WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 6435

L. inw. .....

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej
100000299267

151

Die

Holzkonservierung im Hochbaue.

Die

Holzkonservierung im Hochbaue

mit besonderer Rücksichtnahme auf die

Bekämpfung des Hausschwammes.

Von

Basilius Malenković

k. u. k. Hauptmann im Technischen Militärkomitee in Wien,
Rat des k. k. Patentamtes in Wien.

Mit 39 Abbildungen.

WIEN UND LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1907.

(ALLE RECHTE VORBEHALTEN.)

BIBLIOTEKA
KRAKÓW
Politechniczna
II 6435

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme, Wien.

Vorwort.

Ein Buch, welches die Holzkonservierung im Hochbaue erschöpfend behandelt, existierte bisher nicht.

Ja es war bisher geradezu der Begriff: „Holzkonservierung im Hochbaue" ein wenig gebrauchter.

Wohl verwendete man auch bisher einzelne antiseptische Stoffe zur Holzkonservierung im Hochbaue, doch meist in rein empirischer Weise, ohne Erkenntnis des Wertes dieser Mittel, ohne genaue Erkenntnis des Zweckes, der durch diese Stoffe erreicht werden soll.

Was ist natürlicher, als daß die Wahl mitunter auf ein ganz ungeeignetes Mittel fiel, daß derlei Mittel oft in einer wenig zweckentsprechenden Weise verwendet wurden, ja, daß oft durch Holzkonservierungsmittel geradezu mehr Schaden als Erfolg erzielt wurde.

So schwand unverdienterweise das Vertrauen in diese Mittel.

Vorliegendes Buch stellt die zweite, sehr stark erweiterte Auflage einer vom Verfasser herausgegebenen Schrift „Zur Lehre und Anwendung der Holzkonservierung im Hochbaue"[1]) dar.

Diese im Jahre 1904 erschienene Schrift fand in den beteiligten Kreisen lebhaften Anklang und wurde auch in Fachwerken, z. B. Lafars technischer Mykologie, Band III, von Professor Freiherr v. Tubeuf, im großen in Frankreich erschienenen Werke von J. Beauverie „Le Bois", wiederholt erwähnt.

---

[1]) Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens 1904, Heft IV und V.

Diese Anerkennung der Arbeiten, der rasche Verkauf der im Buchhandel erhältlichen Sonderabdrücke, vielfache Anfragen usw., veranlaßten zur Herausgabe vorliegenden Buches.

Gegenüber der Kritik muß der Verfasser ein gewisses Wohlwollen in Anspruch nehmen.

Der Verfasser dieses Buches sollte Bautechniker, Chemiker, Mykologe (Botaniker) in einer Person sein. Diesen Anforderungen zu entsprechen ist schwierig.

Insbesondere gehen demselben botanische Kenntnisse ab.

Nichtsdestoweniger vermag derselbe alles, was er im vorliegenden Buche schrieb, zu vertreten. Der Leser wird im Buche wenig Angaben finden, von deren Zutreffen der Verfasser sich nicht entweder durch Versuche oder Beobachtungen überzeugt hätte.

Dieser darf darum Anspruch auf Originalität des behandelten Gegenstandes, Originalität der Darstellung, machen.

Man wird im Buche eine große Lücke finden. Die Anatomie des Holzes fehlt. Wer diese Lücke ausfüllen will, der findet in Wiesner: „Rohstoffe des Pflanzenreiches" und vielen anderen Werken genügend Angaben.

Der Verfasser fühlte sich bezüglich dieses Kapitels nicht genügend als Fachmann.

Inwieweit demselben die gestellte Aufgabe: Ein Buch zu schreiben, das den beteiligten Kreisen wirklich von Nutzen ist, gelang, vornehmlich das möge den Gegenstand einer wohlwollenden Kritik von berufener Seite bilden. Allen Herren, die denselben in irgendwelcher Art unterstützten (Zusendung von Sonderabdrücken, briefliche und mündliche Mitteilungen, Zusendung von Holz- und Pilzproben), dann der Verlagsbuchhandlung für das stets bewiesene Entgegenkommen, sagt dieser seinen verbindlichsten Dank.

Das Quellenverzeichnis ist weit davon entfernt, vollständig zu sein! Nichtsdestoweniger dürfte es Nutzen bringen.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht.

I. Hauptstück.

Allgemeiner Teil.

I. Abschnitt.

Die Chemie des gesunden Holzes.

Seite

1. Die Kohlenhydrate des Holzes 4
   A. Kohlenhydrate mit 6 Kohlenstoffatomen (Hexosane) 4
      a) Dextrose und die von ihr abgeleiteten Kohlenhydrate 5
      b) Lävulose und ihre Abkömmlinge 6
      c) Mannose und Abkömmlinge 7
      d) Galaktose und Abkömmlinge 9
   B. Kohlenhydrate mit 5 Kohlenstoffatomen (Pentosane) 9
   C. Methyl-Pentosane 12
      Anhang. Gemischte Kohlenhydrate 13
2. Die Ligninstoffe 13
   A. Angaben französischer Forscher 13
   B. Anschauungen deutscher und sonstiger Forscher 15
3. Sonstige organische Stoffe im Holze 18
   Art der Bindung der im Holze vorkommenden organischen Stoffe . 18
4. Die chromogenen Substanzen des Holzes 20
   A. Versuche von Prof. Dr. Friedrich Czapek 21
   B. Versuche von Privatdozent Dr. Viktor Grafe 21
5. Mineralische Stoffe [Die Aschenbestandteile und die Asche des Holzes] 23
6. Der Holzextrakt 25

II. Abschnitt.

Reaktionen der Holzsubstanz. Bestimmung einzelner Bestandteile des Holzes.

1. Reaktionen auf Holzsubstanz überhaupt 28
2. Furfurolreaktionen 34

Seite
3. Oxydations(Reduktions-)reaktionen 36
a) Die Mäule-Reaktion 36
b) Andere Oxydationsreaktionen 37
c) Oxydation mit alkalischen Kupfer- und Silbermischungen . . 37
4. Nesslers Reagens 38
5. Reaktionen mit Kalilauge und Ammoniak 38
6. Reaktionen auf Cellulose 38
Quantitative Bestimmung der Cellulose 39
a) Schulze-Henneberg-Methode 39
b) Methode Lange 41
7. Quantitative Bestimmung des Xylans 41

III. Abschnitt.

Zersetzungen (Gärungen) einzelner Holzbestandteile.

1. Cellulosegärungen 42
A. Anaerobe Cellulosegärungen 44
B. Aerobe Cellulosegärung 45
C. Anaerobe Cellulosegärungen durch denitrifizierende Bakterien . . 45
D. Aerobe Gärung der Cellulose durch denitrifizierende Schimmelpilze 46
Anhang. Prüfung auf Verschwinden des Nitrates, beziehungsweise auf Eintritt von Denitrifikation 46
1. Diphenylaminprobe 46
2. Schaumprobe 46
Gärungen anderer Hexosen 47
2. Xylangärungen 47
A. Anaerobe Xylangärung 47
B. Anaerobe Gärungen durch denitrifizierende Bakterien 47
C. Aerobe Gärungen durch Bakterien 48
D. Normale Schimmelpilzgärung 48
E. Schimmelpilzgärung durch denitrifizierende Schimmelpilze . . . 48
Gärungen anderer Pentosane 48
3. Gärungen des Holzextraktes 48
A. Normale Bakteriengärungen 49
B. Bakteriengärungen bei neutralisiertem Holzextrakt 49
C. Vergärungen durch denitrifizierende Bakterien 49
D. Normale Schimmelpilzgärung 50
E. Schimmelpilzgärung durch denitrifizierende Schimmelpilze . . . 50
4. Gärungen der Holzsubstanz 50
5. Gärungen der Ligninsäuren 50

II. Hauptstück.

Zerstörungsursachen des Holzes.

IV. Abschnitt.

Allgemeines über die Zerstörungsursachen des Holzes.

Seite

1. Wirkungen des Wassers 53
2. Wirkungen des Sauerstoffes der Luft 55
3. Wirkungen von Atmosphärilien überhaupt 56
4. Wirkungen chemischer Stoffe 57
5. Infektion des Holzes 60

V. Abschnitt.

Zerstörung des Holzes durch Pilze und andere Pflanzen. Einleitung. Symbiosen und Metabiosen. Unterschied zwischen Schimmelpilzen und echten Holzzerstörern.

A. Bakterien 63
Künstliche Zucht der Bakterien des Holzes 66
Eigenschaften der Bakterien des Holzes 67
B. Hefen 68
C. Schimmelpilze 68
D. Echte Holzzerstörer 70
E. Sonstige Pflanzen 70

VI. Abschnitt.

Allgemeines über eigentliche Holzzerstörer (Xylophagen, Holzfresser, echte Holzzerstörer).

A. Definition. Chemie der Holzzerstörer. Chemisch-physikalische Untersuchung des von Holzzerstörern zerstörten Holzes 71
1. Spezifisches Gewicht 74
2. Auslaugung mit konzentriertem Ammoniak 75
3. Extraktion mit Natronlauge 75
4. Bestimmung der Stoffe der Xylangruppe 75
5. Cellulosebestimmungen 76
6. Farbstoffreaktionen 77
7. Reduzierende Eigenschaften (reduzierende Stoffe) 77
B. Vorkommen der Holzzerstörer. Art der Einschleppung in Gebäude . 77
C. Lebensbedingungen der holzzerstörenden Pilze 78
1. Nahrung 78
2. Wasserbedürfnis 78

Seite
3. Luft(Sauerstoff-)bedürfnis 79
4. Licht 80
5. Wärmebedürfnis 80
6. Abhängigkeit des Wachstums von der Jahreszeit 80
7. Sporenkeimungen 82
a) Abwesenheit fremder Keime 82
b) Reifezustand des Sporen 85
c) Kondition der Sporen 85
d) Licht 85
e) Sauerstoff 85
f) Alter der Sporen 85
g) Einfluß der Jahreszeit 85
h) Temperatur 85
i) Der Nährboden für Keimungen 86
D. Künstliche Zucht der Holzzerstörer 86
Zucht auf künstlichem Nährboden 93
a) Zucht aus Sporen 93
b) Zucht aus Mycel 93

VII. Abschnitt.

Einige Andeutungen über die mikroskopische Anatomie der Holzzerstörer. Übersicht der Holzzerstörer.

I. Das Mycel 95
a) Das Holzmycel 95
b) Das Luftmycel 98
1. Strangmycel 98
2. Das eigentliche Luftmycel 99
Verharzung 101
Braunfärbung 102
Zellfusionen. Die Schnallenzellen 103
II. Übersicht der Holzzerstörer 104

VIII. Abschnitt.

Der echte Hausschwamm.

A. Name des Hausschwammes 107
B. Vorkommen des Hausschwammes 107
C. Das Aussehen (die Morphologie) des Hausschwammes 111
I. Das Luftmycel 112
a) Watteförmiges, flaumartiges Mycel 112
b) Polsterförmiges, faseriges, flockiges, faltenförmiges, fleischiges Mycel 113
c) Hautartiges, blattartiges Mycel 114
d) Netzförmiges, aderförmiges, blitzartiges Mycel 115

Seite
e) Strangförmiges Mycel (wasserführende Stränge) 118
Die Farbe des Mycels 118
II. Fruchtträger 121
D. Mikroskopische Anatomie des Hausschwammes 123
E. Lebensbedingungen des Hausschwammes 123
I. Lebensbedingungen des Mycels 124
1. Nahrung 124
2. Wasserbedürfnis 125
3. Luft(Sauerstoff-)bedürfnis 125
4. Licht 126
5. Wärmebedürfnis 126
6. Abhängigkeit des Wachstums von der Jahreszeit 130
II. Bedingungen der Fruchtträgerbildung 130
III. Bedingungen der Sporenkeimung 132
F. Chemische Zusammensetzung des Hausschwammes 132
1. Wassergehalt des Hausschwammes 133
2. Asche 133
3. Cellulose (Pilzcellulose) 135
4. Sonstige Kohlenhydrate 136
5. Organische Säuren 136
6. Fette 136
7. Harze 137
8. Eiweißstoffe 137
9. Fermente (Enzyme) 137
G. Chemische Wirkungen des Hausschwammes auf das Holz 137
a) Ligninstoffe 139
b) Xylan 139
c) Cellulose 139
H. Physikalische (mechanische) Veränderungen des Holzes (Zerstörungserscheinungen des Holzes) 140
I. Der Hausschwamm vom Standpunkte der Gesundheitslehre (Hygiene) 143
K. Über die Art der Einschleppung des Hausschwammes in Gebäude . 146
L. Der Hausschwamm in Gebäuden 150

IX. Abschnitt.

Andere Holzzerstörer.

Basidiomyceten 156
I. Familie der Polyporeen 156
1. Gattung Merulius 156
2. Gattung Polyporus 156
A. Polyporus vaporarius 156
1. Palmenartig verzweigtes Mycel 158
2. Eisblumenartig verzweigtes Mycel 158
3. Blitzartiges Mycel 159

Seite
4. Echte Stränge 160
5. Baumwollartiges Mycel 161
Fruchtträger 161
Bedingungen der Sporenkeimung 165
B. Polyporus ignarius 166
3. Gattung Trametes 167
A. Trametes stereoides (Daedalea mollis) 167
B. Trametes radiciperda [R. Hartig] = Polyporus annosus [Fries] = Heterobasidion annosum 168
C. Trametes odorata 168
4. Gattung Daedalea 169
Daedalea quercina 169
II. Familie der Tremellineen 169
5. Gattung Tremella 169
Tremella faginea 169
III. Familie der Telephoreen 170
6. Gattung Telephora 170
A. Corticium giganteum 170
B. Corticium putaneum (Coniophora cerebella) 170
Vorkommen 170
Beschreibung des Mycels 171
a) Formloses Mycel 171
b) Mycelflocken 171
c) Mycelstränge 171
d) Konsistentes Mycel (Mycelhäute) 171
Die Fruchtträger 171
Die Sporen und ihre Keimungsbedingungen 174
Zucht des Mycels auf künstlichem Nährboden 177
Die Art der Holzzerstörung 177
7. Gattung stereum 179
Stereum purpureum (Pers) 179
IV. Familie der Agaricineen 179
8. Gattung Lenzites 179
A. Lenzites sepiaria 179
B. Lenzites abietina 181
9. Gattung Agaricus 181
A. Agaricus melleus (armillaria mellea Hallimasch) 181
a) Die Rhizomorphen 182
b) Fadiges Mycel 183
Künstliche Zucht des Mycels 183
Lebensbedingungen des Mycels. Das Leuchten . . . 183
Die Fruchtträger 184
Bedingungen der Sporenkeimung. Zucht auf künstlichem Nährboden 184
B. Agaricus disseminatus 185
10. Gattung Paxillus 185
Pacillus acheruntius 185

Seite
11. Gattung Lentinus 185
Lentinus squamosus 185
12. Gattung Schizophyllum 185
Schizophyllum commune [Fries] = Erlenspaltblatt 185
Anhang 185
I. Staubige Verwesung 185
II. Trockenfäule 185
III. Rotstreifigkeit 186
IV. Vermucken des Holzes 186
V. Vergrauen des Holzes 186
VI. Bräunung des Holzes 186
VII. Blauwerden des Holzes 187
VIII. Rotfäule 187
IX. Grünfäule des Holzes 187

X. Abschnitt.

Die Zerstörung des Holzes durch Tiere.

Ad 1. Große Holzfeinde 190
Ad 2. Kleine Holzfeinde 191
Maßnahmen gegen Holzbohrkäfer 192
A. Maßnahmen ohne antiseptische Stoffe 192
B. Maßnahmen mit antiseptischen Stoffen 192

XI. Abschnitt.

Einfluß der Fällzeit auf die Qualität des Holzes. Unterschied zwischen Splint und Kern. Bonität des Holzes. Erkennung infizierten Holzes.

Bestimmung der Güte des Holzes. Bestimmung des Grades an Zerstörung 196
Untersuchungen eingelieferten Holzes. Feststellung von Holzzerstörern 198

III. Hauptstück.

Die Konservierung des Holzes.

XII. Abschnitt.

Die Mittel der Holzkonservierung.

a) Ölige Imprägnierung 205
b) Versteinerung 206
c) Auslaugung 207

Seite
α) Entfernung des Holzextraktes durch Überleitung von Wasserdampf 208
β) Kochen des Holzes 208
γ) Flößen, Aufbewahren unter Wasser, Auslaugen 208
δ) Vergärung des Holzextraktes 209
Kritik der Holzkonservierungsmittel 210

XIII. Abschnitt.

Bauliche Maßnahmen gegen das Auftreten von Holzzerstörern. Beispiel einer Assanierung bei festgestelltem Holzzerstörer.

Maßnahmen bei festgestelltem Holzzerstörer 213

XIV. Abschnitt.

Weitere Maßnahmen vor, während und nach einem Baue. Rechtliche Fragen.

a) Wahl des Konstruktionsmateriales 217
b) Allgemeine Maßnahmen bei Neubauten und Umbauten 218
c) Über den Bezug von Holz 218
d) Maßnahmen zwecks zeitgerechter Feststellung des Vorhandenseins holzzerstörender Pilze in Gebäuden 219
e) Maßnahmen bei festgestellten Holzzerstörern 220
f) Maßnahmen nach beendigtem Baue 221

XV. Abschnitt.

Anforderungen an die zur Holzkonservierung benutzten antiseptischen Mittel.

1. Hohe Wirksamkeit 222
2. Beständigkeit 224
3. Geruchlosigkeit 226
4. Gefällige Farbe des Konservierungsmittels 226
5. Ungiftigkeit 226
6. Durchlässigkeit für Luft und Wasser 227
7. Das Holzkonservierungsmittel darf die Holzfaser nicht zerstören . 227
8. Billigkeit 227
9. Wasserlöslichkeit 227
10. Leichtes Eindringen in das Holz 228
11. Schwere Auslaugbarkeit 229
a) Fixierung bei Phenolen 229
b) Fixierung bei Fluorverbindungen 230
12. Einfachheit in der Verwendung 231

XVI. Abschnitt.

Prüfung der für Holzkonservierungszwecke verwendeten Antiseptika.

Seite
Ad 1. Vergraben in Erde oder Dünger 236
Ad 2. Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Schimmelpilze 239
Ad 3. Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen holzzerstörende Pilze (echte Holzzerstörer) 244

XVII. Abschnitt.

Wie verwendet man die antiseptischen Mittel?

A. Wasserlösliche antiseptische Stoffe 257
ad *a)* Anstriche 257
ad *b)* Tränkungen 260
ad *c)* Pneumatisches Verfahren 261
B. In Wasser unlösliche Stoffe 267

XVIII. Abschnitt.

Chemie und Beschreibung der antiseptischen Mittel.

I. Phenole 269
Teer, Teeröle, Kreosotöle, Kreosote 274
Bestimmungen des Phenolgehaltes. Fraktionierte Destillation . . . 277
II. Fluorverbindungen 277
III. Unter besonderem Namen vorkommende Holzkonservierungsmittel 283

I. Hauptstück.

Allgemeiner Teil.

I. Abschnitt.

Die Chemie des gesunden Holzes.

Das Holz ist ein Gemenge von Stoffen verschiedener Stoffklassen.

In chemischer Richtung heben sich von den übrigen Stoffen des Holzes die mineralischen Stoffe scharf ab. Was dann übrig bleibt, sind organische Stoffe.

Die Unterteilung der organischen Stoffe kann in verschiedener Weise erfolgen. In chemischer Beziehung könnte man Eiweißstoffe, Kohlenhydrate usw. unterscheiden.

Vom Standpunkte der Löslichkeit teilen sich die Stoffe des Holzes in solche, die:

a) in Wasser, Alkohol oder Chloroform löslich sind, und in solche, die

b) in vorbenannten Lösungsmitteln unlöslich sind.

Die Besprechung der Bestandteile des Holzes wird durch die Schaffung der Begriffe Holzsubstanz und Holzextrakt erleichtert. Die Definition von Holzsubstanz ist:

Holz weniger mineralische Stoffe, weniger in Wasser, Alkohol und Chloroform lösliche Stoffe.

Die Holzsubstanz ist also der Inbegriff aller weder in Wasser, noch in Alkohol oder Chloroform löslichen Stoffe des Holzes.

Ebenso ist Holzextrakt der Inbegriff aller in Wasser löslichen Stoffe des Holzes.

Die Stoffe der Holzsubstanz gehören zwei Körperklassen an:

a) Kohlenhydrate,

b) Stoffe, die nicht Kohlenhydrate sind.

Hier sollen die letzterwähnten Stoffe *[b)]* Ligninstoffe genannt werden.

Es ist empfehlenswert, die das Holz bildenden Stoffe nach folgenden Gruppen zu besprechen:

1. Kohlenhydrate, und zwar unabhängig davon, ob dieselben dem Holze durch Wasser entziehbar sind oder nicht.
2. Ligninstoffe der Holzsubstanz.
3. Sonstige organische Stoffe als: Eiweißstoffe, Harze, Gerbstoffe.
4. Die sogenannten chromogenen Substanzen des Holzes.
5. Mineralische Stoffe.
6. Der Holzextrakt.

1. Die Kohlenhydrate des Holzes.

Nur ein sehr geringer Teil der Kohlenhydrate des Holzes ist im Holze in wasserlöslicher Form vorhanden.

Die Hauptmenge gehört zur Holzsubstanz und ist in im Wasser unlöslicher Form vorhanden, d. h. läßt sich durch Wasser nicht entziehen.

Dabei kann das betreffende Kohlenhydrat an und für sich in Wasser auch löslich sein und dem Holze nur darum nicht entzogen werden, weil es an ein anderes Kohlenhydrat oder einen Ligninstoff gebunden ist und mit diesen Stoffen eine in Wasser unlösliche Verbindung bildet (siehe 3. „Art der Bindung etc.").

Die Kohlenhydrate des Holzes — ob frei oder gebunden — lassen sich durchwegs von gewissen Ausgangsstoffen, nämlich Zuckerarten einfachster Art, die man Monosaccharide nennt, ableiten. Die Monosaccharide teilt man wieder in Hexosen, Pentosen und in Methyl-Pentosen.

In der Folge werden sonach zuerst die Hexosen und die von ihnen abgeleiteten Kohlenhydrate, die Hexosane, dann die Pentosen und Pentosane und schließlich die Methyl-Pentosen und Methyl-Pentosane zu besprechen sein.

Erst nach Besprechung der Eigenschaften und der Gewinnungsweise der Kohlenhydrate soll die Art ihrer Bindung, dann die tatsächliche Zusammensetzung der Holzsubstanz erörtert werden.

A. Kohlenhydrate mit 6 Kohlenstoffatomen (Hexosane).

Diese Kohlenhydrate besitzen durchwegs die empirische Formel: $x\,(C_6 H_{12} O_6) - y\,H_2 O$.

Für $x = 1$, $y = 0$, ergibt sich die Formel der Ausgangszuckerarten, der Monosaccharide dieser Reihe mit $C_6 H_{12} O_6$.

Die Anzahl der möglichen Monosaccharide ist eine nicht unbeträchtliche.

Für die Zusammensetzung des Holzes kommt jedoch nur nachstehenden Kohlenhydraten eine besondere Bedeutung zu:

a) Dextrose (d-Glukose, Traubenzucker);
b) Lävulose (d-Fruktose, Fruchtzucker);
c) d-Mannose;
d) d-Galaktose.

a) Die Dextrose und die von ihr abgeleiteten Kohlenhydrate.

Je nach der Größe der Zahlen x und y in der Formel: $x(C_6 H_{12} O_6) - y H_2 O$ bestehen ganz verschiedene Verbindungen. Sieht man y als von x abhängig an und betrachtet sonach x als einzige veränderliche Größe, so ist die Art der Verbindung von der Größe der Zahl x allein abhängig.

Man spricht von Kondensationsstufen und sagt, eine Verbindung sei um so kondensierter, je größer das x ist.

Nachstehende Übersicht zeigt die sich von Dextrose ableitenden, für die Chemie des Holzes in Betracht kommenden Kondensationsprodukte der Dextrose.

Name	Formel	Löslichkeitsverhältnisse
Dextrose [Monosaccharid]	$C_6 H_{12} O_6$	Löslich in Wasser.
Maltose [Disaccharid]	$2(C_6 H_{12} O_6) - H_2 O = C_{12} H_{22} O_{11}$	Löslich in Wasser.
(Dextroso-)Dextrine [Polysaccharide]	$2n_1 C_6 H_{12} O_6 - 2n_1 H_2 O = n_1 (C_{12} H_{20} O_{10})$	Löslich in Wasser. Unlöslich in Alkohol.
(Dextroso-)Stärke [Polysaccharid]	$n_2 C_6 H_{12} O_6 - n_2 H_2 O = n_2 (C_6 H_{10} O_5)$ [n_2 größer als n_1]	In Wasser nur starkes Quellen beim Kochen (Kleister); in Alkohol unlöslich.
(Dextroso-)Hemicellulose [Bisher nicht studiert] [Polysaccharid]	$n_3 C_6 H_{10} O_5$ [n_3 größer als n_2]	In Wasser unlöslich. In 10%iger Natronlauge löslich.
(Dextroso-) Cellulose [Polysaccharid]	$n_4 C_6 H_{10} O_5$ [n_4 größer als n_3]	In Wasser und 10%iger Natronlauge unlöslich.

Dextrose, Maltose und die (Dextroso-)Dextrine kommen im Holze in der Regel entweder nur in geringer Menge oder gar nicht vor.

Die Dextrose und Maltose würden unter den Begriff „Zucker" fallen, die Dextrine unter den Begriff „Pektinstoffe" (in Wasser löslich, in Alkohol unlöslich).

(Dextroso-)Stärke, echte Stärke, kommt im Holze frei vor.

Der Splint verschiedener Holzarten enthält in der Regel im Sommer mehr Stärke als im Winter.

(Dextroso-)Hemicellulose. Es kann nur vermutet werden, daß sich im Holze ein Stoff, der in Wasser unlöslich, in 10% Natronlauge löslich ist und sich von Dextrose ableitet, befinde. Der Ausdruck „Hemicellulose" stammt von Schulze.

(Dextroso-)Cellulose, echte Cellulose.

Die echte Cellulose hat nachstehende Eigenschaften:

1. Unlöslich in 10%iger Natronlauge (kalt).
2. Blau- bis Violettfärbung mit Jod und konzentrierter Schwefelsäure oder Chlorzink-Jodlösung (vorzuziehen!).
3. Löslichkeit in Chlorzink-Salzsäure und Kupferoxyd-Ammoniak.
4. Schwere Hydrolysierbarkeit mit Säuren.

Die echte Cellulose soll dem fünfstündigen Kochen mit 2- bis 5%iger Schwefelsäure jedenfalls noch standhalten.

Echte Cellulose kommt im Holze mitunter auch frei vor. Der Hauptanteil ist jedoch an die später zu erörternden Lignin-stoffe gebunden.

Zur Isolierung der Cellulose im kleinen Maßstabe benutzt man im Laboratorium zwei Methoden: Methode Lange und (hauptsächlich) Methode Schulze (siehe darüber auch Abschnitt II).

b) Lävulose und ihre Abkömmlinge.

Lävulose kommt in den gewöhnlichen Holzarten nicht vor. Durch Zusammentritt eines Moleküls Dextrose und eines Moleküls Lävulose entsteht unter Wasseraustritt die der Maltose entsprechende Zuckerart, der in Wasser lösliche Rohrzucker (Disaccharid).

Dextrose ($C_6 H_{12} O_6$) + Lävulose ($C_6 H_{12} O_6$) — $H_2 O$ = Rohrzucker ($C_{12} H_{22} O_{11}$). Rohrzucker soll im Holze vorkommen.

Das der Stärke entsprechende Kondensationsprodukt der Lävulose führt den Namen Inulin und vertritt in einzelnen Pflanzen die Stelle der Stärke. Über ein Vorkommen im Holze ist nichts bekannt.

c) Mannose und Abkömmlinge.

Vornehmlich drei Kondensationsstufen bieten ein Interesse:

Name	Formel Löslichkeit	Entspricht ungefähr bei der Dextrosereihe und der Lävulosereihe
Mannose (Seminose) [Monosaccharid]	$C_6 H_{12} O_6$ In Wasser löslich	Dextrose, Lävulose.
Mannan (Paramannan, Seminan) [Polysaccharid]	$n_1 (C_6 H_{10} O_5)$ Quillt nur in Wasser. Löslich in Natronlauge	Stärke, Inulin; ist stärker kondensiert als Stärke, sonach sich der Hemicellulose nähernd.
Manno-Cellulose [Polysaccharid]	$n_2 (C_6 H_{10} O_5)$ In Wasser unlöslich. Ob in 10%iger Natronlauge löslich, unbekannt	Dextroso-Cellulose, vielleicht Dextroso-Hemicellulose.

Abkömmlinge der Mannose kommen insbesondere im Nadelholze, und zwar gebunden, sowie in schwerlöslicher Form (Mannan, Manno-Cellulose) vor. Aus dem Holze lassen sich diese Abkömmlinge in zwei Formen gewinnen:

a) Als Mannan;

b) als Mannose.

a) Gewinnung als Mannan.

Eine Vorschrift gab zuerst Reiß.[1]) Die hier angegebene Vorschrift ist gegenüber der ursprünglichen mehrfach abgeändert.

---

[1]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1889, p. 711.

Sägemehl (im Notfalle Sägespäne) werden mit Wasser wiederholt ausgekocht und bei 100° C gründlich getrocknet. In 500 *g* gut gekühlter (0° C) 70%iger Schwefelsäure bringt man nach und nach, jedes Steigen der Temperatur über 10° C durch die Kühlung hindernd, 500 *g* des trockenen Sägemehles und läßt 1 Stunde stehen. Nach dieser Zeit verdünnt man mit 500 cm^3 Wasser von höchstens 5° C und kühlt das Gemisch unter häufigem Umrühren so rasch wie möglich ab, damit jede Überhitzung vermieden werde.

Das Sägemehl preßt man nun ab und filtriert die erhaltene Flüssigkeit unter Benützung der Luftpumpe.

Aus der nochmals gründlich abgekühlten Flüssigkeit fällt man das Mannan samt Verunreinigungen durch Zusatz des dreifachen Volumens Aceton. Es entsteht ein sehr voluminöser Niederschlag, der sich nach etwa 1 Stunde absetzt. Das obenstehende Gemisch von Aceton und Schwefelsäure wird abgehebert und der Niederschlag abermals auf das Dreifache seiner Höhe mit Aceton überschichtet, durchgemischt und nun 24 Stunden absitzen gelassen.

Nach 24 Stunden wird das obenstehende Aceton abgehebert, der Niederschlag auf ein Filter gebracht, das Aceton abgesogen (Luftpumpe), mit Aceton nachgewaschen und der Niederschlag durch Pressen zwischen Filtrierpapier möglichst trocken gemacht. Dieser Niederschlag wird am Extraktionsapparate zuerst mit Aceton und darauf mit Äther extrahiert. Er darf nun nur mehr Spuren von Schwefelsäure enthalten.

Um einerseits die letzten Spuren an Schwefelsäure, anderseits Stoffe, die nicht Mannan sind, zu entfernen, trocknet man den Niederschlag bei 100° C solange, bis er zu einem Pulver zerrieben werden kann.

Man kocht dieses Pulver kurze Zeit mit Wasser und neutralisiert nun mit Soda. Zurück bleibt das Mannan, in Lösung gehen die Verunreinigungen.

Es erübrigt nur noch, den in Wasser unlöslichen Anteil auf ein Filter zu bringen, mit kaltem Wasser gut zu waschen, das Wasser abzupressen und nochmals zu trocknen. Reines Mannan ist weiß; infolge der Einwirkung von Schwefelsäure ist jedoch das Endprodukt meist grau.

Mannan aus Holz ist in kaltem Wasser ganz unlöslich, in warmem quillt es, ohne sich zu lösen, in Natronlauge ist es löslich.

b) Gewinnung als Mannose.

Bertrand[1]) gewann aus Nadelholz unmittelbar Mannose. Hier kann nur das Prinzip der Methode angegeben werden:

1 Teil vorher durch Ammoniak, 10% Natronlauge und Kochen mit Wasser gereinigter Sägespäne wird mit 10 Teilen 5%iger Salzsäure 4 bis 5 Stunden lang gekocht.

Die Flüssigkeit enthält Mannose. Die Mannose wird durch essigsaures Phenylhydrazin als Hydrazon: $C_6 H_{12} O_5 N_2 H C_6 H_5$ ausgefällt, dieses zerlegt, und so auf komplizierte Weise Mannose gewonnen.

d) Galaktose und Abkömmlinge.

Auch die Stoffe, die sich von der Galaktose ableiten, kommen im Holze nur gebunden und wahrscheinlich in sehr schwer löslicher Form vor.

Das Galaktan genannte Produkt hat die Formel $n\, C_{12} H_{22} O_{11}$, also $n(2\, C_6 H_{10} O_5 + H_2 O)$ und entspricht seiner Löslichkeit in Wasser nach nicht der Stärke oder dem Mannan, sondern der Maltose. Bei 100° C getrocknet hat das Produkt die einfache, der Maltose, also einem Disaccharid, entsprechende Formel $C_{12} H_{22} O_{11}$.

B. Kohlenhydrate mit 5 Kohlenstoffatomen (Pentosane).

Diese Kohlenhydrate leiten sich von Zuckerarten der Formel $C_5 H_{10} O_5$, den Pentosen ab.

Nebst der Zuckerart ist meist noch ein Anhydrid: $n\, C_5 H_{10} O_5 - n\, H_2 O = n\, C_5 H_8 O_4$ bekannt.

Außerdem kommen vielleicht — anscheinend abweichend von den Hexosen — im Holze noch die Säuren der Formel $C_5 H_{10} O_5 + O = C_5 H_{10} O_6$ vor.

Nur zwei Zuckerarten kommen in Betracht: Xylose und Arabinose.

---

[1]) Comptes Rendus, Tome CXXIX (1899), p. 1026.

Die Kondensationsstufen zeigt die nachstehende Übersicht:

Xylosereihe Formel	Arabinosereihe Formel	Löslichkeit. Entspricht bei der Dextrosereihe
Xylose $C_5 H_{10} O_5$	Arabinose (Pektinose) $C_5 H_{10} O_5$	Dextrose in Wasser löslich.
Xylan $n_1 (C_5 H_8 O_4)$	—	Zwischen Stärke und Hemicellulose. Im warmen Wasser schwer löslich, in 10%iger Natronlauge gut löslich.
—	Araban, Metaaraban $n_2 (C_5 H_8 O_4)$	In 10%iger Natronlauge unlöslich (?) Hemicellulose (Cellulose?).
Xylonsäure $n_3 (C_5 H_{10} O_6)$	—	—
—	[Arabin?] Arabinsäure, Metapektinsäure Formel nicht feststehend	Löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol.

Schon aus der Übersicht ergibt sich, daß das bisher über diese Stoffgruppe Bekannte nach keiner Richtung hin befriedigen kann.

Von den Stoffen dieser Gruppe soll nur das Xylan, das im Laubholze — wohl gebunden — in größerer Menge vorkommt, namentlich besprochen werden, die anderen Stoffe aber gemeinsam mit der Erörterung des Begriffes Pektinstoffe behandelt werden.

Der Gehalt der Laubhölzer an Pentosanen ist ein hoher.

Czapek[1]) führt nachstehende Zahlen für den Pentosangehalt verschiedener Holzsorten an:

---

[1]) Biochemie der Pflanzen I, p. 543.

Holzart	Splint	Kern	Ganzes Holz
Buche	—	—	33·12 23·18
Fichte	—	—	8·83 9·20
Birke	—	—	25·21
Fichte	6·16 6·40	6·63 6·97	—
Eiche	15·49 18·4	15·09 20·42	—
Buche	23·57	19·95	—

Ein Teil der Pentosane ist bei Laubholz Xylan; bei Nadelholz entfällt auf Xylan fast gar nichts. Es müssen also weitere Pentosane da sein. Welche das sind, ist dermalen noch unbekannt. Dagegen ist eine Gruppe von Stoffen bekannt, die in Wasser löslich oder auch unlöslich sind, jedenfalls aber aus wässerigen Lösungen durch Alkohol gefällt werden. Es ist das die Gruppe der Pektinstoffe.

Der Begriff Pektinstoffe ist schon jetzt ein historischer. Jetzt ist bekannt, daß die meisten Stoffe dieser Gruppe zu den Pentosanen zählen. Diese Pektinstoffe bilden fast ganz die sogenannte Mittellamelle.

Man unterschied und unterscheidet noch:[1])

a) Das Pektin (in Wasser löslich);

b) Pektose;

c) Pektinsäure;

d) Metapektinsäure.

Die Stoffe *b) c) d)* lösen sich in verdünnter Natronlauge.

Die Pektinstoffe färben sich mit Rutheniumrot rot.

---

[1]) Hier wurden die Angaben von Beauverie „Le Bois", Paris 1905, benutzt, p. 89 usf.

Das Xylan.

Das Xylan bildet einen Hauptbestandteil des Laubholzes; im Nadelholze ist nur wenig Xylan.[1])

Die Angaben über den Xylangehalt schwanken sehr stark. Nach Wheeler und Tollens enthält Buchenholz 5 bis 6%, Kirschbaumholz 12·4% Xylan.

Als Ausgangspunkt zur Darstellung dient am besten Buchenholzmehl, welches 2- bis 3mal je 24 bis 48 Stunden lang mit Ammoniak (konzentriert) ausgelaugt wurde.

Erst nach dieser Auslaugung läßt man das Holz 24 bis 48 Stunden mit 5% Natronlauge stehen und preßt dann die Flüssigkeit, welche das Xylan enthält, ab. Das Filtrat wird mit dem dreifachen Volumen Alkohol versetzt: es fällt ein Gemisch von Xylan, Verunreinigungen und viel Natriumhydroxyd. Zur Reinigung bringt man den Niederschlag auf ein Filter und wäscht mit Salzsäure, Ammoniak, Wasser (kalt), Alkohol nacheinander. Die Reindarstellung beruht auf nochmaligem Lösen (in möglichst wenig Natronlauge) und nochmaligem Fällen mit Alkohol. Xylan ist ein lichtbraunes Pulver, in kaltem Wasser und Ammoniak unlöslich, in heißem Wasser schwer löslich, in Natronlauge gut löslich.

Kocht man Xylan, und zwar 15 *g* mit 200 cm^3 Wasser und 10 cm^3 konzentrierter Salzsäure (spez. Gew. 1·19) etwa 3 Stunden am Wasserbade, so bildet sich Xylose, die daraus rein dargestellt werden kann.

C. Methyl-Pentosane.

Ist in der Pentose ein *H*-Atom durch CH_3 ersetzt, so daß die Formel $C_5 H_9 O_5 CH_3$ vorliegt, so nennt man die Zuckerart eine Methyl-Pentose und die sich von ihr ableitenden Kohlenhydrate Methyl-Pentosane.

Die Methyl-Pentosane geben beim Destillieren mit Salzsäure Methyl-Furfurol, während die Pentosane Furfurol geben.

Näheres über das Vorkommen dieser Stoffe ist nicht bekannt. V. Grafe fand in Spaltungsprodukten des Holzes Methyl-Furfurol, woraus man schließt, daß Holz Methyl-Pentosane enthalte.[2])

---

[1]) Bertrand, Comptes Rendus, Tome CXXIX, Nr. 24 (1899), p. 1025.

[2]) V. Grafe (mündl. Mitteilung), J. Schorstein („Xyl. Streiflichter"), F. Czapek (Biochemie).

Von den Zuckerarten dieser Gruppe wäre die Rhamnose (Isodulcit) der Formel $C_6 H_{12} O_5 + H_2 O$ anzuführen.

Anhang. Gemischte Kohlenhydrate.

Schon das Beispiel des Rohrzuckers zeigte, daß zwei verschiedene Zuckerarten, Monosaccharide, zu einer gemischten Zuckerart zusammentreten können.

So besteht, wie erwähnt wurde, Rohrzucker aus Dextrose und Lävulose. Der Milchzucker (Laktose) besteht aus Galaktose und Dextrose. Beide dieser Zuckerarten sind Disaccharide, d. h. sie haben die Formel $C_{12} H_{22} O_{11}$.

Es können aber auch m Moleküle einer Zuckerart mit n Molekülen einer anderen Zuckerart (Monosaccharid) unter Austritt von q Molekülen Wasser zusammentreten und ein Polysaccharid der Formel $m (C_6 H_{12} O_6) + n (C_6 H_{12} O_6) - q H_2 O$ bilden.

Hierbei — nimmt man an — brauchen die Ausgangszuckerarten (die Monosaccharide) nicht einmal derselben Gruppe anzugehören, sondern es können sich Hexosen auch mit Pentosen oder Methyl-Pentosen verbinden und miteinander ein in Wasser unlösliches Kohlenhydrat, ein gemischtes Polysaccharid, bilden.

Durch geeignete Reagentien gelingt es, einzelne Kohlenhydrate des Holzes unter Spaltung ihrer Verbindungen mit anderen Kohlenhydraten aus der Holzsubstanz herauszulösen.

Beispielsweise ist dies beim Xylan, das mit 5%iger Natronlauge, und beim Mannan, das mit 70%iger Schwefelsäure extrahierbar ist, der Fall.

2. Die Ligninstoffe.

Die Ligninstoffe bilden den zweiten Bestandteil der Holzsubstanz, so daß man sagen kann: Die Holzsubstanz besteht einerseits aus Kohlenhydraten, anderseits aus Ligninstoffen.

Sowohl bezüglich des Chemismus der Ligninstoffe, als auch bezüglich der Nomenklatur weichen die Angaben der französischen Forscher von jenen der deutschen Forscher ab.

