Treibriemen 372.
 Feuchtigkeitsmesser, Haarhygrometer 370, 372, 577.
 —, Psychrometer nach August 370, 375, 379.
 Feuchtigkeitsmessungen, Anwendung auf die Lagerung des Getreides 385, 386.
 —, Beispiele 379.
 —, Psychrometertafeln 377, 379, 380, 382, 383.
 — mit dem Schleuderpsychrometer 386.
 —, Berechnung mit dem Schleuderpsychrometer 387, 390.
 Feuchtigkeitsmessung (Taupunktmethode) 327.
 —, Verdunstungsmethode 328.
 Feuerversicherung 18.
 Flasche, Mariottesche — 474.
 Fördereinrichtungen 34.
 Förderschnecke 9.
 Fuss (Längenmass) 53.
 Gärung der Kleie, Entstehung derselben, Entwicklung, Lebenstätigkeit 232.
 —, Auftreten von Mikroorganismen 233.
 Gasofen (Siemens) 234.
 Gasolinemaschine 57.

- Gerste, Aufnahmevermögen für Wasser 149, 175, 449.
- Gerstensteuer 112.
- Geruch des Getreides 357.
- Geschäftsordnung 15.
- Gesundheit 20.
- Getreide, Atmung s. Atmung usw.
- , Backfähigkeit 415.
- , Bestimmung des Wassergehaltes 467, 468, 491.
- , Einfluss des Klimas 555.
- , Einfluss der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit 393.
- , Entmischung 578.
- , Erwärmung im Frühjahr und Herbst 339.
- , Folgen des Anfeuchtens 352.
- , Gefahren der Lagerung im Frühjahr 400.
- , gekoppelte Vorgänge 583.
- , Handel nach Trockensubstanz.
- , Kondensationen im Korn s. Kondensation.
- , Lagerungsbedingungen 348, 353, 355, 356, 541, 576.
- , Mahl- und Backfähigkeit 413.
- , minderwertiges und dessen Verwendung 439.
- , physiologischer Zustand 427.
- , Schädigungen 407, 409.
- , Schwitzen 347.
- , Selbsterwärmung s. d.
- , Schutz vor dem Verderben 441.
- , Temperaturbeobachtungen und deren Fehler 363.
- , Temperaturmessungen im Haufen 362, 577.
- , — in Silos 362, 577.
- , Wärmeleitungsfähigkeit 85, 345, 398.
- , Wasseraufnahmebestreben s. d.
- Getreidedarren, Gesichtspunkte für die Konstruktion derselben 151.
- Getreidelagerung, Einfluss auf das Trockengewicht 263.
- Getreidemischung 37.
- Getreidereiniger 56.
- Getreidereinigung 37.
- Getreideschädlinge, Auftreten und Bekämpfung 184.
- , Desinfektion der Säcke im Speicher 195.
- , — von Siloschächten 196, 578.
- , — von Wänden im Speicher 195.
- , Einfluss des Rieselsystems 112, 578.
- , Schutz gegen dieselben beim Ein- oder Verkauf 197.
- , Vorschriften zur Bekämpfung 190.
- Getreideschäler 56.
- Getreidetrockner 58.
- , amerikanischer 90, 151.
- Getreidetrocknung 44, 82, 147, 148, 557.
- im Halm 453.
- , Einfluss auf die Atmung 451.
- , — auf die Backfähigkeit 418, 574.
- , — auf die Keimfähigkeit 459, 554.
- , Einwirkung auf Nachreife und Auslese 448.
- , Kosten derselben 135, 159, 160, 164, 165, 180, 181.
- , Kühlung s. d.
- , Notwendigkeit 416, 437, 573.
- in Russland 154, 417.
- , Der gegenwärtige Stand der — 82.
- , Vorteile für das Getreide 169, 170, 545.
- , — für Brauerei und Mälzerei 455.
- Gewebe, Einfluss der Feuchtigkeit 372.
- Gewicht, 1000 Körner- — 71, 73.
- Glykogen 517.
- Glyzerintrockenschrank 475.
- Grünmalz, Verarbeitung zu Darrmalz mit dem Tüchertrockner 156.
- Haarhygrometer 370, 372.
- Haarröhrchenanziehung 24, 374, 540.
- Handel des Getreides nach Trockensubstanz 555.
- Heeresernährung 32.
- Hefe 511, 527, 549.
- für Backzwecke 526, 528.
- , Gärkraft 549.
- Hektolitergewicht 487.