A. Angaben französischer Forscher.

Nach Angaben des Buches Beauverie „Le Bois", Paris 1905, enthält das Holz nebst den Kohlenhydraten noch einen Stoff, der von Frémy und Urbain[1]) Vasculose genannt wurde.

[1]) Frémy, Encyclopédie chimique: Chimie des végétaux.

Dieser Stoff hat annähernd die Formel $C_{36} H_{20} O_{16}$,[1]) enthält also weitaus mehr Kohlenstoff und weitaus weniger Wasserstoff und Sauerstoff, als einem Kohlenhydrat entsprechen würde.

Bei der trockenen Destillation des Holzes bildet die Vasculose Methylalkohol, $CH_3 OH$, sowie Essigsäure $CH_3 — CO OH$.

Behandelt man Holz mit Kupferoxyd-Ammoniak (Schweizers Reagens), verdünnten Säuren, als Salzsäure, Schwefelsäure oder Phosphorsäure, so wird die Vasculose nicht verändert.

Konzentrierte Salpetersäure, auf Holz einwirkend, greift die Vasculose ebenso wie die Cellulose an.

Ein Gemisch von 3 Teilen (Volumen) Wasser und 1 Teil Salpetersäure bleibt in der Kälte auf Cellulose ohne Wirkung, wandelt aber die Vasculose in Harzsäuren (Acides resineux Frémy) um, indem die Vasculose oxydiert wird.

Meiner Beobachtung zufolge muß behufs vollständiger Spaltung die verdünnte Salpetersäure mindestens 14 Tage einwirken und muß überhaupt die Salpetersäure stärker sein.

Als Ausgangspunkt zur Darstellung dieser Ligninstoffe (der Vasculose) hat nicht Holz selbst, sondern Holz, das von den in Wasser, Alkohol, Chloroform, Ammoniak und 5%iger Kalilauge löslichen Stoffen gründlich befreit wurde, zu dienen [Ergänzung des Autors].

Die so erhaltenen Oxydationsprodukte[2]) der Vasculose lassen sich dem Holze durch Alkohol, Natriumkarbonatlösung oder Ammoniak[3]) entziehen, so daß man die entstandenen Produkte aus dem Holze isolieren kann.

Entzog man diese Produkte mit Alkalien, so isoliert man sie durch Fällung mit Säuren.

Statt Salpetersäure kann Wasserstoffsuperoxyd, Ozon, Chlor, ein Hypochlorit, Chlorsäure, Chromsäure, ein Permanganat als Oxydationsmittel dienen.

Auch Natronlauge spaltet bei 130° C (2·67 Atmosphären) Vasculose ab.

Als Resultate ergeben sich sonach:

a) Ein Umwandlungsprodukt der Vasculose ist aus dem Holze durch die erwähnten Stoffe abspaltbar.

---

[1]) Diese Formel dürfte bezüglich des *H*-Gehaltes einen Druckfehler enthalten.

[2]) Unveränderte Vasculose dürfte überhaupt nicht gewinnbar sein.

[3]) Besonders zu empfehlen!

b) Das Umwandlungsprodukt der Vasculose hat die Eigenschaft einer Harzsäure: In Alkohol löslich, in Ammoniak und Sodalösung löslich, in Säuren unlöslich.

c) Die Formel der Vasculose ist ungefähr $C_{36} H_{20} O_{16}$ [soferne bei Beauverie nicht ein Druckfehler (*H* zu niedrig) vorliegt].

B. Anschauungen deutscher und sonstiger Forscher.

Lange[1]) nahm zum Ausgangspunkte Holz, dem vorher mit kalter Kalilauge alle darin löslichen Stoffe entzogen wurden.

Die so von allen in Kalilauge löslichen Stoffen gereinigten Sägespäne wurden mit ungefähr dem 4- bis 5fachen ihres Gewichtes an Ätzkali und mit dem gleichen Gewichte (d. i. ein Teil) Wasser vermengt und langsam auf 185° C erhitzt.

Der weitere Vorgang möge unter Zugrundelegung eigener Beobachtungen geschildert werden. Das erhitzte Gemisch beginnt von einer bestimmten, um 170° C liegenden Temperatur an zu schäumen. Sobald dieses Schäumen aufgehört hat, ist auch die Spaltung dieses Holzanteiles in Cellulose (und sonstige Kohlenhydrate) einerseits, in den zweiten Anteil, den die Franzosen Vasculose nennen, Lange Ligninsäuren nannte und der hier Ligninstoffe[2]) genannt werden soll, vollzogen.

Man läßt zunächst die so erhaltene Schmelze abkühlen und bringt sie in Wasser.

Die gesamten Ligninstoffe bleiben im alkalischen Wasser gelöst. Daneben aber auch ein Teil von Stoffen, die man als Cellulose bezeichnet, die aber meiner Meinung nach zumindestens nicht echte — Dextroso-Cellulose — sind. Die Dextroso-Cellulose bleibt meiner Meinung nach von allem Anbeginne an ungelöst. Die alkalische Flüssigkeit wird vom Rückstande abfiltriert und der Rückstand mit Ammoniak (nicht Kali- oder Natronlauge) gewaschen. Das Waschwasser wird mit dem Filtrate vereinigt. (Der Rückstand besteht aus Dextroso-Cellulose nebst einzelnen Verunreinigungen.) Das Gesamtfiltrat wird nun mit verdünnter Schwefelsäure schwach sauer gemacht und der jetzt erhaltene Niederschlag von der nur Verunreinigungen enthaltenden

---

[1]) Zeitschrift für physiologische Chemie XIV, p. 15, 283 (1889).
Czapek: Biochemie der Pflanzen, I, p. 566.

[2]) Man achte auf die hier gebrauchten Bezeichnungen. Französische Forscher verstehen unter Ligninstoffe fast die gesamte Nichtcellulose!

Flüssigkeit getrennt, am Filter mit kaltem Wasser gewaschen und hierauf in Ammoniak (nicht Kalilauge!) gelöst. Ein Teil löst sich: das sind Ligninstoffe, ein anderer löst sich nicht: das sind Stoffe, die man für Cellulose hielt.

Die ammoniakalische Lösung der Ligninstoffe wird am Wasserbade vollständig eingedampft. Der Eindampfrückstand enthält nebst den Ligninstoffen noch Ammonsulfat und Kaliumsulfat (Natriumsulfat). Von diesen Stoffen befreit man ihn leicht durch wiederholtes Auskochen mit Wasser.

Die so ausgekochte spröde glänzende, harzartige, braune Masse kann man mit Alkohol extrahieren.

Die Menge an in Alkohol unlöslichem Rückstand ist eine geringe. Die französischen Forscher erwähnen überhaupt keinen in Alkohol unlöslichen Anteil.

Weitaus die größte Menge ist in Alkohol löslich und von denselben Eigenschaften, wie für die ganze Masse angegeben wurde.

Nach Czapek (Biochemie der Pflanzen) hat das ganze Gemenge die Formel $C_{20}H_{22}O_8$ [$C = 16\%$, $H = 5{\cdot}5\%$], Tollens (Handbuch der Kohlenhydrate) findet für den alkohollöslichen Anteil $C_{24}H_{24}O_{11}$ und für den alkoholunlöslichen Anteil $C_{21}H_{24}O_{11}$.

Diese Formeln sind mit den Angaben französischer Forscher, nämlich der Formel [zitiert in Beauverie „Le Bois" p. 92] $C_{36}H_{20}O_{16}$ bezüglich des Wasserstoffgehaltes ganz unvereinbar.[1]) Tollens zitiert (Handbuch der Kohlenhydrate I, 1898, p. 245) eine Formel für Vasculose von Fremy: $C_{18}H_{20}O_8$, die umgerechnet ungefähr $C_{24}H_{26}O_{14}$ geben würde und mit den Angaben der deutschen Forscher [alkohollöslicher Anteil] noch im Einklange stünde. Die Angaben über den Gehalt des Holzes an Ligninstoffen schwanken.

Czapek gibt an:

Buchenholz	12%
Eichenholz	14%

Es ist hier nicht zu vergessen, daß französische Forscher von „Ligninstoffen", deutsche aber von „Ligninsäuren" sprechen, beide Begriffe aber nicht identisch sind.[2])

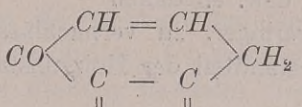
[1]) Druckfehler?

[2]) Hier wurde der Begriff Ligninstoffe ganz anders definiert und bedeutet soviel wie Ligninsäuren.

Zieht man nur den alkohollöslichen Anteil der Ligninstoffe in Betracht, so ergibt sich übereinstimmend: 1. Ligninstoffe sind harzartige, braune, glänzende in Alkohol und Ammoniak lösliche, in Wasser und Säuren unlösliche Stoffe. 2. Diese Stoffe sind nicht Kohlenhydrate, sondern besitzen eine andere Formel, gekennzeichnet durch einen erhöhten Kohlenstoffgehalt gegenüber den Kohlenhydraten. Über die chemische Konstitution der Ligninstoffe ist schon auf Grund der Angaben französischer Forscher (Bildung von Methylalkohol) bekannt, daß sie die Gruppe $O—CH_3$ enthalten dürften.

Übereinstimmend fanden diesfalls Benedict und Bamberger (Wien), Cros und Bevan, Lindsey und Tollens, Streeb u. a., daß zwei $O—CH_3$-Gruppen vorhanden sein müssen und dies gab Anlaß, daß Cros und Bevan die Formel $C_{17}H_{16}O_7(OCH_3)_2$, Lindsey und Tollens die Formel $C_{24}H_{24}O_{10}(OCH_3)_2$ und Streeb die Formel $C_{33}H_{33}O_{11}(OCH_3)_2$ für die Ligninstoffe (nach ihnen Ligninsäuren) aufstellten.

Cros und Bevan nehmen in den Ligninstoffen die Existenz einer aromatischen Gruppe, einer sogenannten „Keto R Hexengruppe"



an.

Meinen Versuchen zufolge liefert der in Alkohol lösliche Anteil der Ligninsäuren mit konzentrierter Salpetersäure verschiedene Stoffe, deren Identifizierung mit bekannten Verbindungen mir allerdings bisher nicht gelang.

Es sei hier noch erwähnt, daß Streeb die Abfallaugen bei der Cellulosefabrikation nach dem Natronprozesse mit Salzsäure neutralisierte und dem Niederschlage die Formel $C_{24}H_{22}O_{11}$ beilegt.

Man hat versucht, die Ligninstoffe einerseits mit Pyrogallol anderseits mit den Huminstoffen in Zusammenhang zu bringen,[1]) ohne daß bisher sichere Ergebnisse erzielt worden wären.

---

[1]) Siehe Tollens [Handbuch der Kohlenhydrate II, p. 274 (1895)].

3. Sonstige organische Stoffe im Holze.

Außer den Kohlenhydraten und den Ligninstoffen enthält das Holz noch eine Reihe weiterer organischer Stoffe.

Eine Gruppe dieser Stoffe, die sogenannten chromogenen Substanzen des Holzes, sollen unter 4. separat besprochen werden.

Übrig bleiben:

a) Aus dem Holze mit Wasser auslaugbare organische Säuren und deren Salze.

b) Die in den Zellen vorhandenen Eiweißstoffe.

c) Gerbstoffe bei Laubhölzern; Harze bei Nadelhölzern.

d) Sonstige, zum Teile wenig bekannte Stoffe. Hierzu zählen Farbstoffe, Glykoside (Quercitrin, Äsculin, Salicin usw.) usw.

Eine Besprechung dieser Stoffe kann hier entfallen. Nur soviel wäre zu bemerken:

Die organischen Säuren und deren Salze, die Eiweißstoffe, Harze und Gerbstoffe sind im Holze frei vorhanden, lassen sich sonach mehr oder minder leicht mit Wasser, alkalischem Wasser, Alkohol, Chloroform usw. entziehen.

Nur ein sehr geringer, zu vernachlässigender Teil kommt gebunden als ein Bestandteil der Holzsubstanz vor.

Art der Bindung der im Holze vorkommenden organischen Stoffe.

Wie unter „Sonstige organische Stoffe" erwähnt wurde, sind die Eiweißstoffe, Harze (nicht ganz), Gerbstoffe, organischen Säuren und deren Salze im Holze in freier Form vorhanden. Das Gleiche gilt auch für eine Reihe von Kohlenhydraten, z. B. Zuckerarten, die Stärke usw.

Alle diese Stoffe lassen sich dem Holze durch Wasser, Alkohol oder Chloroform entziehen.

Stoffe, die durch keines dieser Lösungsmittel entziehbar sind, bilden die Holzsubstanz.

Aber auch die Stoffe der Holzsubstanz lassen sich in zwei Gruppen teilen:

a) In solche, die durch Ammoniak oder 5%ige Natronlauge isolierbar sind (z. B. Pektinstoffe, Xylan);

b) Stoffe, die sich durch Ammoniak oder 5%ige Natronlauge nicht entfernen lassen.

Die Art der Bindung dieser beiden Stoffgruppen muß zumindestens dem Grade nach eine verschiedene sein.

Xylan ist in heißem Wasser löslich. Nichtsdestoweniger gelingt es durchaus nicht, dasselbe aus dem Holze durch heißes Wasser zu entfernen. Es ist also an irgend einen Stoff gebunden. Gewöhnlich sagt man, daß es an Cellulose gebunden ist. Das ist möglich, ja vielleicht wahrscheinlich, aber nicht erwiesen.

Die Bindung zwischen dem Xylan (und allen mit Kalilauge extrahierbaren Stoffen) mit dem anderen (nicht sichergestellten, in Kalilauge jedenfalls unlöslichen) Stoffe muß eine lose sein; sonst würde kalte, 5%ige Kalilauge zur Spaltung nicht genügen.

Mit Recht kann man die Anschauung teilen, daß diese Bindung eine Ätherbindung ist und gemäß der Gleichung $R_1 OR_2 + H_2 O = R_1 (OH) + R_2 (OH)$ in die Komponenten, von denen eine in Kalilauge löslich, die andere darin unlöslich ist, gespalten wird.

Ganz anders ist die Sachlage bei dem in Kalilauge unlöslichen Anteile der Holzsubstanz. Da kann es sich nicht mehr um eine lose, ätherartige Bindung handeln; diese Bindung muß weit fester sein.

Die Ligninstoffe werden erst durch vorhergegangene Oxydation (Methode der französischen Forscher) oder durch Kalilauge bei hoher Temperatur, dann schließlich durch saure schwefligsaure Salze (Methode der Darstellung von Sulfitcellulose), also durch Reduktion abgespalten. Hierbei ist es höchst zweifelhaft, ob der eine Bestandteil (Ligninstoffe) überhaupt unverändert gewonnen wird.

Über die Art dieser Bindung, die durch Oxydation, kräftige Hydrolyse *(K OH)* oder Reduktion (Sulfitverfahren), also in höchst verschiedener Weise, aber immer nur sehr schwierig gelöst wird, lassen sich nicht einmal Vermutungen aufstellen!

In der Folge soll jedoch auch diese Bindung der Einfachheit halber als Äther(Ester-)bindung bezeichnet werden.

Es folgt eine Übersicht über die Stoffe des Holzes, geordnet nach der Art ihrer Bindung.

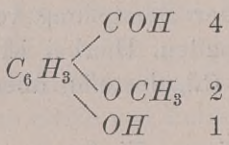
Im Holze frei		Im Holze gebunden	
leicht zu entfernen	schwer zu entfernen	mit 5% *K OH* (*Na OH*) entfernbar	mit 5% *K OH* nicht entfernbar
[Eiweiß] [Stärke] Harze	Eiweiß Stärke Harze } zum Teile	Xylan Pektinstoffe [zum Teile]	Ligninstoffe Cellulosen Hemicellulosen
Gerbstoffe Organische Säuren und Salze	Pektinstoffe [zum Teile; einzelne mit Ammoniak entfernbar (gebunden?)]	Chromogene Substanzen des Holzes [siehe 4]	Mannan usw.
Mineralstoffe [soferne in Wasser löslich] Zuckerarten	Chromogene Substanzen des Holzes (ein Teil)		

4. Die chromogenen Substanzen des Holzes.

Die Holzsubstanz, beziehungsweise das Holz selbst gibt, wenn mit einzelnen Stoffen behandelt, ausgesprochene Färbungen.

Die bekannteste und schärfste derselben ist jene mit Phloroglucin-Salzsäure, die sogenannte Wiesner-Reaktion:[1]) Das Holz wird bei Benetzung mit diesem Reagens weichselrot.

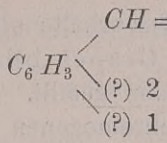
Wiesner und seine Schule (Singer, Grafe) nehmen an, daß diese Reaktion hauptsächlich dem Vorhandensein von Vanillin



welches im Holze locker gebunden (zum Teile frei) vorkommt, zuzuschreiben sei.

Im Gegensatze hierzu nimmt Czapek an, daß diese Färbungen von einem Stoffe noch nicht vollkommen aufgeklärter Konstitution, dem Hadromal:

[1]) F. Ritter v. Höhnel fand, daß Holz mit Kirschholzextrakt diese Färbung gibt; Wiesner erkannte als wirksamen Bestandteil das Phloroglucin.



herrühren.

A. Versuche von Prof. Dr. Friedrich Czapek.[1])

Von der Annahme ausgehend, die chromogene Substanz sei an Cellulose esterartig gebunden, wurde die Holzsubstanz (nicht Holz) mit Zinnchlorür gekocht.

Zinnchlorür verhält sich bei höherer Temperatur so, als hätte eine Zersetzung im Sinne der Gleichung $Sn\,Cl_2 + H_2\,O = Sn\,O + 2\,H\,Cl$ stattgefunden, wirkt also ähnlich wie Salzsäure, besitzt aber den Vorteil, kaum flüchtig zu sein.

Die Verbindung Cellulose—chromogene Substanz wird bei diesem Kochen im Sinne der Gleichung:

$$Cell. - O\,Chr. + H_2\,O = \underbrace{Cell. - OH}_{\text{Cellulose}} + \underbrace{Chr. - OH}_{\text{Chromogene Substanz}}$$

gespalten.

Eine gleichzeitige Oxydation ist hierbei ausgeschlossen und es können sich insbesondere Aldehyde nicht in Säuren verwandeln, weil das Zinnchlorür als reduzierender Stoff eine Oxydation hindert. Das (vom Zinnchlorür gereinigte) Reaktionsprodukt wurde mit Benzol extrahiert, der Benzolextrakt eingeengt und mit siedendem Petroläther versetzt.

Nur der in Petroläther lösliche Anteil wurde weiter verarbeitet (wird bei *B* ausgeführt werden), indem er in die Bisulfitverbindung übergeführt und diese gespalten wurde.

Das erhaltene krystallinische Endprodukt nannte Czapek Hadromal. Hadromal ist im Holze zum größten Teile gebunden; zerstörtes Holz enthält größere Mengen an Hadromal frei.

B. Versuche von Privatdozent Dr. V. Grafe.[2])

Zur Abspaltung der chromogenen Substanz (dort „Holzsubstanz" genannt) wurde Holzsubstanz mit Wasser in luftfreien

[1]) Zeitschrift für physiologische Chemie XVI, p. 154 (1899).

[2]) „Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte." Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Kl. CXII., Abt. I, Mai 1904.

Glasröhren auf 180° C erhitzt und das erhaltene Reaktionsprodukt (gespaltene Holzsubstanz) wie bei Czapek behandelt, d. h. mit Benzol extrahiert und mit Petroläther gefällt.

Die Petrolätherlösung der chromogenen Substanz wurde verdunsten gelassen, in Äther gelöst und mit Natriumbisulfit behandelt.

Aldehyde — das Vorhandensein solcher nahm Grafe ebenso wie Czapek an — verbinden sich mit Bisulfit:

$$CH_3 - COH + Na\,HSO_3 = CH_3 - CH\begin{matrix} OH \\ SO_3\,Na \end{matrix}$$

und lassen sich daraus mit Schwefelsäure isolieren

$$CH_3 - CH\begin{matrix} OH \\ SO_3\,Na \end{matrix} + H_2SO_4 = Na\,HSO_4 + SO_2 + H_2O + CH_3 - COH.$$

Dr. Grafe erhielt als Endresultate:

a) Im Äther zurückgebliebene Substanz; diese war Brenzkatechin $C_6H_4\begin{matrix} OH\ 1 \\ OH\ 2 \end{matrix}$

b) In Bisulfit übergegangene Substanz. Diese Substanz erwies sich als ein Gemisch von Vanillin und Methylfurfurol (siehe Abschnitt II).

Nach Dr. Grafe ist also die Phloroglucinsalzsäurereaktion der Gegenwart von Vanillin, Brenzkatechin und Methylfurfurol zuzuschreiben.

Von zwei Seiten (Schorstein und Czapek) wurde die Vermutung ausgesprochen, das Methylfurfurol sei aus einer Methyl-Pentose entstanden und im Holze nicht ursprünglich vorhanden gewesen.

Ob dem so sei, ist insoferne von untergeordneter Bedeutung, als ja beim Betupfen von Holz, welches eine Methyl-Pentose enthält, mit Phloroglucinsalzsäure[1]) unbedingt Methylfurfurol entsteht und an der Farbenreaktion, ob als solches vorhanden oder nicht, jedenfalls mitwirkt.

Ebenso muß stets hierbei Furfurol (aus Pentosanen) entstehen und an der Farbenreaktion teilnehmen.

[1]) Die Salzsäure muß natürlich entsprechend konzentriert sein.

5. Mineralische Stoffe.

Die Aschenbestandteile und die Asche des Holzes.

Im Holze kommen Verbindungen nachstehender Metalle vor: Kalium und Natrium, Calcium und Magnesium, Mangan, Eisen. Gebunden sind diese Metalle einerseits an verschiedene organische, anderseits an folgende anorganische Säuren: Kieselsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure.

Weniger bekannt sind die im Holze frei oder als Salze vorkommenden organischen Säuren, dies darum, weil sie beim Veraschen des Holzes in der Asche in unveränderter Form nicht mehr zu finden sind. So verwandelt sich z. B. oxalsaurer Kalk beim Veraschen in kohlensauren Kalk, beim starken Glühen der Asche sogar in Calciumoxyd. Dabei finden die Prozesse:

a) $\begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix} \!\!> Ca = Ca\,CO_3 + CO$ und

b) $Ca\,CO_3 = Ca\,O + CO_2$

statt. Im extremsten Falle findet man von den 128 Teilen des im Holze vorhanden gewesenen Kalkoxalates nur 56 Teile Ätzkalk in der Asche. Dies vorausgeschickt, sei erwähnt, daß der Aschengehalt des Holzes zwischen 0·2 bis 5% und im Mittel 2% (?) beträgt. Für die Richtigkeit dieser Zahlen kann ich übrigens nicht bürgen. Auch ist mir unbekannt, ob sie sich auf wasserfreies Holz beziehen oder nicht. Nadelholz enthält in der Regel weniger Asche, als Laubholz. Nachfolgende Tabelle (S. 24), entnommen dem Werke von Muspratt, gibt Anhaltspunkte über die Bestandteile der Asche.

Aus dieser Tabelle ergibt sich, daß im Holze in überwiegender Menge Calciumsalze vorkommen.

Der hohe Gehalt an Kohlensäure (Karbonaten) dürfte dem Vorhandensein organischer Säuren im Holze, die beim Glühen in Karbonate übergehen, zuzuschreiben sein. Karbonat kann, da das Holz sauer reagiert, im Holze gar nicht vorkommen.[1])

[1]) Das gilt aber nur für jene Holzpartien, in welche der saure Zellsaft dringen kann. Im Kerne vieler Holzarten findet sich $Ca\,CO_3$ tatsächlich abgelagert. [Vgl. Czapek, „Biochemie der Pflanzen" (II. Bd., S. 761 usf.) Jena 1905.]

Holz	100 Teile Holz (wasserfrei) enthalten Prozent Asche	In 100 Teilen Asche sind enthalten								
		Alkalien K_2O + (Na_2O)	CaO	MgO	MnO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	P_2O_5	CO_2
Weißtanne Kern	0·173	13·88	39·60	7·52	3·51	1·64	1·35	2·20	3·20	0·39	25·30
Weißtanne Splint	0·227	18·03	37·25	5·45	3·22	1·18	—	2·75	—	3·42	21·76
Föhre Kern	0·302	13·04	39·25	10·8	5·36	3·04	—	1·80	—	0·36	21·87
Föhre Splint.	0·255	16·88	34·02	6·78	4·77	2·76	2·65	2·40	4·96	3·87	19·50

Andernfalls müßte ja das Holz, ebenso wie die Holzasche, alkalisch reagieren, während es tatsächlich stark sauer reagiert.

6. Der Holzextrakt.

Der Holzextrakt wird gewonnen, indem man (eventuell vorher mit Alkohol und Chloroform extrahiertes) Holz in feinster Verteilung (Holzmehl) mit destilliertem Wasser 5- bis 10mal auskocht, heiß filtriert, die Extrakte vereinigt und solange eindampft, bis einem Volumenteile Holz ein Volumenteil Extrakt entspricht. Die Bestandteile des Holzextraktes wurden zum Teile zwar schon besprochen; das Gesagte soll jedoch hier näher erläutert werden. Einzelne Aschenbestandteile werden, weil unlöslich, im Holze zurückbleiben. Welche das sind, ergibt sich — allerdings nur sehr unvollständig — aus der Zusammensetzung der Asche.

Silikate dürften aus zwei Gründen nicht in den Extrakt übergehen. Erstens bilden sie mit Calcium, Magnesium, Aluminium usw. unlösliche Silikate. Zweitens reagiert der Holzextrakt sauer, würde sonach das Vorhandensein gelöster Silikate bis zu einem gewissen Grade ausschließen. Dagegen dürften die Phosphate zum Teile[1]) in den Extrakt übergehen, indem sie im Holze wahrscheinlich als saure Verbindungen, die unter den Phosphaten am besten löslich sind, vorkommen. Saure Phosphorverbindungen haben die Form $\overset{I}{M}\,H_2\,PO_4$, wobei $\overset{I}{M}$ ein einwertiges Metall darstellt.

So haben die sauren Phosphate des Ammoniums, Kaliums (Natriums) und Magnesiums die Formeln:

$$NH_4\,H_2\,PO_4$$
$$K\quad H_2\,PO_4$$
$$Mg\quad H_4(PO_4)_2.$$

Begünstigt wird die Löslichkeit der Phosphate durch organische Säuren und deren Salze, z. B. durch Zitronensäure (Zitratlösliche Phosphorsäure). Solche Verbindungen sind im Holze tatsächlich vorhanden. Die Kohlensäure ist als solche[2])

---

[1]) Schröder fand bei Fichte:

$P_2\,O_5$ in nicht ausgelaugtem Holz	1·30
$P_2\,O_5$ in ausgelaugtem Holz	1·09
Differenz . . .	0·21

Es sind also rund 16% der Phosphorsäure wasserlöslich.

[2]) Von Kalkeinlagerungen im Kerne abgesehen.

im Holze nicht vorhanden, der Extrakt enthält schon wegen der sauren Reaktion niemals Karbonate. Dafür sind organische Säuren und deren Salze im Extrakte stets vorhanden.

Das Kalium und Natrium wird sich im Extrakte vollständig — an organische Säuren gebunden — vorfinden. Ebenso das Magnesium (soferne nicht an Phosphorsäure gebunden). Vom Calcium wird sich nur ein Teil im Extrakte vorfinden, ein anderer wird mit den organischen Säuren vielleicht auch mit der Kieselsäure und Phosphorsäure wasserunlösliche Verbindungen bilden und im Holze zurückbleiben.

Was mit dem Eisen, Mangan und Aluminium geschieht, ist ebenso unsicher als gegenstandslos. Der noch heiße Holzextrakt ist eine rotbraune, durchsichtige Flüssigkeit, die nur wenig suspendierte, schwer lösliche Bestandteile enthält. Dem gegenüber ist der erkaltete Holzextrakt trübe, undurchsichtig und enthält reichlich Bodensatz — also in Wasser schwer lösliche Stoffe.

Die Reaktion des Holzextraktes ist deutlich sauer. Fehlingsche Lösung wird durch den (vorher zu neutralisierenden) Holzextrakt reduziert. Es müssen also im Holze irgendwelche wasserlösliche reduzierende Stoffe vorhanden sein.

Von den reduzierenden Stoffen ist wenigstens ein Teil Zucker. Was für eine Zuckerart das ist, ist unbekannt. Daneben sind noch weitere reduzierende Stoffe da, die nicht Zucker sind und auch nicht Anhydride von Zuckerarten. Die meisten derjenigen reduzierende Stoffe, die nicht Zucker sind, lassen sich durch essigsaures Blei fällen und färben den Holzextrakt. Dieser wird nämlich nach Fällung dieser Stoffe weit lichter.

Von den Anhydriden der Zuckerarten kommt im Holzextrakte Stärke vor. Man sagt, daß im Sommer im Holze mehr Stärke vorhanden sei als im Winter. Auf diesen Gegenstand wird noch öfter zurückzukommen sein; nur sei schon jetzt bemerkt, daß sich das ebenso wie alle Schwankungen in der Zusammensetzung des Holzes, nur auf den Splint, nicht aber auf den Kern beziehen könnte, indem die Zusammensetzung des letzteren überhaupt konstant bleibt.

Auch Eiweißstoffe — allerdings wahrscheinlich nur ein Teil derselben — sind im Holzextrakte vorhanden.

Schließlich sind speziell im Holzextrakte von Nadelhölzern auch noch Harze — zum Teile in feinster Verteilung — vor-

handen. Harz ist im Holze frei neben dem Kalk, Magnesia usw. und nicht gebunden als Harzseife vorhanden. Bei Herstellung des Extraktes bilden sich jedoch zum Teile unlösliche Harzseifen. Aber ein Teil des Harzes ist durch Kalk und Magnesia gar nicht fällbar. Es sind das jene Bestandteile, die man als „Weichharz" bezeichnen könnte, jene Bestandteile, die nicht Säurecharakter besitzen.

In Laubhölzern sind statt der Harze Stoffe vorhanden, die in die chemisch nicht vollständig definierte Gruppe der „Gerbstoffe" gehören. Diese Stoffe scheinen übrigens auch in Nadelhölzern nicht zu fehlen. Derlei Stoffe reduzieren Fehlingsche Lösung und lassen sich meist mit Bleiacetat fällen.

II. Abschnitt.

Reaktionen der Holzsubstanz.

Bestimmung einzelner Bestandteile des Holzes.

1. Reaktionen der Holzsubstanz überhaupt.

Die Holzsubstanz, beziehungsweise das Holz selbst, geben mit vielen Reagentien ausgesprochene Färbungen.

Man schreibt diese Färbungen den im I. Abschnitt erwähnten chromogenen Substanzen des Holzes zu.

Zerstörtes Holz kann diese Reaktion stärker, schwächer oder gar nicht geben.

Insoferne kommt diesen Reaktionen, die sonst nur zur Feststellung der stattgefundenen Verholzung dienen, ein praktischer Wert zu.

Einzelne Forscher machten es mehr oder minder wahrscheinlich, daß diese oder jene Reaktion von einem bestimmten im Holze vorhandenen Stoffe (Czapek vom Hadromal, dessen Konstitution aber unbekannt ist!, Dr. Grafe vom Vanillin usw.) stamme, doch zeigt sich, daß mehrere im Holze nachgewiesene oder auch nicht nachgewiesene Stoffe ein und dieselbe Farbenreaktion — allerdings in anderen Nuancen — geben, so, daß nicht gut zu unterscheiden ist, welchen Stoffen dieselbe zukommt.

Um so schwieriger ist die Entscheidung bei einem so komplizierten Gemenge von Stoffen, das man Holzsubstanz nennt.

Eine Reaktion wird durch die andere verdeckt oder ganz aufgehoben.

Außerdem ist die erzielte Farbe oft von der Art der Durchführung der Reaktion (Konzentration, Einwirkungsdauer usw.) sehr abhängig.

Soviel ist sicher, daß Cellulose diese Reaktionen nicht verursacht. Auch Xylan nicht.

Die nachfolgenden Tabellen (S. 30 bis 33) ergeben außerdem, daß diese Reaktionen auch dem Brenzkatechin nicht zukommen.

Von den sonstigen im Holze (Holzsubstanz) mehr oder minder sicher nachgewiesenen und ähnlichen Stoffen, die nicht frei, sondern gebunden vorkommen, dann von nachgewiesenen Spaltungsprodukten[1]) sind in nachstehender Übersicht die Reaktionen angegeben.

Die Übersicht ist nach chemischen Prinzipien geordnet und so wenigstens notdürftig in das herrschende Wirrwarr Ordnung gebracht.

Die von mir versuchten Reaktionen sind mit einem * bezeichnet.

Ich habe bei der Nachprüfung dieser Reaktionen nachstehenden Vorgang eingehalten:

Das Reagens wurde konzentriert verwendet (speziell stets konzentrierte Salzsäure). Ebenso der auf die Farbenreaktion zu prüfende Stoff. Es wurde also ein Tropfen Reagens mit einem Tropfen des zu prüfenden Stoffes vermengt und die entstehende Farbe beobachtet. Bei Reaktionen auf Holz selbst wurde ein Tropfen des Reagens auf Holz gebracht.

Einzelne Reaktionen, z. B. jene mit Thymol, werden bei der Oxydation verstärkt. Dies geschieht, indem man zum Gemisch Reagens und zu prüfende Substanz sehr wenig chlorsaures Kalium in fester Form hinzugibt.

Auch Licht (Sonnenschein) verstärkt einzelne Reaktionen, z. B. jene auf Koniferin.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich:

1. Brenzkatechin gibt fast durchwegs keinerlei Färbungen, ist also gewiß nicht die Ursache der Farbstoffreaktionen.

2. Koniferin als solches (Provenienz E. Merck) gibt nur wenige, beziehungsweise schwache Reaktionen, ist also gleichfalls nicht die Ursache der Farbstoffreaktionen.

3. Vanillin gibt einzelne der Reaktionen in lichterer Nuance.

Es handelt sich entweder um Mischfarben (Anschauung von Dr. Grafe) oder einen noch nicht erforschten Stoff, d. i. das Hadromal von Czapek.[2])

[1]) Methylfurfurol stand mir nicht zur Verfügung.

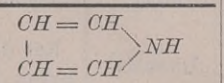
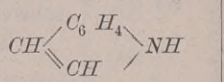
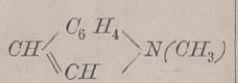
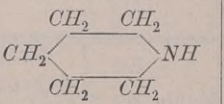
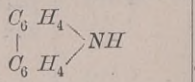
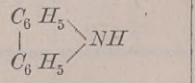
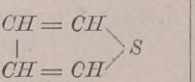
[2]) Weitere Färbungen mit aliphatischen Stoffen gab jüngst Dr. Grafe an.

Beobachter	Stoffgruppe	Stoff	Versetzt mit	Formel des Stoffes
Runge	Einwertige Phenole	Phenol	Konzentrierte Salzsäure	C_6H_5-OH
Bayer und Niggl Czapek		Kresole (versucht Ortho-Kresol)		$C_6H_5(OH)(CH_3)$
Jhl Bayer und Niggl	Einwertiges Naphthol	α-Naphthol		$C_{10}H_7-OH$
Wiesner	Zweiwertige Phenole	Brenzkatechin	Konzentrierte Salzsäure	$C_6H_4(OH\,1)(OH\,2)$
Wiesner Jhl		Resorcin		$C_6H_4(OH\,1)(OH\,3)$
Jhl		Hydrochinon		$C_6H_4(OH\,1)(OH\,4)$
Lippmann		Orcin		$C_6H_3(CH_3\,1)(OH\,3)(OH\,5)$
Wiesner (v. Höhnel)	Dreiwertige Phenole	Phloroglucin	Konzentrierte Salzsäure	$C_6H_3(OH\,1)(OH\,3)(OH\,5)$
Jhl (Wiesner)		Pyrogallol		$C_6H_3(OH\,1)(OH\,2)(OH\,3)$
Bayer, Niggl	Phenolester	Anisol	Konzentrierte Salzsäure	$C_6H_5OCH_3$
Bayer, Niggl Czapek		Guajakol		$C_6H_4(OH)(O\,CH_3)$
Jhl		Thymol		$C_{10}H_{14}O(CH_3\,1)(C_3H_7\,4)(OH\,3)$

[1]) Soll sich im Lichte (grün? blau?) färben. [2]) Nach Czapek bei Holz blau. [5]) Nach Czapek mit Holz „violett". [6]) Soll durch $KClO_3$ verstärkt

Färbung mit					
Vanillin	Furfurol	Eugenol	Brenzkatechin	Koniferin	Holz
Schwach gelb *	Intensiv blau *	Stark grün *	Gelb, grün bis braun *	Reagiert nicht *[1])	Grün bis blau *
—	—	—	—	—	Grün bis blau *[2])
Gelblich-grün werdend *	Intensiv rot *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Angeblich grün, tatsächlich gelb *[3])
Reagiert nicht	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *?[4])
Intensiv rot *	Rot dann braun, blau, schwarz *	Blau, violett werdend *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Blau (Rot)? *[5])
—	—	—	—	—	?
—	—	—	—	—	Rotviolett
Mäßig rot *	Vorübergehend rot, dann braun und grün *	Stark violettrot, braungrün werdend *	Reagiert nicht *	Rot *	Violettrot *
—	—	—	—	—	Blaugrün
—	—	—	—	—	Gelbgrün bis rein grün
—	—	—	—	—	Gelbgrün bis rein grün
Rötlich *	Rot, grün oder blau werdend *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Angeblich blaugrün, tatsächlich schwach gelb (?)[6])

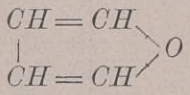
grünlich. [3]) Nach Czapek Holz grünlich. [4]) Bei Holz angeblich grünlich-werden.

Beobachter	Stoffgruppe	Stoff	Versetzt mit	Formel des Stoffes
Wiesner (Runge?)	Stoffe, die die Gruppe $-NH_2$ enthalten	Anilinsulfat	Wasser	$(C_6H_5NH_2)_2H_2SO_4$
Runge, Wiesner [Malenković]		Einzelne Anilinsalze, besonders Anilinfluorid	Wasser	—
—		Anilin und Essigsäure gleiche Volumenteile	Unverdünnt	$C_6H_5NH_2 + CH_3COOH$
Bayer Niggl	Stoffe, die die Gruppe $=NH$ enthalten	Pyrrol	Konzentr. Salzsäure	
Bayer Niggl		Indol	Alkohol und konzentr. Salzsäure	
Mattirolo		Skatol (Methyl-indol)	Alkohol und konzentr. Salzsäure	
Nickel		Piperidin	Verdünnte Schwefel-säure	
Mattirolo		Carbazol	—	
Malenković (?)		Reagens Diphenyl-amin-Schwefels.	Mit 3fachem Volumen Wasser verdünnt	
Jhl, Nickel		Fuchsin	Farblose Lösung in schwefliger Säure	—
Jhl		Lepidin	Schwefels.	—
Jhl		Thiophen.	Alkohol konzentr. Schwefels.	
Nickel		Hydrazinsulf.	—	$(H_2N-NH_2)_2H_2SO_4$

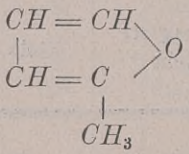
Färbung mit					
Vanillin	Furfurol	Eugenol	Brenzkatechin	Koniferin	Holz
Schwach gelb *	Nach längerer Zeit rot werdend *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Gelb *
—	—	—	—	—	Gelb *
Stark gelb *	Intensiv rot *	Gelbrot *	Reagiert nicht *	Gelb *	Dunkelgelb*
—	—	—	—	—	Rot
—	—	—	—	—	Kirschrot
—	—	—	—	—	Kirschrot
—	—	—	—	—	Gelb
—	—	—	—	—	Kirschrot
Schwach gelb *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Reagiert nicht *	Sehr schwach gelb *	Gelb bis Orange *
—	—	—	—	—	Rot
—	—	—	—	—	Rot
—	—	—	—	—	Grün
—	—	—	—	—	Gelb

2. Furfurolreaktionen.

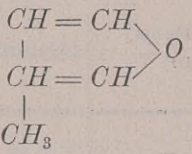
Furfurol, richtiger Furol, Furanaldehyd, leitet sich vom Furan, beziehungsweise Methylfuran ab.



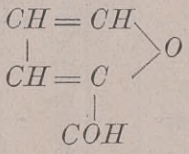
Furan



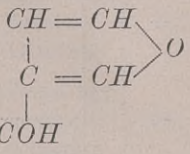
und



α Methylfuran β Methylfuran



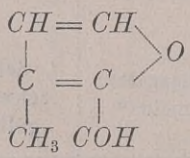
und



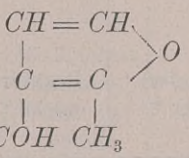
α Furol β Furol

Furfurol hat also die Formel $C_5 H_4 O_2$.

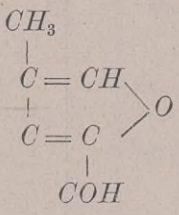
Im Furfurol kann ein Wasserstoffatom durch die Gruppe CH_3 ersetzt sein. Es sind dann 6 Isomerien möglich, nämlich:



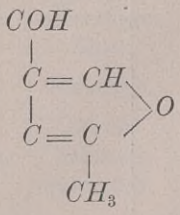
1



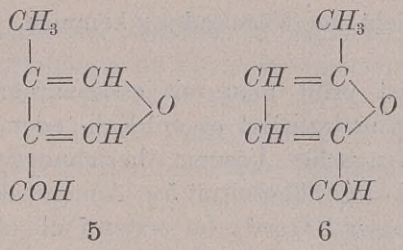
2



3



4



5 6

und es liegt dann Methylfurfurol vor.

Das Furfurol entsteht aus Xylan, beziehungsweise der dem Xylan entsprechenden Zuckerart (Xylose) durch Wasserentziehung:

1. $C_4 H_8 O_4 = C_5 H_4 O_2 + 2 H_2 O$ (bei Xylan).
2. $C_5 H_{10} O_5 = C_5 H_4 O_2 + 3 H_2 O$ (bei Xylose).

Furfurol entsteht jedoch auch aus mehreren anderen Stoffen, speziell Pentosanen und Pentosen. Methylfurfurol entsteht aus Rhamnose, einer Zuckerart, der Formel $C_5 H_9 O_5 - CH_3 + H_2 O$, also aus einer Methyl-Pentose.

Furfurol und Methylfurfurol geben in einzelnen Fällen die gleiche, in anderen verschiedene Reaktionen. Beide Stoffe reduzieren die Fehlingsche sowie ähnliche Lösungen. Beide Stoffe geben die üblichen Reaktionen auf Aldehyde.

Die folgende, in der Tabelle schon erwähnte Farbenreaktion gibt nur das Furfurol und es ist unbekannt, inwieweit Methylfurfurol gleiche oder ähnliche Reaktionen gibt.[1])

Man mengt: Anilin 1 Teil, Essigsäure (konzentriert) 1 Teil. Von diesem Gemische nimmt man einen Tropfen, bringt ihn auf ein Uhrglas und setzt einen Tropfen der Flüssigkeit, in der man Furfurol vermutet, zu.

Es entsteht eine rote Färbung, die nach längerer Zeit verschwindet.

Anders ist die Sachlage, wenn nicht Furfurol selbst, sondern ein Stoff: Holz, Stroh usw. vorliegt, der nicht Furfurol, sondern eine Zuckerart mit 5 Kohlenstoffatomen, eine Pentose, beziehungsweise ihr Anhydrid, ein Pentosan, enthält. Man destilliert in diesem Falle die Substanz mit Salzsäure von 1·06 spez. Gew. (ungefähr 1 Teil konzentrierter Salzsäure auf 2 Teile Wasser). Korkstöpsel

[1]) Nach Dr. Grafe: *a)* Phloroglucinsalzsäure .... dunkelgrün bis tiefviolett, *b)* Anilinacetat .... schwach gelb bis orangerot.

dürfen hierbei nicht zur Verwendung kommen. Dieselben liefern auch Furfurol.

Das Destillat prüft man mit essigsaurem Anilin (Rezept vorstehend), oder neutralisiert es mit Kali- oder Natronlauge und kocht mit Fehlingscher Lösung, beziehungsweise alkalischer Silbernitratlösung (Silbernitrat 5 *g*, Ammoniak 10 cm^3, Natronlauge 10 cm^3, Wasser 100 cm^3). Im ersten Falle (Anilinacetat) wird nur Furfurol, im letzteren Falle das Vorhandensein reduzierender Stoffe im Destillate überhaupt, besonders aber Methylfurfurol angezeigt. Soll alles Furfurol (Methylfurfurol) ins Destillat übergehen, so muß solange destilliert werden, als noch Fehlingsche Lösung reduziert, beziehungsweise Anilinacetat gerötet wird.

Man muß also, sobald $^3/_4$ der Salzsäure abdestilliert sind, frische Salzsäure nachfüllen.

Einfacher weist man Stoffe, die Furfurol geben, wie folgt, nach: Man kocht die Substanz in einer Eprouvette höchstens 1 bis 2 Minuten lang mit Salzsäure 1:2, neigt die Eprouvette ganz schief, fast horizontal, und gießt langsam 1 bis 2 Tropfen Anilinacetat ein. Ist Furfurol in größeren Mengen da, so färbt sich die Eprouvettenwand dort, wohin Furfuroldämpfe und Anilinacetat gleichzeitig gelangen, schön rot.

Diese Reaktion ist jedoch nur dann als feststehend zu betrachten, wenn sie positiv ausfällt. Sehr kleine Mengen Furfurol werden mitunter nicht angezeigt.

3. Oxydations(Reduktions-)reaktionen.

a) Die Mäule-Reaktion.

Ausführung: Holz 5 Minuten lang in einer 1%igen Lösung von $K_2 Mn_2 O_8$ liegen lassen.

In verdünnter HCl (wohl 1:2) liegen lassen, bis das gebildete $Mn O_2$ (beziehungsweise $Mn O$) verschwindet.

Hierauf mit konzentriertem NH_3 betupfen (eventuell dessen Dämpfen aussetzen).

Das Holz färbt sich intensiv rotbraun, jedoch nach Dr. Lindroth nur Laubholz, nicht aber, oder doch nur schwach, Nadelholz. Es ist unbekannt, von welchen Stoffen diese Reaktion herrührt, wiewohl von einzelnen Seiten darüber Vermutungen ausgesprochen wurden.

Der Chemismus der Reaktion ist folgender: $K_2 Mn_2 O_8$ zersetzt sich bei Oxydationen im Sinne der Gleichung: $K_2 Mn_2 O_8 = K_2 O + 2 Mn O + O_5$. Ist freie Säure nicht da, so bildet sich unter nicht näher bekannten Umständen statt $Mn O$ das Superoxyd $Mn O_2$, dieses reagiert mit Salzsäure nach der Formel $Mn O_2 + 4 H Cl = Mn Cl_2 - 2 H_2 O + Cl_2$ und das Chlor wieder nach der Gleichung $Cl_2 + H_2 O = 2 H Cl + O$. In jedem Falle gibt also $K_2 Mn_2 O_8$ fünf Atome O ab, in jedem Falle bildet sich $Mn Cl_2$ als Endprodukt.

Das $Mn Cl_2$ wird ausgewaschen.

Der ganze Vorgang ist eine Oxydation. Welche Stoffe oxydiert werden, ist unbekannt.

Vielleicht Aldehyde zu Säuren $R - C OH + O = R - CO OH$.

Die entstehenden Oxydationsprodukte haben nun offenbar die Eigenschaft, sich mit Ammoniak braunrot zu färben. Die Tatsache, daß schon Ammoniakdämpfe wirken, spricht dafür, daß die Reaktion von einer Säure oder einem Aldehyde stammt.

$$\underbrace{R - CO OH}_{\text{Säure}} + NH_3 = \underbrace{R - COO NH_4}_{\text{Ammoniumsalz}}$$

beziehungsweise

$$\underbrace{R - COH}_{\text{Aldehyd}} + NH_3 = \underbrace{R - CH\begin{matrix} OH \\ NH_2 \end{matrix}}_{\text{Aldehydammoniak}}$$

b) Andere Oxydationsreaktionen.

Statt $K_2 Mn_2 O_8$ wird ein anderes Oxydationsmittel verwendet. Schorstein versuchte ohne Erfolg $H_2 O_2$. Dagegen fand V. Grafe Chromsäure, dann Kaliumchlorat mit Salpetersäure hierzu verwendbar.

c) Oxydation mit alkalischen Kupfer- und Silbermischungen.

Fehlingsche Lösung, ebenso alkalische Silbernitratlösung[1]) bilden beim Kochen mit Holz $Cu_2 O$, beziehungsweise freies Ag, erkennbar an der braunen, beziehungsweise schwarzen Farbe.

Diese Reaktionen treten meist, wenn auch langsam, schon ohne Kochen auf. Je mehr reduzierende Stoffe da sind [Aldehyde,

[1]) 1 Teil $Ag NO_3$ auf 90 cm^3 Wasser und 10 cm^3 Ammoniak.

vielleicht auch mehrwertige Phenole, z. B. Pyrogallol $C_6 H_3 (OH)_3$], desto rascher erfolgt die Färbung. Nicht nur Holz, sondern auch Holzextrakt (siehe S. 25) gibt den Niederschlag.

4. Nesslers Reagens.[1])

Dieses Reagens färbt gesundes Holz braun bis schwarz, jedoch erst nach einiger Zeit. Krankes Holz wird anders (stärker) gefärbt. Die Art der Wirkung ist unbekannt. Vermutlich eine Oxydationsreaktion. Im übrigen ist Nesslers Reagens ein Reagens auf Ammoniak.

5. Reaktionen mit Kalilauge und Ammoniak.

Schon diese Stoffe allein färben Holz je nach Konzentration gelb bis braun. Die Färbung beruht wahrscheinlich auf einer Sauerstoffaufnahme von Holzbestandteilen, die in diesen Stoffen löslich sind.

Eine alkalische Pyrogallollösung wird z. B. an der Luft bald braun.

6. Reaktionen auf Cellulose.

Auf Cellulose existiert eine ganze Reihe von Reaktionen. Nur zwei sollen hier Erwähnung finden.

α) Man tränkt die zu prüfende Substanz mit einer Lösung von Jod in Alkohol oder Jodkalium und gibt konzentrierte Schwefelsäure hinzu. Die Substanz färbt sich blau.

Meinen Erfahrungen zufolge ist diese Reaktion sehr unsicher und meist geboten, etwas verdünntere Schwefelsäure (2 Teile $H_2 SO_4$, 1 Teil $H_2 O$) zu verwenden.

β) Man tränkt mit einem Gemisch, bestehend aus einer Chlorzinklösung von 1·8 spez. Gew., welcher man 6% Jodkalium und soviel Jod, als sich löst, zusetzt.

Auch bei diesem Reagens färbt sich die Cellulose blau. Auch hier ist einiges Geschick in der Ausführung nötig.

---

[1]) 2 *g* Jodkalium werden in 5 cm^3 Wasser gelöst. Man gibt nun zu der erhitzten Lösung $Hg\,Cl_2$-Lösung, und zwar soviel, daß sich ein Niederschlag bildet, zu. Nach dem Erkalten gibt man 20 cm^3 Wasser zu und filtriert.

Das Filtrat wird mit 30 cm^3 Sodalösung gemischt.

7. Quantitative Bestimmung der Cellulose.

Eine vollkommen zuverlässige Methode zur Bestimmung der Cellulose des Holzes wurde bisher nicht geschaffen.

Die meisten Methoden beziehen sich gar nicht auf die Bestimmung des Gehaltes an Holzcellulose, sondern betreffen die Bestimmung der Cellulose in Heu, Stroh, Futter usw. und sind schon darum weniger zuverlässig.

Die Daten, die man nach den verschiedenen Bestimmungsweisen als Gehalt an Cellulose erhält, sind meist zu groß. Überhaupt ist das Resultat vom Arbeitsvorgange abhängig.

Die erhaltenen Daten sind in der Regel nur dann verwertbar, wenn es sich um einen Vergleich, z. B. zwischen zwei verschiedenen Holzsorten, zwischen gesundem und verpilztem Holze handelt, und hierbei ein und derselbe Arbeitsvorgang eingehalten wurde.

Hier sollen nur zwei Methoden nähere Erwähnung finden.

a) Schulze-Henneberg-Methode.

Die Substanz (wahrscheinlich ist gemeint 1 Teil Substanz) wird mit 12 Teilen HNO_3 vom spez. Gew. 1·1, 0·8 Teilen $KClO_3$ digeriert.

[Nach Czapek 20 Teile HNO_3 von 1·16 spez. Gew., 3 Teile $KClO_3$].

Die Digestions-(Einwirkungs-)dauer ist nicht festgestellt. Professor G. Bencze in Selmeczbanya vewendete auf Veranlassung von Dr. Johann Tuszon[1]) ein Gemisch von HNO_3 15 Teile, $KCl\,O_4$ 1 Teil.

Das Verhältnis zwischen Substanz und Gemisch ist auch hier nicht angegeben. Dafür liegen aber Angaben über die Einwirkungsdauer und die Temperatur, bei welcher das Gemisch einwirkte, vor. Für gesundes Buchenholz ergab sich:

Temperatur	Einwirkungsdauer	% Cellulose
19 bis 21° C	17 Tage	44·84
30 „ 40° C	11 „	49·48
30 „ 40° C	14 „	43·77
100° C.	2 Stunden	31·75

[1]) Anatomische und mykologische Untersuchungen über die Zersetzung und Konservierung des Rotbuchenholzes. Berlin, Springer, 1905, p. 60.

Aus diesen Daten ist zu entnehmen, daß, um gleichmäßige Zahlen zu erreichen, eine lange Einwirkungsdauer (mindestens 14 Tage) gewählt werden muß. Weiters macht sich der Einfluß der Temperatur, bei welcher digeriert (maceriert) wurde, geltend.

Zwischen der Temperatur von 19 bis 21° C und 30 bis 40° C ist allerdings kein besonderer Unterschied wahrnehmbar, wohl aber sobald gekocht wird. Statt 44·8 und 49·4% erhält man dann nur 31·7% Cellulose.

Aus alledem ist ersichtlich, daß nur bei Einhaltung eines bestimmten Arbeitsvorganges gleichmäßige Resultate zu erwarten sind. Das durch Maceration mit dem Schulze-Gemisch erhaltene Produkt ist weit davon entfernt, reine Holzcellulose zu sein.

Das Produkt enthält noch eine große Menge von Stoffen, die in Wasser unlöslich, in Kalilauge und Alkohol aber löslich sind. Nach der ursprünglichen Schulze-Henneberg-Methode soll das (vorher von der Säure befreite) Reaktionsprodukt mit Ammoniak (Konzentration?) ausgewaschen werden.

Meiner Meinung und meiner Beobachtung zufolge genügt das nicht.

Zum Auswaschen soll vielmehr zuerst Kalilauge (Natronlauge), und zwar die stärkste, im Laboratorium für gewöhnlich verwendete, d. i. 10%ige und darauf erst Ammoniak benutzt werden.

Der Vorgang zur Bestimmung der Holzcellulose gestaltet sich nach meinem Vorschlage etwa wie folgt:

1. In ein großes Becherglas bringt man: 10 Volumenteile HNO_3 vom spez. Gew. 1·2 (statt 1·1), 1 Gewichtsteil $KClO_3$ und erhitzt dieses Gemisch auf ca. 80° C, jedenfalls aber solange, bis Chlordämpfe aufsteigen. Das Becherglas wird von der Flamme weggestellt und höchstens 5 Gewichtsteile der vorher mit Wasser und Alkohol gründlich extrahierten, möglichst zerkleinerten Substanz eingebracht.

Das Einbringen geschieht in möglichst kleinen Portionen und unter ständigem Umrühren.

2. Das Gemisch wird mindestens 8 Tage (eine Woche) lange stehen gelassen und tunlichst oft umgerührt. Die Temperatur des Lokales soll tunlichst hoch — mindestens 18° C, sein.

3. Das Reaktionsprodukt wird auf einem Filter von der Flüssigkeit abgesondert. Statt eines Papierfilters wird ein Bauschen aus Glaswolle benutzt. Das Filtrat wird weggeworfen.

4. Der Rückstand am Filter wird neuerdings nach Punkt 1 behandelt, abermals nach Punkt 2 acht Tage stehen gelassen und wieder von der Flüssigkeit getrennt.

5. Nach Abtropfen der Flüssigkeit wäscht man mit 10%iger Kalilauge (Natronlauge) solange, bis die Substanz am Filter durch und durch bräunlich geworden ist und das Filtrat lichtbraun abläuft.

6. Die Substanz am Filter wird in ein Becherglas gebracht und 24 Stunden lang mit viel Kalilauge (Natronlauge) von 10% digeriert und hierauf durch Abdekantieren, dann Abfiltrieren (wie bei 3) von der Kalilauge getrennt und mit Kalilauge, dann Ammoniak gewaschen.

Dieser Vorgang (Digerieren mit 10%iger Kalilauge usw.) wird sooft wiederholt, bis ein weißes Produkt, das sich mit Kalilauge und Ammoniak nicht färbt, resultiert.

7. Die Substanz wird am Filter mit heißem Wasser gewaschen, in einen Soxhlet-Extraktionsapparat gebracht und zuerst mit Wasser, dann mit Alkohol und schließlich mit Äther extrahiert.

8. Die Substanz wird bei 105° C nachgetrocknet und gewogen.

b) **Methode Lange.**

Man mischt 10 *g* Substanz, 40 *g* KOH, 40 *g* H_2O und erhitzt langsam auf 180° C (die Prozedur soll 1 Stunde dauern).

Das Reaktionsprodukt ist mit Wasser auszulaugen und im übrigen so zu verfahren, als handle es sich um die Isolierung der Ligninstoffe (siehe Abschnitt I). Resultate etwas höher als bei Schulze.

8. Quantitative Bestimmung des Xylans.

Siehe Abschnitt I.

III. Abschnitt.

Zersetzungen (Gärungen) einzelner Holzbestandteile.

Es ist nötig, vor Besprechung der Zersetzung des Holzes durch Pilze, darüber einen Überblick zu gewinnen, wie sich die einzelnen Bestandteile desselben niederen Pilzen (Schimmel, Bakterien) gegenüber verhalten, d. h. inwieweit sie von solchen Pilzen zerstört (vergoren) werden können.

Es wird also von diesem Gesichtspunkte aus jedenfalls

a) der Holzextrakt und[1])

b) die Holzsubstanz[2]) zu besprechen sein.

Der dritte Bestandteil, Stoffe, die in Wasser unlöslich, in Alkohol löslich sind, kommt für Gärungen nicht in Betracht.

Die Besprechung der Vergärungsfähigkeit der Holzsubstanz erfordert die Kenntnis der Vergärbarkeit seiner Bestandteile.

Hier werden zu besprechen sein:

1. Cellulosegärungen,
2. Xylangärungen,
3. Gärungen des Holzextraktes,
4. Gärungen der Holzsubstanz,
5. Gärungen der Ligninstoffe.

1. Cellulosegärungen.

Cellulose kann durch Mikroorganismen (Pilze überhaupt) auf mehrfache Art gespalten — zerstört, vergoren — werden.

---

[1]) Der in Wasser lösliche Anteil des Holzes.

[2]) Siehe Abschnitt I.

Eine Vorbedingung zur Spaltung der Cellulose dürfte, wie schon Hoppe-Seyler richtig vermutete, die vorhergehende Hydrolyse, der Zerfall der Cellulose in Traubenzucker sein.

$$2\,n\,\underbrace{(C_6\,H_{10}\,O_5)}_{\text{Cellulose}} + 2\,n\,H_2\,O = 2\,n\,\underbrace{C_6\,H_{12}\,O_6}_{\text{Dextrose}}$$

Dieser Zerfall, die Hydrolyse, geht mit dem zweiten Stadium der eigentlichen Vergärung, fast gleichzeitig vor sich.

Das erste Produkt der Spaltung der Cellulose, der Traubenzucker, kann durch verschiedene Pilze in mehrfacher Weise weiter gespalten werden. Es ist darum nötig, die Spaltungen des Traubenzuckers vor Besprechung der typischen Cellulosegärungen zu besprechen.

a) Methangärung des Traubenzuckers:

$$C_6\,H_{12}\,O_6 = 3\,CO_2 + 3\,CH_4.$$

Diese Gärung wird durch Bakterien veranlaßt.

b) Butylalkoholgärung des Traubenzuckers:

$$C_6\,H_{12}\,O_6 = C_4\,H_9\,OH + 2\,CO_2 + H_2\,O.$$

Auch diese Gärung bewirken Bakterien.

c) Milchsäuregärung des Traubenzuckers:

$$C_6\,H_{12}\,O_6 = 2\,C_3\,H_6\,O_3.$$

Erreger der Gärung sind Bakterien.

d) Alkoholische Gärung des Traubenzuckers:

$$C_6\,H_{12}\,O_6 = 2\,C_2\,H_5\,OH + 2\,CO_2.$$

Die Gärung wird durch verschiedene Hefearten herbeigeführt.[1])

Äthylalkohol, Butylalkohol und Milchsäure sind weiter zersetzbar. Die Zahl der möglichen Kombinationen in der Zersetzungsart ist eine große. Es sei nur erwähnt, daß Methylalkohol zu Essigsäure $C_2\,H_5 - OH + O_2 = CH_3 - CO\,OH + H_2\,O$ und — wahrscheinlich Butylalkohol zu Buttersäure vergärbar sind. Diese beiden Stoffe kommen bei Cellulosegärungen stets als Nebenprodukte vor.

Schließlich sind auch diese Stoffe weiter spaltbar; z. B. die Essigsäure in Methan und Kohlensäure $CH_3 - CO\,OH = CH_4 + CO_2$.

[1]) Es existieren noch weitere Gärungen, z. B. die Acetongärung.

Milchsäure und Buttersäure sind diesfalls weniger genau studiert, zerfallen jedoch auch weiter, wobei meist freier Wasserstoff nebst Kohlensäure eines der Endprodukte darstellt.

A. Anaerobe Cellulosegärungen.

Diese Gärungen werden durch Bakterien bewirkt. Wiewohl sie schon lange bekannt sind, so hat doch erst Omelianski genauer erforscht und festgestellt, daß je nach der Art der zersetzenden Bakterien entweder die sogenannte Methangärung oder die Wasserstoffgärung entsteht.

In beiden Fällen ist die Versuchsdurchführung folgende:

In einem Kolben mit hohem engen Halse werden eingebracht: Cellulose (etwa 5 *g* auf 1 *l* Inhalt), dann nachstehende Nährlösung: $K_2 H PO_4 = 1{\cdot}0$ *g*, $Mg SO_4 = 0{\cdot}5$ *g*, Ammonsulfat (oder Ammonphosphat) 1·0 *g*, *Na Cl* = eine Spur, Wasser = 1000 cm^3.

Die Nährlösung muß den Kolbenhals ganz ausfüllen. Zwecks Neutralisation der als Nebenprodukte entstehenden Säuren (Essigsäure, Buttersäure) gibt man in den Kolben einige Kreidestücke. Der Erreger dieser Gärung ist (richtiger: Die Erreger dieser Gärungen sind) oft im Flußschlamm und Teichschlamm, seltener in frischem Pferdemiste vorhanden. Meiner Beobachtung zufolge findet er sich unbedingt in länger stehenden Düngerhaufen, also in verrottetem Dünger.

Diese Gärungen gehen nach Omelianski am besten bei 34 bis 35° C vor sich. Vielleicht durch andere Bakterien (thermophile Bakterien, solche Bakterien finden sich im Dünger) verursachte Gärungen gehen (teilweise eigenen Versuchen zufolge) bei + 53° C stürmisch vor sich. Aber auch bei + 21° C beobachtet man mitunter Gärungen. Vom Momente der Infektion bis zum Eintritt der Gärung vergehen bei + 34 bis + 35° C oft 21 Tage. Bei + 53° C scheint das Intervall (die „Inkubationsdauer") weit kürzer zu sein.

Omelianski unterscheidet:

a) Die Methangärung. Hauptprodukte Methan und Kohlensäure.

b) Die Wasserstoffgärung. Hauptprodukte Wasserstoff und Kohlensäure. Als Nebenprodukte entstehen stets bis 50% Essigsäure und Buttersäure.

Welche von beiden Gärungen eintritt, hängt vom Erreger der Gärung ab.

B. Aerobe Cellulosegärung.

Die Art der vor sich gehenden Zersetzung ist nicht bekannt. Die Zersetzung findet im Gegensatze vor vorhergehendem aerob, d. i. bei Luftzutritt statt.

Van Iterson gab zur Herbeiführung dieser Gärung nachstehende Vorschrift: Cellulose wird in einem beliebigen Gefäße 0·5 bis 1 *cm* hoch mit nachstehender Nährlösung überschichtet: NH_4Cl 1·0 *g*, K_2HPO_4 0·5 *g*, Wasser 1000 cm^3. Auch hier ist zur Neutralisation gebildete Säure Kreide zuzugeben. Zur Infektion benutzt man die schon bei *A* erwähnten Stoffe. Einzelnen Angaben zufolge, die ich nur bestätigen kann, tritt eine aerobe Gärung unter ganz verschiedenen Umständen ein; es tritt z. B. oft eine Gärung auf, wenn (wie vorhin infizierter) Urin mit Cellulose bei + 53° C stehen gelassen wird.

C. Anaerobe Cellulosegärung durch denitrifizierende Bakterien.

Die Denitrifikation von Nitraten (siehe unten) tritt nur dann auf, wenn Stoffe da sind, die freien Wasserstoff, freies Methan oder einen reduzierenden Stoff überhaupt liefern können, und weiters nur dann, wenn überhaupt ein passendes Nitrat da ist. In vorliegendem Falle liefert die Cellulose den Wasserstoff (das Methan). Der Prozeß geht in 2 Phasen vor sich:

a) $KNO_3 + H_2 = KNO_2$ Stadium der Nitritbildung.

b) $2\,KNO_2 + 3\,H_2 = K_2O + N_2 + 3\,H_2O$ Stadium der Stickstoffentbindung.

Auch in einem Prozesse läßt sich der Verlauf darstellen: $2\,KNO_3 + 5\,H_2 = K_2O + N_2 + 5\,H_2O$. Methan wirkt ähnlich wie Wasserstoff: $8\,KNO_3 + 5\,CH_4 = 4\,N_2 + 10\,H_2O + 4\,K_2CO_3 + CO_2$.

Die Versuchsdurchführung ist dieselbe wie bei der sub *A* beschriebenen Gärung. Als Nährlösung wird nach Van Iterson verwendet: KNO_3 — 2·5 *g*, K_2HPO_4 — 0·5 *g*, Wasser 1000 cm^3.

Der Verlauf der Gärung ist:

a) Cellulose Spaltung, Bildung reduzierender Stoffe.

b) Reduktion des Nitrates zu Nitrit, beziehungsweise Stickstoff.

Beide Prozesse greifen ineinander ein, so, daß diese Stadien tatsächlich gar nicht zu beobachten sind. Hier wurde die Gärung

hauptsächlich vom Standpunkte des Chemikers betrachtet und darum der Chemismus besonders hervorgehoben.

D. Aerobe Gärung der Cellulose durch denitrifizierende Schimmelpilze.

Van Iterson, dessen Beobachtungen ich durchwegs bestätigen kann, tränkt Cellulose (Baumwolle, Filtrierpapier) mit NH_4NO_3 0·5 *g*, K_2HPO_4 0·5 *g*, Wasser 1000 cm^3, läßt 12 bis 24 Stunden offen stehen, so, daß Schimmelpilzkeime dazu kommen, und hält nun bei + 25° C. Nach ca. 14 Tagen ist auf der Cellulose Schimmel zu bemerken. Die Art der Spaltung der Cellulose ist unbekannt.

Anhang. Prüfung auf Verschwinden des Nitrates, beziehungsweise auf Eintritt von Denitrifikation.

1. Diphenylaminprobe.

Man mengt Diphenylamin 0·5 *g*, Wasser 20 cm^3, konzentrierte Schwefelsäure 100 cm^3, und erhält so das Diphenylamin-Schwefelsäure genannte Reagens.

Will man prüfen, ob irgend eine Flüssigkeit noch Nitrat (Nitrit) enthält, oder ob dasselbe schon verschwunden — (vergoren) ist, so gibt man einige Kubikzentimeter des Reagens in eine Eprouvette und gießt bei sehr schief geneigter Eprouvette vorsichtig die gleiche Menge der zu prüfenden Flüssigkeit nach. Ist Nitrat (Nitrit) noch da, so entsteht an der Berührungsstelle beider Flüssigkeitsschichten ein blauer Ring.

2. Schaumprobe.

Man stellt sich Nitratbouillon her. Hierzu mischt man Liebigs Fleischextrakt 10 *g*, Pepton 10 *g*, Kochsalz 5 *g*, Kaliumnitrat 1 *g*, Wasser 1000 cm^3.

Die Lösung wird aufgekocht, filtriert und sterilisiert. Füllt man in einen Kolben mit hohem Halse (bis zur halben Halshöhe) diesen Nitratbouillon und bringt in die (vorher zu sterilisierende) Flüssigkeit den zu prüfenden Infektionserreger, so tritt bei 21° C oder 37° C (eventuell 53° *C*) nach ungefähr 48 Stunden heftiges Schäumen auf, falls denitrifizierende Bakterien da sind.

Der Schaum ist feinblasig und hält sich lange.

Sind denitrifizierende Bakterien abwesend, so unterbleibt das Schäumen.

Gärungen anderer Hexosen.

Stärke verhält sich bezüglich der Vergärbarkeit wie Cellulose, nur gärt sie leichter.

Ganz unbekannt ist das Verhalten von Manno-Cellulose und Galakto-Cellulose gegenüber Mikroorganismen. Diese Stoffe dürften sich jedoch wie Dextroso-Cellulose verhalten. Mannan und Galaktan wurden in ihrem Verhalten noch nicht studiert, dürften sich jedoch ähnlich der Stärke verhalten.

2. Xylangärungen.

Xylan ist ein ziemlich zersetzlicher Körper und niederen Pilzen gegenüber ein höchst willkommener Nährstoff.

Die nachstehenden Vergärungen sind gemäß eigenen Beobachtungen[1]) zusammengestellt.

A. Anaerobe Xylangärung.

Versuchsdurchführung ganz ähnlich wie bei der Cellulosegärung unter *A*.

Es wird gemischt Xylan 5 *g*, K_2HPO_4 1·0 *g*, $NH_4H_2PO_4$ 1·0 *g*. $MgSO_4$ 0·05 *g*, Kochsalz eine Spur, Wasser 1000 cm^3. Die Gärung tritt meist schon nach 24 Stunden auf, wird bald lebhaft, kommt aber auch bald zum Stillstande.

B. Anaerobe Gärung durch denitrifizierende Bakterien.

Man mischt Xylan 5·0 *g*, KNO_3 2·5 *g*, $NH_4H_2PO_4$ 1·0 *g*, $MgSO_4$ 0·5 *g*, Wasser 1000 cm^3. Infiziert wird mit Dünger. Eine Neutralisation mit Kreide erfolgt nicht. Die Gärung geht sowohl bei + 21° C als auch bei + 37° C vor sich.

Die Gärung ist eine nur mäßig anaerobe, d. h. sie geht mitunter auch bei Luftzutritt vor sich.

Der Verlauf der Gärung ist ein stürmischer; es tritt heftiges Schäumen, ein Zeichen der *N*-Entwicklung, auf. Bei 0·1% Nitrat

[1]) Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft, 12. Heft 1905. „Einige Daten über die Vergärbarkeit des Xylans."

und 0·5% Xylan ist die Gärung für das Nitrat eine quantitative, d. h. das Nitrat verschwindet vollständig.

Wird statt Kaliumnitrat Ammoniaknitrat verwendet, so muß statt Ammonphosphat Kaliumphosphat benutzt werden.

C. Aerobe Gärungen durch Bakterien.

Daten darüber fehlen.

D. Normale Schimmelpilzgärung.

Xylan wird befeuchtet mit K_2HPO_4 1·0 *g*, $MgSO_4$ 0·5 *g*, NH_4Cl 0·5 *g*, Leitungswasser 1000 cm^3. Man läßt zwecks Infektion durch Luftkeime 24 Stunden offen stehen.

Oft schon nach 8tägigem Stehen bei + 25° C ist die Oberfläche reichlich mit Schimmel bedeckt.

E. Schimmelpilzgärung durch denitrifizierende Schimmelpilze.

Befeuchtet wird mit NH_4NO_3 0·5 *g*, K_2HPO_4 0·5 *g*, Wasser 1000 cm^3.

Versuchsdurchführung und Resultat genau so wie bei *D*. Nur entwickeln sich Schimmelpilze noch reichlicher.

Gärungen anderer Pentosane.

Araban dürfte sich wie Xylan und Arabinose wie Xylose verhalten.

Über die Vergärbarkeit der Methyl-Pentosane fehlen Daten.

3. Gärungen des Holzextraktes.[1]

Der Gärungsverlauf ist, soweit Bakterien, Hefen und Schimmelpilze in Betracht kommen, derselbe, ob man Holzextrakt oder Holz selbst nimmt.

Die folgenden Angaben beziehen sich teils auf Holzextrakt, teils auf Holz. Es wird in jedem besonderen Falle bemerkt werden, welcher der beiden Stoffe benutzt wurde.

---

[1]) Malenković, „Ist Holz durch Bakterien vergärbar?" Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich 1905, Heft 9.

A. Normale Bakteriengärungen.

Unveränderter Holzextrakt vergärt durch Bakterien nur höchst schwierig; ebenso die Extraktbestandteile von Holz, das in Wasser suspendiert ist. Daran ist schuld:

1. Der Harz(Gerbstoff-)gehalt des Holzes.
2. Die saure Reaktion des Holzextraktes.

B. Bakteriengärungen bei neutralisiertem Holzextrakte.

Auf (mit Soda oder Kreide) neutralisiertem Holzextrakte gedeiht eine große Reihe von Bakterien.

Die Art dieser Bakterien ist unbekannt, doch handelt es sich sowohl um Arten, die bei Zimmertemperatur (+ 21° C), als auch um Arten, die bei Bruttemperatur (+ 37° C) gedeihen.

Auch die chemischen Leistungen dieser Bakterien sind unbekannt.

Soweit sie untersucht wurden, sind sie nicht imstande, Cellulose, wohl aber meist Zucker (Stärke) zu vergären. Ob sie Xylan vergären, ist unbekannt.

Die Neutralisation des Holzextraktes in Gebäuden geschieht durch Hydroxyde oder Karbonate, die sich in dem das Holz umgebenden Medium (Erde, Mauerwerk) befinden.

C. Vergärungen durch denitrifizierende Bakterien.

Diese Vergärung tritt nur dann ein, wenn der Holzextrakt (das Holz) mit Nitraten in Berührung kommt.

Sie geht sowohl bei saurem, als auch bei neutralisiertem Holzextrakte vor sich.

Am besten läßt sich diese Gärung beobachten, wenn man Sägespäne mit einer Nährlösung, bestehend aus: NH_4NO_3 0·1 bis 0·25 *g*, K_2HPO_4 0·1 *g*, Wasser 100 cm^3 kocht und nach der Abkühlung mit altem Dünger infiziert. Nach wenigen Tagen tritt lebhafte Gärung unter Schaum- und Blasenbildung auf.

Nimmt man eine sehr verdünnte Nährlösung, z. B. NH_4NO_3 0·05 *g*, K_2HPO_4 0·05 *g* auf Wasser 100 cm^3, so kann man schon nach etwa 8 Tagen das Verschwinden des Nitrates mit Diphenylaminschwefelsäure feststellen.

In gleicher Weise kann man das Stattfinden der Gärung auch im Holzextrakte, und zwar durch Verschwinden des Nitrates, feststellen. Nur soll nicht viel, etwa nur 0·05%, Ammonnitrat zu-

gesetzt werden. Die Zugabe an Phosphat braucht nicht stattzufinden.

D. Normale Schimmelpilzgärung.

Sowohl auf saurem, als auch auf neutralem Holzextrakt gedeihen Schimmelpilze.

E. Schimmelpilzgärung durch denitrifizierende Schimmelpilze.

Zusatz von Nitraten fördert das Wachstum von Schimmelpilzen am Holzextrakte.

4. Gärungen der Holzsubstanz.

Von der Vergärung einzelner Bestandteile der Holzsubstanz (Cellulose, Xylan) wurde bereits gesprochen. Das Stattfinden einer Vergärung dieser Bestandteile hat zur Voraussetzung, daß diese Bestandteile frei sind oder durch irgend eine Ursache (z. B. echte Holzzerstörer) freigemacht werden. In der Holzsubstanz sind den gegenwärtigen Anschauungen nach die einzelnen Bestandteile nicht frei, sondern gebunden. Sollte eine Vergärung stattfinden, so müssen nicht nur diese Ester gespalten, sondern auch eventuelle antiseptisch wirkende Spaltungsprodukte zuerst abgeführt (ausgelaugt, verzehrt) werden.

Der Versuch zeigt, daß die Holzsubstanz als solche weder durch Bakterien noch durch eine Reihe von Schimmelpilzen vergärbar ist und die Fähigkeit, die Holzsubstanz zu zerstören, d. h. zunächst die Ester zu spalten, nur den sogenannten echten Holzzerstörern sowie (in beschränktem Maße) einer Gruppe von Schimmelpilzen zukommt. Über diese Pilze wird in den weiteren Abschnitten noch mehrfach zu sprechen sein.

5. Gärungen der Ligninstoffe.

Einzelne von mir bisher durchgeführte orientierende Versuche, die Ligninstoffe (in Alkohol löslicher Anteil) zur Vergärung zu bringen, lieferten nur negative Resultate.

Bakterien, Schimmelpilze, Hefen wuchsen nicht.

Das Hervortreten freier Cellulose (weiße Flecke) bei einzelnen Holzzerstörungen spricht dafür, daß vielleicht der eine oder der andere der echten Holzzerstörer auch die Ligninstoffe zerstört (verdaut).

II. Hauptstück.

Zerstörungsursachen des Holzes.

IV. Abschnitt.

Allgemeines über die Zerstörungsursachen des Holzes.

Die Zerstörungsursachen des Holzes werden hier in nachstehender Reihenfolge zu besprechen sein:

1. Wirkungen des Wassers;
2. Wirkungen des Sauerstoffes der Luft;
3. Wirkungen von Atmosphärilien überhaupt;
4. Wirkungen chemischer Stoffe;
5. Infektion des Holzes:
   a) Durch Pflanzen,
   b) durch Tiere.

1. Wirkungen des Wassers.

Wasser greift zunächst nur den Holzextrakt an. Es wird sonach aus Holz, welches sich in Wasser befindet, nach und nach der ganze Holzextrakt herausgelöst.

Zunächst werden sich die organischen Säuren und deren wasserlösliche Salze lösen. Auch der Zucker wird aus dem Holze entfernt werden.

Schon schwieriger geht die Stärke, noch schwieriger das Harz weg.

Bei Laubholz werden die Gerbstoffe nach und nach ausgelaugt werden.

Auch die Aschenbestandteile, ebenso das Eiweiß, soferne sie in Wasser löslich sind, werden der Auslaugung unterliegen.

Diesen Auslaugeprozeß, bei dem schließlich der ganze Holzextrakt herausgelöst (ausgelaugt) wird und bei dem (nebst etwas

Harz bei weichem Holze) schließlich die Holzsubstanz übrig bleibt, kann man das erste Stadium der Zersetzung durch Wasser nennen. Das Holz wird durch diesen Auslaugeprozeß im allgemeinen in der Qualität nicht schlechter; das Holz könnte möglicherweise durch diesen Auslaugeprozeß im Gegenteile besser werden. Es wurde schon im Abschnitte III erwähnt, daß die vollständige Entfernung des Holzextraktes aus dem Holze das Wachstum von Bakterien und auch bestimmten anderen Pilzen auf dem Holze ausschließt.

Man könnte die Entfernung des Holzextraktes geradezu zu den Mitteln der Holzkonservierung zählen und zählt sie auch hinzu, wiewohl sie gegen echte Holzzerstörer meist nichts nutzt.

Es sei also vorausgesetzt, daß der Holzextrakt (inklusive oder exklusive Harze) durch die Wirkung des Wassers allein ausgelaugt sei. In der Regel wird das, soferne es ausnahmsweise gelingt, mehrere Jahre dauern: Je nach dem Querschnitte und der Länge des Holzes.

Diesem ersten Zerstörungsstadium folgt das zweite Zerstörungsstadium.

Es muß gleich hier vorausgesetzt werden, es sei das Wasser ein neutral reagierendes, keinerlei mineralische Stoffe enthaltendes, also etwa destilliertes Wasser. Im Gegenfalle würde es sich um Wirkungen chemischer Stoffe handeln, die unter 4. erst zu besprechen sind.

Um die weitere Wirkung des Wassers zu verstehen, ist es nötig, auf die Zusammensetzung der Holzsubstanz (siehe Abschnitt I) zurückzugreifen.

Dort wurde bemerkt, daß die Holzsubstanz aus einem Gemische von chemischen Verbindungen, die zum Teile Äther (Ester, Anhydride) sind, bestehe. Ester[1]) überhaupt, die im Holze vorhandenen esterartigen Stoffe der Holzsubstanz im besonderen, sind in Wasser unlöslich, oder doch schwer löslich. So sagt man. Tatsächlich kann nur von „schwer löslich" und „sehr schwer löslich" gesprochen werden.

Den neueren Anschauungen der Chemie zufolge ist ja kein chemischer Stoff in Wasser unbedingt unlöslich. Demgemäß werden sich Spuren der Holzsubstanz in Wasser lösen und in

---

[1]) Als Kollektivname!

Wasser wird sich ein Ester (mehrere Ester) von der allgemeinen Form $R_1 — OR_2$ gelöst befinden.

Was mit ihnen (ihm) geschieht ist, Nebensache, sie sind aus dem Holze weg.

Nur soviel sei bemerkt: Die in Wasser gelösten Ester erfahren eine Zersetzung, die Hydrolyse, $R_1 — OR_2 + H_2 O = R_1 — OH + R_2 — OH$.

Es sei nun hier ein besonderer Fall, der Interesse bietet, vorausgesetzt. Die eine Komponente des Esters R_1 sei die sehr schwer in Wasser lösliche Cellulose. Es möge darum $R_1 = Z$ gesetzt werden.

Die zweite Komponente R_2 des Esters sei in Wasser relativ gut löslich. Der Ester $Z — OR_2$ selbst sei in Wasser sehr schwer löslich.

Was wird geschehen? Aller Vermutung nach wird R_2 nach und nach schwinden. Gleichzeitig mit der Lösung wird auch die Hydrolyse stattfinden. Der leicht lösliche Bestandteil wird aus dem Holze rascher entfernt werden, als der schwer lösliche. Es wird also Cellulose zurückbleiben. Ob dem in Wirklichkeit so, ist schwer zu sagen. Der Theorie nach sollte es geschehen. Statt dem Ester läge dann ein Celluloseskelett vor.

Speziell von der Verbindung Ligninstoffe-Cellulose sind beide Komponenten in Wasser schwer löslich und es bleiben selbst im Falle der Spaltung derselben Teile beider Komponenten zurück.