- Hektolitergewicht, Beeinflussung 489.
 Hitzige Gerste 516.
 — Hefe 521, 548.
 Hitzigkeit 548.
 Höchstspannung des Dampfes 307.
 Holzsilos 34, 425.
 Hopfen 581.
 Hopfendarre „Triumph“, Einrichtung derselben 141.
 Hürdentrocknung 142.
 Hydrolyse 433.
 Hygroskopizität des Getreides, s. Wasser-
 aufnahmebestreben.
- Jalousietrockner** 89.
 Indizierung der Dampfmaschine 572.
- Kalk** 86, 87.
 Kapillarität 24, 374, 540.
 Kartoffeltrocknung 174.
 Kastentrocknung 142.
 Katalyse 547.
 Keimenergie 64, 80, 449.
 Keimfähigkeit 95, 100, 103, 105, 108,
 449, 523.
 Keimfähigkeit unter verschiedenen Be-
 dingungen 506, 582.
 —, Einfluss der Feuchtigkeit 444.
 —, Schädigung durch Schimmelpilze 211.
 —, Einfluss des Schwefelkohlenstoffs
 und Anilins 186.
 —, — der schwefligen Säure 185, 422.
 —, — der Temperatur 274, 279.
 —, — der Trocknung 134, 140, 158, 180,
 573.
 —, Einfluss des Wassergehaltes 273, 279.
 —, Notwendigkeit des Sauerstoffs 449.
 —, Einfluss der Kalilauge 508, 582.
 —, — der Kohlensäure 512, 582.
 —, — des Wasserüberschusses 541, 555.
 Keimung s. Keimfähigkeit.
 Keimkraft s. Keimenergie.
 Klappeneinrichtung 39.
 Kleber 526, 538.
- Kleie 524.
 Kleie, Gärung derselben 213.
 Klima 423, 427.
 Kohlenoxyd, Einfluss auf die Getreide-
 schädlinge 189.
 Kohlensäure, Einfluss auf die Getreide-
 schädlinge 189.
 Kommunizierende Gefäße 295.
 Kondensationen 428, 431, 432, 433, 513.
 Konservieren des Getreides 112.
 Kontrolle in der Praxis 28.
 Körnerdarre 65, 89 s. a. Trockner.
 Körnergewicht, 1000- — 71, 73.
 Körnerzähler 1000 485.
 Korntrocknung s. Trocknung.
 Kraftbedarf 572.
 Kraftverbrauch 100.
 Kühlmaschine 87.
 Kühlung des Getreides 26, 84, 102, 105,
 120, 127, 135, 149, 410.
 —, Notwendigkeit derselben 154.
- Laboratorium** 12.
 Lage des Kornhauses 1.
 Lagerfester Zustand 22 s. a. Lagerfestigkeit.
 Lagerfestigkeit 10, 23, 27.
 Lagergeld 17.
 Lagerhäuser 82.
 Lattennagelung 3.
 Leistungsfähigkeit der Trockner 11, s. a.
 Trockner.
 Lipase 517, 518, 549.
 Lof 68.
 Luftdruck 290 usw.
 Luftdruckänderung, Wirkung auf Ge-
 treideschädlinge 189.
 Luftfeuchtigkeit, Einfluss auf Treibriemen
 usw. 372, 375.
 — in Kornhäusern 399.
 Luftmenge zur Trocknung 25, 125.
 Lüftung 10, 80.
 — als Schutz gegen Getreideschädlinge
 188.
 Lüftungsförderung 41.
 Lüftungstrocknerei 121.