Über die Dauer des Holzes unter reinem, von Pilzen (inklusive Bakterien usw.) freien Wasser können bestimmte Angaben nicht gemacht werden. Die Dauer des Holzes unter Wasser müßte nicht Jahre, nicht Jahrzehnte, sondern Jahrhunderte und Jahrtausende betragen. Tatsächlich hatten einzelne Hölzer von Pfahlbauten — obwohl die gestellten Bedingungen hier nicht voll zutreffen — eine Dauer von Jahrtausenden.

2. Wirkungen des Sauerstoffes der Luft.

Holz enthält jedenfalls Stoffe, die einer Oxydation fähig sind. Das zeigt sich im Verhalten gegen Reduktionsmittel (alkalische Silbernitratlösung usw.).

Einzelne dieser Stoffe sind Aldehyde und es liegt sehr nahe anzunehmen, der Sauerstoff der Luft werde dieselben in die

entsprechenden Säuren überführen $R - COH + O = R - CO\,OH$. Tatsächlich kommt diese langsame Umwandlung durch Sauerstoff allein, die man „Altern des Holzes" nennen könnte, nicht so einfach zustande, soferne nur die Wirkungen des Sauerstoffes für sich betrachtet werden und die gleichzeitige Anwesenheit von Wasser ausgeschlossen ist.

Mitunter ist in der Luft eine geringe Menge Ozon vorhanden. Dieses oxydiert schon leichter.

Das stets in trockener Luft vorhanden gewesene Sargholz der Mumien in Ägypten bietet einen sicheren Beweis, daß Holz den Angriffen des Sauerstoffes der Luft allein (ohne Wasser) Jahrtausende standhält.

Was sollte auch der Sauerstoff allein bewirken? Wohl kann er Aldehyde und sonstige oxydable Verbindungen oxydieren, aber die Ester und noch festere Verbindungen (Ligninstoffe-Cellulose usw.) bleiben dabei erhalten, statt R_1 und R_2 liegen die Oxydationsprodukte R_1' und R_2' vor und der Ester $R_1 - OR_2$ bleibt als $R_1' - OR_2'$ dem Wesen nach erhalten.

3. Wirkungen von Atmosphärilien überhaupt.

a) Gemeinsame chemische Wirkung von Wasser und Luft.

Das Resultat dieser Wirkungen ist die Summe der Wirkungen des Wassers (Auslaugung des Extraktes, Hydrolyse) und der Luft (Oxydation). Diese Wirkung kann in verschiedener Weise auftreten und ist von den mechanischen Wirkungen schwer zu trennen.

b) Mechanische Wirkungen des Wassers. Gefrieren und Auftauen. Wirkungen der Temperaturschwankungen.

Das Resultat dieser Wirkungen sind Beanspruchungen des Holzes auf seine Elastizität, hervorgerufen durch Volumsänderungen. Die Zerstörung des Holzes äußert sich in Rissen (Sprüngen). Besonders gefrierendes Wasser zieht derlei Wirkungen nach sich.

Die vereinigten Wirkungen chemischer und mechanischer Natur von Luft, Wasser und Temperaturschwankungen bestehen also in der Entfernung des Holzextraktes, in einer sehr mäßigen Hydrolyse der Holzsubstanz, in der Bildung von Rissen und

Sprüngen. Das Endstadium wäre ein Brüchigwerden, Morschwerden der Holzfaser.

Die Lebensdauer des Holzes, welches der vereinigten Wirkung der Atmosphärilien ausgesetzt ist, kann darum nicht gut geschätzt werden, weil hierbei stets andere Zerstörungen — Zerstörungen durch Pilze — mitwirken.

Auch hängt die Raschheit der Zerstörung von dem Maße der Einwirkung der Atmosphärilien ab. Gut konservierte Eisenbahnschwellen, bei denen Pilzwirkungen entfallen, sind, abgesehen von denjenigen Stellen, an denen sich Schienennägel befinden, erst nach etwa 25 Jahren zerstört. Bedenkt man, daß bei selbst gut konservierten Eisenbahnschwellen Pilzwirkungen nicht ganz ausgeschlossen sind, dafür mechanische Wirkungen an der Zerstörung teilnehmen, so muß man 25 Jahre als das Minimum an Lebensdauer ansehen.

Die Art des Holzes ist natürlich von hoher Bedeutung.

Holz in Gebäuden, das vor Regen geschützt ist, müßte, wenn es auch mäßigen Wirkungen der Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen, der Wirkung der Luft ausgesetzt ist, doch eine Lebensdauer nach Jahrhunderten besitzen. In ganz vereinzelten Fällen erreicht es auch diese Lebensdauer. Der beste Beweis für diese Angaben ist das Vorhandensein von Möbeln, Bilderrahmen usw., die Jahrhunderte alt sind.

4. Wirkungen chemischer Stoffe.

Diese können eingeteilt werden in die Wirkungen von:

a) Säuren,
b) alkalischen Stoffen,
c) Neutralsalzen,
d) organischen, zersetzlichen Stoffen.

Säurewirkungen treten auf in Gebäuden, in denen mit Säuren gearbeitet wird, dann bei Holz, welches mit einzelnen Stoffen imprägniert wurde. So enthält z. B. Kupfervitriol stets freie Schwefelsäure, Chlorzink freie Salzsäure. Das Maß der Wirkung hängt von der Konzentration der Säuren und der Art der Säure ab. Am verderblichsten ist freie Schwefelsäure.

Holz, das mit Schwefelsäure von etwa 1% getränkt wurde, wird braun, verkohlt.

Weit weniger schädlich ist Salzsäure, die selbst bei 5% Konzentration nur eine schwache Bräunung des Holzes hervorruft. An Mäßigkeit der Wirkung wird die Salzsäure von organischen Säuren, die ja im Holze selbst vorkommen (Ameisensäure, Essigsäure, Oxalsäure), dann von der Flußsäure und Kieselflußsäure übertroffen.

Teilweise als Säurewirkung sind die verderblichen Wirkungen des Eisenvitrioles auf Holz aufzufassen. Diese Substanz, die mitunter zur Holzkonservierung benutzt wurde, zersetzt sich ungefähr wie folgt: $3\,Fe\,SO_4 + O_3 = Fe_2\,(SO_4)_3 + Fe_2\,O_3$.

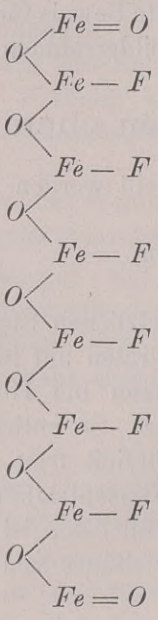
Dieser Prozeß wäre um so unbedenklicher, als hierbei die freie Säure geradezu verzehrt wird: $Fe_2\,O_3 + 3\,H_2\,SO_4 = Fe_2\,(SO_4)_3 + 3\,H_2\,O$. Tatsächlich scheint beim Kontakte eines Eisensalzes mit Holz ganz ein anderer Prozeß vor sich zu gehen:

$$\begin{matrix} Fe\,SO_4 \\ Fe\,SO_4 \end{matrix} + H_2\,O = \begin{matrix} Fe \\ O \\ Fe \end{matrix} \!\!> SO_4 + H_2\,SO_4.$$

Basisches Eisensulfat

Ganz analog ist es beim Chlorid. Sichergestellt ist, daß Prozesse dieser Art beim Eisenfluorid vor sich gehen.

Es bildet sich nachstehende Verbindung: $8\,Fe\,F_3 + 9\,H_2\,O =$ $18\,HF +$



Das eine Endprodukt solcher Prozesse sind stets basische Oxyde (Oxysulfate, Oxychlorüre, Oxychloride, Oxyfluorüre, Oxyfluoride) des Eisens, das andere Produkt stets freie Säure. Die freie Säure ist es, die das bewirkt, was man nennt: „vom Rost zerfressen".

Die Wirkung der freien Säuren auf Holz ist zunächst eine Hydrolyse. Die Ester und sonstige Verbindungen des Holzes werden, wenn auch unvollständig gespalten: $R_1 - OR_2 + H_2O = R_1OH + R_2OH$. Weiters ist die Wirkung eine verzuckernde.

Es sei R_1 Cellulose oder Xylan:

a) $2n(C_6H_{10}O_5) + 2nH_2O = 2n(C_6H_{12}O_3)$,

b) $C_5H_8O_4 + H_2O = C_5H_{10}O_5$, es bildet sich also Traubenzucker (Dextrose), beziehungsweise Xylose. Bei Schwefelsäure wird noch die Dextrose in Huminsubstanzen von dunkler Färbung verwandelt.

Die sonstigen Säuren bewirken schon den ersten Prozeß, die Hydrolyse sehr mangelhaft; um so mangelhafter den zweiten, die Verzuckerung, gar nicht den dritten, Bildung von Huminstoffen. Das Vorhandensein geringer Säuremengen ist also nicht allzu bedenklich.

Am verderblichsten wirkt Säure erfahrungsgemäß dort, wo sie mit Eisen in Berührung kommt. In diesem Falle scheidet sich nämlich die Säure in konzentrierter Form ganz gemäß der Theorie ab, z. B.:

a) $Fe + 3HCl = FeCl_3 + H_2$,

b) $2Fe\begin{matrix}Cl\\Cl\\Cl\end{matrix} + H_2O = \begin{matrix}Fe=Cl\\\quad\ Cl\\\quad\ O\\Fe=Cl\\\quad\ Cl\end{matrix} + 2HCl$,

c) $\begin{matrix}Fe=Cl\\\quad\ Cl\\\quad\ O\\Fe=Cl\\\quad\ Cl\end{matrix} + H_2O = \begin{matrix}Fe\text{———}Cl\\\quad\ O\\Fe\text{———}Cl\end{matrix} + 2HCl$,

d) $\begin{matrix}Fe\text{———}Cl\\\quad\ O\\Fe\text{———}Cl\end{matrix} + H_2O = Fe_2O_3 + 2HCl$.

Die Wirkungen von Alkalien sind je nach der Art des Alkalis verschieden.

Die Hydroxyde des Kaliums und Natriums, vielleicht auch das Wasserglas ($Na_2 Si O_3 + H_2 O = 2 Na OH + Si O_2$) wirken am kräftigsten. Die Wirkung ist, wie bei den Säuren, eine Hydrolyse der Ester: $R_1 — OR_2 + H_2 O = R_1 OH + R_2 OH$ und bildet sich bei Alkalien das Salz: $R_2 OH + Na OH = R_2 O Na + H_2 O$.

Eine weitere Zersetzung durch das Alkali selbst, z. B. die Verzuckerung findet nicht statt. Ebenso können verdünnte Alkalien die Verbindung Ligninstoffe-Cellulose nur schwierig spalten. Wohl aber treten Nebenwirkungen auf, die auf das Vorhandensein von Sauerstoff zurückzuführen sind. Es werden einzelne der isolierten Holzbestandteile, z. B. Aldehyde und mehrwertige Phenole oxydiert. Diese Oxydation geht erfahrungsgemäß bei Gegenwart von Alkalien am besten vor sich.

Mäßiger, aber ganz ähnlich, ist die Wirkung von wasserlöslichen Karbonaten, dann des Ammoniaks. Wenig bekannt ist die Wirkung von Ätzkalk.

Neutralsalze wirken auf das Holz meist gar nicht chemisch ein. Nur Salze der Schwermetalle wirken oft durch Abgabe freier Säure. Die Eisensalze wurden schon erwähnt. Kupfersalze geben die Säure schwerer, aber doch ab, z. B. das Kupfersulfat. Kalksalze, Magnesiumsalze, Salze des Aluminiums und der Schwermetalle fällen die Harze bei weichem Holze und bilden unlösliche Seifen. Das ist meist kein Vorteil, oft ein Nachteil.

Zersetzliche organische Stoffe wirken je nach der Natur ihrer Zersetzungsprodukte und es handelt sich dann um Wirkungen von Säuren, Alkalien usw.

5. Infektion des Holzes.

a) Durch Pflanzen (siehe Abschnitt V bis IX),
b) durch Tiere (siehe Abschnitt X).
Darüber in den nächsten Abschnitten (V bis XI).

V. Abschnitt.

Zerstörungen des Holzes durch Pilze und andere Pflanzen.

Einleitung, Symbiosen, Metabiosen.

Unterschied zwischen Schimmelpilzen und echten Holzzerstörern.

Die Zerstörung des Holzes durch Pilze kann nur zustande kommen, wenn das Holz einerseits den für das Wachstum des betreffenden Pilzes gerade nötigen Wassergehalt besitzt, anderseits der Pilz dem Holze in irgend einer Form (als Spore, als Mycel = Pilzgewebe) zugeführt wird.

Holz ohne Wasser bleibt von Pilzen verschont; feuchtes Holz, dem die Gelegenheit zur Zuführung von Pilzen fehlt, das also vor Infektion bewahrt bleibt, kann ebenfalls keine Zerstörung durch Pilze erleiden.

Nur wenn beide Bedingungen da sind: Feuchtigkeit und Möglichkeit der Zufuhr von Pilzkeimen, wird Holz von Pilzen zerstört. Dann tritt aber diese Zerstörung auch unbedingt ein. Das Maß der Zerstörung hängt von der Art des Pilzes ab, der sich angesiedelt hat.

Die Art des Pilzes, der sich jeweils ansiedelt, ist von mehreren Umständen abhängig:

1. Vom Zustande des Holzes vor der Ansiedlung des Pilzes.
2. Von der Temperatur des Lokales, in dem sich das Holz befindet.
3. Hauptsächlich vom Wassergehalte des Holzes.

Die Zerstörung des Holzes im Hochbaue und noch mehr die Zerstörung des Holzes in der Natur ist meist das Resultat

des Nacheinanderwirkens (Metabiose) oder Zusammenwirkens (der Ausdruck Symbiose entspricht nicht ganz, weil er ein engerer ist) von Pilzen verschiedener Pilzklassen.

Ein Beispiel soll das erläutern.

Buchenholz sei noch am lebenden Baume mit Polyporus vaporarius behaftet gewesen. Dieses Holz bleibt nach der Fällung im Walde liegen. Meist schon nach der ersten Beregnung werden sich insbesondere an den Stirnseiten Bakterien und Schimmelpilze ansiedeln.

Der echte Holzzerstörer wird einstweilen sein Wachstum einstellen. Dieses Holz wird nach der Verarbeitung in einen ziemlich feuchten Neubau eingebaut. Der Schimmel wird einige Zeit weiter wachsen, dann aber sein Wachstum einstellen. Das Holz wird ihm zu trocken werden. Jetzt wird der Polyporus vaporarius hervorbrechen und am Holze üppig gedeihen.

Infolge einer Überschwemmung sei dieses Holz sehr naß geworden. Für Polyporus vaporarius ist jetzt zuviel Wasser da. Er wird zum Teile eingehen. Schimmelpilze und Bakterien werden sich jetzt geradezu vom abgestorbenen Leibe ihres Vorgängers ernähren.

Der Begriff Bakterie, dann der Begriff Hefe, schließlich der Begriff Alge ist botanisch genau festgelegt und eine Feststellung dieser Begriffe hier nicht nötig. Dagegen müssen die Begriffe Schimmelpilz und echte (eigentliche) holzzerstörende Pilze, die bestimmten botanischen Begriffen nicht entsprechen, sondern nur populär gebraucht werden, hier festgelegt werden. Zur Unterscheidung beider Pilzgruppen dienen nachstehende Unterscheidungsmerkmale (siehe Tabelle S. 63).

In der Regel wird schon der erste Anblick des Holzes lehren, welche von beiden Pilzgruppen vorliegt. Oft, besonders bei Mischinfektionen, Symbiosen, Metabiosen, jedoch wird die Unterscheidung schwieriger werden. Es muß auch angenommen werden, daß die Kluft zwischen beiden Pilzgruppen durch Übergänge überbrückt wird. Die Extreme, z. B. Mucor, Penicillium einerseits, Merulius lacrymans, Polyporus vaporarius anderseits, scheiden sich aber im ganzen Verhalten scharf voneinander. Sind Fruchtträger da, so ist der Unterschied ein höchst auffälliger.

	Schimmelpilze	Echte Holzzerstörer
1.	Niedrig organisierte Pilze, z. B. Zygomyceten, Aspergilleen. Deutliche Fruchtträger meist nicht vorhanden.	Höher organisierte Pilze, z. B. Basidiomyceten, Xylariaarten usw. Meist deutliche Fruchtträger vorhanden.
2.	Erfordert sehr feuchtes Holz.	Erfordert mäßig feuchtes Holz.
3.	Zerstört allein für sich hauptsächlich nur den Holzextrakt und nur wenig die Holzsubstanz.	Zerstört nicht nur den Holzextrakt, sondern spaltet die Holzsubstanz und verzehrt Anteile derselben.
4.	Wächst bei gesundem Holze nur an der Oberfläche.	Wächst bei gesundem Holze auch in die Tiefe.
5.	Wenig sichtbares Mycel (Luftmycel).	Mitunter viel Luftmycel.

A. Bakterien.

Schon im Abschnitte: Zersetzungen (Gärungen) einzelner Holzbestandteile wurde erörtert, daß nur der Holzextrakt, nicht aber die (unversehrte) Holzsubstanz einer Zersetzung durch Bakterien zugänglich ist. Nichtsdestoweniger wirken Bakterien auch bei der Zersetzung der Holzsubstanz mit. Ein Holzständer aus Buchenholz sei lange Zeit in Wasser gelegen, das Nitrate enthält, so daß der Holzextrakt durch Bakterien gründlich aufgezehrt wurde. Nun werde derselbe in Erde gebracht und von Polyporus vaporarius befallen. Dieser spaltet die Holzsubstanz. Es wird z. B. Xylan (Holzgummi) frei. Was liegt nun näher, als anzunehmen, die Bakterien werden sich auf dieses so gute Nahrungsmittel mit Gier stürzen, es aufzehren. Ja der Fall ist nicht ausgeschlossen, daß sie die Hyphen des Polyporus vaporarius aufzehren. Sicher ist, daß die Fruchtträger des Merulius lacrymans durch Schimmelpilze und Bakterien verzehrt werden, soferne nur der nötige Feuchtigkeitsgehalt da ist.

So kommt es, daß Bakterien in allen Stadien der Holzzersetzung mitwirken und auf Holz nie fehlen. Ob sie in Tätigkeit treten, hängt von der Gesamtsituation ab. Ist diese günstig, dann wirken sie; ist sie ungünstig, so hört ihre Wirkung zeitweilig auf, ohne aber, daß sie absterben. Sie bleiben vielmehr aktionsbereit. Wesentlich ist es, die Bedindungen kennen zu lernen, unter welchen die Bakterien zur Tätigkeit gelangen, die Stadien kennen zu lernen, die für sie besonders günstig sind.

Was zunächst die für die Zersetzung des Holzes durch Bakterien günstigen Stadien anbelangt, so wäre zu erwähnen, daß ein solches unmittelbar nach der Fällung eintritt. Das Holz ist da noch sehr wasserreich, der Holzextrakt noch unverändert vorhanden. Ob tatsächlich eine Zersetzung des Holzextraktes durch Bakterien eintritt, hängt von so vielen Umständen ab, daß allgemeine Angaben nicht gemacht werden können. Die für Bakterien günstigen Lebensbedingungen dauern solange an, als das Holz im Walde bleibt. Sobald es vom Walde auf den Holzplatz kommt, verliert es soviel an Feuchtigkeit, daß die Wachstumsbedingungen für Bakterien in der Regel bis zum Einbaue des Holzes ungünstige bleiben.

Ob sich nun nach dem Einbaue des Holzes die Wachstumsbedingungen für Bakterien bessern, hängt vom Medium, das das Holz umgibt, ab.

Bestenfalls ist schon vor dem Einbaue der ganze Holzextrakt durch Bakterien verzehrt, was aber bei unzerkleinertem Holze nie geschieht, weil die Bakterien die Holzzellen nur schwer durchdringen können.

Mit dem Verschwinden des Holzextraktes hören die Lebensbedingungen für Bakterien ganz auf. Das Holz kann noch so feucht sein, Bakterien wachsen darauf nicht. Es kommt also eine bakterienlose Periode. Diese bleibt bestehen, solange die Holzsubstanz nicht durch andere Pilze (echte Holzzerstörer), freie Säuren usw. gespalten wird.

Sobald dies geschehen, fängt wieder das Bakterienwachstum an. Dieses Bakterienwachstum stoßt aber mitunter an ein Hindernis, das als „Fehlende Abfuhr der Spaltungsprodukte" noch zu besprechen sein wird.

Die weitere Tätigkeit der Bakterien läßt sich nicht gut verfolgen. Sobald alles Eßbare verzehrt ist, muß sie aufhören, um erst dann wieder zu beginnen, wenn andere Pilze aus den

für Bakterien unverdaulichen Stoffen verdauliche erzeugt haben. Vielfach ernähren sich die Bakterien auf Kosten des Leibes ihrer Vorgänger. In allen Stadien wird aber das Bakterienwachstum auf Holz durch nachstehende Umstände beeinflußt:

1. Zerkleinerungsgrad des Holzes.

Wenn auch viele auf Holz gedeihende Bakterien ohne Zutritt von Luft leben können, so erschwert doch der Bau des Holzes, die kompakte Holzmasse, deren Wachstum. Je feiner das Holz verteilt ist, je größer die Oberfläche, desto mehr Angriffspunkte für Bakterien sind da.

2. Wassergehalt des Holzes.

Holz, auf dem sich Bakterien entwickeln sollen, soll nicht nur feucht, es soll naß sein. Es wird also Holz unter Wasser, Holz in Erde, Holz in Neubauten, Holz bei Regenwetter im Walde liegend, von Bakterien heimgesucht werden.

3. Wirkung der Umgebung.

Im Abschnitt III wurde erwähnt, daß der Holzextrakt nur ein spärliches Bakterienwachstum gestattet, soferne nicht:

a) Eine Neutralisation desselben eintritt,

b) Harze und ähnliche Stoffe unschädlich gemacht werden, oder statt *a)* und *b)*

c) Nitrate vorliegen.

In Gebäuden kann Mauerwerk, können Füllmaterialien, können einzelne alkalische Imprägnierungsmittel auf den Holzextrakt neutralisierend einwirken. Einzelne dieser Stoffe fällen auch Harze. Viel leichter tritt die Neutralisation des Holzextraktes und die Fällung der Harze bei Holz ein, das in Erde liegt. Nitrate, die die Ansiedlung denitrifizierender Bakterien bedingen, werden in Gebäuden selbst (von Aborten mit Kalksalpeter abgesehen) nur selten da sein. Wohl aber stets in der Erde, vielleicht im Dünger usw.

4. Abfuhr der Spaltungsprodukte.

Gewisse Produkte der Spaltung des Holzes durch echte holzzerstörende Pilze wirken auf das Bakterienwachstum ent-

schieden sehr ungünstig ein. Solche Stoffe sind Phenole (z. B. Brenzkatechin) und Aldehyde (z. B. Vanillin; weniger Furfurol), dann die sogenannten Ligninstoffe. Werden diese nicht weggeführt, so wird das Bakterienwachstum gehemmt.

Wie kann diese Abfuhr der wachstumshemmenden Stoffe geschehen? Bei Holz im Freien besorgt das der Regen (Ligninsäuren sind aber in Wasser unlöslich), bei Holz in Erde einigermaßen aber unvollständig, die Feuchtigkeit, bei Holz in Wasser das Wasser. Aber auch Schimmelpilze können diese Tätigkeit besorgen. Sie sind in der Wahl ihrer Nahrungsmittel weniger anspruchsvoll als Bakterien, verzehren also Stoffe, die die Bakterien nicht verdauen können. Für den Fall, als sie nicht nur die schlechteren, sondern — und zuerst — die besseren Nahrungsmittel verzehren, ergibt sich für die Bakterien noch immer ein Gewinn. Die Bakterien verdauen dann den Leib der Schimmelpilze und finden so eine ihnen entschieden zusagende Nahrung. Also wieder eine Metabiose.

Künstliche Zucht der Bakterien des Holzes.

Der natürlichste Nährboden für die Bakterien des Holzes ist der schon im Abschnitte I, dann im Abschnitte III erwähnte Holzextrakt. In der Regel ist es aber nötig, diesen Holzextrakt mit Sodalösung oder Kreide zu neutralisieren. Wünscht man einen festen Nährboden, so kann man 2% Agar-Agar hinzugeben und erhält nach entsprechend langem Kochen eine Gallerte. Statt Holzextrakt kann man verschiedene Kohlenhydrate in 2- bis höchstens 10%igen Lösungen (Aufschlämmungen) benutzen, z. B. Rohrzucker, Dextrose, Lävulose, Maltose, Inulin, Stärke, Xylan, Xylose, Rhamnose, Cellulose usw. Die nötigen Mineralnährstoffe muß man dem Wasser, in dem man die Kohlenhydrate löst (aufschlämmt), natürlich zugeben. Anhaltspunkte über deren Art ergeben sich aus Abschnitt III. Gangbare Stoffe sind diesfalls: Kaliumphosphat (0·1%), Ammoniumphosphat (0·1%), Magnesiumsulfat (0·05%), dann für besondere Fälle (denitrifizierende Bakterien) Ammon- oder Kaliumnitrat (0·2%).

Eventuell kann 0·1 bis 0·2% Pepton als Stickstoffquelle benutzt werden.

Bei Ernährungsversuchen ist der gewöhnliche Agar-Agar zur Gelatinierung des Nährbodens ebensowenig als Gelatine benutzbar.

Statt desselben ist Beijerinkscher Wasseragar zu verwenden: Man bringt am besten Agar-Agar in Strängen in Wasser, das 0·1% $K_2 HPO_4$ und 0·1% $NH_4 H_2 PO_4$ enthält, läßt unter wöchentlicher Erneuerung des Wassers 8 Wochen bei 37° C stehen und laugt hierauf gründlich das $K_2 HPO_4$ und $NH_4 H_2 PO_4$ mit destilliertem Wasser aus.

Eigenschaften der Bakterien des Holzes.

Die Eigenschaften der Bakterien des Holzes sind noch höchst ungenügend erforscht. Soviel ist bekannt:

1. Es existieren Bakterien, die bei + 21° C, solche die bei + 37° C und vereinzelte, die auch bei + 53° C gedeihen.

2. Eine Gruppe der Holzbakterien wächst auf saurem Holzextrakt gar nicht oder höchst spärlich, wohl aber auf neutralem Holzextrakt.

3. Eine andere Gruppe gedeiht auf saurem Holzextrakt zwar gleichfalls schlecht, gedeiht aber gut, sobald Nitrate da sind.

4. Stärke wird von den meisten dieser Bakterien willig verzehrt, manche verzehren vielleicht Xylan, solche, die Cellulose verzehren, wurden bisher nicht gefunden. Hierbei sind die erwähnten zwei Gruppen zu unterscheiden, nämlich Bakterien, die diese Stoffe bei Abwesenheit von Nitraten verzehren und solche, die dies nur bei Gegenwart von Nitraten tun. Es ist also zu unterscheiden, ob es sich um denitrifizierende Bakterien handelt oder nicht. Wie man denitrifizierende Bakterien erkennt, wurde im Abschnitt III angeführt. Aber auch die hier angeführten flüssigen nitrathältigen Nährsubstrate schäumen meist, wenn diese Bakterien vorliegen. Feste Nährsubstrate zeigen oft eine Zerklüftung. Der Gebrauch der Nährsubstrate ergibt sich aus Abschnitt III.

Zu beantworten wird meist sein:

1. Bei welcher Temperatur wächst die Bakterie?

2. Wächst sie nur auf neutralen oder auch auf sauren Nährböden?

3. Gehört sie zu den denitrifizierenden?

4. Was benützt sie als Kohlenstoffquelle (Stärke, Xylan, Cellulose, Ligninsäuren, eventuell keinen dieser Stoffe)?

5. Ist die Bakterie anaerob oder aerob?

Versuche zeigten, daß eine ganze Reihe der Bakterien des Holzes zu den anaeroben (luftscheuen) gehört. Diese züchtet man nach den Regeln der Bakteriologie und würde es hier zu weit führen, deren Zucht zu beschreiben.

Zur Isolierung derselben genügt oft ein langes, mit festem Nährstoff gefülltes Glasrohr.

In den unteren (mittleren) Schichten bilden sich Kolonien dieser luftscheuen Bakterien.

B. Hefen.

Die Bedingungen zum Wachstume von Hefen auf Holz sind ungünstige. Auf der Holzsubstanz vermögen echte Hefen jedenfalls nicht zu wachsen.

Aber auch wenn eine Spaltung der Holzsubstanz — durch andere Lebewesen verursacht — eintritt, bessern sich diese Lebensbedingungen nicht unbedingt. Xylan und auch Xylose sind keine geeigneten Nährstoffe für Hefen. Cellulose auch nicht. Cellulose müßte erst zu Traubenzucker (Dextrose) zerlegt, hydrolysiert werden, um für Hefen einen Nährstoff abzugeben.

Aber auch im Holzextrakt finden sich nicht viel Nährstoffe für Hefen. Unveränderte Stärke wird durch Hefen gleichfalls nicht angegriffen; erst die hydrolysierte, in Traubenzucker umgewandelte. Sonstige Nährstoffe für Hefen, es kommen wohl nur Zuckerarten in Betracht, sind im Holzextrakte nur in geringer Menge vorhanden.

Auf sogenannten Baumflüssen lebenden Bäume hat man allerdings echte Hefen beobachtet. Baumflüsse sind aber Krankheitszustände, bei denen vielleicht Zucker gebildet wird.

Hefeähnliche Mikroorganismen kommen allerdings auf Holz sehr häufig vor. Hervorzuheben wäre eine Art, die mit „Saccharomyces torula" die größte Ähnlichkeit hat und die ich Torula ligni benennen will. Welchen Holzanteil dieselbe zerstört, ist unbekannt. Auf faulendem Holze wird sie regelmäßig vorgefunden. Diese Art, sowie echte Saccharomyces torula lassen sich auf Holzmehl züchten. Die Vermehrung ist allerdings eine mäßige. Nähere Daten fehlen noch.

C. Schimmelpilze.

Vom Beginne der Fällung an bis zum Verschwinden des letzten Restes an Holz sind Bedingungen für das Gedeihen von

Schimmelpilzen da, soferne das Holz nur entsprechend feucht ist. Allerdings wären nach vollständiger Zerstörung des Holzextraktes Bedingungen für das Wachstum einer großen Gruppe von Schimmelpilzen, d. i. jenen, die die Holzsubstanz nicht spalten können, nicht da. Das wurde ja experimentell bewiesen. Sobald aber die Holzsubstanz eine Spaltung erfährt, können alle in Betracht kommenden Schimmelpilze wieder gedeihen.

Es gelten für die Schimmelpilze dieselben Wachstumsbedingungen wie für Bakterien, nur sind diese Bedingungen ungleich günstiger:

1. Schimmelpilze brauchen nicht soviel Wasser, als Bakterien.
2. Schimmelpilze sind von der Reaktion des Nährbodens wenig abhängig, d. h. sie wachsen auch auf saurem Holzextrakt.
3. Die Spaltungsprodukte des Holzes schaden den Schimmelpilzen wenig.
4. Schimmelpilze gedeihen zwar besonders gut bei Gegenwart von Nitraten, benötigen aber dieselben nicht, wie viele Bakterien des Holzes.

Die meisten Schimmelpilze des Holzes sind aerob, d. h. benötigen zum Wachstume Luft. Es existieren aber auch anaerobe Arten. Bei allen Temperaturen: Bei $+21^0$ C, $+37^0$ C, auch bei $+53^0$ C gedeihen die Schimmelpilze des Holzes.

Anhaltspunkte für die Zucht der Schimmelpilze ergeben sich aus dem Abschnitte III [Zersetzungen (Gärungen) einzelner Holzbestandteile].

Man wird also versuchen, Schimmelpilze auf Cellulose, Xylan usw. oder Holzextrakt, ebenso, wie dort angegeben wurde, zu züchten. Aus Holzextrakt wird man sich durch Kochen mit 2%igem Wasseragar einen Holzextrakt-Wasseragar bereiten. Außerdem züchtet man die Schimmelpilze des Holzes noch auf nachstehenden Nährböden:

a) Holzmehl,

b) Brot,

c) Malzextrakt = Fleischextrakt mit oder ohne Zitronensäure.

Über *c)* siehe Abschnitt VI.

ad *a)* Holzmehl. Fein verteiltes Holz, am besten Holzmehl oder Sägespäne, wird mit einem Überschuß an Wasser[1]) befeuchtet, einige Zeit gewartet, bis das Wasser aufgesaugt wird

[1]) Statt Wasser kann man Mineralsalzlösungen (Abschnitt II) benutzen.

und vom Wasser soviel abgegossen, daß etwas mehr da ist, als das Holz aufnimmt. Neigt man das Gefäß, so soll also noch etwas Wasser abtropfen. Die Sterilisation muß sehr gründlich vorgenommen werden. Am besten ist 5 Tage hintereinander je $^1/_2$ Stunde im Sterilisator zu erhitzen.

ad *b)* Brot. Schwarzbrot wird bei ca. 160° C solange erhitzt, bis es hart wird und sich pulverisieren läßt. Hierauf wird das Brot fein zerstoßen und weiter so behandelt, als wäre es Holzmehl.

Ein weiterer, sehr einfacher, wenn auch etwas schlechterer Nährboden für Schimmelpilze mit Rohrzucker, wird im Abschnitte XVI beschrieben werden.

Oft wird es sich empfehlen, den Nährböden für Schimmelpilze des Holzes 0·1% Kalium und ebensoviel Ammonphosphat, dann 0·05% $MgSO_4$ zuzugeben.

Liegt ein denitrifizierender Schimmelpilz vor, so gibt man mit Vorteil für das Wachstum noch 0·05 bis 0·25%, im Maximum 0·5% Ammonnitrat (Kaliumnitrat) zu.

D. Echte Holzzerstörer.

Siehe Abschnitt VI.

E. Sonstige Pflanzen.

Am Holze finden sich mitunter Algen, dann die schon zu den Tieren zählenden Protozoen.

Über die Art der von ihnen etwa verursachten Zerstörung ist nichts bekannt.

VI. Abschnitt.

Allgemeines über eigentliche Holzzerstörer.

(Xylophagen[1]), Holzfresser, echte Holzzerstörer.)

A. Definition. Chemie der Holzzerstörer. Chemisch-physikalische Untersuchung des von Holzzerstörern zerstörten Holzes.

Wie schon bemerkt wurde, besitzen diese Pilze die Eigenschaft, die im Holze vorhandenen Ester und sonstigen Verbindungen (Ligninstoffe-Cellulose) zu spalten und einen Teil dieser Spaltungsprodukte zu Nahrungszwecken zu gebrauchen.

Diese Pilze verzehren sonach einen Teil der Holzsubstanz und unterscheiden sich dadurch wesentlich von jenen Pilzen, die nur den Holzextrakt verzehren.

Damit ist jedoch durchaus nicht gesagt, daß diese Pilze etwa den Holzextrakt unangegriffen lassen. Einzelne Bestandteile (Zucker, Stärke) sind ja, wie Laboratoriumsversuche zeigen, eine sehr willkommene Nahrung dieser Pilze.

Bezüglich der Auswahl derjenigen Nährstoffe, die ein bestimmter Pilz der Holzsubstanz entnimmt, bestehen zwischen den einzelnen Pilzen weitgehende Unterschiede. Einzelne Pilze verschonen die Cellulose, so daß sich weiße Celluloseflecke am Holze bilden. Andere wählen wieder mit Vorliebe die Cellulose als Nahrung.

Sichere Aufschlüsse über jene Stoffe, die ein bestimmter Pilz bevorzugt, und jene, die er mehr oder minder verschmäht, sind aus zwei Gründen nur sehr schwierig zu erlangen:

---

[1]) Nach Schorstein.

1. Die analytischen Methoden zur Bestimmung der einzelnen Bestandteile des Holzes sind fast durchwegs sehr wenig ausgebildet, so daß von quantitativen Bestimmungen in dem nach der Zerstörung des Holzes übrig gebliebenen Holzreste kaum die Rede sein kann.

Was bestimmbar und mit welchem Grade an Genauigkeit es bestimmbar, wird weiterhin angegeben werden.

2. Die Zerstörung des Holzes ist sehr oft das Resultat des Zusammenwirkens verschiedener Pilzklassen, so daß sehr schwer zu entscheiden ist, was der eine Pilz, was der andere verursacht hat.

Aus dem Vorhergegangenen (1. und 2.) ergibt sich zunächst, daß die Ergebnisse nur dann einwandfrei sein können, wenn man die Gewißheit hat, daß ein bestimmter Pilz die Zerstörung allein verursacht hat.

Bei Holz, welches lebenden Bäumen entnommen wurde, wird man diesfalls zwar nicht die Gewißheit, aber einen hohen Grad an Wahrscheinlichkeit haben.

Bei Bauholz in Gebäuden oder gar im Freien dagegen kann es geradezu als Regel gelten, daß die Zerstörung dem Zusammen- oder Nacheinanderwirken verschiedener Pilze zuzuschreiben ist.

Selbst im Laboratorium gelingt es trotz peinlichster Sorgfalt nicht, Schimmelpilze von Holz, das mit echten Holzzerstörern behaftet ist, auf die Dauer abzuhalten. Solange der Holzzerstörer üppig gedeiht, ist von Schimmel so gut wie gar nichts zu merken. Sobald aber dessen Wachstum infolge Erschöpfung des Holzes, Änderung der Temperatur, Erhöhung des Wassergehaltes usw. aufhört, siedeln sich nicht nur Schimmelpilze, sondern, soweit die Bedingungen hierfür da sind (Wassergehalt, Mineralsalze usw.), auch Bakterien und sonstige Mikroorganismen an.

Diese zerstören den Leib des Holzzerstörers und die von ihm zurückgelassenen Holzreste. Untersucht man solches Holz, so kann man schwere Irrtümer begehen.

Sicherheit in der Beurteilung hat man dann, wenn Reinkulturen auf Holzmehl oder sonstigen Nährböden vorliegen. Man versucht dann zunächst den Pilz auf folgenden Bestandteilen des Holzes zu züchten:

a) Unverändertes Holzmehl,

b) Holzmehl mit Wasser, Alkohol und Chloroform extrahiert (= Holzsubstanz),

c) wie *b)*; außerdem von Stoffen, die in Ammoniak löslich sind, befreit.

d) wie *c)*; außerdem von Stoffen, die in 5%iger Natronlauge löslich sind, befreit.

Erfahrungsgemäß ist es nötig, zur Befeuchtung statt Wasser Mineralnährsalzlösungen, z. B. die folgenden:

I.

K_2HPO_4 . . . . . 0·1%
$NH_4H_2PO_4$ . . . . . 0·1%
$MgSO_4$ . . . . . 0·05%

II.

$K_2H_2PO_4$ . . . . . 0·1%
KNO_3 . . . . . 0·1%
$MgSO_4$ . . . . . 0·05%

III.

K_2HPO_4 . . . . . 0·1%
Pepton . . . . . 0·1%
$MgSO_4$ . . . . . 0·05%

zu benutzen.

Weiters versucht man das Wachstum auf verschiedenen Kohlenhydraten und sonstigen im Holze vorkommenden Stoffen. Bei löslichen Kohlenhydraten macht man 10%ige Lösungen in einer der angeführten Nährsalzmischungen und sucht zunächst zu ergründen, welche Stickstoffquelle (Ammonsalz, Nitrat oder Pepton) nötig ist.

Hierzu befeuchtet man Seesand mit der Nährlösung und impft mit dem Pilze.

Bei festen Kohlenhydraten genügt es, dieselben mit der Minerallösung zu befeuchten.

Zu versuchen sind nachstehende Stoffe:

1. Dextrose, Maltose, Dextrin, Stärke, Cellulose verschiedener Provenienz (Baumwolle, Sulfit- und Natroncellulose, Filtrierpapiere usw.).

2. Lävulose und Inulin, Galaktose, Mannose, Mannan.

3. Rohrzucker, Milchzucker.
4. Arabinose, Xylose, Xylan usw.
5. Rhamnose.

Einige Resultate einer solchen Prüfung folgen bei Besprechung von Coniophora cerebella (Abschnitt IX).

Es sind esterspaltende, dann oxydierende usw. Enzyme, die die Holzzerstörer bilden.

Ein Name für diese Enzyme der Holzzerstörer fehlt bisher. Sie sollen hier Xylolysine genannt werden.

Czapek nannte ein derartiges Enzym, aus Merulius lacrymans und anderen Pilzen gewonnen, Hadromase und schreibt ihm die Eigenschaft zu, einen Ester, dessen eine Komponente Cellulose, die zweite ein nicht näher erforschter Stoff — das Hadromal — ist, zu spalten.

Die chemisch-physikalischen Methoden zur Bestimmung der Art der Holzzerstörung sind der Hauptsache nach empirische.

Alle Daten über zerstörtes Holz sind auf wasserfreies Holz zu beziehen.

Um das Holz wasserfrei zu erhalten, muß man es in möglichst zerkleinertem Zustande bei möglichst niedriger Temperatur trocknen (80 bis 95° C).

Die Dauer des Trocknens ist schwer anzugeben; sie hängt vom Zerkleinerungsgrade und der Menge an Substanz ab.

1. Spezifisches Gewicht.

Jede Holzart besitzt ein bestimmtes, übrigens stark schwankendes spezifisches Gewicht. Daten darüber findet man in verschiedenen Spezialwerken, dann Kalendern (für das Bau-, Ingenieur- und Forstwesen).

Die Ursachen dieser Schwankungen liegen zum Teile darin, daß nicht angegeben wird, ob es sich um absolut trockenes Holz handelt oder nicht.

Bei zerstörtem Holze wird das spezifische Gewicht oft weit über die Hälfte verringert sein. Diese Verringerung gibt ein Maß für die Intensität der Zerstörung.