- Mais, Selbsterwärmung** 256.
Malz, Temperaturen beim Lagern 349.
 — Wasseraufnahmebestreben 351.
Malzsteuer 112.
Mehl, Backfähigkeit 416, 538.
 —, muffiges 29.
 —, schimmeliges 29.
 —, Wasseraufnahmefähigkeit 582.
Membran 24.
Mikroben auf dem Getreide, Arten 199.
 — —, Anzahl 205, 579.
 — —, Isolierung und Zählung 199, 203, 579.
Militärmagazine 112.
Muffiges Mehl 29.
- Nachreife** 347, 348, 523, 543.
 —, Wirkung des Trocknens 448.
Nachtarbeit 35.
Nationalvermögen 20.
- Oberflächenspannung** 24.
Ökonomie der Trockner 11 s. a. Trocknungskosten.
Öle des Kornes 27.
Orsatz, Apparat zur Ermittlung von Kohlensäure und Sauerstoff 229.
Osmose 24, 450.
Oxydasen 517, 518, 549.
- Pellagrakrankheit** 434.
Peptase 517, 527, 548.
Pflanzenwachstum 550.
Physiologische Vorgänge 28, 547, 582.
Physiologischer Zustand 23, 427, 516, 537, 540.
 — — des Getreides 82, 85, 520.
 — — des Mehles 516, 547.
Reifen des Getreides 521.
Präzisionshahn 469.
Proteingehalt des Getreides s. Eiweissgehalt.
Psychrometer 329, 370, 375, 379.
Psychrometertafeln 377, 379, 380, 382, 383.
Pyrophore Kohle aus Kleie 226, 251.
 — — aus Heu 250.
- Raumtrocknerei** 123.
Reaktion 24.
 —, spezifische 29.
Reifen des Getreides 521.
Reinigungsanlage 22.
Reservestoffe 27.
Riege 59, 61.
Rieseleinrichtung, Schutz gegen Getreideschädlinge 188, s. a. Rieselspeicher.
Rieselspeicher 32, 112, 113, 569.
Rieselsystem s. Rieselspeicher.
Röhrenkessel 4.
Rösten des Getreides 479.
Rübensamen 95, 562.
Rüsselkäfer (Calandra granaria) 184.
- Saatgetreide** 108, 109.
Sauerstoff, Einfluss auf die Atmung des Getreides 275, 279.
 —, Notwendigkeit bei der Keimung 449.
 — bei der Atmung 518.
Schädlinge des Getreides s. Getreideschädlinge.
Schaulöcher 11.
Schmalkäfer (Sylvanus frumentarius) 184.
Schnelligkeit der Trocknung 25.
Schiffsbecherwerk 7.
Schiffsselevator 38.
Schimmelbildung 21, 34, s. a. Mikroben.
 — bei gärender Kleie 215.
Schimmeliges Mehl 29.
Schimmelpilze auf Getreide (Dematium pullulans) 211.
Schleuderpsychrometer 386, 387, 390.
Schüttböden 22.
Schüttbrett 66, 94.
Schwefelkohlenstoff zum Vernichten der Getreideschädlinge 186, 578.
Schweflige Säure 185, 422.
Schweissbildung, Verhütung 401.
Schwitzen 347.
Selbstentzündung pflanzlicher Nähr- und Futterstoffe 212.
 — von Kleie 216.