2. Auslaugung mit konzentriertem Ammoniak.

Dasselbe wurde von R. Hartig wiederholt verwendet und finden sich darüber im Werke „Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche", Berlin 1878, Daten.

Das Holz wird reichlich mit konzentriertem Ammoniak überschichtet, 24 Stunden lang stehen gelassen, die Flüssigkeit abgegossen, nochmals mit Ammoniak übergossen, nach 24 Stunden die Flüssigkeit abermals abgegossen und das Holz mit kaltem Wasser abgespült. Dann wird das Holz getrocknet, gewogen und so der in Ammoniak lösliche Anteil bestimmt.

3. Extraktion mit Natronlauge.

Das Holz wird genau so wie bei Ammoniak mit Kalilauge von 2·5 bis 10% Gehalt ausgelaugt. Dann muß aber das Holz vor dem Trocknen am Extraktionsapparate mit Wasser extrahiert werden. Im Gegenfalle bliebe viel Natronlauge zurück und es ergäben sich unrichtige Zahlen. Besser ist es, das Holz (Mehl) mit der Lauge auszukochen und dann solange mit Wasser zu kochen, bis sich dasselbe nicht mehr merklich färbt.

4. Bestimmung der Stoffe der Xylangruppe (Rohxylan).

Holz wie unter 2 mit Ammoniak auslaugen und auswaschen. Darauf unmittelbar mit Kalilauge auslaugen.

Der Extrakt mit Kalilauge wird mit dem 3fachen Volumen Alkohol gefällt und das Gefällte auf ein bei 105° C getrocknetes und gewogenes Filter gebracht. Man wäscht nun zuerst mit sehr verdünnter Salzsäure, hierauf mit kaltem Wasser. Das Filter samt Inhalt wird nun bei 105° C getrocknet und gewogen. Bei gesundem Laubholze stellt dieser in Alkohol, Ammoniak und kaltem Wasser unlösliche, in Kalilauge aber lösliche Anteil des Holzes das Xylan vor. Allerdings nur das Rohxylan, denn es sind auch andere Stoffe beigemengt. Bei zerstörtem Holze, dann Nadelholz kann man diesen Anteil nicht mehr als Xylan bezeichnen, indem ein großer Prozentsatz des zerstörten Holzes die Eigenschaft besitzt, sich in Kalilauge zu lösen, in Alkohol, Ammoniak und Wasser aber unlöslich zu sein (?).

5. Cellulosebestimmungen.

Von den im Abschnitte II erwähnten Methoden zur Bestimmung der Cellulose ist nur die unter 7. *a)* erwähnte Methode mit dem Schultze-Macerationsgemisch empfehlenswert.

Aus den durch Prof. Bencze (über Veranlassung von Dr. J. Tuszon) durchgeführten Cellulosebestimmungen bei gesundem Buchenholz einerseits, mäßig und stark verpilztem Holze anderseits ergaben sich wichtige Rückschlüsse. Diese Forscher fanden nämlich bei Rotbuchenholz:

Nr.	Zustand des Holzes (Holzzerstörer)	Gehalt an Cellulose			
		I	II	III	Mittel
1	Gesund	44·84	49·48	43·77	44·52
2	Sogenanntes „ersticktes Holz" . . .	—	52·61 53·17	49·83 46·76	50·47
3	Sogenanntes „weißfaules", sonst mäßig zerstörtes Holz	46·92	46·33	45·01	46·08
4	Sogenanntes „rotfaules", stark zerstörtes Holz	14·30	19·78 21·58	15·13 12·75	17·70

Aus diesen Daten geht hervor, daß der Gehalt mäßig zerstörten Holzes an Cellulose nicht nur nicht abgenommen hat, sondern sogar vermehrt ist. Wie dieses Resultat zu erklären ist, muß noch festgestellt werden. Bei stark zerstörtem Holze (4) ändert sich die Sachlage gänzlich.

Der Gehalt an Cellulose sinkt von ca. 45% auf ca. 18% (ohne jedoch je auf *O* zu sinken!).

Es wurde also vom Holzzerstörer (im vorliegenden Falle Trametes stereoides und Polyporus vaporarius) vorwiegend die Cellulose und weniger die anderen Bestandteile zerstört.

Es ist nicht unmöglich, daß in einzelnen Fällen zuerst nur der Holzextrakt zerstört wird. In diesen Fällen muß naturgemäß der Gehalt des Holzes an Cellulose höher werden. Es können aber auch — insbesondere beim Buchenholz, welches reich an Xylan ist — zuerst das Xylan verzehrt werden und darum (unter der Voraussetzung, es sei das Xylan an Cellulose gebunden) der Gehalt an Cellulose steigen. Ja selbst die Ligninsäuren können gegenüber der Cellulose bevorzugt werden (Trametes pini).

6. Farbstoffreaktionen.

Bei zerstörtem Holze können die im Abschnitte II angeführten Reaktionen verstärkt, vermindert oder ganz verschwunden sein. Besonders wichtig ist die Feststellung, ob die Reaktionen auf freie Cellulose positiv ausfallen oder nicht.

7. Reduzierende Eigenschaften (reduzierende Stoffe).

Die Menge an reduzierenden Stoffen ist bei zerstörtem Holze regelmäßig vermehrt. Es fallen daher einzelne der im Abschnitte II erwähnten Reaktionen weit stärker aus. Diese Eigenschaft zerstörten Holzes kann für Holzuntersuchungen in der Praxis Verwertung finden.

B. Vorkommen der Holzzerstörer. Art der Einschleppung in Gebäude.

Viele Holzzerstörer kommen im Walde an lebenden Bäumen vor; beispielsweise Polyporus vaporarius und Agaricus melleus. Diese Pilze sind echte Waldbewohner, Bewohner lebenden Holzes. Andere kommen zwar auf lebenden Bäumen nicht vor, wohl aber auf totem, im Freien befindlichen Holze. Zu dieser zweiten Gruppe scheint die Hauptmenge der Holzzerstörer zu zählen. Diese Pilze sind Saprophyten. Zur dritten Gruppe wären jene Holzzerstörer zu zählen, die weder auf lebenden Bäumen noch im Walde vorkommen. Das sind zwar auch Saprophyten, aber Kulturpflanzen, echte Hausbewohner. Es ist aber zweifelhaft, ob Pilze existieren, die strenge in die dritte Gruppe zu zählen sind. Manche Forscher hielten den echten Hausschwamm für einen solchen Pilz. Nach und nach gelang es aber, den echten Hausschwamm einigemale auch im Freien zu finden, und zwar auch auf abgestorbenen Bäumen. Ja A. Möller und P. Hennings fanden diesen Pilz selbst auf einzelnen Teilen (Wurzeln) lebender Bäume.

Um also die Gruppeneinteilung überhaupt aufrecht halten zu können, muß man das Hauptvorkommen berücksichtigen. Dann ist es zutreffend, diese Pilze in Parasiten,[1]) Saprophyten und Hausbewohner einzuteilen; dann wird an der Einteilung nichts geändert, wenn ein Saprophyt mitunter als Parasit, ein

[1]) Nach von Tubeuf: Wundparasiten.

Hausbewohner in seltenen Fällen im Freien oder gar als (Wund-) Parasit auftritt. Aus dieser Einteilung ergibt sich auch die Art der Verschleppung dieser Pilze. Die in Hochbauten auftretenden Pilze können nämlich herstammen:

a) Noch vom lebenden Baume, z. B. bei Polyporus vaporarius, Agaricus melleus;

b) zwar nicht vom lebenden Baume, wohl aber von einer Infektion noch im Walde, z. B. bei Polyporus vaporarius, Agaricus melleus, Lenzites sepiaria;

c) von einer Infektion am Holzplatze, z. B. bei Coniophora cerebella;

d) von einer Infektion während des Baues, z. B. bei Merulius lacrymans. In sämtlichen Fällen kann es sich um folgende Infektionsarten handeln:

a) Sporeninfektion;

b) Mycelinfektion;

c) Gemmeninfektion. Gemmen sind hefeartige Gebilde, entstanden aus Mycel, und stehen in der Mitte zwischen Mycel und Sporen.

d) Conidieninfektion. Conidien sind Gebilde nach Art von Sporen, die jedoch nicht auf echten Fruchtträgern, sondern Conidienträgern gewachsen sind.

C. Lebensbedingungen der holzzerstörenden Pilze. Sporenkeimungen.

Es sollen zunächst die Lebensbedingungen auf Holz, hierauf erst jene auf sonstigen Nährböden besprochen werden:

1. Nahrung.

Meist genügt Holz allein. Möglicherweise verlangen vereinzelte dieser Holzzerstörer noch weitere Stoffe (Erde, also Nährsalze usw.).

2. Wasserbedürfnis.

Meist wird ein ganz bestimmter mäßiger Wassergehalt verlangt. Ist zuviel Wasser da, so faulen die Holzzerstörer, werden von Schimmel und Bakterien überwuchert. Ist zuwenig Wasser da, so stellt der Pilz mitunter seine Lebenstätigkeit ein, ohne abzusterben. Vielleicht findet unter diesen Um-

ständen auch ein Zerfall in Gemmen statt. Ist andauernd zuwenig Wasser da, so stirbt der Pilz überhaupt ab.

Diesfalls bestehen zwischen den einzelnen Pilzen große Unterschiede.

Bei Brettern und Balken von geringem Querschnitte stirbt das Mycel (nicht die Sporen) des Pilzes mitunter schon nach 14 Tagen ab.

Mit Sicherheit wurde mitunter derartig rasches Absterben bei Merulius lacrymans, Polyporus vaporarius und Coniophora cerebella beobachtet.

Ein großer Querschnitt verzögert das Austrocknen und demgemäß das Absterben. Möglicherweise vertragen manche Pilze eine monatelange Austrocknung, vielleicht einige eine jahrelange.

Jedenfalls zählt das Mycel von Merulius lacrymans und Polyporus vaporarius nicht zu den langlebigen und es ist jedenfalls unrichtig anzunehmen, das Mycel dieser Pilze erhalte sich viele Jahre lang lebend auf ganz trockenem (nicht feuchtem oder mäßig feuchtem!) Holze. Auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist manchmal für das Lebendbleiben, ja selbst das Weiterwachsen des Mycels hinreichend.

3. Luft (Sauerstoffbedürfnis).

Bisher ist von keinem einzigen der holzzerstörenden Pilze nachgewiesen, daß er bei unbedingtem Abschluß (richtiger Ausschluß) von Luft wachsen könne. Ja Versuche, die Malenković durchführte, ergaben, daß das sogenannte Luftmycel von Merulius lacrymans und Polyporus vaporarius bei Luftausschluß bald abstarb. [Diese Versuche bedürfen aber der Wiederholung (Bestätigung).]

Sonst ist aber das Luftbedürfnis dieser Pilze meist ein sehr geringes. Luftmycel wird bei vielen Holzzerstörern durch Luftzug getötet. Sehr rasch geschieht diese Tötung bei Merulius lacrymans, d. i. schon nach einigen Minuten. Langsamer bei Polyporus vaporarius, Agaricus melleus, Coniophora cerebella usw.

Diese Tötung ist zurückzuführen auf:

a) Rasches Austrocknen,

b) Oxydationserscheinungen (vermutlich bei Hausschwamm).[1])

[1]) Meine Anschauung.

Die Fruchtträger der Holzzerstörer sind gegen Luftzug wenig oder gar nicht empfindlich.

Immerhin wählen selbst die Fruchtträger einigermaßen oft vor Luftzug geschützte Stellen zum Orte ihrer Bildung, z. B. jene von Polyporus vaporarius, Coniophora cerebella, Lenzites sepiaria, Daedalea quercina oft die untere Seite von Brücken.

4. Licht.

Mycel wird vom Licht oft ungünstig beeinflußt. Es gilt das aber hauptsächlich nur für das direkte Sonnenlicht. Indirektes Sonnenlicht oder gar Halbdunkel schadet nicht, ja Halbdunkel scheint sogar besser für das Wachstum des Mycels (Luftmycels) zu sein, als völlige Dunkelheit.

Die Fruchtträgerbildung scheint vom Lichte begünstigt zu werden. Fruchtträger, die in voller Dunkelheit gebildet werden, sind unvollständig ausgebildet, deren Sporen aber sehr oft nicht keimfähig.

5. Wärmebedürfnis.

Für jeden Pilz existiert eine Temperatur, bei der er am besten wächst, Optimum genannt.

Bei Merulius lacrymans auf Holz beträgt diese Temperatur + 17 bis 19° C. Polyporus vaporarius gedeiht besser bei niedrigeren Temperaturen, etwa bei + 15° C. Coniophora cerebella ebenso.

Bei einem Laboratoriumsversuche bildeten sich bei + 9° C Fruchtträger der Coniophora cerebella. Im Brutschrank wuchs das Mycel auf Brot sowohl bei + 8° als auch noch bei + 24° C.

Liegt nicht Holz, sondern ein künstlicher Nährboden vor, so ist das Optimum in der Regel höher, so beim Hausschwamm 21 bis 22° C.

Die höchste Temperatur, bei welcher ein Pilz noch gedeiht, nennt man Maximum.

Das Maximum ist gleichfalls von der Art des Nährbodens abhängig. Bei künstlicher Zucht wächst (allerdings recht schlecht) Hausschwamm noch bei + 30° C, auf Holz geht das Luftmycel schon unter 30° C (und über 25° C) nach einiger Zeit ein. Polyporus vaporarius wächst auf Holz im Laboratorium schon bei + 23° C sehr schlecht.

Temperaturen über dem Maximum wirken rasch tötend. Eine Temperatur von etwa 10° über dem Maximum tötet schon in Minuten.

Die niedrigste Temperatur, bei welcher ein Holzzerstörer noch wächst, das Minimum, ist schwer bestimmbar, denn es fehlt eine genaue Definition des Begriffes Wachstum. Die Bildung von Luftmycel hört beim Hausschwamm auf Holz schon bei + 5 bis + 10° auf. Bei künstlicher Zucht dagegen wächst — nach v. Tubeuf — der Hausschwamm noch bei + 4° C sehr langsam. Einzelne Holzzerstörer wachsen aber selbst in Eiskellern, also bei 0° C (eventuell darunter ?).

Coniophora cerebella wuchs, wie erwähnt, bei + 9° üppig und entwickelte im Dezember Fruchtträger.

Für einzelne Pilze existiert eine Temperatur, bei welcher sie oder doch ihr Luftmycel rasch getötet werden. Das ist die untere Tötungstemperatur.

Von praktischer Wichtigkeit ist es, ob das Mycel durch Winterfrost, d. i. eine anhaltende Temperatur von unter 0° C, beziehungsweise durch Gefrieren und Auftauen getötet werde. Bei echtem Hausschwamm ist das der Fall,[1]) bei anderen Pilzen, speziell jenen, die auf lebenden Bäumen gedeihen, ist das offenbar nicht der Fall.

6. Abhängigkeit des Wachstums von der Jahreszeit.

Die Bildung der Fruchtträger mancher Holzzerstörer ist an eine bestimmte Jahreszeit gebunden.

So findet man die Fruchtträger von Coniophora cerebella hauptsächlich in den Monaten September, Oktober, November. Im Versuchskeller kamen die Fruchtträger gar erst Ende Dezember zur vollen Entwicklung. Die Fruchtträger von Merulius lacrymans wachsen von Mai bis September. Bei anderen Holzzerstörern, z. B. Lenzites sepiaria, Daedalea quercina scheint die Fruchtträgerbildung das ganze Jahr, mit Ausnahme der kältesten Monate (Dezember bis Mitte März), vor sich zu gehen.

Auch die Bildung von Luftmycel ist an bestimmte Jahreszeiten gebunden. Dabei ist dieses Gebundensein an eine bestimmte Jahreszeit jedenfalls nicht ausschließlich die Folge der zu dieser Jahreszeit herrschenden Temperatur. Dies zeigt sich bei

[1]) Mögliche Ausnahme: Gemmenbildung (v. Tubeuf).

künstlicher Zucht: Das Luftmycel geht zu einer bestimmten Jahreszeit, die übrigens gar nicht etwa mit den kältesten (wärmsten) Monaten zusammenfällt, zugrunde. Macht man Kulturen auf künstlichen Nährböden, so gelingt es allerdings auch zu anderen Jahreszeiten zu züchten. Es ist aber deutlich zu merken, daß die Jahreszeit nicht zusagt; die Tendenz zu wachsen ist ganz unabhängig von der Temperatur, eine ausgesprochen verminderte.

Über den Einfluß der Jahreszeit siehe auch bei der Beschreibung der einzelnen Pilze.

7. Sporenkeimungen.[1])

Die Sporen der holzzerstörenden Pilze keimen nur unter ganz genau umgrenzten Bedingungen und geben nur unter diesen Bedingungen Anlaß zur Entstehung eines Pilzgewebes, des Mycels. Die Bedingungen der Sporenkeimung in der Natur, beziehungsweise auf Holz, kennt man so gut wie gar nicht und es kann nur aus Laboratoriumsversuchen auf künstlichen Nährböden einigermaßen auf die Keimungsbedingungen in der Natur geschlossen werden. Nachstehende Keimungsbedingungen kommen in Betracht.

a) Abwesenheit fremder Keime.

Diese Bedingung ist bei Laboratoriumsversuchen eine nicht umgehbare. Sobald fremde Keime da sind, findet ein Konkurrenzkampf statt, bei dem schließlich derjenige Pilz übrig bleibt, der die geringsten Ansprüche stellt, gegen fremde Stoffwechselprodukte am wenigsten empfindlich ist, am raschesten wächst. In einem solchen Konkurrenzkampfe unterliegt der Holzzerstörer den Bakterien und hefeartigen Pilzen (Mykoderma) gegenüber regelmäßig, den Schimmelpilzen meist.

Um also die Sporen eines Holzzerstörers überhaupt zur Keimung zu bringen, muß das Wachstum der Bakterien (Hefen) unbedingt, jenes von Schimmelpilzen nach Tunlichkeit ausgeschlossen werden. Hierzu stehen verschiedene Mittel zu Gebote.

Vor allem ist zu trachten, die Sporen so rein als irgendwie möglich zu gewinnen. Sporen, die sich noch am Fruchtträger

[1]) Sehr wertvolle, aber teilweise noch zu bestätigende Daten über Sporenkeimungen enthält die Schrift von M. C. Ferguson, „Germination of the spores of agaricus campestris and other basidiomycetous fungi", Washington 1902.

befinden, sind meist vollständig rein. Um diese Sporen zu gewinnen, stellt man den Fruchtträger so auf, daß die Sporen nach unten in ein sterilisiertes Gefäß fallen können.[1]) Diese Sporen werden ganz oder fast rein sein, d. i. auf etwa 100 Sporen werden vielleicht 2 und noch weniger fremde Keime entfallen. Um im vorliegenden Falle den Einfluß der fremden Keime auszuschalten, müßte der Keimungsversuch so vorgenommen werden, daß bei einem Keimversuch weniger als $100:2=50$ Sporen da sind. Dann kann darauf gerechnet werden, daß einzelne Aussaaten keinen fremden Eindringling enthalten werden.

Schon ungünstiger wäre die Sachlage, wenn auf 50 Sporen 50 Eindringlinge entfielen. Dann dürfte man nur je eine Spore aussäen, um Eindringlinge auszuschließen und müßte mindestens 2 Aussaaten machen, um auf eine Spore rechnen zu können.

Diese Methode, die Verdünnungsmethode, führt zwar theoretisch immer zum Ziele, ist aber oft wegen der großen Anzahl der nötigen Versuche praktisch undurchführbar. Der Prozentsatz an keimenden Sporen ist bei dieser Methode nur schwer bestimmbar.

Wünscht man den Versuch mit großen Sporenquantitäten (über 100) durchzuführen und Anhaltspunkte über den Prozentsatz an Keimungen zu gewinnen, so wird man, soferne nicht absolut reine Sporen vorliegen, zu anderen Mitteln greifen müssen. Ein Mittel hierzu ist die Aufschlämmung der Sporen in antiseptischen Stoffen.

Bisher benutzte man hierzu nur Zitronensäure (statt dessen Weinsäure). Man schlämmt in 1- bis 5%iger Zitronensäure auf. Ein Sporengemisch enthielte: 50% Hausschwammsporen, 10% Schimmelpilzsporen, 35% Bakterien, 5% Bakteriensporen. Läßt man dieses Gemisch 1 Stunde in 5% Zitronensäure, so sind alle Bakterien (35%), nicht aber deren Sporen vernichtet.

Nun enthält das Gemisch infolge der Proportion:

$$65:50=100:x$$

$$x=76$$

Hausschwammsporen. Durch die Zitronensäure werden aber auch die Bakteriensporen geschwächt, so daß sie erst nach 24 bis 48 Stunden auskeimen und die Keimung der Holzzerstörersporen nicht stören.

---

[1]) Nach Brefeld, A. Möller usw.

Einfacher ist, von Hause aus Zitronensäure (0·5 bis 2%) zuzugeben. Dann schaden die Bakteriensporen überhaupt nicht, wohl aber werden in der Regel die Sporen des Holzzerstörers gleichfalls mäßig geschädigt.

Um diesem Übelstande auszuweichen, kann man in 5% Zitronensäure aufschlämmen und in eine Nährlösung übertragen, die nur 0·25 bis höchstens 0·5% Zitronensäure enthält. Dann sind die Bakterien abgetötet und deren Sporen so stark geschädigt, daß sie meist überhaupt nicht auskeimen. Übrig bleiben die Sporen des Holzzerstörers, dann Schimmelpilzsporen, die anfänglich nur wenig schaden, weil sie vor 24 bis 48 Stunden gleichfalls nicht auskeimen. Scheinbar grundverschieden, tatsächlich dem Wesen nach ganz ähnlich, dürften die Verhältnisse in der Natur liegen.

Sporen, die am Fruchtträger haften bleiben und mit diesem verfaulen, sind in der Regel für die Fortpflanzung gänzlich verloren. Für Zwecke der Fortpflanzung kommen nur jene Sporen in Betracht, die vom Fruchtträger freiwillig abfallen und durch den Wind, durch Tiere, als Fliegen usw. verschleppt werden. Diese Sporen sind ganz frei von fremden Verunreinigungen, es sind das auserlesene, reife und lebenskräftige Sporen. Gelangen nun solche Sporen auf Holz, wird dieses Holz eingebaut, ist die nötige Feuchtigkeit da, so können sie auskeimen. Ist das Holz nur mäßig feucht, so können sich Bakterien und Schimmelpilze nicht entwickeln. Die Sporen von Holzzerstörern können aber vielleicht bei diesem Feuchtigkeitsgehalte noch auskeimen.

Holz, welches längere Zeit im Freien feucht lagerte, ist oberflächlich zum Teile von Holzextrakt frei. Auf solchem Holze können an der Oberfläche Bakterien und viele Schimmelpilze überhaupt nicht wachsen. Sollten diese Verhältnisse den Holzzerstörern zur Keimung ihrer Sporen genügen, dann stünden sie ganz konkurrenzlos da und würden von fremden Keimen ganz unbehelligt bleiben.

In der Tat scheinen einzelne Pilze, z. B. Coniophora cerebella, Holz vorzuziehen, welches schon mehr oder minder ausgelaugt ist, vom Holzextrakt gehörig an der Oberfläche befreit ist.

b) Reifezustand der Sporen.

Am besten keimen reife, ausgewachsene Sporen; vielleicht bestehen aber auch Ausnahmen.

c) Kondition der Sporen.

Hierzu gehört auch das in *a)* und *b)* Erwähnte, d. i. Sporen, die sich auf faulenden Stoffen befanden oder nicht reif sind, dürften überhaupt nicht keimen. Belichtung der Fruchtträger scheint nötig zu sein, damit sich keimfähige Sporen überhaupt bilden.

d) Licht.

Licht scheint zur Keimung der Sporen nicht nötig zu sein, ja bei einzelnen Pilzen die Keimung zu verhindern.

e) Sauerstoff.

Dieser ist zum Eintritt der Keimung offenbar nötig.

f) Alter der Sporen.

Sporen von Hausschwamm keimten noch nach 3 Jahren, nicht aber nach 5 Jahren. Sporen von Coniophora cerebella, die sofort nach der Entnahme sowie nach 6 Monaten gut keimten, keimten nach 2 Jahren gar nicht.

g) Einfluß der Jahreszeit.

Ein solcher scheint zu bestehen, so daß Sporen zu einer bestimmten Zeit am besten keimen.

h) Temperatur.

Die Sporen der Holzzerstörer keimen am besten bei einer bestimmten Temperatur, die man Optimum für Sporenkeimungen nennt. Dieses Optimum ist mit dem Optimum für Mycelwachstum nicht identisch, sondern stets höher; auch scheint dasselbe von der Natur des Substrates abhängig zu sein und auf Holz niedriger als auf künstlichen Nährböden zu sein. Das Optimum für Sporenkeimungen liegt für die meisten Holzzerstörer über 20° C und unter 30° C. So keimt auf künstlichem Substrat Merulius lacrymans am besten

bei 24 bis 26° C, Coniophora cerebella bei 24° C. Schon eine geringe Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur bewirkt ein rapides Abfallen der Keimungszahl. Bei etwa 5° unter dem Optimum erhält man oft (Merulius lacrymans, Coniophora cerebella) überhaupt keine einzige Keimung.

i) Der Nährboden für Keimungen.

Wohl die meisten Holzzerstörer keimen am Holz selbst. Einzelne erfordern aber, wie schon erwähnt, wahrscheinlich die vorherige Entfernung des Extraktes aus dem Holze. Immerhin ist nicht ausgeschlossen, daß der Keimungsakt in einzelnen Fällen nur bei Gegenwart fremder Stoffe, als: Mauerwerk, Erde usw. vor sich geht, ja vielleicht nur auf diesen stattfindet. Manche Sporen keimen schon in Wasser. Merkwürdigerweise machte man die Beobachtung, daß die Keimung mitunter nur bei destilliertem, nicht bei Leitungs(Brunnen-)wasser erfolgt.

Wohl die Sporen der meisten Holzzerstörer keimen in nachstehender künstlicher Nährlösung: Malzextrakt 2·0 *g*, Liebigs Fleischextrakt 0·5 *g*, Zitronensäure 0·25 bis 2·0 *g*, Wasser 100 cm^3.

R. Hartig, dann A. Möller und v. Tubeuf schreiben dem primären Ammonphosphat $NH_4H_2PO_4$, das zu 1% zum Nährboden zugesetzt wird, einen fördernden Einfluß auf die Sporenkeimung bei Hausschwamm zu.[1])

Manche Sporen keimen nur dann, wenn der Nährboden sauer reagiert (Merulius lacrymans nach v. Tubeuf).

D. Künstliche Zucht der Holzzerstörer.

Die künstliche Zucht der Holzzerstörer dient verschiedenen Zwecken:

a) Bei der künstlichen Zucht lernt man die Wachstumsformen und die Lebensbedingungen der Holzzerstörer kennen und gewinnt so Anhaltspunkte für deren Erkennung und Bekämpfung.

b) Nach den Regeln der künstlichen Zucht erkennt man meist, ob ein Holzstück mit dem Mycel eines Holzzerstörers behaftet ist oder nicht.

---

[1]) Von mir bei Merulius lacrymans und Coniophora cerebella bisher nicht feststellbar.

c) Die künstliche Zucht der Holzzerstörer wird bei Versuchen zur Prüfung des Wertes von solchen antiseptischen Mitteln, die für Holzkonservierungszwecke dienen sollen, verwendet. Bisher ist nur die künstliche Zucht der drei wichtigsten Holzzerstörer: Merulius lacrymans, Polyporus vaporarius und Coniophora cerebella (letzter Pilz nur auf künstlichem Nährboden!) näher bekannt. Die hier mitgeteilten Zuchtmethoden beziehen sich auf die beiden ersterwähnten Pilze, sind aber sinngemäß auch auf andere Holzzerstörer anwendbar.

Das Wesen der künstlichen Zucht soll zunächst an einem Beispiele erörtert werden. An demselben Orte, in dem sich ein Laboratorium für mykologische Holzuntersuchungen befindet, sei ein Balken gefunden worden, der mit dem Luftmycel eines Holzzerstörers behaftet ist. Der Balken habe den Querschnitt 12/16 *cm*. Man schneidet sich von diesem Balken ein Stück von 60 *cm* Länge ab und teilt dieses Stück in zwei Stücke *A* und *B* von gleicher Länge.

Das Stück *B* wird in einem kühlen, nur mäßig feuchten Keller aufbewahrt. Es dient für unvorhergesehene Untersuchungen. Das Stück *A* wird untersucht. Das erste, was man zu tun hat, ist, dieses Holzstück gründlich mit reinem, womöglich abgekochtem (keimfreiem) Wasser abzuwaschen.

Nun folgt die „Weiche", die Zufuhr von Wasser. Das Holzstück wird etwa 5 Stunden lang in möglichst reinem (am besten abgekochtem) Wasser liegen gelassen, so daß es eine beträchtliche Wassermenge aufsaugt. Sinkt das Holzstück nicht von selbst im Wasser unter, so muß es während dieser Zeit beschwert werden, so daß es ganz unter Wasser liegt.

Es sollte zur Regel gemacht werden, an das zu untersuchende Holzstück ein gesundes Holzstück derselben Holzart und derselben Größe anzunageln. In Fig. 6 auf S. 91 ist diese Anordnung abgebildet.

Das gesunde Holzstück muß aber jedenfalls gewissenhaft sterilisiert sein, d. h. es muß entweder in continuo mindestens 5 Stunden im Dampftopf dem Wasserdampfe ausgesetzt worden sein oder 5 Tage nacheinander je $^1/_2$ bis 1 Stunde. Letztere Art der Sterilisation ist besser. Das gesunde Holzstück ist noch vor der Sterilisation gleichfalls 5 Stunden lang einzuweichen.

Möge man auf das infizierte Holzstück ein gesundes angenagelt haben oder nicht, jedenfalls wird das infizierte Holzstück

in einem möglichst feuchten, vor Luftzug unbedingt geschützten, dunklen Raum von passender Temperatur exponiert. Die Einhaltung der richtigen Temperatur ist von allergrößter Wichtigkeit. Meist weiß man nicht, welche Temperatur am zuträglichsten ist. Ist die Temperatur zu hoch, so können empfindliche Pilze eingehen, ist sie zu niedrig, so schimmelt das Holz und es wächst überhaupt kein Luftmycel heraus.

Hausschwamm und Polyporus vaporarius (wahrscheinlich auch Coniophora cerebella) wachsen bei 15 bis 17° C unbedingt heraus. Eine höhere Temperatur würde dem Polyporus vaporarius schon schaden. Geht man unter 15°, etwa auf 10° C herab, so kommt es vor, daß der Hausschwamm nicht herauswächst.

Auf alle Fälle versucht man daher die Temperatur von 15 bis 17° C. Das Holzstück kommt auf eine Unterlage von Zinkblech, Porzellan usw. und wird 8 Tage lang überhaupt nicht befeuchtet und auch nicht besichtigt. Vor dieser Zeit wächst in allerseltensten Fällen ein Luftmycel heraus. Der Gesamteindruck ist jetzt (nach 8 Tagen) maßgebend, ob man nun auf die Unterlage Wasser — 2 bis 5 *mm* hoch — bringt oder nicht. Ist das Holz schimmelig, so ist anscheinend zuviel Wasser da, fühlt sich das Holz trocken an, so ist zuwenig Wasser da. Niemals darf frisch herausgewachsenes Mycel direkt mit Wasser begossen werden. Das würde dessen Wachstum schädigen und unter Umständen den ganzen Versuch vereiteln.

Wurde die Temperatur richtig getroffen, so bemerkt man oft schon nach 8 Tagen, meist nach 14 Tagen und spätestens nach einem Monate, das Heraustreten von Luftmycel. Bevor dessen weitere Zucht besprochen wird, müssen die Hilfsmittel, die in Ermanglung eines Kellers, dann bei Benutzung eines Thermostaten Verwendung finden, erörtert werden. Auch bei Anwendung dieser Hilfsmittel ist es gut, das Holz einzuweichen und an ein gesundes Holzstück zu nageln.

Bei primitivster Versuchsanordnung entfällt aber auch das Weichen.

Die einfachste Zuchtvorrichtung bildet ein großes Becherglas (Fig. 1), in welches vor Beginn des Versuches eine etwa 1 *cm* hohe Wasserschicht eingebracht, darauf das infizierte Holz eingeführt und sodann das Glas mit Pergamentpapier verschlossen wird. Im Pergamentpapier macht man kleine Luftöffnungen. — Das Becherglas wird nun in einem dunklen (halb-

dunklen) Raume einer Temperatur von 10 bis 20° C ausgesetzt. Die im Becherglase befindliche Wasserschichte *w* wird bald vom Holze völlig aufgenommen, und zwar wird nur der untere Teil des Holzes völlig naß, der obere dagegen, soferne das Holz ursprünglich ganz trocken war, noch durchwegs trocken bleiben. — Ein Mycelanflug wird bei mit lebendem Mycel behaftetem Holze meist nach etwa 8 bis 14 Tagen an einer Stelle (*x*), welche den für das Wachstum des Hausschwammes günstigsten Feuchtigkeitsgehalt besitzt, bemerkbar werden, und sich von dort aus ausbreiten. Erfahrungsgemäß wächst dann der Hausschwamm (*m*) gegen den oberen, weniger feuchten Teil des Holzes (Pfeilrichtung in der Figur).

Diese Zuchtvorrichtung besitzt den Nachteil, daß das obere Ende des Holzes zu einer Zeit noch völlig trocken ist, in welcher

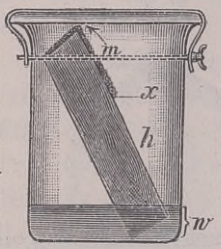


Fig. 1.

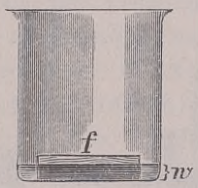


Fig. 2.

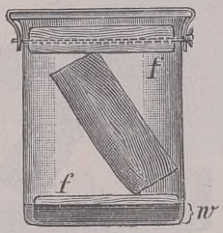


Fig. 3.

das untere Ende schon ganz naß ist.[1]) Einerseits, um die Feuchtigkeitsaufnahme durch das untere Ende zu verzögern, anderseits um eine größere Oberfläche für das Verdunsten des Wassers zu erzielen, stellt man das untere Ende des Holzes nicht unmittelbar in das Wasser, sondern bringt unten eine Schichte Seesand an (*f* in Fig. 2) und gießt bis zur halben Höhe dieser Schichte Wasser nach. Das Holz kommt in diesem Falle nur mit feuchtem Seesand, nicht aber unmittelbar mit der Wasserschichte in Berührung.

Zu gleichem Zwecke könnte auch eine sehr poröse Tonplatte verwendet werden, die man befeuchten würde.

Um auch die oberen Holzschichten feuchter zu machen und so eine gleichmäßigere Verteilung der Feuchtigkeit zu erzielen, kann auch das obere Holzende mit einer Filterpapierschicht *f* bedeckt werden (Fig. 3).

---

[1]) Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, das Holz vorher 5 Stunden lang im Wasser liegen zu lassen.

Zur Erzielung eines gleichmäßig feuchten Luftraumes züchtet man den Hausschwamm auch unter Glasglocken (Fig. 4), die auf ein flaches Gefäß gestülpt werden, dessen Boden mit einer Wasserschichte *w* bedeckt ist. Die Holzprobe *h* wird hierbei auf ein außerhalb der Wasserschichte aufgestelltes Dreieck *d* (am besten aus Glas) gelegt.

Diese Vorrichtung hat den Nachteil, daß in ihr der Hausschwamm nicht gut wächst, weil die Luft hermetisch abgeschlossen wird. Um diesen Übelstand zu beheben, kann man eine oben mit einer Öffnung versehene Glasglocke (Fig. 5) verwenden. Diese Öffnung wird durch einen Kork- oder Kautschuk-

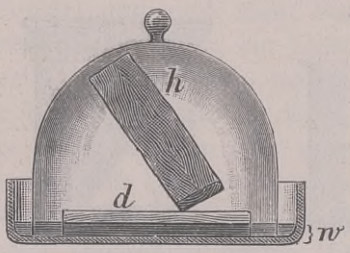


Fig. 4.

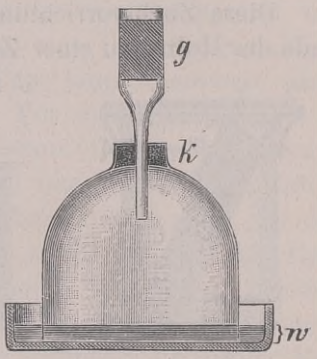


Fig. 5.

stöpsel *k* verschlossen, in welchem ein Röhrchen *g* steckt, das mit Glaswolle gefüllt ist.

Handelt es sich darum, den Hausschwamm in schon stark zerstörtem Holze, welches für denselben nur mehr wenig Nährstoffe bietet, zum Wiederaufleben zu bringen, oder ein frisches nicht behaftetes Holzstück zu infizieren, endlich schließlich darum, die Dauer der Vegetation des Hausschwammes zu verlängern, so empfiehlt es sich, an das infizierte Holzstück ein solches ohne Hausschwamm, wie in Fig. 6 gezeichnet, anzunageln. Dieser Vorgang hat sich stets als sehr vorteilhaft für das Wachstum des Hausschwammes erwiesen.

Zu den beschriebenen Notbehelfen muß man in dem Falle greifen, als man Thermostaten, die nicht genügend geräumig sind, oder nicht genügend luftdicht sind, benutzt. Die Thermostaten bieten den ausgesprochenen Vorteil, genau auf eine bestimmte Temperatur, z. B. 16° C eingestellt werden zu können. Diesen Vor-

teil besitzen Keller nicht. Die Temperatur sinkt in den Kellern im Winter meist unter das gewünschte Maß (15° C) und beträgt selbst bei dichten Kellern nur 6 bis 12° C.

Abhilfe kann in zweierlei Weise geschehen:

a) Durch heizbare Keller;

b) durch Thermostaten.

Ein Thermostat, der speziell für Zuchtversuche mit Holzzerstörern dienen soll, muß genügend geräumig und vollkommen luftdicht sein. Es wird dann der Thermostat zu einem kleinen heizbaren Keller und das Holz braucht nicht in Bechergläser, unter Glasglocken usw. gestellt werden, sondern kann unmittelbar auf Zinkblech-, Porzellantassen usw. liegen. Der Thermostat soll eine Glastüre und darüber eine Holz- oder Metalltüre besitzen. Will man das Holz nur flüchtig besichtigen, so schaut man durch die innere Glastüre, ohne sie öffnen zu müssen.

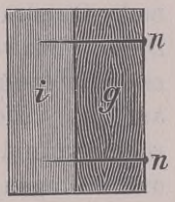


Fig. 6.

Weit schwieriger, als bei Versuchskellern, ist es bei Thermostaten einen mit Feuchtigkeit gesättigten Raum zu erreichen. Gekünstelte Vorrichtungen bewährten sich nicht. Am besten ist es, im Thermostaten feuchte Tonplatten statt deren (jedoch nur als Notbehelf) feuchte Tücher anzubringen (aufzustellen, aufzuhängen). Man hat dann einen luftdichten, mit Feuchtigkeit fast gesättigten Raum, dessen Temperatur ganz nach Belieben geregelt werden kann.

Steht kein speziell für derartige Versuche hergerichtetes Kellerlokale zu Gebote, so wählt man ein möglichst warmes, möglichst entlegenes (von Luftzug geschütztes) Kellerlokale mit einer dichten Türe aus.

In Versuchsanstalten soll aber nicht versäumt werden, ein wasserdichtes, luftdichtes, pilzdichtes, teilweise belichtbares, beheizbares Kellerlokal als Schwammkeller einzurichten.

Die Einrichtung eines Schwammkellers ist folgende:

Boden asphaltiert, mit kleinen, seichten Basins (zementiert) versehen. Seitenwände 50 *cm* unter und 50 *cm* ober dem Fußbodenniveau des Kellers mit einer 1 *cm* dicken Asphaltschichte versehen. Seitenwände und Decke mit Zement verputzt. Irgendwo ein kleines verhängbares dichtes Fenster, so daß der Lichtzutritt geregelt werden kann.

Der Keller wird mit einer gut dichtenden Doppeltüre versehen.

Im Keller befindet sich ein Wasserauslauf der Wasserleitung, dann ein Schlauch mit Düse zum Zerstäuben des Wassers. Die Wände des Kellers sollen nämlich ständig feucht erhalten bleiben und müssen ständig bespritzt werden. Nur dann ist auch der nötige Feuchtigkeitsgrad erreichbar. Das Befeuchten des Fußbodens hilft bei asphaltierten Kellern nur wenig.

Die Beheizung für Versuche im Winter erfolgt durch einen Gasofen.

Das Holz liegt in den Bassins auf einer Schicht befeuchteten, reinen, ausgeglühten Sandes oder auf Tassen aus Zink, Porzellan usw. Sollen größere Mengen eines Pilzes, speziell Hausschwamm gezüchtet werden, so schlichtet man an einer Seitenwand des Kellers gewöhnliche Ziegel nach Art einer Mauer auf. An diese Ziegelmauer wird Holz befestigt, so daß eine 1 und mehr Quadratmeter umfassende vertikale Holzwand gebildet wird. Diese Holzwand wird nun unten infiziert (durch Annagelung eines Holzstückes, das diesen Pilz enthält). Der Schwamm wächst auf dieser Holzwand nach aufwärts, gelangt zur üppigsten Entwicklung und durchzieht die Zwischenräume zwischen den Ziegeln mit Strängen (soferne er solche bildet).

Das Holz der Holzwand wird nur vor Beginn des Versuches befeuchtet, später überhaupt nicht. Dagegen werden die Ziegel stets feucht erhalten, d. h. zeitweise begossen.

Niemals darf das Pilzgewebe unmittelbar begossen werden. Das würde wenigstens bei Hausschwamm ein vorübergehendes Absterben des Luftmycels an dieser Stelle nach sich ziehen. Auch soll das Holz tunlichst mit der unteren Seite nicht ins Wasser getaucht werden, weil dadurch Lebensbedingungen für Bakterien geschaffen werden und auch das Wachstum der Schimmelpilze begünstigt wird.

Noch nicht versucht, wahrscheinlich aber von günstigem Einfluß ist es, für Zuchtversuche der Holzzerstörer Holz zu verwenden, das vorher monatelang mit Wasser, das nach einem bestimmten Zeitpunkte (z. B. 14 Tage) erneuert wird, gründlich ausgelaugt wurde. Einzelne Holzzerstörer (Coniophora cerebella?) scheinen derartiges Holz zu bevorzugen. Wie schon erwähnt wurde, gedeihen auf derartigem Holze weder Bakterien noch einzelne Schimmelpilze und es wird so dem Holzzerstörer der Kampf ums Dasein erleichtert.

Zucht auf künstlichem Nährboden.

a) Zucht aus Sporen.

Hat man die Sporen eines Pilzes zur Keimung gebracht, sind keine fremden Eindringlinge da, so kann man die gekeimte Spore (die gekeimten Sporen) in (auf) eine größere Menge festen oder flüssigen Nährbodens übertragen.

O. Brefeld hat diese Methode bei sehr vielen Pilzen, darunter auch Holzzerstörern, z. B. Polyporus vaporarius, Agaricus melleus verwendet. A. Möller gelang es so Hausschwamm (Merulius lacrymans) in Reinzucht zu erlangen. O. Brefeld hat leider von seinen Zuchtmethoden die zum Gelingen des Versuches nötigen Details bisher meist nicht veröffentlicht.

So kommt es, daß die Zucht aus Sporen aus nicht näher bekannten Gründen geradezu in der Regel mißlingt und nur die Anfangsstadien der Mycelbildung beobachtet werden können (siehe bei Coniophora cerebella).

Die Angaben von A. Möller (Hedwigia, Bd. XLII, 1903) über Hausschwammm lauten bestimmt und führen auch zum Ziele.

b) Zucht aus Mycel.

Diese Methode wurde öfter — jedoch ohne Erfolg — versucht, bis sie Freih. v. Tubeuf im Vereine mit O. Appel bei Merulius lacrymans und auf Grund seiner Angaben dann auch mir gelang. An Hand der Angaben, die Freih. v. Tubeuf machte, gelingt es bei bestimmten Umständen eine Reinzucht des Merulius lacrymans zu erhalten und wird dieser Vorgang später beschrieben werden. Coniophora cerebella konnte ich nach dieser Methode leicht in Reinzucht erhalten.

Bei Polyporus vaporarius und Agaricus melleus gelang mir jedoch bisher die Erreichung einer Reinzucht nicht, obwohl es sehr wahrscheinlich ist, daß sie bei öfters wiederholten Versuchen speziell bei Polyporus vaporarius gelingen dürfte. Es sei jedoch erwähnt, daß Agaricus melleus schon wiederholt (Brefeld, Molisch usw.) rein gezüchtet wurde.

Über die Reinzucht des Hausschwammes aus Mycel schrieb ich in der „Naturwissenschaftlichen Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft", 2. und 3. Heft, Jahrgang 1904:

„Leicht ist es durchaus nicht, zu Reinkulturen aus Mycel zu gelangen. Wer kein frisch wachsendes, von Hause aus genügend reines Mycel zur Verfügung hat, dem kann ich garantieren, daß ihm Reinkulturen aus Mycel ganz sicher nicht gelingen werden.

Ich habe mir im Rahmen der Tubeufschen Angaben eine besondere Arbeitsweise zurechtgelegt.

Als Nährboden wurde ein Agar benutzt, das 2% Malzextrakt, 0·5% Liebigs Fleischextrakt, 2% Agar-Agar enthielt. Zitronensäure zur Abhaltung von Bakterien darf diesem Nährboden nicht zugesetzt werden. Sie wirkt hydrolytisch, d. h. verflüssigt ihn (während der Sterilisation). Dagegen verträgt Hausschwamm einen Zusatz von selbst 0·025% Sublimat[1]) zum Nährboden. Der Nährboden bleibt dann hefen- und bakterienfrei. Ein Zusatz von 0·01% Sublimat gestattet noch das Wachstum von hefeartigen Pilzen, genügt also nicht in allen Fällen zur Abhaltung von Hefen und Bakterien.

Ungefähr 10 Stück größere Petrischalen wurden mit je 50 cm^3 Agar beschickt und nach der Sterilisation einige Tage beobachtet, ob sie sicher steril sind. Dann erst entnahm ich im Keller mittels einer sterilisierten Schere Mycelflöckchen von der Größe einer kleinen Münze und beimpfte damit den Inhalt der Schalen. (Im Keller Temperatur 16° C).

Nach wenigen Tagen zeigte sich, daß das vom überimpften Mycel aus sich verbreitende Mycel bei einzelnen (1 bis 3) Schalen relativ rein, bei anderen gar nicht vorhanden oder mit Schimmelpilzen arg verunreinigt war. Kleine Mycelpartien vom Rande der Kultur (frisch gewachsen) wurden nun in frische Schalen (samt etwas anhaftendem Agar) überimpft und der Vorgang nach einigen Tagen wiederholt.

Nach der dritten bis fünften Überimpfung hat man in einzelnen Petrischalen Reinkulturen."

Freih. v. Tubeuf verwendete nachstehenden Nährboden: Malzextrakt 2·5%, Liebigs Fleischextrakt 2·5%, Zitronensäure 1·0%, Gelatine 10%. Auch versuchte er verschiedene Mineralnährlösungen mit Zusätzen usw., über die beim echten Hausschwamme die Rede sein wird.

---

[1]) Wurde aber nicht zugesetzt!

VII. Abschnitt.

Einige Andeutungen über die mikroskopische Anatomie der Holzzerstörer.

Übersicht der Holzzerstörer.

Bei jedem Pilze unterscheidet man 2 Hauptbestandteile:
I. Das Mycel (Pilzgewebe) und
II. Die Fruchtträger (Fruktifikationsorgane).

I. Das Mycel.

Von rein praktischen Gesichtspunkten ausgehend, hat man zu unterscheiden:
a) Das Holzmycel und
b) das Luftmycel.

a) Das Holzmycel.

Die holzzerstörenden Pilze dringen in ihren Nährboden, das Holz, mehr oder minder tief ein. Daß solch ein Eindringen stattfand, entzieht sich der Beobachtung durch das Auge. Erst die mikroskopische Untersuchung, und auch diese nicht unter allen Umständen, gibt die Gewißheit, daß im Holze Fäden des betreffenden Pilzes (Hyphen) vorhanden sind. Es handelt sich aber auch wirklich nur um Fäden, um einzelne Hyphen. Die Dichtigkeit der Fäden im Holze ist keine große; stets liegen nur einzelne Fäden vor, wenngleich man mit Hilfe des Mikroskopes selbst in kleinsten Holzstücken — in der Regel — solche Fäden vorfinden wird. Diese Fäden, das Holzmycel, versehen dieselbe Stelle wie das Wurzelsystem bei höheren Pflanzen. Schon daraus

ergibt sich, daß die ausgesprochene Bildung einer Anhäufung von Fäden (Hyphen) dem beabsichtigten Zwecke — Ersatz des Wurzelsystems — nicht entsprechen würde.

Bei einem Baume sind ja die Wurzeln im Verhältnisse zum Stamme dünn. Wenn nichtsdestoweniger dickere Wurzeln (Hauptwurzeln, Wurzeln I. Ordnung) da sind, so liegt das in dem Umstande, daß der Baumstamm (nicht das Laub!) im Verhältnisse zu den Wurzeln zwar eine geringe Fläche, aber eine große Höhe einnimmt. Anders bei Pilzen.

Der Fruchtträger nimmt allerdings nur eine geringe Fläche ein, dafür aber das etwa vorhandene Luftmycel eine verhältnismäßig große Fläche.

Das Holzmycel hat darum die Nahrung für einen verhältnismäßig geringen Umkreis zu liefern, der selten mehr als das Doppelte des eigenen Umkreises beträgt und der Höhe nach die Tiefe des Eindringens der Mycelfäden wohl niemals überschreitet. So kommt es, daß ein besonders organisiertes Wurzelsystem in der Regel nicht existiert und nur Einzelfäden, Hyphen, im Holze vorhanden sind. Immerhin muß man staunen, daß die sowenig ausgebildeten Hyphen — einfache Fäden — imstande sind, die nötigen Nährstoffe für das Luftmycel und die etwa vorhandenen Fruchtträger in genügendem Ausmaße zu leiten.

Hierbei ist nicht zu vergessen, daß die Fruchtträger den Nährboden viel rationeller ausnutzen, als das Luftmycel, daß sie ein eigenes, höchst dichtes Wurzelsystem von Hyphen bilden, und zwar so, daß oft geradezu schwer zu entscheiden ist, was Fruchtträgermasse, was Substrat (Holz) ist. Das eine übergeht in das andere ganz unmerklich.

Man hat auch zu berücksichtigen, daß das Holz ungemein reich an Nährstoffen für Pilze ist.

Anorganische Nährstoffe sind stets in vollkommen ausreichendem Maße da.

Auch an Eiweißstoffen (vorausgesetzt, daß solche überhaupt nötig wären — was nicht der Fall zu sein scheint) ist zumindestens im Splinte kein Mangel. Übrig bleibt nur das Bedürfnis des Pilzes nach Kohlenhydraten. Aus diesen besteht aber das Holz der Hauptmenge nach. Allerdings weiß man nicht, welche Kohlenhydrate vom jeweils vorliegenden Pilze besonders bevorzugt werden. Ob etwa die geringen Mengen Stärke im Holze,

ob das Xylan (echter Holzgummi), ob die Cellulose, ob Mannan, Galaktan, Arabin usw. usw.[1])

Zumindestens die Cellulose ist im Holze nicht frei, sondern gebunden.

Damit ein Pilz dieselbe verwerten kann, muß er die Cellulose erst freimachen, isolieren. Das geschieht beispielsweise mit dem Enzyme, welches Czapek Hadromase genannt hat. Dieses spaltet die Verbindung: Hadromal-Cellulose in die Komponenten.

Aber nicht alle Cellulose ist an Hadromal im Sinne Czapeks gebunden. Offenbar ein Teil an die sogenannten Ligninstoffe. Das die Verbindung Ligninstoffe-Cellulose spaltende Ferment (Enzym) möge Ligninolysin genannt werden.

Sind die Verbindungen:

Cellulose-Hadromal, Cellulose-Ligninstoffe und möglicherweise die speziell bei Laubhölzern vorkommende Verbindung, Cellulose-Xylan gespalten, so wird Cellulose frei. Diese kann vom betreffenden Pilze erst nach einer Umänderung, Umwandlung in löslichen Zustand für Nahrungszwecke verwendet werden. Das (hydrolytische) Enzym, welches diese Umwandlung bewirkt, nennt man Cytase oder Cellulase.

Soll das an und für sich jedenfalls unverdauliche abgespaltene Xylan oder Mannan in einen verdaulichen Stoff übergeführt werden, so muß es in die ihm entsprechende Zuckerart, die Xylose (Mannose) umgewandelt werden. Diese Umwandlung müßte ein Enzym, das man Xylanase oder Xylase (Mannase) nennen könnte, besorgen.

Unbekannt ist, was mit dem Hadromal (im Sinne Czapeks) und oft auch, was mit den Ligninstoffen geschieht: ob sie mitunter gar nicht oder doch nur zum sehr geringen Teile verdaut werden.

Oft sieht man auf zerstörtem Holze freie Cellulose, die sich durch ihre lichte Farbe abhebt. Es müßten in diesem Falle die Ligninstoffe zerstört worden sein.

Die holzzerstörenden Pilze sind bezüglich des Aufbringens ihrer Nahrung höchst verschwenderisch.

Sie scheinen nämlich weit mehr die Substanz des Holzes zu spalten, als für ihre Bedürfnisse nötig ist; sie verwüsten durch ihre Enzyme (Fermente) große Mengen an Holz, obwohl schon

[1]) Siehe Abschnitt IX bei Coniophora cerebella.

das Verhältnis Pilzgewebe zu Holz ergibt, daß auf einen Teil Holz nur eine verschwindende Menge Pilzgewebe entfällt.

Erst bei der Bildung der Fruchtträger besitzt mitunter die Masse der Fruchtträger gegenüber der Masse des Holzes ein einigermaßen bemerkenswertes Gewicht. Bei der Bildung der Fruchtträger ist also die Ausnutzung des Nährbodens eine weit gründlichere und, wie gesagt, oft gar nicht mehr zu unterscheiden, was noch Fruchtträger, was Nährboden (Substrat) ist.

Auf die morphologischen Eigenschaften des Holzmycels, richtiger auf die mikroskopische Anatomie desselben im Verhältnisse zum Holze einzugehen, liegt nicht im Plane dieses Buches. Die Werke von R. Hartig, v. Tubeuf, O. Brefeld u. a. bieten diesfalls gründliche Orientierung.

Meist sind die im Holze vorhandenen Pilzfäden ziemlich dünn, nämlich 2·5 bis 3 μ.

Mitten im Holze vorhandenes Pilzgewebe ist zum Luftmycel zu zählen.

b) Das Luftmycel.

Das Luftmycel läßt sich einteilen in

1. Strangmycel und
2. eigentliches Luftmycel.

Beide Mycelarten gehen ungemein oft ineinander über und es ist oft schwierig zu sagen, wo das eine Mycel aufhört, das andere anfängt.

1. Strangmycel.

Höchst entwickelte Stränge kommen beim echten Hausschwamm, Merulius lacrymans, vor. R. Hartig machte dieselben zum Gegenstande eines eingehenden Studiums.

Er unterschied:

a) Gefäße,

b) gewöhnliche Mycelfäden,

c) Sklerenchymfasern.

Ad *a)* Nach eigener Messung erreichen die Gefäße außerordentliche Dicken. Ich fand z. B.: 12, 24, 30 und auch 40 μ [1]) Dicke.

Hyphen von so abnormer Dicke kann man tatsächlich schon als Gefäße bezeichnen.

---

[1]) 1 μ = 0·001 mm.

Unaufgeklärt bleibt es immerhin, wie dieselben entstanden sind: ob durch Vereinigung mehrerer Hyphen (Zellfusion) oder primär, d. i. von Hause aus. Ich würde mich mehr der letzteren Meinung anschließen.

Ad *b)* Gewöhnliche Mycelfäden (nach Hartig: zartwandige Mycelfäden). Diese Mycelfäden besitzen meinen Beobachtungen zufolge eine Dicke von 2·5 bis 3 μ. Derartige Fäden sind nicht nur für den echten Hausschwamm, sondern für die meisten Pilze charakteristisch. Nur in einem Punkte muß eine Erweiterung der Hartigschen Beobachtungen platzgreifen. Bei Strängen des echten Hausschwammes möge es ja zutreffend sein, daß die Hyphen dieser Type dünnwandig sind, bei Strängen anderer Pilze sind jedoch gerade diese Hyphen dickwandig.

Ad *c)* Sklerenchymfasern. Die Hyphen dieser Art sind oft nur 1 μ, an der Spitze noch darunter, dick.

Eine Deutung dieser Verhältnisse wird beim Luftmycel versucht werden; inzwischen mögen die Stränge anderer Pilze besprochen werden.

Die Stränge der meisten Pilze enthalten nur eine Art von Hyphen, nämlich solche von 2·5 bis 3 μ Dicke. Diese Hyphen sind dickwandig und unter dem Mikroskope schwer erkennbar, weil sie fest aneinander geschmiegt, sozusagen verklebt sind.

Meist sind die Wände durch Harzinfiltrationen geradezu teilweise zerstört. Allerdings bestehen Ausnahmen. Auf diese kann erst später eingegangen werden.

2. Das eigentliche Luftmycel.

Bezüglich dieser Myceltype halte ich mich hauptsächlich an eigene Beobachtungen, obwohl es ganz zweifellos ist, daß z. B. Hartig schon früher bei Polyporus vaporarius ähnliche Beobachtungen gemacht hat.

Das frisch aus dem Holze herausgewachsene Mycel kann entweder homogen sein, d. i. alle Hyphen besitzen die gleiche Dicke, oder nicht. Ist das Mycel homogen, besitzen alle Hyphen die gleiche Dicke, so beträgt dieselbe in der Regel 2·5 bis 3 μ (Fig. 7).

Dieser Fall trifft aber nicht immer zu, ja, es wäre erst zu erforschen, ob er überhaupt die Regel bildet. Beim Mycel des echten Hausschwammes, wahrscheinlich auch beim Mycel des Polyporus vaporarius, liegen die Verhältnisse ganz anders.

Das Mycel des echten Hausschwammes ist, wenn aus dem Holze frisch herausgewachsen, durchaus nicht homogen.

Man kann zwei Arten von Hyphen unterscheiden (Fig. 8):

a) dünnwandige Hyphen 7 bis 8 μ und auch darüber dick;

b) dickwandige Hyphen von 2·5 bis 3 μ Dicke. In letztgenannter Hyphenform begegnen wir der typischen Hyphenform, wie sie in Strängen vorkommt. Ganz anders ist die Sachlage, wenn es sich um älteres Mycel handelt; da sind beide Typen nicht mehr zu unterscheiden und es bietet sich ein ganz eigenartiges Bild, für das nur der Ausdruck Degenerations-

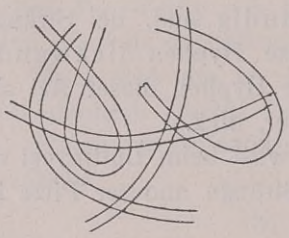


Fig. 7.

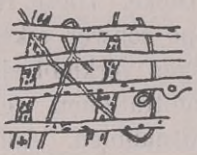



Fig. 9.

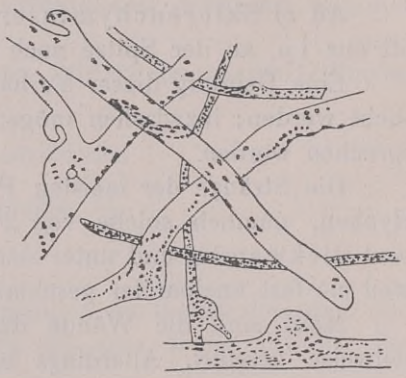


Fig. 8.

erscheinungen zutrifft (Fig. 9). Auch die Ausdrücke „Alterserscheinungen", „Metamorphosen" würden einigermaßen zutreffen.

Wohl nicht Nahrungsmangel, wenigstens nicht in der Regel, ist es, was bewirkt, daß das Mycel Alterserscheinungen, die sich in einem Schrumpfen, Dünnerwerden kundgeben, zeigt.

Merkwürdigerweise trifft dieses Schicksal nur die ursprünglich dicksten Hyphen, d. i. jene, die 7 bis 8 μ und darüber dick waren.

Das Protoplasma verschwindet teilweise, es bleiben nur Reste desselben übrig. Auch die Dicke der Hyphe nimmt nicht gleichmäßig ab.

An einzelnen Stellen der Hyphe ist deren Dicke höchstens um die Hälfte vermindert, an anderen Stellen ist die Dicke geradezu auf 1 μ gesunken.

Aus den dicksten Hyphen bilden sich durch Degeneration Sklerenchymhyphen; nebst diesen bleiben die ursprünglich 2·5 bis 3 μ dicken Hyphen unverändert. Das bleibende im Wechsel sind die ursprünglich 2·5 bis 3 μ dicken Hyphen. Diese bleiben unverändert. Bei sehr altem Mycel wird man ein Gewirre beobachten, bestehend aus:

1. 2·5 bis 3 μ dicken Hyphen,

2. zusammengeschrumpften Hyphen von 1 μ bis etwa 4 μ von höchst ungleichmäßiger Dicke.

Liegt ein strangförmiges Gebilde vor, so sind in der Regel (Ausnahme z. B. Hausschwamm — wasserführende Stränge) nur Hyphen von 2·5 bis 3 μ Dicke überhaupt da.

Dieses Schrumpfen, diese Rückbildung, diese Alterserscheinung ist nur eine der Entartungserscheinungen, der Degeneration.

Die Degeneration des Pilzmycels könnte man mit der Bildung von Kernholz bei Bäumen vergleichen. Der Kern der Bäume versieht keine Lebensfunktion mehr, er ist abgestorben, ebenso das degenerierte Mycel.

Die Erscheinungen der vorbeschriebenen Art mögen Schrumpfungserscheinungen genannt werden. Außerdem existieren noch andere Degenerationserscheinungen: Verharzung und Braunfärbung.

Verharzung.

Bei vielen Pilzen will man das Vorhandensein von Fett festgestellt haben. Das mag ja für viele eßbare Pilze zutreffend sein.

Die meisten Holzzerstörer jedoch, insbesondere Merulius lacrymans, Polyporus vaporarius, Coniophora cerebella, enthalten entweder nur in ganz bestimmten Fällen oder gar nicht Fett.

Die Definition des Begriffes Fett kann allerdings mitunter Schwierigkeiten bereiten; noch viel schwieriger ist es, den Begriff Harz zutreffend zu definieren.

Hält man sich aber an die allerlandläufigsten Begriffe: Fett = Glyceride; Harz = Stoffe, die spröd sind, in Alkali löslich, in Säuren unlöslich usw., so kann man keinen Moment darüber in Zweifel sein, daß die holzzerstörenden Pilze zwar sehr viel Harz, in der Regel aber überhaupt kein Fett enthalten. So z. B. ist die Angabe von Poleck, im echten Hausschwamme sei viel

Fett, unrichtig. Glyceride sind das sicher nicht. Das alles sei aber nur nebstbei erwähnt.

Wichtig ist es, daß die Hyphen der Holzzerstörer in der Regel so stark mit Harz untersetzt sind, daß stellenweise die Hyphenwand überhaupt nicht erkennbar ist und nur Harz übrig bleibt.

Es muß da von einer harzigen Degeneration der Hyphe, des Mycels, gesprochen werden (obwohl schon das allerjüngste Mycel Harz enthält).

Makroskopisch gelingt der Harznachweis durch Extraktion des Mycels mit Alkohol, Äther, Chloroform, Petroläther usw. Mikroskopisch am besten mit Sudan III.

Zu diesem Zwecke löse man Sudan III unter Erhitzen in Alkohol und menge die konzentrierte Lösung mit dem gleichen Volumen Glycerin. Dem Gemenge gibt man 0·5% *KOH* (*Na OH*) zu.

Nach dem Abkühlen wird filtriert. Das Filtrat stellt die Farbstofflösung dar.

Will man färben, so bringt man Mycel in die Farbstofflösung und erhitzt 15 Minuten am Wasserbade oder läßt mindestens 24 Stunden stehen.

Dann wäscht man mit Glycerin Alkohol und Wasser (gemengt zu gleichen Teilen). Das Harz ist nun mikroskopisch in Form rotgefärbter Körnchen sichtbar. (Fig. 8 zeigt die Harzkörnchen.) Nicht nur das Innere, auch die Wand der Hyphen enthält Harz; auch neben den Hyphen ist Harz vorhanden.

Braunfärbung.

Die Braunfärbung ist mehr als eine einfache Bildung eines braunen Farbstoffes.

Hand in Hand mit der Bildung eines Farbstoffes geht nämlich die Verdickung, Verhornung, der Hyphenwand vor sich. Die braunen Hyphen zeigen untereinander eine höchst merkwürdige Übereinstimmung.

Ganz unabhängig von der Art des Pilzes sind nämlich diese Hyphen so gut wie immer 2·5 bis 3 μ dick. Liegt dieses Mycel vor, so ist nicht nur eine Unterscheidung der einzelnen Holzzerstörer ausgeschlossen, sondern es ist meist ganz unmöglich überhaupt zu sagen, ob ein Hymenomycet (zu welcher Klasse ja

viele Holzzerstörer gehören) vorliegt. Viele Schimmelpilze bilden ja ganz genau dieselben braunen Hyphen.

Die sogenannten Schnallenzellen wird man bei diesem Mycel nur selten finden. Ihr Auftreten ist überhaupt an bestimmte Mycelformen und bestimmte Lebensstadien gebunden.

Zellfusionen. Die Schnallenzellen.

Bei vielen Pilzen sind zwischen den einzelnen Pilzfäden Verbindungsfäden, die oft geradezu senkrecht zur Richtung beider Pilzfäden stehen, die verbunden werden sollen.

Man nennt solche Querverbindungen Anastomosen. Im weiteren Sinne kann man auch Querverbindungen zwischen Strängen als Anastomosen bezeichnen. Bekannt ist, daß bei Agaricus melleus (Hallimasch) derartige Verbindungen seiner Rhizomorphen (Stränge) vorkommen. (Fig. 10 zeigt solche Verbindungen.) Bei altem eingeschrumpften Mycel kann man nur allzu leicht etwas für Anastomose ansehen, was tatsächlich keine ist.

Speziell für Basidiomyceten (Hymenomyceten) ist das Vorkommen sogenannter Schnallenbildungen, Henkelbildungen, im Laboratorium populär, auch „Schnallenzellen" genannt, eigentümlich. Zopf beschreibt (O. Brefeld entnommen) diese Bildungen wie folgt:

„... entstehen sie als winzige Kurzzweige in unmittelbarer Nähe einer Querwand, krümmen sich alsbald häkchenartig um und fusionieren dann mit der an jene Querwand stoßenden Nachbarzelle. Nachträglich kann sich ein solches Ästchen gegen seine Mutterzelle durch ein Septum abgrenzen."

R. Hartig beobachtete bei Merulius lacrymans eine Eigentümlichkeit der Schnallenzellen, die er „Aussprossung der Schnallenzellen" nannte. (Fig. 11 zeigt Schnallenzellen, die letzte Hyphe zeigt die Aussprossung.)

Details über diesen Gegenstand findet man im grundlegenden Spezialwerke: Hartig — v. Tubeuf „Der echte Hausschwamm" (2. Aufl. 1902).

Man wird sehr oft irgend eine Bildung für eine Schnalle ansehen, die keine ist und auch umgekehrt.

Bezüglich weiterer morphologischer Details muß auf Spezialwerke, d. i. nebst den Werken von R. Hartig (v. Tubeuf) noch

auf O. Brefeld, dann auf eine ganze Reihe hier nicht zu nennender Forscher verwiesen werden.

Allgemeine Orientierung bietet Zopf: „Die Pilze", Breslau 1890, dann eine Reihe von Lehrbüchern über Pflanzenkrankheiten.

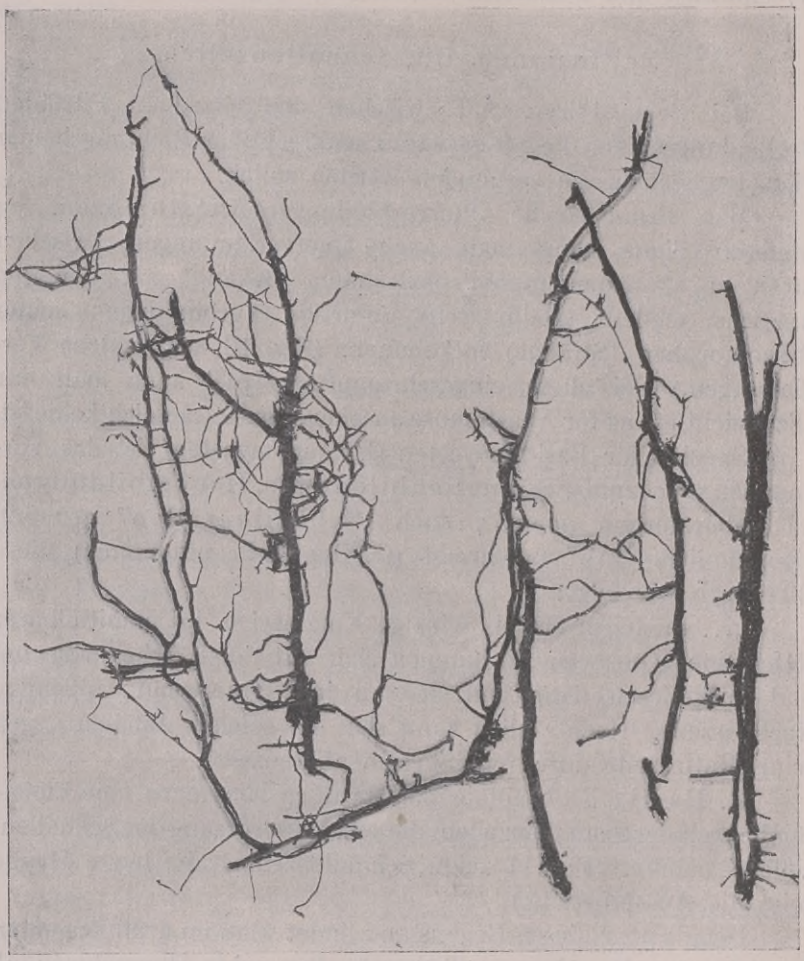


Fig. 10.

II. Übersicht der Holzzerstörer.

Die holzzerstörenden Pilze (echte Holzzerstörer) gehören hauptsächlich den Basidiomyceten und nur zum Teile den Ascomyceten an.

Es folgt eine Übersicht der hier zu besprechenden Basidiomyceten, die sich auf eine Mitteilung des Professors P. Hennings,[1]) dann Tuszon und ältere Arbeiten (R. Hartig) gründet.

I. Familie der Polyporeen.

1. Gattung Merulius.

a) Merulius lacrymans,
b) Merulius pulverulentus,
c) Merulius hydnoides,
d) Merulius aureus,
e) Merulius tremellosus,
f) Merulius serpens.

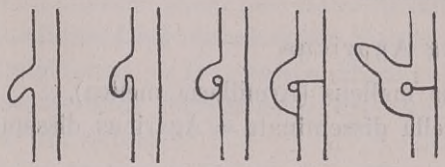


Fig. 11.

2. Gattung Polyporus.

A. Polyporus vaporarius,
B. Polyporus ignarius (fomes ignarius).

3. Gattung Trametes.

A. Trametes stereoides,
B. Trametes radiciperda (Polyporus annosus, fomes annosus),
C. Trametes odorata.

4. Gattung Daedalea.

Daedalea quercina.

II. Familie der Tremellineen.

5. Gattung Tremella.

Tremella faginea.

---

[1]) „Baumaterialienkunde", 1903, Heft 14, Stuttgart: „Über holzzerstörende Schwämme, welche besonders in Gebäuden vorkommen."

III. Familie der Telephoreen.

6. Gattung Telephora.

A. Corticium giganteum,
B. Corticium putaneum (Coniophora cerebella).

7. Gattung stereum.

Stereum purpureum.

IV. Familie der Agaricineen.

8. Gattung Lenzites.

Lenzites sepiaria,
Lenzites abietina.

9. Gattung Agaricus.

a) Agaricus melleus (Armillaria mellea),
b) Psathyrella disseminata = Agaricus disseminatus.

10. Gattung Paxillus.

Paxillus acheruntius.

11. Gattung Lentinus.

Lentinus squamosus.

12. Gattung Schizophyllum.

Schizophyllum commune.

Von den Ascomyceten sei nur die Familie der Xylarieen mit dem Pilze Hypoxylon coccineum und dann der Pilz Bispora monilioides erwähnt. Daten über beide gibt Tuszon.

VIII. Abschnitt.

Der echte Hausschwamm.

A. Name des Hausschwammes.

Der wissenschaftliche Name des Hausschwammes, der von R. Hartig zur Unterscheidung von sonstigen Holzzerstörern, speziell von Polyporus vaporarius, „der echte Hausschwamm" benannt wurde, ist Merulius lacrymans [Jacq]. Auch „lacrimans" statt „lacrymans" ist richtig.

Die Bezeichnung lacrymans, „weinend", stammt von der Beobachtung, daß die Fruchtträger eine Flüssigkeit „Tropfen" („Tränen") absondern.

Weitere wissenschaftliche Namen sind: Serpula lacrymans [Wulf.]. — Merulius destruens [Pers.]. — Merulius vastator [Tode], Boletus lacrymans [Wolf].

Statt dem Namen Hausschwamm sind auch nachstehende Namen mehr oder minder im Gebrauche:

Mauerschwamm. — Zimmerpilz. — Holzpilz. — Laufschwamm. — Laufender Schwamm. — Tränender [zerstörender, verwüstender] Faltenschwamm. — Tropfender Aderschwamm. — Tränender Netzpilz.

Die französische Bezeichnung ist: Champignon des maisons oder auch Merule pleureur, die englische Dry rot Merulius.

B. Vorkommen des Hausschwammes.

Der echte Hausschwamm ist ein ausgesprochener Holzpilz. Nach bisherigen Erfahrungen kann er, von künstlich hergestellten Nährböden abgesehen, nur auf Holz gedeihen. Insbesondere findet er auf Mauerwerk nicht die nötigen Lebensbedingungen. Damit

steht selbstverständlich die Tatsache nicht im Widerspruche, daß er auf Mauerwerk nächst Holz reichlich, ja mit Vorliebe wuchert.

Neuere Untersuchungen, z. B. jene von Freih. v. Tubeuf über Gemmen, machen es jedoch wahrscheinlich, daß es bisher noch nicht studierte Daseinsformen des Hausschwammes geben könne, die zwischen dem Mauerwerk, ja selbst in Erde gedeihen. Das wären aber abnorme, bisher noch nicht (noch wenig) bekannte Daseinsformen, die vermöge ihrer Unansehnlichkeit der Beobachtung bisher entgangen sind.

Keineswegs gehören die allbekannten Hausschwammstränge zu den ohne Holz lebenden Formen des Hausschwammes.

Was das Vorkommen des echten Hausschwammes auf totem Holze anbelangt, ist zu erwägen, daß wenigstens dermalen zu Polsterhölzern und Fußboden überwiegend Nadelholz verwendet wird und man ihn darum vornehmlich auf Nadelholz findet. Von den Nadelholzsorten, die in Mitteleuropa Verwendung finden, ist keine gegen Hausschwamm immun. Der Hausschwamm wächst ebensogut auf Tannen- und Fichtenholz als auf Kiefer-, Föhren- und Lärchenholz. Es liegen durchaus keine Anhaltspunkte vor, zu behaupten, er bevorzuge irgendeine dieser Holzarten. Ebenso ergibt die Praxis und bestätigen die Laboratoriumsversuche, daß der Hausschwamm ebensogut Kernholz als Splintholz befällt, daß er keinen Unterschied macht, ob das Holz im Winter oder im Sommer gefällt (im Safte gefällt) wurde.

Alle gegenteiligen Behauptungen und derlei Angaben kommen in Unmenge vor, sind entweder ganz aus der Luft gegriffen oder es werden durchgeführte Experimente, soferne dieselben überhaupt als einwandfrei gelten können, so gedeutet, wie es gerade paßt, um den gewünschten Beweis zu erbringen.

Von den gebräuchlichen Laubhölzern besitzt die Eiche einen gewissen Grad von Immunität. Dies zeigen Laboratoriumsversuche, bei denen es nur recht schwer gelingt, Eichenholz mit Hausschwamm zu infizieren und zum dauernden selbständigen Wachstum zu bringen.

Von einer vollständigen Immunität des Eichenholzes kann aber keine Rede sein. Der angeführten relativen Immunität des Eichenholzes steht allerdings die Beobachtung in der Praxis ent-

gegen, derzufolge Parkettböden oft vom Hausschwamm ergriffen werden.

Dieser nur scheinbare Widerspruch ist leicht zu erklären: Unter dem Parkettboden liegt der aus Nadelholz bestehende Blindboden. Dieser wird leicht vom Hausschwamm zerstört und es ist unvermeidlich, daß hierbei auch das Eichenholz vom Hausschwamme in Mitleidenschaft gezogen wird.

Wird von den im Hochbaue seltener oder gar nicht verwendeten Holzarten, als Birke, Erle, Faulbaum usw., abgesehen, so bleibt nur die Rotbuche übrig, die ein erhöhtes Interesse beansprucht. Laboratoriumsversuche (ausgeführt durch v. Tubeuf und Malenković) zeigen in vollem Gegensatz zu der Behauptung, es sei Buchenholz gegen Hausschwamm immun, daß dasselbe ungemein leicht vom Hausschwamm ergriffen wird und daß der Hausschwamm darauf ebensogut als auf weichem Holze gedeiht.

Nicht unerwähnt kann bleiben, daß der Hausschwamm viele Stoffe angreift, auf denen er gar nicht dauernd gedeihen kann.

Der Hausschwamm überwuchert beispielsweise Tapeten, Ölgemälde, Papier, Teppiche usw. Gedeihen kann er auf allen diesen Stoffen ebensowenig als auf Lithographiesteinen, die er einer Angabe Hartigs nach befallen hat.

Durch das Vorkommen auf totem Holze kennzeichnet sich der Hausschwamm als Fäulnisbewohner, d. i. als Saprophyt.

Bis zu einem gewissen Grade ist es noch strittig, inwieweit der Hausschwamm als Parasit,[1]) d. i. als Schmarotzer auf lebenden Bäumen vorkommt.

Während früher von einzelnen Seiten behauptet wurde, er sei im Walde weder auf totem noch auf lebendem Holze zu finden, während die Gegenpartei vermutete, es seien ganze Wälder lebender Bäume von ihm befallen,[2]) macht sich dermalen eine vermittelnde Anschauung geltend. Freiherr v. Tubeuf unterzog sich der Mühe, eine Übersicht aller bisher verzeichneten Hausschwammfunde im Walde zu geben. In jüngster Zeit berichteten dann noch P. Hennings und A. Möller über solche Funde.

---

[1]) Wundparasit.

[2]) Behauptet hat dies im Gegensatze zur Angabe von Gottgetreu v. Baumgarten niemals! (Siehe „Natur und Kultur" 1906, Heft 1 und 2.) Aus einer „Vermutung" wurde eine „Behauptung" und die „Behauptung" wurde nach und nach „Tatsache".

Der gegenwärtige Stand der diesbezüglichen Forschungen läßt sich wie folgt fassen:

1. Hausschwamm kommt im Walde überhaupt nur selten vor.

2. Auf noch als lebend zu bezeichnenden Bäumen wurde er nur ganz vereinzelt, und zwar nur an den Wurzeln vorgefunden.

Öfter wurden Versuche unternommen, die entscheiden sollten, ob Hausschwamm auf lebenden Bäumen vorkommen könne, d. h. zu gedeihen vermag oder nicht. Zuerst wurden solche Versuche durch v. Baumgarten, später durch v. Tubeuf, dann O. Appel unternommen. Die Infektionsversuche v. Baumgartens wurden in der Weise durchgeführt, daß die Masse eines Fruchtträgers zerrieben und in ein am lebenden Baume künstlich hergestelltes (gebohrtes) Loch eingebracht wurden.

Die Öffnung wurde nun verstopft.

Nach Jahresfrist soll an der betreffenden Stelle eine Mycelbildung zu beobachten gewesen sein. Daß dieses beobachtete Mycel dem Hausschwamm zugehörte, ist stark zu bezweifeln, wiewohl gegen die Art der Versuchsdurchführung im Prinzipe nichts einzuwenden wäre.

Die durch Freiherr v. Tubeuf, dann O. Appel (briefliche Mitteilung) diesfalls durchgeführten Versuche lieferten bisher nur negative Resultate und lassen darum die Richtigkeit des durch v. Baumgarten erhaltenen Resultates stark bezweifeln.

Die letzterwähnten Versuche machen es wahrscheinlich, daß der Hausschwamm auf lebenden Bäumen nur schwierig oder gar nicht gedeihen kann, sonach vornehmlich ein Saprophyt und nicht ein Parasit ist. Vereinzelte weitere Funde an lebenden Bäumen würden hierin nichts ändern.

Auch ist es oft nicht so einfach festzustellen, ob ein Baum noch lebt oder nicht, beziehungsweise ob er ganz oder teilweise abgestorben ist. Weiters wurde, wo der Hausschwamm bisher an lebenden Bäumen vorgefunden wurde, meist nur eine Infektion der Wurzeln festgestellt, und es wäre erst zu beweisen, daß er nicht ebenso, wie auf Mauerwerk, Eichenholz usw. wuchernder Schwamm vom toten Holze seine Nahrung bezogen hat, und etwa die Wurzeln ebenso, wie in Gebäuden das Papier, Lithographiesteine usw. mit angegriffen hat.

Soviel ist sicher, daß von Waldungen, die durch und durch von Hausschwamm infiziert sind, nicht gesprochen werden kann, sonach dem Vorkommen des Hausschwammes in Waldungen nur eine ganz nebensächliche Bedeutung zukommen kann.

In geschlagenem Holze von lebenden Bäumen herstammendes Mycel würde in den allermeisten Fällen schon im Zeitraume zwischen der Fällung und dem Einbaue zugrunde gehen. Es bliebe sonach hauptsächlich nur eine durch Sporen erfolgte Infektion im Walde übrig.

Für die Praxis ist es ziemlich gleichgiltig, ob die Sporeninfektion schon im Walde oder erst später stattfand.

[In weiterer Folge ist es schließlich überhaupt gleichgiltig, wo und wann die Infektion erfolgt ist, soferne nur feststeht, daß Mycelinfektionen, die aus dem Walde stammen, jedenfalls zu den Seltenheiten gehören.]