- Selbstwärnung 27, 34, 42, 254, 368, 576, 579.
 — von Mais 256.
 — —, Temperaturbeobachtungen 257.
 — —, Wassergehalt 261.
 —, Beseitigung 405.
 — in Siloschächten 426.
 Sheller 57.
 Siebtrockner 94.
 Silo 3, 82, 569, 576, s. a. Holzsilos, Eisensilos.
 —, Vertreibung des Ungeziefers 187.
 —, Vorzüge 407.
 Siloschächte, Temperaturmessung des Getreides 280.
 — s. Silo.
 Silosysteme s. Silo.
 Sortenauswahl 423.
 Sortierer „Herkules“ 48, 571, 575.
 Sortierung 36.
 Spannung des Wasserdampfes (Tabelle) 301.
 Spannvorrichtung 38, 871.
 Spezifische Wärme 243, 317, 324.
 — des Getreides 123.
 Spiritusbrenner 474, 501.
 Stärkemehl 519.
 Staubabsaugevorrichtung 40.
 Staubsammler, Cyklone 13.
 Stockthermometer 359, 362, 369.
 Stoffwechsel 24, 84.
 Tarif für Lagerung usw. 19.
 Taubildung, Verhütung 401.
 Taupunkt 306, 311, 313.
 Temperaturänderungen im Getreide 353, 576.
 Temperaturgrenze für Backfähigkeit 25, 573.
 — für Keimfähigkeit 573.
 Temperaturmessung 42.
 — von Getreide in Silos 280.
 Terpen 27.
 Terrast 33, 570.
 Thermometer für Temperaturmessungen im Getreide 359 usw.
 Toluol-Trockenschrank 475.
 Transportbänder s. Feuchtigkeitseinfluss.
 Treibgurten s. Feuchtigkeitseinfluss.
 Treibriemen s. „
 Trieur 38.
 Trockensubstanz, Bewertung 567.
 Trommelmälzerei 88.
 Trommeltrockner 103, 573, s. a. Trockner.
 Trockenschrank 12.
 Trockenschranke, Einfluss der Lüftung 480.
 —, Einrichtung 469, 473, 475.
 —, Versuche 477.
 Trockner 45, 90, 96, 103, 524.
 —, amerikanischer 101.
 —, Berechnung der Trocknungskosten 114, 115, 166.
 — von Büttner 179.
 — auf Klostersgut Hadmersleben 118, 159.
 —, leistungsfähige in der Praxis 174.
 — von Lockwood 104.
 — in Loitz 70.
 — von Dr. Möller und Prof. Pfeiffer 112.
 — der Gesellschaft „Orkan“ 109.
 — von Otto 104.
 — von Passburg, Vakuumtrockner 106.
 — von Richter 155.
 — von Seck-Dresden 108.
 — im Versuchs-Kornhause 114, 115, 116, 169.
 — der Zuckerfabrik Kl. Wanzleben 116, 117, 118.
 Trocknung des Getreides 17, 70.
 — auf Darren 111.
 — auf endlosen Tüchern 97.
 — auf Gut Munalas 61.
 — der Luft 86.
 Trocknungsmethode des Lagerhauses in Königsberg 111.
 Trocknungstemperatur 25, 573 usw.
 Trocknungsverfahren, physikalische Untersuchung derselben 121.
 Trocknungsversuche an Getreide 139.
 Tüchertrockner 70, 71, 79, 81, 100, 155, 573.
 —, Anlagekosten derselben 158.
 —, Betriebskosten 159.
 Trockner, Versuche mit demselben 155, 156, 157, 158, 159, 160.

- Übernahmebedingungen 17.
 Übertragung 17.
 Umarbeiten 10, 569.
 Umarbeiten von Getreide in Silos 580.
 Umarbeitung des Getreides, Schutz gegen
 Getreideschädlinge 188.
 Ungeziefer s. Getreideschädlinge.
 Vakuumtrockner 119.
 —, Untersuchung derselben 128.
 Vakuumtrocknung, Vorzug derselben für
 Getreide 127.
 Ventilation 102.
 Ventilator 25, 100, 473, 474.
 Veränderungen des Getreides bei der
 Lagerung 27.
 Verbesserung schlechten Getreides 31, 437.
 Verbrennungswärme von Kleie 238.
 Verdampfungswärme 123, 324.
 Verdunstungskälte 315.
 Vergleichende Versuche von Lagerungs-
 methoden 14.
 Verkehrsbedingungen 18.
 Verkohlung organischer Substanzen 236.
 Verladung in loser Schüttung 9.
 Verregnen des Getreides 20.
 Versuchsanstalt für Brotgetreide 514,
 535, 553.
 — für Müllerei 529.
 Versuchsbäckerei 30.
 Versuchs-Kornhauses, Aufgaben des — 14,
 529, 560, 568, 583.
 Versuchs-Kornhaus, Bau und innere Ein-
 richtung 569.
 —, Beobachtungen in demselben 330, 540,
 573.
 —, Feuchtigkeitsverhältnisse 576.
 —, geschäftliche Lage 568.
 —, maschinelle Einrichtung 570.
 —, Temperaturbeobachtungen 576.
 —, Trocknungsversuche 573.
 Versuchsmühle 30, 530.
 Versuchstrockenraum 11.
 Verstopfungen im Silo 13.
 Verwertbarkeit des Getreides 27.
 Volkskraft 21.
 Volksvermögen 21.
 Wärme bei der Gärung 518.
 —, spezifische — 123, 243 324.
 —, Wesen derselben 317.
 Wärmeausnutzung 102.
 Wärmeeinheit 324.
 Wärmeleitung des Getreides 85, 345, 398.
 — der Kleie 248.
 Wärmequellen bei der Selbsterhitzung
 von Kleie 231.
 Wärmeverlust, Berechnung desselben 138.
 Wasseraufnahmebestreben des Getreides
 149, 175, 342, 449 usw.
 — des Malzes 351.
 Wasserbedürfnis des Getreides 149, 175,
 342, 449 usw.
 Wasserbestimmer nach J.F. Hoffmann 500.
 —, von Knöfler 484.
 Wasserbestimmung in Körnerfrüchten 30,
 31, 71, 467, 468, 494.
 — — mittels Exsikkator 469.
 Wasserbestimmung, relative durch 1000
 Körnergewicht 484.
 — im Getreide 494.
 — im Grünmalz 498.
 — im Malz 497.
 Wasserdampf, ungesättigter und über-
 hitzter — 304.
 — in der Luft, Bewegung desselben 310.
 Wassergehalt des Getreides 487, 563.
 — der Luft, absoluter — 308.
 — —, Bestimmung desselben 314, 315.
 — —, (relativer) 309, 581.
 — —, Bestimmung desselben 315, 580.
 Wiedergewinnung der gebrauchten Öle 501.
 Wasserkammer 4.
 Wasserrohre 4.
 Wasserverdunstung 10.
 Wasserverlust 95.
 Zoll, Längemass 53.
 Zustand des Getreides 10.
 —, lagerfester — 10.
 —, physiologischer — des Getreidekornes
 82, 85.
 Zymase 518, 527, 549.