Wenn also nach dem Vorkommen des Hausschwammes gefragt wird, so ist darauf zu antworten, daß er in erster Linie auf dem Holze unserer Gebäude vorkomme. Sein sonstiges Vorkommen ist (nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung!) ohne Bedeutung. Er ist ebenso wie die Hauskatze ein Hausbewohner, der sich in seiner ureigensten Form nur im Hause vorfindet. Daß im Walde Merulius-Arten vorkommen können und vorkommen, daß sogar Merulius lacrymans vorkommt, ist gleichbedeutend mit dem Umstande, daß in Wäldern nicht nur Wildkatzen, sondern auch verwilderte Hauskatzen hie und da sich vorfinden.

C. Das Aussehen (die Morphologie) des Hausschwammes.

Der völlig reife und entwickelte Hausschwamm besteht aus:

a) Dem Pilzgewebe, Mycelium, auch Mycel genannt, und

b) den Fruchtträgern, Hymenien.

Das Mycel scheidet sich wieder in Mycel, welches:

α) Im Inneren des Holzes wächst und in solches, welches

β) außerhalb, d. i. auf der Oberfläche des Holzes oder eines sonstigen Nährbodens wächst und Luftmycel genannt wird.

In der Regel ist nur das Luftmycel mit freiem Auge sichtbar, das sonstige, in Form einzelner Pilzfäden das Holz durchziehende, oder in Sprüngen und Rissen des Holzes befindliche Mycel bleibt — oft schon wegen der Kleinheit — dem Gesehenwerden entzogen.

Vergleicht man die Fruchtträger mit der Blüte (Frucht) eines Baumes, das Luftmycel mit dem Stamme desselben, so ist das verborgene Mycel mit dem Wurzelsystem dieses Baumes vergleichbar.

Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß einzelne Formen des Luftmycels bis zu einem gewissen Grade die Verrichtungen des Wurzelsystems versehen. Es sind das die wasserführenden Stränge.

Die Fruchtträger stellen eine der Sporenbildung gewidmete Umbildung des Luftmycels dar.

Die Besprechung des feineren Baues der einzelnen Mycelformen erfolgte schon im Abschnitte VII.

Hier ist dasjenige zu beschreiben, das sichtbar ist, sonach:

I. Das Luftmycel.

II. Die Fruchtträger.

I. Das Luftmycel.

Die Formen, die das Luftmycel bildet, sind etwa nachstehende:

a) Watteförmig, flaumartig;

b) polsterförmig, faserig, flockig, faltenförmig, fleischig;

c) hautartig, blattartig;

d) netzförmig, aderförmig, blitzartig;

e) strangförmig.

Ad *a)* Watteförmiges, flaumartiges Miycel entsteht an Stellen, an denen das Mycel sehr gut vor Luftzug geschützt ist und wo es soeben aus dem Holze herauskommt. Sehr häufig bildet sich dieses Mycel bei künstlicher Zucht des Hausschwammes in Glasgefäßen. Dann bei Kulturen auf künstlichen Nährböden.

Fig. 12 zeigt ein solches Mycel (nach Freih. v. Tubeuf).

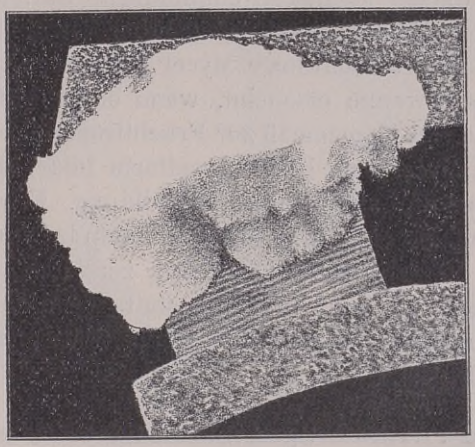
Wo der Hausschwamm keinen Raum zu seiner Ausbreitung vorfindet, dort findet sich diese Mycelform niemals vor.

Von allen Mycelformen ist diese Mycelform gegen Luftzug und mechanische Einflüsse am empfindlichsten. Der leiseste

Hauch, die geringste Berührung führt ein Zusammenfallen — etwa mit einem Felde, auf dem die Ähren durch Wind, Hagel etc. arg beschädigt wurden, vergleichbar — herbei.

Ad *b)* Polsterartiges, faserartiges, flockiges, faltenförmiges, fleischartiges Mycel.

Zwischen der Form *a* und der Form *b* gibt es Übergangsformen. Für diese Übergangsformen paßt am besten die Bezeichnung „flockig". Auch bei Form *a* sind Flocken zu beobachten, je dichter dieselben werden, desto mehr entsprechen sie



KOŁO ARCH. BUDOW STUDENTÓW PAŃSTW. SZKOŁ TECHNICZNEJ W KRAKOWI

Fig. 12.

der Form *b*. Die Form *b* fängt dort an, wo mit freiem Auge Faserungen bemerkbar werden, wo sich die Flocke in Fasern zerteilen läßt. Diese Fasern haben einen eigentümlichen seidenartigen Glanz.

Die Besprechung der den Mycelformen *b* zukommenden Farbe soll an anderer Stelle erfolgen.

Die nächste zu dieser Gruppe [*b*] gehörige Mycelform ist diejenige, die man als „fleischiges Mycel" bezeichnen kann. Diese Mycelform entsteht dort, wo sich das Mycel ungehindert ausbreiten kann, jedoch nach einer Richtung entweder mechanische Widerstände zu überwinden hat oder einigermaßen dem Luftzuge oder dem Lichte ausgesetzt ist; oft auch dort, wo das Mycel einerseits an Holz, anderseits an Mauerwerk grenzt.

Sehr oft bildet sich diese Mycelform bei künstlicher Zucht des Hausschwammes in Kellerlokalen, und zwar dann, wenn man infizierte Bretter an die Mauer annagelt und darüber noch ein gesundes Brett nagelt.

Es bricht dann der Hausschwamm nach einiger Zeit in dieser Mycelform aus dem Holze heraus. Derartiges in Kellern von Gebäuden gezogenes Mycel wuchert ungemein üppig. Es treten Bildungen von über 15 *cm* Höhe auf. Das fleischig-flockige Mycel ist das eigentliche Mycel des im Wachstum nach jeder Richtung unbehinderten, gut genährten Hausschwammes. Fleischige Flocken sind vermöge ihrer Konsistenz gegen Luftzug weit unempfindlicher als das so empfindliche watteförmige Mycel. Auch anderen Schädlichkeiten gegenüber ist diese Mycelform weit mehr als das watteförmige Mycel gewachsen.

Der Hausschwamm erscheint, wenn er aus dem Fußboden heraustritt, und sich demgemäß zur Fruchtträgerbildung anschickt, stets in dieser Mycelform. Diese Mycelform bildet darum einigermaßen die Vorstufe zur Fruchtträgerbildung. Erwiesenermaßen siedeln sich auf diesem Mycel oft Schimmelpilze von grauer oder grüner Farbe (Pericillium usw.) an und zerstören dasselbe. Die Zerstörung findet natürlich nur dann statt, wenn das Mycel schon vermöge ungünstiger Lebensbedingungen (Kälte, Alter) im Absterben begriffen ist.

Ad *c)* Hautartiges, blattartiges Mycel.

Auch bei dieser Mycelform liegen Übergangsformen gegenüber dem watteförmigen Mycel vor. Wo nämlich watteförmiges Mycel — speziell in oberen Stockwerken — längere Zeit vegetiert, dort finden gewebeartige Verdichtungen statt und es entstehen herabhängende hautartige Gebilde.

Diese Gebilde haben jedoch niemals den dieser Mycelform (gleichfalls wie der sub *b)* erwähnten eigentümlichen Seidenglanz.

Das hier zu besprechende, blattförmige Mycel entsteht dort, wo der Hausschwamm wenig Raum zu seiner Ausbreitung findet also dort, wo die Fußbodenunterfüllung fest an den Fußboden anliegt (z. B. bei Sand als Unterfüllung). Dieses Mycel bildet am Holze einen abhebbaren Überzug, der etwa einer mit einem sehr schwachen Klebemittel angeklebten Tapete, einem mit Eiweiß an ein Reisbrett angeklebtem Papier vergleichbar ist (Fig. 13).

Ad *d)* Netzförmiges, aderförmiges, blitzartiges Mycel.

Diese Form wird meistens auf Holz beobachtet, welches schon länger vom Hausschwamm befallen ist. Sie könnte für

Fig. 13.

diesen Fall auch eine Sekundärform des Hausschwammes genannt werden. Fig. 14 zeigt diese Form.

Vermöge Erschöpfung der im Holze befindlichen Nährstoffe vermag derselbe nicht mehr üppige Formen: flaumiges, flockiges, fleischiges Mycel zu bilden. Das Wachstum des Haus-

schwammes hört bei einem, bis zu einem bestimmten Grade erschöpftem Holze überhaupt auf.

Ein Teil der Pilzfäden (Hyphen) geht zugrunde; das ursprünglich — soferne Raum zur Entwicklung da ist — oft sogar 15 *cm* hohe Mycel wird niedriger und legt sich mehr an das Holz an. Gleichzeitig verschwindet das Mycel an einzelnen Stellen, während es sich an anderen verdichtet.

Fig. 14.

Das Resultat dieser Verdichtung sind deutlich sichtbare Fasern, Rippen, mit den Nerven eines Blattes vergleichbar. Das Holz ist förmlich mit einem Netze solcher Fasern übersponnen. Zwischen demselben findet sich nur wenig, oft verfaultes oder gar kein Mycel, so daß wieder das Holz frei wird.

Offenbar braucht der Hausschwamm in dieser gedrängten Form nur wenig Nährstoffe und auch wenig Wasser.

War die Entwicklung des Hausschwammes eine sehr üppige, dann verschwindet das zwischen den einzelnen Adern befind-

liche Mycel nicht ganz, sondern verflacht dsich nur und wir konsistent hautartig; zwischen dieser Haut werden die Adern sichtbar und das Mycel wird in seiner Struktur dem Fuße eines Wasservogels mit Schwimmhäuten nicht unähnlich.

Nicht sicher ist es, ob das Mycel in dieser Form, speziell in blitzartigen Formen auch gleich im Anfange seiner Entwicklung vorkommt.

Ganz im Anfange ist es ungemein schwer festzustellen, ob irgend eine blitzartige Ader dem Hausschwamme oder einem anderen Pilze (speziell Coniophora cerebella) zugehört. Diese Feststellung wird insbesondere dann erschwert, wenn die beobachtete Faser nicht weiß, sondern braun ist.

Mycel mit ausgesprochen braunen Pilzfäden (Hyphen) kommt nämlich bei Hausschwamm verhältnismäßig selten, bei einzelnen anderen Pilzen außerordentlich häufig vor.

Sehr oft sieht man bei Brettern, die frisch vom Hausschwamm befallen sind, blitzartig von der Mitte gegen das an die Mauer anstoßende Ende des Brettes verlaufende, hie und da verzweigte Adern. Am Ende des Brettes ist unzweifelhaft Hausschwamm festzustellen. Dagegen bleibt zweifelhaft, ob diese braunen, blitzartig verlaufenden Adern dem Hausschwamme angehören oder nicht. Sie haben mit einzelnen Wuchsformen des Pilzes Coniophora cerebella einige Ähnlichkeit. Sollten dieselben dem Hausschwamme angehören, so hätte man daran zu glauben, es sei mitten am Brette eine Hausschwammspore ausgekeimt, das entwickelte Mycel hätte an dieser Stelle nicht die passenden Lebensbedingungen, z. B. nicht die nötige Feuchtigkeit gefunden und wäre in Form einer blitzartig verlaufenden Ader bis zum Ende des an die Mauer anstoßenden Brettes gewandert, wo es endlich den nötigen Feuchtigkeitsgrad gefunden hat und sich voll entwickeln konnte. Noch viel schwieriger ist festzustellen, ob manche blitzartig verlaufende, braune Adern am Holze der Dachkonstruktion dem Hausschwamme zugehören oder nicht. (Verwechslung mit Mycel von Lenzites sepiaria!) In einzelnen Fällen ist es sicher, daß Hausschwamm vorliegt und man hat sich vorzustellen, es sei an dieser Stelle eine Hausschwammspore ausgekeimt, das Mycel konnte aber wahrscheinlich wegen mangelnder Feuchtigkeit nicht zur vollen Entwicklung gelangen, ging ein und wurde braun.

Oft aber liegt ein ganz anderer Pilz, z. B. Lenzites sepiaria vor.

Ad *e)* Strangförmiges Mycel. (Wasserführende Stränge.)

Während das netzförmige Mycel im Querschnitte flach ist, besitzt das strangförmige Mycel einen sich mehr oder weniger dem Kreise nähernden Querschnitt. Diese Mycelform hat den Zweck, den Hausschwamm mit Wasser zu versorgen. Sie findet sich beim echten Hausschwamm so gut wie niemals am Holze selbst, sondern stets in der Umgebung desselben, also in den Füllmaterialien, im Mauerwerk etc., also dort, wo sich Wasserreservoire finden, vor.

Dem strangförmigen Mycel, das man sehr oft „wasserführende Stränge" nennt, kommt eine große Bedeutung bei der Ausbreitung des Hausschwammes innerhalb eines Gebäudes zu. Der Hausschwamm durchdringt nämlich sehr oft, ja vielleicht auch ausschließlich, in dieser Form das Mauerwerk, dringt in die Nachbarzimmer, eventuell Nachbargebäude, dann in höhere Stockwerke, ja selbst bis zur Dachkonstruktion.

Die Farbe des Mycels.

Die dem Hausschwamme zukommende, ihm eigentümliche Farbe ist glänzend weiß. Am besten ist diese Farbe bei frisch aus dem Holze herausgewachsenen flaumigem oder flockigem Mycel zu beobachten.

Bevor zu den weiteren Farben übergegangen werden kann, die das Hausschwammmycel annehmen kann, beziehungsweise annimmt, sind die sogenannten „gelben Hyphen", durch Freih. v. Tubeuf so benannt, zu besprechen. Man bemerkt hie und da am weißen flaumigen und flockigen Mycel, eventuell auch am hautartigen, intensiv gelbe Stellen. Vereinzelt ist auch ein Stich in die braune Farbe zu beobachten. Die Ursache dieser Gelbfärbung wird an anderer Stelle besprochen werden.

Gelbe Stellen treten sowohl bei dem in Gebäuden wuchernden Mycel auf, als auch bei solchem, welches man auf Holz künstlich züchtet. Ja, v. Tubeuf beobachtete zuerst gelbe Stellen auch an solchem Mycel, welches auf künstlichem Nährboden gezüchtet wurde.

Hie und da bemerkt man sogar Holz, welches — wahrscheinlich durch das Mycel — gelb gefärbt ist. Die Bedingungen, unter welchen diese Gelbfärbung auftritt, kennt man nicht. Man

beobachtet Gelbfärbungen auch auf Mycel, welches vom Licht und Luftzug wohl geschützt ist. Sehr oft aber wird die Gelbfärbung durch Lichtzutritt oder einen Luftzug plötzlich veranlaßt. Dies kann beobachtet werden, wenn ein mit flockigem (flaumigem) Mycel behaftetes Holzstück oder eine Kultur auf künstlichem Nährboden aus dem dunklen, windstillen Keller ins Tageslicht, insbesondere ins Sonnenlicht getragen wird, wobei es auch dem Luftzuge ausgesetzt wird. Einzelne Stellen färben sich dann ungemein rasch gelb.

Nicht zu verwechseln mit diesen gelben Stellen ist die hie und da zu beobachtende Abscheidung brauner Tropfen aus dem Mycel. Die Abscheidung brauner Tropfen tritt bei solchem Mycel auf, welches durch irgend einen Umstand schwer geschädigt wurde. Gar oft sind diese Abscheidungen ein Zeichen, daß das Mycel schon fault oder faulen wird. Die Abscheidung brauner Tropfen stellt sich demgemäß als eine Krankheitserscheinung dar.

Auch farblose, mit dem Taue zu vergleichende Tropfen, die aber sehr klein sind und nicht gar zu oft zu beobachten sind, treten hie und da auf. Diese Tropfen sind für den Hausschwamm nicht bezeichnend und es stammt der Name lacrymans (lacrimans) sicher nicht von diesen farblosen Ausscheidungen; auch nicht von den braunen Tropfen.

Das ursprünglich glänzend weiße flaumige, flockige Mycel ändert im Laufe der Zeit etwas seine Farbe. Zunächst verliert es den lebhaften Glanz, es wird matter. Bildet sich hautartiges Mycel, mit Adern untermengt, so übergeht die rein weiße Farbe in eine schmutzig-weiße.

Über die Farbenänderungen infolge Fäulnis und gänzlichen Absterbens wird später gesprochen werden. Interessant ist die Farbe des fleischigen und des blattartigen Mycels. Bei diesen Mycelformen liegt stets eine mehr oder minder faserige Struktur vor. Die Farbe ist niemals rein weiß, es ist auch nicht gut möglich, diesem Mycel eine ausgesprochene Farbe beizulegen. Von dieser Farbe wird man sich einen Begriff machen, wenn die Farbenänderungen, welche das Mycel bei der Berührung, bei der Zerkleinerung, beim Zusammenpressen usw. erfährt, näher erläutert werden. Das flaumige und flockige Mycel wird hierbei meist graubraun.

Anders beim blattförmigen und fleischigen. Dasselbe zeigt ein lebhaftes Farbenspiel. Bei der Zerteilung können nämlich alle Farben des Regenbogens auftreten. Insbesondere herrscht die rötliche und bläuliche Farbe vor.

Derartige Farbentöne finden sich nur sehr schwach ausgeprägt auch am noch unberührten Mycel — allerdings wahrscheinlich erst dann, wenn Licht und Luft hinzukommt, vor.

Darum ist es auch nicht gut möglich, die Farbe des blattförmigen und fleischigen Mycels richtig zu schildern.

Ähnliche Farbenänderungen in den Farben des Regenbogens kann man bei Fruchtträgern vieler im Walde wachsender Schwämme beobachten; immerhin sind diese Farbenänderungen insoferne für Hausschwamm charakteristisch, als sie bei einzelnen anderen holzzerstörenden Pilzen, insbesondere Polyporus vaporarius und Coniophora cerebella nicht auftreten.

Es bleiben noch diejenigen Veränderungen der Farbe des Hausschwammmycels zu erörtern, welche eine Folge des Alterns sind. Die Besprechung dieser Erscheinungen ist um so schwieriger, als nicht immer festgestellt werden kann, ob die Farbenänderung i ne Folge der Fäulnis und Verschimmelung darstellt oder ob sie dem Hausschwamm eigentümlich ist. Bei üppig wucherndem flockigen Mycel kann es vorkommen, daß dasselbe infolge Absterbens seine Farbe nur unwesentlich ändert. Das Mycel wandelt sich wohl in hautartiges um, wird konsistenter, verliert auch seinen Glanz, das reine Weiß übergeht in ein schmutziges Weiß, die weiße Farbe bleibt aber jahrelang erhalten.

Dasselbe ist auch oft beim strangförmigen, aderförmigen Mycel zu beobachten.

Nach allen bisherigen Erfahrungen bleibt die ursprüngliche Farbe des Mycels dann mehr oder minder erhalten, wenn die Ursache des Absterbens nur in einem Entzuge an Feuchtigkeit, eventuell auch Nahrung besteht, sonach das Mycel nicht faulen kann. Dieser Entzug an Feuchtigkeit ist ein oft sehr langsam verlaufender, ein unmerklicher und tritt insbesondere bei Neubauten, die nach und nach austrocknen, auf.

Die Farbe, ja auch die Form des Mycels bleibt in den meisten Partien ganz erhalten.

Anders liegt die Sachlage, wenn das Mycel verfault oder verschimmelt. Je nach der Art des Fäulnis-(Verschimmelungs-) Prozesses ändert sich die Farbe. Auch kleine Käfer wirken auf

Hausschwammmycel oft zerstörend. Bei der Fäulnis tritt eine Braunfärbung auf.

Die Pilzfäden (Hyphen) verschwinden zum Teile ganz, oder schrumpfen doch ein. Bei der Verschimmelung ist meistens eine graue Farbe zu beobachten; bei lebhafter Verschimmelung auch eine grüne.

Jedenfalls besitzt ganz verfaultes oder verschimmeltes Mycel je nach dem Grade dieses Prozesses eine graue bis braune Farbe. Bei sonst gut konserviertem, hautartigem Mycel findet man oft braune Stellen. Es bleibt noch zweifelhaft, ob diese braunen Stellen unter allen Umständen die Folge einer Fäulnis oder Verschimmelung darstellen.

Einzelne Umstände sprechen dagegen. So die Beobachtung blitzartiger Adern, die Beobachtung braunen Mycels an Stellen, wo sich für Fäulnisvorgänge keine günstigen Bedingungen vorfanden, so die mit dem Mikroskope zu beobachtenden Veränderungen.

Möge es also Fälle geben, in denen braunes Mycel gar nicht den Hausschwamm, sondern anderen Pilzen zugehört, soviel ist sicher, daß diese Verfärbung in einzelnen Fällen bei Hausschwamm tatsächlich auftritt und sonach abgestorbenes braunes Hausschwammmycel existiert. Die Farbe solcher abgestorbenen Mycels ist sepiabraun. (Abschnitt VII, Braunfärbung).

II. Fruchtträger.

Die Größe der Fruchtträger (Fig. 15)[1] unterliegt weder nach oben noch nach unten einer Beschränkung.

Im Mittel dürfte ein Fruchtträger einen Flächenraum von $^1/_{20}\,m^2$ einnehmen (ca. 25 *cm* Durchmesser). Man fand jedoch auch Fruchtträger, die $1\,m^2$ und auch solche, die einen Flächenraum von weit weniger als $^1/_{20}\,m$ einnahmen. Die Fruchtträger besitzen meist einen kraterförmigen Querschnitt (Fig. 16, stark schematisiert!).

Es kommt jedoch auf aufrecht stehendem Mauerwerk auch der konsolenartige Querschnitt zustande (Fig. 17).

In derartigen Fällen ist eine Reihe von Fruchtträgern übereinander vorhanden.

---

[1]) Nach Hartig-v. Tubeuf, „Der echte Hausschwamm".

Die noch nicht reifen Fruchtträger bestehen aus fleischigem, faltigem Mycel. Eine Charakteristik dieses Vorzustandes des Fruchtträgers ist es, daß sich an der Oberfläche des Mycels Bläschen befinden, die eine wasserhelle Flüssigkeit enthalten

Fig. 15.

(Fig. 18). Diese Flüssigkeit kann durch Pressen dieses Gebildes leicht schon mit der Hand zum Herausquellen gebracht werden.

Meist wird sie jedoch schon von selbst ausgeschieden. Nach diesem Merkmal könnte man mit vollem Rechte die Bezeichnung: „lacrymans" = „Der Weinende" gebrauchen.

Die Sporen des Hausschwammes (Fig. 19 und 20) siud nierenförmig ca. 10 μ lang, ca. 5 bis 6 μ breit und ca. 3 μ dick.

Die Vorderwand (die äußere Wand bei der Stellung auf der Basidie) ist konvex, die Rückwand ist stark konkav, die Seitenwände konvex. Die Farbe ist rostbraun.

Der Inhalt der Sporen besteht aus Protoplasma, in dem sich 1 bis 5 helle, kugelrunde Stellen (manchmal auch elliptisch) befinden. Was diese Stellen (Tröpfchen) bedeuten, ist nicht eruiert. Hartig hielt sie für Fetttröpfchen. Sie müßten sich dann mit Osmiumsäure schwärzen. Das geschieht nicht. Die Sporenwand ist schon längst mit Osmiumsäure schwarz gefärbt, während die Tröpfchen noch hell sind. Auch sonstige mikroskopische Reagentien deuten nicht auf Fett.

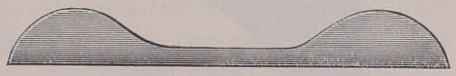


Fig. 16.

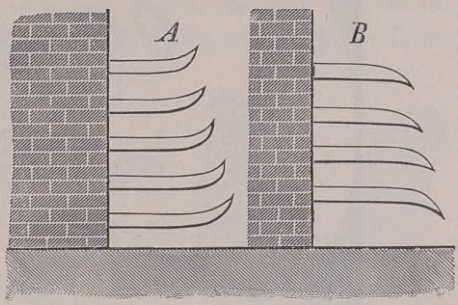


Fig. 17.

Fig. 18.

Extrahiert man Sporen mit fettlösenden Stoffen, z. B. mit Äther, so bleiben die Tröpfchen bestehen. Auch das spricht nicht für Fett.

Nach Professor Dr. A. Möller besitzen typische, keimungsfähige Sporen nur einen einzigen Zentralkörper von ca. 1·6 μ Durchmesser.

Auf Fig. 19 sind Sporen abgebildet, Fig. 20 zeigt das Detai des Sporeninhaltes.

D. Mikroskopische Anatomie des Hausschwammes.

Siehe Abschnitt VII.

E. Lebensbedingungen des Hausschwammes.

Die Lebensbedingungen der Holzzerstörer überhaupt wurden schon im Abschnitte VI erörtert. Hier ist dasjenige nach-

zutragen, was insbesondere für Hausschwamm von Bedeutung ist.

I. Lebensbedingungen des Mycels.

1. Nahrung. Echter Hausschwamm kann auf Holz allein gedeihen. Welche Holzarten er befällt, wurde schon unter *B.* erwähnt. Dort wurde auch angeführt, daß der Hausschwamm auch

Fig. 19.

andere Stoffe, z. B. Papier, Tapeten, Leder usw. befällt. Auf den meisten dieser Stoffe vermag er jedoch nicht zu gedeihen; er zerstört sie nur bei Gegenwart von Holz. Zweifelhaft ist, ob sich einzelne Formen des Hausschwammes (Gemmen) in Erde lebend erhalten. Auf Erde vermag Hausschwamm jedenfalls — in typischer Mycelform — nicht zu gedeihen.

Die Zucht des Hausschwammes auf künstlichem Nährboden wurde schon im Abschnitte VI behandelt.

In Reinkultur wächst der Hausschwamm auf vielen Stoffen: Brot, Bier, Dekokte von Obstarten usw. Auf allen diesen Stoffen

vermag er aber, falls er nicht in Reinkultur vorhanden ist, also unter der Konkurrenz von Schimmelpilzen und Bakterien zu leiden hat, nicht zu wachsen.

Der Hausschwamm ist in bezug auf Nahrung durchaus nicht wählerisch. Er kümmert sich auch nicht darum, ob das Substrat mehr oder weniger Eiweißstoffe, mehr oder weniger Kalium und Phosphorsäure enthält: Soferne nur Kalium und Phosphorsäure da sind, wächst er. Eiweiß benötigt er überhaupt nicht. Speziell bei Holz ist ihm ganz gleichgiltig, wie das Holz chemisch zusammengesetzt ist; ob Splint, ob Kern, ob im Winter ob im Sommer gefälltes Holz, das sind Unterschiede, um die sich der Hausschwamm erfahrungsgemäß nicht im geringsten kümmert.

2. Wasserbedürfnis. Hier gilt dasjenige, was bereits im Abschnitte VI erwähnt wurde. Für das Wachstum des Hausschwammes ist ein mäßiger Wassergehalt am günstigsten. Bei viel Wasser unterliegt er der Konkurrenz der Schimmelpilze und Bakterien; bei zuwenig vermag er nicht zu gedeihen.

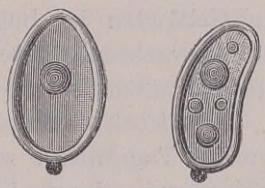


Fig. 20.

3. Luft(Sauerstoff-)bedürfnis. Schon im Abschnitte VI wurde erwähnt, daß bisher für keinen einzigen holzzerstörenden Pilz nachgewiesen wurde, er könne bei unbedingtem Luftausschlusse wachsen, ja, daß aus Versuchen hervorgeht, daß speziell Hausschwamm Luft benötigt. Jedenfalls gehört der Hausschwamm nicht zu den anaëroben Pilzen. Luftzug wirkt auf das Luftmycel — das Mycel im Inneren entzieht sich ja der Beobachtung — jedenfalls schädigend.

Nach R. Hartig ist es das durch den Luftzug bewirkte Austrocknen, der Entzug an Feuchtigkeit, welcher schädigt, so daß Hartig schrieb: feuchter Luftzug würde überhaupt nicht schädigend wirken. Die Hartigsche Erklärung reicht für die allermeisten Fälle aus. In einzelnen Fällen muß jedoch die Wirkung des Luftzuges anders erklärt werden. Bei Kulturen auf künstlichem Nährboden kann man mitunter beobachten, daß einzelne Partien des Luftmycels in dem Momente, in dem man die Kulturschale öffnet, gelb werden. Hebt man in Gebäuden, in welchen sich Bretter, die mit blattförmigem Luftmycel behaftet sind, befinden, ein Brett aus, so kann man bei lebendem

Mycel im Momente des Abhebens den Eintritt einer Verfärbung (rötlichblau, regenbogenartig) beobachten.

Dasselbe tritt ein, wenn man fleischiges Mycel zerkleinert, so daß die Luft zu den inneren Partien Zutritt erlangt. In allen diesen Fällen ist es naheliegend, eine Oxydation irgend eines Bestandteiles des Hausschwammmycels anzunehmen $B_1 + O = B_2$ und fast weniger naheliegend zu glauben, es finde eine Wasserabspaltung $A_1 — H_2 O = A_2$ statt. In beiden Fällen liegt jedoch sicher eine chemische Wirkung (chemische Wasserabspaltung, Oxydation) und nicht etwa ein einfaches Austrocknen vor. Für das Stattfinden eines Oxydationsvorganges, beziehungsweise eines chemischen Vorganges überhaupt spricht die stattfindende Verfärbung.

Luftmycel wird, wie schon erwähnt wurde, durch Luftzug geschädigt, beziehungsweise getötet. Je zarter das Mycel, je weniger konsistent dasselbe, desto rascher erfolgt die Schädigung. In Gebäuden ist beispielsweise das über das Fußbodenniveau herauswachsende Mycel, aus dem sich Fruchtträger bilden sollen, gegen Luftzug nur sehr wenig empfindlich.

4. Licht. Hausschwamm (Luftmycel) läßt sich auch bei vollem Tageslichte züchten, so daß von einer ausgesprochenen Schädigung durch Licht keine Rede sein kann. Die Fruchtträgerbildung wird sogar vom Lichte begünstigt. Nichtsdestoweniger ergaben mir vielfache jahrelange Vergleiche, daß das Mycel im grellen Tageslichte schlechter wächst, als im Dunkel oder im Halbdunkel. Im Lichte bildet das Mycel leichter sogenannte „gelbe Hyphen" (v. Tubeuf) als in Dunkelheit. Weiß man nicht, ob sich in einem Holzstücke noch lebendes Mycel befindet oder nicht und wünscht man ein Luftmycel zu erhalten, so ist es stets angezeigt, diesen Versuch bei Lichtabschluß durchzuführen, denn es kann — mitunter — geschehen, daß im Lichte nichts herauswächst, im dunkeln aber Luftmycel hervortritt.

Jedenfalls kommt dem Lichte keine allzu große Bedeutung zu und es schadet höchstens grelles Tageslicht. Zwischen dem Halbdunkel und der völligen Dunkelheit ist kein wahrnehmbarer Unterschied.

5. Wärmebedürfnis. Bei sonst unbedingt ganz gleichen Verhältnissen ist das Wachstum des Hausschwammes nicht von der Temperatur allein, sondern (siehe unter 6) auch noch von

der Jahreszeit abhängig. Hier möge das im Abschnitte VI Erwähnte erweitert werden.

Die Begriffe: Maximum, Optimum und Minimum, auf Hausschwamm angewendet, haben nachstehende Bedeutung:

Optimum ist jene Temperatur, bei welcher der Hausschwamm am besten wächst.

Minimum und Maximum sind jene Temperaturen, unterhalb, beziehungsweise oberhalb welcher der Hausschwamm nicht mehr wächst.

Die Differenz: Maximum — Minimum nennt man Temperaturintervall. Als Kennzeichen des Wachstums gilt bei jedem Pilze die Bildung neuer Zellen.

Mit dem Aufhören des Wachstums infolge nicht zusagender Temperatur ist eine Tötung (ein Absterben, Eingehen) des betreffenden Pilzes zunächst noch nicht verbunden. Dagegen gibt die Erfahrung, daß Temperaturen von 5 bis 10° C über dem Maximum, beziehungsweise unter dem Minimum bald den betreffenden Pilz töten. Man nennt darum diese Temperaturen obere und untere Tötungstemperatur. Es soll nun bewiesen werden, daß sich der Hausschwamm in seinen Temperaturansprüchen ungefähr wie die sogenannten psychrophilen Bakterien verhält. Für diese beträgt das Minimum 0° C, Optimum 15° bis 20° C, Maximum 30° C. Sonach erstreckt sich das Temperaturintervall auf ca. 30° C. Nach früheren Erläuterungen muß dann gelten: Obere Tötungstemperatur 35° bis 40° C, untere Tötungstemperatur —5° bis —10° C. Es wurde bisher vorausgesetzt, alle Zahlen seien ganz unabhängig von der Art des Nährbodens. Für Hausschwamm scheint das, wie schon im Abschnitt VI bemerkt wurde — so schwer es ist, sich mit diesem Gedanken vertraut zu machen — nicht der Fall zu sein. Über die Temperaturansprüche bei Hausschwamm haben R. Hartig, Gotschlich, v. Tubeuf und Malenković experimentell gearbeitet.

Optimum. Auf Malzextrakt-Fleischextrakt-Agar zeigt Hausschwamm ein Optimum von ca. 21 bis 22° C.

Für das Wachstum auf Holz liegt das Optimum zweifellos etwas tiefer, und zwar über 17° C und unter 22° C. Aller Voraussicht nach liegt das Optimum auf Holz bei 17 bis 19° C.

Dieses Optimum auf Holz soll praktisches Optimum, im Gegensatze zum Optimum auf Gelatine und Agar, dem theoretischen Optimum, genannt werden.

Maximum und obere Tötungstemperatur. Wie schon bemerkt wurde, stehen die Werte für diese beiden Daten im Zusammenhange, d. i. die obere Tötungstemperatur ist 5 bis 10° C höher als das Maximum. Bei Hausschwamm ist nun weder das Maximum noch die obere Tötungstemperatur genau bekannt; wohl aber ungefähr.

R. Hartig erhitzte Glasgefäße, enthaltend Hausschwamm auf Holz, eine Stunde lang auf 40° C. Der Hausschwamm starb hierbei ab.

Bei Versuchen mit Hausschwamm auf Malzextrakt-Fleischextrakt-Agar fand Malenković, daß Hausschwamm innerhalb einer Stunde bei + 37° C absterbe.

v. Tubeuf fand auf Fleischextrakt-Malzextrakt-Agar Absterben bei + 30 bis 33° C innerhalb einiger Tage.

Freiherr v. Tubeuf fand weiter auf Malzextrakt-Fleischextrakt-Gelatine, daß Kulturen innerhalb 17 bis 24 Stunden bei 30 bis 33° C noch nicht absterben.

Aus diesen Daten ist ersichtlich: Die obere Tötungstemperatur liegt jedenfalls unter 40° C, soferne verlangt wird, daß bei dieser der Hausschwamm innerhalb einer Stunde, d. i. rasch getötet werde.

Weiters liegt die obere Tötungstemperatur ober 30 bis 33° C, denn bei dieser Temperatur wird, wie die Versuche übereinstimmend ergeben, der Hausschwamm zwar nicht rasch, aber langsam getötet. Man kann die obere Tötungstemperatur (Tötung nach einer Stunde) mit + 37° C schätzen.

Liegt die obere Tötungstemperatur bei + 37, dann beträgt das Maximum ungefähr 37 − 10 = 27° C bis 37 — 5 = 32° C. Die Zahl 32 ist offenbar zu hoch, denn da finden schon Tötungen statt, das Maximum kann höchstens 30° C betragen, nachdem bei dieser Temperatur die Gelatinekultur noch lebend blieb.

Für Holz liegt das Maximum offenbar tiefer als 30° C, denn schon bei + 25° C wächst der Hausschwamm darauf schon recht schlecht.

Das Ergebnis lautet also: Maximum 27 bis 30° C, Obere Tötungstemperatur ca. 37° C.

Minimum und untere Tötungstemperatur. Man beobachtet in Kellern, in denen Hausschwamm gezüchtet wird, daß im Winter bei + 7° C jede ausgesprochene Vegetation aufhört. Hierbei macht sich allerdings der Einfluß der Jahreszeit mit geltend.

Freih. v. Tubeuf beobachtete auf Gelatine bei + 4 bis 6° C noch langsames Wachstum. Das Minimum liegt sonach unter + 4° C.

Bei welcher Temperatur es liegt, ist nicht bekannt.

Dafür fand Malenković, daß in Glasgefäßen auf Holz wuchernder Hausschwamm bei — 8 bis 10° C etwa in 12 Stunden einging.

Die untere Tötungstemperatur muß sonach unter — 8° C, sonach das Minimum ungefähr zwischen + 2 und — 3 liegen. Das ist also: Durch Gefrieren wird Hausschwamm getötet.[1])

Die wahrscheinlichsten Zahlen sind sonach: Minimum + 1 untere Tötungstemperatur unter — 8.

Fassen wir die ungefähr ermittelten Daten in eine Tabelle.

	Hausschwamm				Psychrophile Bakterien
	Gelatine	Agar	Holz	Mittel (wahrscheinl.) Wert	
Obere Tötungstemperatur	über 30 bis 33	über 30 bis 33	unter 40	37	37
Maximum	unter 30	unter 30	über 25	27 bis 30	30
Optimum	—	22	18	18 bis 22	15 bis 20
Minimum	unter 4	unter 4	unter 8	+ 1	—
Untere Tötungstemperatur	—	—	unter — 8	unter — 8	Je nach Spezies

Diese Daten bestätigen vollauf die Annahme, daß sich der Hausschwamm bezüglich seines Wärmebedürfnisses so verhält, wie psychrophile Bakterien.

Durch diese Daten offenbart sich der Hausschwamm als ein Bewohner unserer mitteleuropäischen Wohnungen und man

[1]) Diesfalls sind weitere exaktere Versuche nötig. v. Tubeuf teilt neuestens mit, daß Hausschwamm — 16° C aushält.

braucht ihn weder in den Tropen noch im Walde zu suchen: In wärmeren Klimaten wäre ihm die Temperatur im Sommer zu hoch, in den Wäldern auf lebenden Bäumen im Winter zu niedrig.

Bei der verhältnismäßig gleichmäßigen Temperatur unserer Wohnungen, bei seinen hochgestellten, engbegrenzten Temperatursansprüchen gedeiht er am besten in Wohnungen, und nur in diesen und sonst nirgendswo ist dermalen seine Heimat. Wenn auch sein theoretisches Temperatursintervall 30° C bis 0° C, d. i. 30° C beträgt, so beträgt das praktische doch viel weniger, nämlich etwa 25 — 8 = 17 Grade.

Der Hausschwamm gedeiht sonach nur innerhalb eines eng begrenzten Temperaturintervalles im Betrage von 17 Graden üppig. Die Temperaturen, welche er vorzieht, sind die normalen Temperaturen unserer Wohnungen; das Mittel $\frac{25+8}{2} = 16{\cdot}5$ ist fast unserer normalen Zimmertemperatur von + 17° C gleich.

6. Abhängigkeit des Wachstums von der Jahreszeit. Das Wesen dieser Abhängigkeit ist schon im Abschnitte VI erwähnt.

Das Luftmycel des Hausschwammes macht eine Ruheperiode durch. Spätestens im Dezember stellt es sein Wachstum — bei Zuchten im Schwammkeller — ein, spätestens im Mai beginnt es wieder zu wachsen.

Fruchtträger bilden sich nur in den wärmsten Monaten, d. i. Mai bis September.

II. Bedingungen der Fruchtträgerbildung.

Bei jeder Pflanze, sonach auch beim Hausschwamme, treten diejenigen Organe, deren Zweck es ist, für die Erhaltung der Art zu sorgen, nur unter bestimmten Bedingungen auf. Diese Bedingungen sind mitunter bei holzzerstörenden Pilzen ungemein schwer zu erforschen. Während sie im Freien, in Gebäuden Fruchtträger bilden, bleibt die Fruchtträgerbildung in Versuchskellern, dann bei der Zucht auf künstlichem Nährboden sehr oft aus. Jedes Studium der Bedingungen für die Fruchtträgerbildung hört sich unter solchen Umständen auf.

Bei Hausschwamm ist bekannt:

1. Fruchtträger bilden sich bei höherer Temperatur, d. i. im Mai bis September.

2. Mäßiger Luftzug, d. i. richtiger der Zutritt von viel Luft scheint die Fruchtträgerbildung zu begünstigen. Die Folge reichlichen Luftzutrittes ist nämlich eine Verdichtung des Mycels. Wo das Mycel aus dem Holze über das Fußbodenniveau herauswächst, da tritt eben diese Bedingung ein.

Allerdings muß man fragen: Warum wächst es an dieser Stelle, zu dieser Jahreszeit heraus?

3. Licht. Nach Hartig ist zur Fruchtträgerbildung das Vorhandensein von — wenn auch nur sehr schwachen — Lichtes nötig. Hier frägt es sich: Hat sich der Fruchtträger gebildet, weil Licht vorhanden war, oder ist er dadurch, daß er sich gebildet hat, erst ins Licht gekommen?

Beobachtet man Fruchtträger, die sich inmitten eines Zimmers bilden, die förmlich aus dem Boden schießen, so könnte man sich für die Annahme entscheiden, der schon im Entstehen begriffene Fruchtträger suche erst das Licht auf und es sei das Wachsen im Lichte die Folge der Fruchtträgerbildung, nicht aber die Ursache derselben.

Dieser Annahme stehen sehr wichtige Bedenken gegenüber, und zwar:

a) In Kellern bilden sich nach R. Hartig nur dann, wenn Licht hinzutritt, Fruchtträger.

b) Bei künstlicher Zucht bilden sich gleichfalls nur bei Zutritt von Licht Fruchtträger.