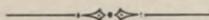
Namen- und Firmenregister.

- Albert, (Halle) 130.
 Albert, (Münchenhof) 130.
 Angele 46, 70, 97.
 Assmann 329.
 August 329, 370.
Behrendt 536.
 Berg, Fr. 147.
 Berthelot 87.
 Bischkopff 448.
 Bonnier 263.
 Bothner 41.
 Brand 212.
 Bredig 431.
 Brügge 36, 48, 571, 575.
 Buchner 518.
 Burlakow 277.
 Büttner 46, 178, 574.
 Büttner & Meyer, s. Büttner.
Cohn, F., 233.
 Correll, Friedrich 90, 150.
 Coupin 274.
Daniell 328.
 Dankwort 46, 96.
 Delbrück 414, 514, 547, 549, 563.
 Detmer 263.
 Dinglinger 1, 12, 38, 46, 471.
 Döbereiner 328.
 Duckham 44.
Edler 422.
Fischer 46, 413, 419, 514, 536.
 Fleurant 413, 539.
 Freund & Co. 573.
 Fuess 386.
Gasch, C. 141.
 Gisevius 422, 551.
 Grellert, W. 122.
 Grünzweig & Hartmann 5.
 Grüss, J. 432.
Hamann, G., 413, 421.
 Haase 523.
 Hauschild 47.
 Hayes 50.
 Hecking 46.
 Hoffmann, J. F., 413, 490, 506, 522,
 524, 529.
 Holzner 512, 513.
 Hueck, von 61.
Jelineck 308, 377, 379.
Kalker Trieurfabrik 38.
 Kapler 46.
 Kayser 37.
 Kochs 263.
 Kickelheyn 484.
 Klaiber 536.
 Knöfler 484.
 Kolkwitz, R. 262, 451, 522.
 Konstein 525.
 Kosutany 542.
 Kreusler 121, 132, 413.
 Krüger 38.
Liliental 33.
 Lindner 197, 199.
 Lockwood 105.
 Love & Savage 55.
 Lorenz, Hans 121, 130.
 Luther 46, 103.
Maercker 536.
 Marienhagen, G. 254, 483, 490, 503.
 Mariotte 474.
 May, F. H. C. 101.
 Medem 237, 247.

- Meister, Th. 141.
 Meyen 64.
 Meyer 536.
 Mix & Genest 13.
 Möller 112.
 Müntz 263.
- Nolting 46.
- Orsat 229.
 Ostwald, W. 583.
 Otto 46.
- Passburg 46, 106, 119.
 Petry & Hecking 46.
 Pfeiffer 112.
- Ranke 226, 250.
 Régnauld 328.
 Reuther & Reisert 7.
 Richter, G. 45, 155, 166, 177.
 Ritthausen 539.
 Rodewald 428.
 Rothmund 249.
- Saare 71.
 Schellhorn 435.
 Schiller 130.
 Schiemenz, P. 186, 190.
- Schindler 422, 551.
 Schneidewind 536.
 Schönfeld 444.
 Schulze, J. H. 494, 503, 506.
 Schütt 82, 85, 112.
 Seck 46, 94, 108.
 Siemens & Halske 5.
 von Sivers-Heimthal 65, 70, 89, 90.
 von Sivers, Jégor 65, 70.
 Stackelberg 64, 70.
 Stefan 326.
 Steinmüller, C. u. L. 4.
 Stohmann 238.
 Streubel, Hermann 1.
- Thausing 58.
 van Tieghem 263.
- Unruh u. Liebig 374.
- Venuleth & Ellenberger 177.
- Wandelt, O 447.
 Winde, Oswald 189.
 Windisch 435, 445, 448.
 Wittmack 419, 529.
 Wohltmann 226, 250.
 Wollny, E. 401.

Verbesserungen.

Seite		statt	ist zu lesen
14	Nachträge 2	31	14
32	" 1	26	9
32	" 2	37	40
487	Überschrift	42	41
489	"	43	42
494	"	44	43
496	letzte Reihe	46 II	45 II



Druck von Gebr. Unger in Berlin, Bernburger Strasse 30.

Verzeichniss

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

Institut für Gärungsgewerbe Berlin N. 65, Seestrasse

in Verbindung mit der Königlichen Landwirtschaftlichen
Hochschule.

Vollständige Ausbildung in den techn. Gewerben.

Brauerei, Mälzerei, Brennerei, Kornbrennerei
und Presshefefabrikation, Stärke-, Stärkezucker-,
Dextrin-, Essigfabrikation.

56 wissenschaftliche Beamte. ❀ **Jährliche Schülerzahl 400.**

Technisch-wissenschaftliche Laboratorien und Versuchsfabriken
für alle in Betracht kommenden Gewerbe.



Versuchs-Kornhaus.

Berlin NW. 40, Haidestrasse.

Auskunfterteilung, Prüfung von Maschinen usw.,
Taxierung
der maschinellen Einrichtung von Kornhäusern,
Begutachtung von Kornhaus-Plänen,
Prüfung von Kostenanschlägen für Kornhaus-
einrichtungen insbesondere für Trockenanlagen
(auch Kartoffel- und Universal Trockner)
übernimmt das Versuchs-Kornhaus.



	Preis für		1 Stück		3 Stück	
	Mk.	Pf.	Mk.	Pf.	Mk.	Pf.
Apparate für Kornhäuser.						
Luftthermometer 0—50° C. in $\frac{1}{4}^{\circ}$	2	—	4	50		
Stockthermometer in Stahlhülse, mit Stahlspitze und Messingoberteil. 82 cm bis zum Messingflansch (Bei anderen Längen tritt entsprechende Preiserhöhung od.-Erniedrigung ein)	18	—	51	—		
Thermometer für Getreidetrockner, bis 120° C. anzeigend	4	—	10	50		
Feuchtigkeitsmesser (Schleuderpsy- chrometer) einschl. Gebrauchs-anw.	6	—	15	—		
Trockenschrank aus Kupfer mit Vier- fuss, 30 : 20 : 20 cm	65	—	—	—		
1 Gasbrenner dazu	1	—	3	—		
Schlauch hierzu pro Meter	3	—	—	—		
1 Thermometer 0—200° C. hierzu	4	—	—	—		
Hoffmann's Wasserbestimmer	60	—	—	—		
Keimapparat nach Schönfeld	20	—	—	—		
Brauer's Getreideprüf. z. Bestimm. d. Hektol.-Gew. d. Gerste, inkl. Tab.	38	—	—	—		
Getreideprüfer n. d. Normaleichungs- Kommission nebst Eichgebühr	57	30	—	—		
Gerstenschneider nach Pohl	20	—	—	—		
„ „ Grobecker	16	—	—	—		
„ „ Heinsdorf	15	—	—	—		
Ein Gerstensortiersieb mit Turbinen- Antrieb nach Goldiner (Schlitz- weite 4,4, 2,3 u. 1,7 mm)	120	—	—	—		
Dasselbe nach Prof. Vogel (Schlitz- weite 2,8, 2,5, u. 2,3 mm)	100	—	—	—		
1 Satz v. 4 dreieckig. Gerstenschalen a. stark. Weissbl. f. Mustervergleich.)	4	50	—	—		
1 Getreidestecher (Kahnstecher)	30	—	—	—		

Zu beziehen durch das **Versuchs-Kornhaus.**

S. 61



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299165