So muß die Annahme, das Vorhandensein von Licht sei eine der Ursachen der Fruchtträgerbildung, als die wahrscheinlichere gelten.

4. Auf Mauerwerk bilden sich außerordentlich gerne Fruchtträger. In Zimmern treten zuerst nächst der Mauer Fruchtträger auf.

Später entstehen dieselben allerdings auch in der Mitte des Zimmers.

Nachdem sich auch dann, wenn Hausschwamm in Kellern über Mauerwerk wächst, ganz besonders gerne Fruchtträger bilden, so ist anzunehmen, daß die chemischen Substanzen der Mauer auf das Hausschwammmycel als Reizmittel wirken und die Fruchtträgerbildung begünstigen.

5. Sehr oft kann man beobachten, daß der Hausschwamm dort, wo er ein Hindernis in Form einer Mauer überwunden hat, auf der entgegengesetzten Seite direkt Fruchtträger bildet. Auch

dann, wenn der Hausschwamm aus dem Fußboden heraustritt, findet die Überwindung eines Hindernisses statt.

Ja, man kann in Kellern sogar experimentell nachweisen, daß das Hausschwammmycel bei jedesmaligem Durchgange durch eine Brettlage eine Verdichtung erfährt.

Derartige Verdichtungen des Mycels sind aber der erste Schritt zu einer Fruchtträgerbildung.

Wir können sagen: Die Überwindung mechanischer Widerstände wirkt als Reizmittel und begünstigt die Fruchtträgerbildung.

6. Über den Zusammenhang zwischen der Fruchtträgerbildung und dem Nahrungsmangel ist nichts bekannt. Zu berücksichtigen ist jedoch das unter 4 und 5 Gesagte.

7. Über den Zusammenhang zwischen dem vorhandenen Feuchtigkeitsgrad und der Neigung zur Fruchtträgerbildung ist bisher nichts bekannt.

8. Auch über den Zusammenhang zwischen dem Alter des Mycels und der Fruchtträgerbildung liegen keine Angaben vor.

Anzunehmen wäre nach Analogie mit Hefen, daß jugendfrisches Mycel leichter Fruchtträger bilde.

Tatsächlich beobachtet man jedoch auch in Gebäuden, in welchen schon längere Zeit (7 bis 8 Jahre) Hausschwamm wuchert, Fruchtträger.

III. Bedingungen der Sporenkeimung.

Siehe Abschnitt VI.

Die Figuren 21 und 22 zeigen keimende Sporen.

F. Chemische Zusammensetzung des Hausschwammes.

Der chemischen Zusammensetzung des Hausschwammes wurde früher eine große Bedeutung zugelegt, sie wurde mit der chemischen Zusammensetzung des Holzes verglichen und aus diesen Vergleichen mannigfache Rückschlüsse gezogen. Diese Sache hat auch öfters den Gegenstand einer Polemik von hierzu berufener und auch nicht berufener Seite gebildet.

Tatsächlich besitzt die chemische Zusammensetzung des Hausschwammes gar nicht jene Bedeutung, die man ihr beigelegt hat.

Im Werke von Göppert und Poleck (Der Hausschwamm, seine Entwicklung und seine Bekämpfung. Breslau 1885) ist der Analyse des Hausschwammes ein breiter Raum gewidmet. So einwandfrei und wertvoll der botanisch-morphologische Teil dieses schönen Werkes auch ist, so unverläßlich ist der chemische Teil. Beispielsweise findet sich darin die Angabe, es sei im Hausschwamme viel Fett (ein Glycerid) vorhanden, während tatsächlich, wie zuerst Zopf (Die Pilze. Breslau 1890, Seite 349) richtig mitteilt und ich später fand, darin überhaupt gar kein Fett, sondern eine Harzsäure vorhanden ist.

1. Wassergehalt des Hausschwammes. Der Wassergehalt der verschiedenen Teile des Hausschwammes ist höchst

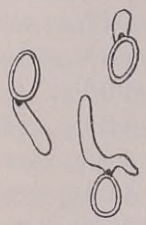


Fig. 21.

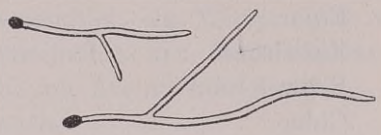


Fig. 22.

verschieden. Frisches Mycel oder Fruchtträger enthalten 45 bis 75% Wasser; vielleicht mitunter noch mehr.

Bei abgestorbenem Mycel kann der Wassergehalt auf 20% und darunter sinken.

2. Asche. *a)* Qualitative Zusammensetzung. Bisher in jedem höheren Pilze wurden gefunden und sind demgemäß auch im Hausschwamm nachstehende Elemente zu finden: Chlor, Schwefel, Phosphor, Silicium, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen.

Ob im Hausschwamm noch einzelne andere Elemente vorhanden sind, insbesondere Aluminium (aus Ziegeln in Gebäuden), Mangan, Lithium usw., ist wohl ganz gleichgiltig.

b) Quantitative Zusammensetzung. Quantitative Aschenanalysen des Hausschwammes wurden bereits öfter durchgeführt.

Die meisten dieser Aschenanalysen kranken an dem Umstande, daß offenbar mit Sand, Schotter, abgebröckeltem Mauerwerk usw.

vermengtes Mycel zur Analyse verwendet werde und darum ein viel zu hoher Aschengehalt gefunden wurde.

Pilze enthalten im Durchschnitte einen Aschengehalt von 0·5 bis 1·5 der frischen Substanz, beziehungsweise 5 bis 15% der Trockensubstanz.[1])

Einzelne Pilze machen allerdings eine Ausnahme, indem sie einen höheren Aschengehalt aufweisen.

Beim Hausschwamm fand Poleck 6 bis 9% der Trockensubstanz Asche.

Was die quantitative Zusammensetzung der Hausschwammasche anbelangt, so ist bekannt, daß die meisten Pilze einen auffallend hohen Gehalt an Kaliumphosphat besitzen.

So ergeben die Aschenanalysen von Pilzen im Durchschnitte:

Kalium	45·0 %
Phosphorsäure	40·0 %
Natrium	1·4 %
Calcium	1·5 %
Eisen	1·0 %
Kieselsäure	1·0 %
Schwefelsäure	8·0 %
Chlor	1·0 %
Sonstige Bestandteile	1·1 %
Summe	100·0 %

Gerade für Hausschwamm treffen nun diese Verhältnisse nicht zu!

Das Mycel des Hausschwammes verhält sich vielmehr diesfalls nicht wie jenes der meisten Pilze, sondern ähnlich dem der vermöge Wachstums auf kalkreichen Nährböden viel Calcium enthaltenden Flechten.

Das Hausschwammmycel besitzt einen weit höheren Kalkgehalt, als (im Durchschnitt) höhere Pilze, also mehr als 1·5% und dafür weit weniger Kalium. Poleck findet für das Mycel nur einen Kaliumgehalt von ca. 8%. Also fast sechsmal weniger als der Durchschnitt!

Demgemäß kann der größte Teil der Phosphorsäure — ca. 40% der Gesamtasche — nicht an Kalium gebunden sein.

---

[1]) Zopf, „Die Pilze". S. 117 bis 121.

In der Tat ist das auch nicht der Fall, sondern die Phosphorsäure ist als Calcium, Eisen und wahrscheinlich auch als Magnesiumphosphat vorhanden. Dagegen soll allerdings in den Fruchtträgern die Phosphorsäure tatsächlich an Kalium gebunden sein und diesfalls analoge Verhältnisse wie bei anderen Pilzen herrschen.

Der hohe Kalkgehalt der Hausschwammasche, das Einzige bei der Aschenanalyse, was ein Interesse haben kann, wurde bisher kaum beachtet.

Die Schlußfolgerung, die aus dem hohen Kalkgehalte zu ziehen ist, lautet: Hausschwamm gehört zu den kalkliebenden Pflanzen; sein Vorkommen auf Mauerwerk und sein Eindringen in dasselbe findet in diesem Umstande seine volle Erklärung.

3. Cellulose (Pilzcellulose). Nitriert man eingetrocknetes Hausschwammmycel, z. B. die Stränge, nach vorhergehender Extraktion mit Aceton, Alkohol, Äther etc.[1]) mit einem Gemische von gleichen Volumenteilen konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure, so resultiert ein Nitroprodukt, welches im großen ganzen die Eigenschaften der Nitrocellulose zeigt.

Dieses Nitroprodukt gibt mit Aceton eine Gelatine, es verpufft auch, jedoch sehr schwach.

Aus der Bildung eines der Nitrocellulose ähnlichen Nitroproduktes kann man auf das Vorhandensein von echter Cellulose oder eines ihr nahestehenden Körpers im Hausschwammmycel schließen.

Bisher ist es keineswegs entschieden, ob echte (gewöhnliche) Cellulose oder Pilzcellulose (Fungin) im Hausschwamme vorliegt.

Von mir festgestellte Tatsachen, nämlich: Die — wenn auch beschränkte — Löslichkeit des Hausschwammmycels in Kupferoxyd-Ammoniak, ferner die Tatsache, daß sich dasselbe mit Jod und Schwefelsäure einigermaßen (nicht deutlich) blau und mit Chlorzinkjod einigermaßen (abermals nicht deutlich) violett färbt, würden im Vereine mit der Feststellung eines in Aceton löslichen Nitroproduktes auf das Vorhandensein echter Cellulose schließen lassen. Pilzcellulose soll keine dieser Eigenschaften besitzen.

---

[1]) Ist unbedingt nötig, um die störenden harzartigen Stoffe zu entfernen.

Über die Menge der im Hausschwamme vorhandenen Cellulose liegen keinerlei Angaben vor.

4. Sonstige Kohlehydrate. Zu suchen wären im Hausschwamme besonders:

a) Traubenzucker;

b) Glykogen (kommt in vielen Pilzen vor);

c) Mannit.

Eine Prüfung auf Mannit (Extraktion mit Alkohol) lieferte übrigens kein Resultat.

Im Extrakt waren ganz andere Stoffe — nämlich hauptsächlich Harz — da.

5. Organische Säuren. Hausschwammmycel reagiert sauer. Nach Hartig entsteht als Zersetzungsprodukt der Hausschwammhyphen oxalsaurer Kalk.

Ich fand in vom Hausschwamm zersetztem Holze nur selten oxalsauren Kalk und vermute, daß mitunter ausgeschiedenes Harz mit oxalsaurem Kalk verwechselt wurde. Ob freie Oxalsäure vorhanden ist, ist unbekannt, ebenso, ob welche von den sonst in Pilzen vorgefundenen Säuren als: Fumarsäure, Essigsäure, Zitronensäure, Weinsäure, Propionsäure, Milchsäure, Bernsteinsäure vorhanden sind.

Über organische Säuren, die dem Hausschwammmycel eigentümlich wären, ist nichts bekannt.

6. Fette. Die Angabe von Poleck, derzufolge das Hausschwammmycel 13·08% Fett enthält, ist unrichtig. Die einfachste, allerdings nicht eindeutige mikroskopische Reaktion (betupfen mit Überosmiumsäure, beobachten unter dem Mikroskope — Fett färbt sich jedenfalls schwarz) belehrt, daß Hausschwammmycel in der Regel so gut wie gar kein Fett enthält. v. Tubeuf[1]) konnte allerdings bei einer Sorte Hausschwammmycel, dem sogenannten „gelben Hyphen", eine Schwärzung mit Überosmiumsäure erhalten, doch spricht dieser Nachweis nur dafür, daß, soferne diese Reaktion überhaupt von Fett stammt, die Ausnahme die Regel — derzufolge Hausschwammmycel gar kein oder nur Spuren von Fett enthält — bestätigt.

Auch eine Extraktion des Mycels mit Petroläther, in dem sich das Fett — wenn vorhanden — unbedingt lösen müßte, zeigt die Abwesenheit von Fett.

---

[1]) Hartig-v. Tubeuf, „Der echte Hausschwamm", II. Aufl., 1902.

7. Harze und ähnliche Stoffe. Von Poleck wurde gänzlich übersehen, daß Hausschwamm reichlich Harze und harzartige Stoffe (meist über 15%) enthält.

Unter dem Begriffe „harzartige Stoffe" wollen wir Stoffe verstehen, die:

a) In Alkohol, Äther, Aceton, Schwefelkohlenstoff etc. mehr oder minder löslich sind;

b) in Wasser und Säuren unlöslich sind;

c) sich in alkalischen Flüssigkeiten (Natriumhydrodyd, Ammoniak etc.) lösen und aus dieser Lösung durch Säuren abgeschieden werden könnten.

Solche Stoffe fallen unter den Begriff „Harzsäuren".

Man kann den durch Extraktion mit den vorbezeichneten Lösungsmitteln erhaltenen Extrakt in zwei Teile spalten. Ein Teil — der kleinere — löst sich in Petroläther und hat die Eigenschaften eines weichen Harzes, der andere löst sich darin nicht und ist fest, sowie zerreiblich.

8. Eiweißstoffe. Wie jeder Pilz, so muß auch Hausschwamm Eiweißstoffe enthalten.

Über die Menge derselben ist nichts bekannt.

9. Fermente (Enzyme). Über die Einwirkung der im Hausschwamm vorkommenden Fermente auf das Holz wird im Punkte *G.* die Rede sein.

Es steht fest, daß der Hausschwamm mehrere Enzyme (Fermente) produziert.

G. Chemische Wirkungen des Hausschwammes auf das Holz.

Es wurde mitunter in Vorlesungen der Ausspruch getan, der menschliche Organismus arbeite bezüglich der Verwertung zugeführter Nahrung sehr unrationell, sehr unökonomisch. Der Mensch führe mehr Nahrung zu, als zu seiner Ernährung nötig und scheide oft viel an verdaulichen Stoffen aus.

Pilze erzeugen weit mehr Nahrung als zu ihrer Ernährung nötig ist, weit mehr als sie verzehren können.

Einen Teil der Nahrung des Hausschwammes liefert schon der Holzextrakt, d. i. die wasserlöslichen Bestandteile des Holzes.

Würde der Hausschwamm begnügsam sein, so fände er im Holzextrakt genug Nahrung und würde das Holz kaum zer-

stören. Er würde es auch dann nur mäßig zerstören, wenn die Polecksche Theorie richtig wäre, derzufolge der Hausschwamm, nach Kalium und Phosphorsäure (in Form ihrer Verbindungen) suchend, gezwungen wäre, seine Hyphen weit auszusenden, um diese im Holze nicht allzu reichlich vorhandenen Stoffe zu sammeln.

Tatsächlich liegt die Sachlage ganz anders. Wohin der Hausschwamm auch wandert, dort stellt er ein Nahrungsreservoir auf.

Professor F. Czapek war es, der bezüglich dieser Nahrungsherstellung bestimmte Anschauungen aussprach, denen bezüglich der prinzipiellen Seite nur vollständig beigepflichtet werden kann. Ist das Holz ein Gemisch von Estern, also von Stoffen der Formel $R_1 — O R_2$ und kann der Hausschwamm einen dieser Ester nicht als solchen verdauen, so bleibt ihm nur übrig, den Ester in seine Komponenten $R_1 (O H)$ und $R_2 (O H)$ zu spalten und erst dann diejenige Komponente aufzuzehren, die ihm behagt.

Die andere Komponente kann entweder gleichfalls verzehrt werden oder übrig bleiben.

Stets unter der Annahme, die Holzsubstanz bestehe aus Estern, muß für den (tatsächlich vorhandenen) Fall, als eine Spaltung des einen oder anderen Esters eintritt, angenommen werden, der Pilz verfüge über irgendwelche Hilfsmittel, diese Spaltung zu bewirken.

Diese Hilfsmittel können nur chemischer Natur sein; Stoffe, die derartige Spaltungen bewirken können, nennt man Enzyme (Fermente).

Je nach der Leistung teilt man die Enzyme in verschiedene Gruppen.

Da der Prozeß $R_1 — O R_2 + H_2 O = R_1 (O H) + R_2 (H O)$ unter Wasseraufnahme vor sich geht, könnte man von einem „hydrolytischen Enzym" sprechen. Auch wäre die Bezeichnung „esterspaltendes Enzym" am Platze. Will man sich aber im allgemeinen möglichst zurückhaltend, bezüglich der unbedingt feststehenden Tatsache, daß eine Spaltung der Holzsubstanz eintritt, aber bestimmt aussprechen, so wäre der bisher noch nicht gebrauchte Name „xylolytisches Enzym, d. i. Holzsubstanz spaltendes Enzym" wohl das beste.

Da mehrere solche Enzyme existieren können, so ist dieser Name jedenfalls auch in der Mehrzahl „xylolytische Enzyme" zulässig.

Professor Czapek bezeichnet jenes Enzym, welches den Ester: Hadromal-Cellulose spaltet, als Hadromase.

Jedenfalls ist die Hadromase nur eines von den holzspaltenden Enzymen. Von den möglichen Estern und sonstigen Kombinationen sind jedenfalls die wichtigsten:

a) Cellulose-Ligninstoffe,

b) Cellulose-Xylan (Laubholz),

c) Cellulose(?)-Mannan.

Bei der Untersuchung zerstörten Holzes kommt es darauf an, festzustellen, welcher der drei in Betracht kommenden Stoffe, nämlich:

a) Ligninstoffe,

b) Xylan,

c) Cellulose

vornehmlich zerstört wurde.

a) Ligninstoffe.

Allem Anscheine nach wird dasjenige, was man als Ligninstoffe zu bezeichnen pflegt, vom Hausschwamm als Nahrung nicht bevorzugt und nur zum Teile verzehrt. So kommt es, daß in durch Hausschwamm zerstörtem Holze relativ mehr an Ligninstoffen vorhanden ist, als in gesundem. Es findet eine Anreicherung dieser Stoffe statt.

b) Xylan.

Während Hartig der Anschauung war, der Holzgummi, unter dem er vielleicht gar nicht das Xylan verstand, bleibe bei der Zerstörung des Holzes durch den Hausschwamm unverändert zurück, ginge aus einer vorläufigen noch zu überprüfenden Mitteilung von Ingenieur Schorstein hervor, daß das Xylan verzehrt wird.[1])

c) Cellulose.

Ist die Estertheorie richtig,[2]) ist das Holz tatsächlich ein Gemisch von Estern, so kann eine Zerstörung der Cellulose erst

---

[1]) Zentralblatt für Bakteriologie, II. Abt., 1902.

[2]) Hier wie sonst wird die Verbindung Ligninstoffe-Cellulose der Kürze halber als Ester gezählt.

dann eintreten, wenn diejenigen Ester, deren ein Bestandteil die Cellulose ist, zerstört (gespalten) werden.

Ist aber Cellulose frei geworden, so kann sie den herrschenden Anschauungen (bezüglich Holz von Czapek, bezüglich Cellulose von Hoppe-Seyller ausgesprochen) als solche nicht verzehrt werden.

Es muß vielmehr vorher eine Hydrolyse, eine Umwandlung der Cellulose in Traubenzucker erfolgen:

$$2n(C_6H_{10}O_5) + 2nH_2O = 2n(C_6H_{12}O_6).$$

Die Enzyme, welche diese Umwandlung bewirken, sind, weil es sich um eine Wasseraufnahme handelt, zu der hydrolytischen zu zählen. Das Enzym, welches die Umwandlung der Cellulose in Traubenzucker bewirkt, wird nach dem Vorschlage von Czapek Cytase oder besser Cellulase genannt. In Holz, das durch Hausschwamm zerstört wurde, ist, wenn man vom Xylan absieht (welchem Nadelholz nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt) jedenfalls das Verhältnis Cellulose : Ligninsäuren im Sinne einer relativen Verminderung der Cellulose gegenüber gesundem Holze verändert.

Die Zerstörung des Holzes durch Hausschwamm kennzeichnet sich also:

a) Durch die Spaltung einzelner Ester des Holzes;

b) durch relative Verminderung des Gehaltes an Cellulose und relative Vermehrung an Ligninsäuren;

c) durch teilweise Aufnahme der Bestandteile des Holzextraktes und der Asche durch den Pilz.

H. Physikalische (mechanische) Veränderungen des Holzes (Zerstörungserscheinungen des Holzes).

In dieser Richtung stammen die meisten Untersuchungen von Professor Hartig und seiner Schule (Prof. Freih. v. Tubeuf).

Die Veränderungen des Holzes durch Hausschwamm betreffen zunächst die Farbe des Holzes.

Die Farbe des vom Hausschwamme zerstörten Holzes wechselt je nach dem Grade der Zerstörung.

Auf ganz frisch vom Hausschwamme zerstörtem Holze ist überhaupt keine Farbenänderung wahrzunehmen.

Mit dem Fortschreiten des Wachstumes färbt sich auch das Holz, jedoch stets nur mäßig, d. i. „strohgelb" bis lichtbraun.

Erst wenn der Hausschwamm auf einem Holzstücke längere Zeit gewuchert hat und schon abzusterben beginnt, auch das (während des Wachstumes des Hausschwammes feuchte) Holz wieder trocken zu werden beginnt, färbt sich das Holz intensiv braun, etwa wie eine geröstete Kaffeebohne.

Überhaupt wird vom Hausschwamme befallenes Holz nach dem Trocknen dunkler. Bei frisch befallenem Holze, das noch feucht ist, nimmt man oft überhaupt keine Farbenänderung wahr. Erst wenn dieses Holz ausgetrocknet ist, erscheinen die dunkleren Stellen.

Vom Hausschwamme stark zerstörtes Holz läßt sich mit den Fingern zu Staub zerreiben. Der Staub glänzt wie lichte Kohle. Überhaupt hat das stark zerstörte Holz Ähnlichkeit mit lichter Kohle.

Ist das stark zerstörte Holz feucht, so ist von einem Pulverisieren natürlich keine Rede. Es läßt sich dafür schneiden wie Käse und (ebenso wie trockenes zerstörtes Holz) ungemein leicht brechen.

Verkohlt man ein Brett auf offenem Feuer, so bildet dasselbe durch Linien senkrecht auf die Faserrichtung und parallel zu ihr abbegrenzte, fast viereckige Täfelungen (Fig. 23).

Dieselbe Erscheinung nimmt man auch bei Holz, welches vom Hausschwamm zerstört wurde, wahr.

Diese „Vertäfelungen" sind für Hausschwamm insoferne bezeichnend, als sie beim Holze, das durch diesen Pilz zerstört wurde, besonders ausgesprochen sind.

Wohl zu unterscheiden von den sonst auf trocknendem Holze entstehenden Rissen sind die durch Hausschwamm auf Balken, Trämen usw. verursachten Risse. Dieselben sind bis 5 *mm* breit und noch breiter und verdanken ihre Entstehung einer ähnlichen Ursache wie die sonstigen Risse, nämlich einer Volumsänderung des Holzes infolge Einwirkung des Hausschwammes.

Das vom Hausschwamm zerstörte Holz besitzt ein geringeres spezifisches Gewicht als gesundes. Grundbedingung zu einer Festlegung desselben ist, in jedem besonderen Falle anzugeben, wie dasselbe bestimmt wurde, z. B. ob einfach das Volumen mit einem

Maßstabe gemessen wurde oder ob durch Eintauchen in eine Flüssigkeit, ob durch vorherige Verdrängung der Luft aus dem Holze usw.

R. Hartig verdankt man ausgedehnte Untersuchungen über den Substanzverlust, den 100 *g* durch Hausschwamm zerstörten Holzes erfahren.

Fig. 23.

Es verloren nach 5½monatlicher Einwirkung des Hausschwammes vom ursprünglichen Gewichte (100 *g*) in Prozent:

Fichte. Splint 9·8, 14·9, 22·0, Kern 12·8, 29·9, 23·1.

Kiefer: Splint 16·6, 16·4, 14·9, 22·0, Kern 7·2, 5·6, 6·8.

Freih. v. Tubeuf setzte das Holz ungefähr 10 Monate (fast die doppelte Zeit) dem Hausschwamme aus und erhielt: Kiefer

15·61, 8·78, 22·57, 32·39, Birke 31·18, Erle 35·56 als Substanzverlust. Die Daten, welche v. Tubeuf ermittelte, beziehen sich ebenso wie die Hartigschen auf Trockensubstanz. Aus diesen Daten ist ersichtlich, daß vom Hausschwamm zerstörtes Holz eine Abnahme an Trockengewicht erfährt. Hartig erhielt bei der Kiefer ungefähr im Durchschnitte 15·5% Gewichtsabnahme nach $5^1/_2$ Monaten, v. Tubeuf 20% nach ungefähr 10 Monaten.

Das Maximum an Gewichtsabnahme betrug bei den Hartigschen Versuchen 29·9 % (Kern der Fichte), bei jenen, die v. Tubeuf durchführte, 35·56% (Erle).

Bei längeren Laboratoriumsversuchen kann man noch einen viel höheren Substanzverlust erzielen, der meiner Schätzung nach den Wert von 50% erreichen kann.

In Gebäuden dagegen wird meist nur die Unterseite der Bretter zerstört, so daß ein Gewichtsverlust von etwa 15 bis 20%, wie es Hartig und v. Tubeuf fanden, resultiert. Wirken noch andere Pilze (Schimmelpilze, Bakterien) mit, dann kann es dazu kommen, daß vom Holze nur wenig übrig bleibt, d. i. ein Verlust von etwa 80% der Substanzmengen resultiert.

I. Der Hausschwamm vom Standpunkte der Gesundheitslehre (Hygiene).

Wiederholt und mit großer Hartnäckigkeit wurde behauptet, der Hausschwamm wirke krankheitserregend auf Menschen, sei menschenpathogen.

Inwieweit das Vorhandensein des Hausschwammes in einem Hause die Gesundheit benachteiligen kann, wird später zu erläutern sein.

Vorerst ist der Begriff „pathogen", im vorliegenden Falle „menschenpathogen", „pathogen für Menschen" genauer festzustellen. Zum Begriffe „menschenpathogen", den man irgend einem Pilze beilegt, gehört es, daß dieser Pilz entweder am Menschen oder im Menschen gedeihen kann.

Von einem Wachstum am Menschen kann bei Hautkrankheiten, dann bei Krankheiten der Haare, also bei äußeren Krankheiten gesprochen werden. Da bisher von keiner Seite behauptet wurde, Hausschwamm rufe äußere Krankheiten hervor, so kann dieser besondere Fall ausgeschaltet werden und es genügt, die Untersuchung auf innere Krankheiten zu beschränken. Zu den

inneren Krankheiten kann man in dem hier gemeinten Sinne auch jene zählen, die zwar äußerlich sichtbar, doch ihren Sitz im Körper (unter der Haut) haben. Nun besitzt der menschliche Körper eine Temperatur um 37° C Pilze, die bei dieser Temperatur nicht zu gedeihen vermögen, können auch nicht menschenpathogen sein. Der Hausschwamm aber geht bei + 37° C bald ein. Schon Gotschlich[1]) beweist, von gleichen Gesichtspunkten ausgehend, daß Hausschwamm nicht pathogen sei.

Der Hausschwamm kann nicht menschenpathogen sein, weil sein Optimum um 21° C liegt, während das Optimum menschenpathogener Pilze meist 37° C beträgt. Aber auch andere nur anzudeutende Gründe sprechen gegen die Pathogenität des Hausschwammes.

Der Hausschwamm könnte, auch wenn er imstande wäre, bei + 37° C zu wachsen, nicht an jenen Stellen wachsen, zu welchen Blut hinzutritt.

Das Blut reagiert alkalisch, der Hausschwamm verlangt aber (nach v. Tubeuf) saure Reaktion.

Auch im Darm könnte er nicht wachsen, denn der Inhalt desselben reagiert gleichfalls alkalisch.

Äußerlich könnte der Hausschwamm nicht wachsen, weil ihn der Luftzug töten würde. Wegen des Luftzuges bliebe auch das Wachstum in den Respirationsorganen (Lunge) ausgeschlossen.

In den Knochen hätte der Hausschwamm vermutlich zu wenig Nährstoffe und Luft; er ist ja nach bisherigen Untersuchungen nicht anaerob.

Diese Andeutungen zeigen, daß der Hausschwamm selbst dann, wenn er bei + 37° C zu gedeihen vermöchte, vermöge seiner Ansprüche kaum eine geeignete Stelle im menschlichen Körper fände.

Relativ die besten Bedingungen fände er in den Knochen, dann im Ohre.

Der klassische Nachweis für die Pathogenität eines Pilzes ist bekanntlich wie folgt zu führen:

a) Künstliche Zucht des Pilzes. Absichtliche Infektion des Menschen (Versuchstieres) mit diesem Pilze;

b) Feststellung einer Erkrankung des Menschen (Versuchstieres) als Folge der Infektion;

---

[1]) Zeitschrift f. Hygiene und Infektionskrankheiten 1895.

c) Nachweis, daß der Pilz im Menschen wuchs.

d) Isolierung des Pilzes aus dem erkrankten Menschen; Zucht auf künstlichem Nährboden.

Erst wenn all das geschehen, ist die Kette der nötigen Beweise geschlossen, erst dann liegt die Gewißheit für das pathogene Verhalten des Pilzes vor.

Bei Hausschwamm liegt diese Gewißheit nicht vor, es liegt auch die Wahrscheinlichkeit nicht vor, ja es liegt eine an Gewißheit grenzende Wahrscheinlichkeit vor, daß Hausschwamm nicht pathogen sei.

Und doch kann sein Vorhandensein Schaden an Gesundheit bringen!

Vom Hausschwamm befallene Gebäude sind meist sehr feucht. Das Vorhandensein von Hausschwamm begünstigt die Aufrechthaltung der Feuchtigkeit und ihrer nachteiligen Folgen. In beschränktem Maße auch das Mycel, in hohem Maße aber die Fruchtträger, sind der Verschimmelung und Fäulnis unterworfen. Faulende Fruchtträger verpesten die Luft durch ihren Gestank. Die Bakterien, welche die Fäulnisprozesse bewirken, dann die Schimmelpilze, können zu den pathogenen gehören. Insbesondere wenn faulende Fruchtträger da sind, liegt eine ähnliche Sachlage vor, als befände sich in diesem Lokale ein faulender Kadaver. Es ist nicht unmöglich, daß der Hausschwamm mäßig giftige flüchtige Stoffe (Alkaloide, Weichharze usw.) enthält, die gesundheitsschädlich (betäubend) wirken.

Ich empfand aber keinerlei Gesundheitsstörungen, obwohl ich mich sehr oft längere Zeit im Versuchskeller für Hausschwamm befand, tagelang in infizierten Lokalen zu tun hatte und einzelne Nächte in solchen Lokalen schlief.

R. Hartig hat Stückchen von Hausschwamm (Mycel oder Fruchtträger) ohne Schaden gegessen.

Zerstäubte Sporen des Hausschwammes können immerhin, wenn sie ins Auge oder die Respirationsorgane in reichlicher Menge gelangen, Reizzustände auslösen. Das täten aber Sporen anderer Pilze ebenso, ist also keine Eigentümlichkeit des Hausschwammes.

K. Über die Art der Einschleppung des Hausschwammes in Gebäude.

Der Hausschwamm kann in Gebäude entweder als Mycel oder in Form von Sporen gelangen.

Beide Fälle sind voneinander grundverschieden und es gelingt auch in vielen Fällen, die Art seiner Einschleppung zu eruieren.

Von einer Ursache der Entstehung des Hausschwammes zu sprechen ist ganz widersinnig: Die Ursache ist stets die gleiche: der Hausschwamm wurde entweder in Form seiner Sporen oder als Mycel eingeschleppt.

Die charakteristischen Unterschiede, welche zwischen einer Infektion durch Mycel und einer Sporeninfektion bestehen, sind nachstehende:

Mycelinfektion. Bei Mycelinfektionen tritt der Hausschwamm stets ganz örtlich, d. h. an einer bestimmten Stelle des Gebäudes, welche oft gar nicht besonders günstige Bedingungen für das Auftreten desselben darbietet, auf.

Bei einer Mycelinfektion tritt der Hausschwamm niemals an vielen Stellen zugleich auf.

Wenn man sich fragen würde, wie die Mycelinfektion zustande kommt, so ließe sich darüber etwa folgendes sagen:

Zwecks Erreichung einer Mycelinfektion ist es nötig, daß das Holz, welches Hausschwammmycel bereits enthält, mit eingebautem Holze in Berührung kommt und daß sowohl das bereits Hausschwamm enthaltende, als auch das zu infizierende feucht sind. Direkt durch das Bauholz wird Hausschwammmycel in den allerseltensten Fällen eingeschleppt.

Bedenkt man nämlich, daß das Hausschwammmycel am lebenden Baume so gut wie noch niemals vorgefunden wurde und demgemäß sich auch auf dem soeben gefällten Holze nicht vorfinden kann, so bleibt nur die Möglichkeit übrig, daß das Holz zwischen der Fällung und zwischen dem Einbaue durch Mycel infiziert wird.

Die Wahrscheinlichkeit einer solchen Infektion ist jedoch eine äußerst gringe.

Zum Zustandekommen einer Mycelinfektion ist bekanntlich nötig:

a) Beide Hölzer, d. i. sowohl das zu infizierende, als das gesunde, müssen in möglichst innige Berührung kommen;

b) beide Hölzer müssen genügend feucht sein;

c) die Infektion muß bei Abwesenheit des Luftzuges erfolgen.

Diese drei Bedingungen sind im Intervalle zwischen der Fällung und dem Einbaue fast niemals gegeben; speziell die letzte nicht.

Im Walde findet sich bekanntlich Hausschwamm nur ganz ausnahmsweise vor; eine Infektion des Holzes mit Mycel ist im Walde schon mangels an infiziertem Holze in der Regel gänzlich ausgeschlossen.

Während das Holz zur Säge transportiert wird und während der Bearbeitung desselben ist dasselbe fast stets dem Luftzuge ausgesetzt und steht dasselbe auch sicher nicht in Berührung mit infiziertem Holze.

Von der Säge wandert das Holz meist auf den Holzplatz des Holzlieferanten.

Soferne sich der Holzplatz anderswo als die Säge befindet, so hat das Holz abermals einen Transport im Luftzuge durchzumachen.

Am leichtesten wäre noch eine Infektion des gesunden Holzes durch Mycel am Holzplatze des Holzlieferanten möglich. Aber auch da nur im Falle grober Nachlässigkeit seitens des Holzlieferanten. Würde der Holzlieferant beispielsweise altes, aus infizierten Gebäuden stammendes infiziertes Holz zusammen mit frisch bearbeitetem, dicht aneinander schlichten, so daß der Luftzug ganz beschränkt wäre, würde weiters das Holz längere Zeit feucht bleiben, dann könnte eine Mycelinfektion am Holzplatze wohl vorkommen. Aber derartige Fälle dürften eine Ausnahme bilden. Zudem dürften im besten Falle nur die untersten Holzpartien vor Luftzug geschützt sein. Wird endlich das Holz für den Bau bestellt, so wird es abermals transportiert, d. h. dem Luftzuge ausgesetzt.

Auch bleibt es am Bauplatze einige Zeit dem Luftzuge ausgesetzt liegen.

Aus dieser Erörterung folgt, daß das Holz vom Momente der Fällung bis zum Einbaue nur wenig und nur bei groben Verstößen Gelegenheit hat, durch Mycel infiziert zu werden.

Dagegen ist öfters Gelegenheit geboten, daß im Holze etwa vorhandenes Mycel durch Luftzug und Austrocknen zugrunde gehe.

Nach dem Vorerwähnten schiene es, als würde eine Mycelinfektion überhaupt niemals stattfinden.

Derart günstig liegt die Sachlage doch nicht. Bei Neubauten wird eine ganze Menge von Holz für Gerüste, Umfriedungen etc. verwendet.

Dieses meist alte, minderwertige Holz kann aus infizierten Gebäuden stammen, es kann demgemäß infiziert sein und es können größere Stücke von diesem Holze aus Versehen in den Neubau gelangen und dort Gelegenheit zu einer Infektion des gesunden Holzes geben.

Wichtig ist es, hier darauf hinzuweisen, daß (praktisch genommen) Mycel allein, d. i. Mycel ohne Holz nicht imstande ist, eine Infektion herbeizuführen und demgemäß eine Infektion durch Mycel durch Vermittlung von Arbeitern (z. B. Verschleppung mit dem Kote auf den Schuhen ziemlich ausgeschlossen ist; es wäre denn, daß etwa eine Infektion durch Gemmen (siehe Abschnitt VII) erfolgen würde.

Außerordentlich leicht könnte eine Mycelinfektion herbeigeführt werden, wenn man altes, vielleicht aus infizierten Gebäuden stammendes Holz neben frischem einbauen würde.

Weiters können Füllmaterialien, wenn sie aus infizierten Gebäuden stammen, mit Mycel infizierte Holzstücke enthalten, oder es kann sich schließlich noch an Resten von Mauerwerk — allerdings ganz ausnahmsweise — lebendes Mycel befinden.

Liegt kein Neubau vor, sondern handelt es sich um ein älteres Gebäude, dann erfolgt die Mycelinfektion meist nur durch eingeschleppte Holzstücke.

Derartige Fälle kommen ziemlich häufig vor. Dabei handelt es sich fast immer um Infektionen von Kellerlokalen.

Es werden beispielsweise Balken, die als Unterlagen für Fässer etc. dienen, von einem infizierten in ein nicht infiziertes Kellerlokale verschleppt oder es werden Kisten, Holzeimer etc., die in infizierten Lokalen standen, in nicht infizierte, schlecht ventilierte, nasse Lokale getragen.

Eine Infektion des Holzes gut ventilierter, trockener Lokale durch infiziertes Holz, welches sich oberhalb des Fußbodens befindet, ist dagegen so gut wie unmöglich.

Schließlich dürfte die Infektion in vielen Fällen auch durch Brennholz, welches in schlecht ventilierten, feuchten Lokalen aufbewahrt wird, erfolgen.

Noch eine Art der Mycelinfektion muß ins Auge gefaßt werden, nämlich das Übergreifen des Hausschwammes von einem infizierten Gebäude in das danebenstehende nicht infizierte.

Diese Art der Infektion ist gleichbedeutend mit dem Übergreifen von einem Zimmer in das anstoßende.

Aus allen diesen Erörterungen gewinnt man den Eindruck, daß Mycelinfektionen relativ nicht oft vorkommen und meist auf Verstöße zurückführbar sind.

Sporeninfektion. Das charakteristische Merkmal einer Sporeninfektion ist, daß der Hausschwamm an mehreren Stellen eines Gebäudes oder eines Gebäudekomplexes gleichzeitig ausbricht.

Sporeninfektionen treten fast nur bei Neubauten auf. Ausnahmsweise auch bei feuchten älteren Gebäuden.

Wie kommt nun die Sporeninfektion zustande?

Auch bei Sporeninfektionen spielt der Wald fast gar keine Rolle. Fruchtträger des Hausschwammes finden sich im Walde ebenso selten als das Mycel vor.

Dagegen sind die Sporen des Hausschwammes in Gegenden, in welchen Hausschwamm überhaupt häufig auftritt, in der Nähe von Gebäuden sozusagen allgegenwärtig.

Die vorhandenen Sporen können selbstverständlich nur von Fruchtträgern des Hausschwammes, die sich in derartigen Gegenden naturgemäß in vielen Gebäuden reichlich vorfinden, stammen. Die Sporen gelangen gelegentlich von Rekonstruktionen samt dem Holze, auf welchem sie sich befinden, ins Freie.

Gelangt Holz oder mit Sporen infizierter Bauschutt (Füllmaterialien) in die Nähe von Holzlagerplätzen oder von Bauplätzen, dann ist die Gefahr einer Infektion des dort befindlichen Holzes nicht nur möglich, sondern im höchsten Grade wahrscheinlich.

Als Überträger von Sporen können fungieren:

1. Mit Sporen infizierte leblose Gegenstände (z. B. mit Sporen behaftetes Holz, Füllmaterialien, Mauerwerk überhaupt, Werkzeuge, welche in infizierten Lokalen verwendet wurden, Transportmittel für Holz etc.).

2. Menschen, und zwar Arbeiter und sonstige beim Baue verwendete Personen oder auch nur zufällig zum Baue gelangende Personen, die sich in Lokalen befanden, in denen sich Sporen vorfinden.

3. Der Wind. Derselbe kann Sporen viele Kilometer weit verstreuen.

4. Tiere. In Betracht kommen Hunde, Katzen (verschleppen die Sporen auf Dachkonstruktionen), Mäuse und Ratten (verschleppen die Sporen unter dem Fußboden, sind daher höchst gefährlich), Insekten, speziell Fliegen, auch Wanzen.

Aus den vorliegenden Darlegungen kann man ersehen, daß das Holz vor oder auch ausnahmsweise nach dem Baue durch ganz verschiedene Ursachen mit Sporen infiziert werden kann.

Die Gefahr einer Infektion durch Sporen ist in manchen Gegenden eine ganz enorme und ein absolut wirksamer Schutz schon nach dem, was darüber gesagt wurde, ganz unmöglich.

Das einzige Mittel ist und bleibt, allen stattgefundenen Infektionen zu Trotze, das Holz so zu schützen, daß dasselbe vom Hausschwamme nicht befallen werden kann, weil derselbe darauf seine Existenzbedingungen nicht findet, d. h. die Ergreifung prophylaktischer Maßnahmen. (Siehe III. Hauptstück.)

L. Der Hausschwamm in Gebäuden.

Das Bild einer Hausschwamminfektion ist verschieden, je nachdem es sich um einen Neubau oder ein älteres Gebäude, um eine Mycel- oder eine Sporeninfektion handelt.

Am charakteristischesten ist der Fall, wenn das Holz, mit Sporen infiziert, in einen Neubau eingebaut wird.

Es ist das zugleich der gefährlichste Fall.

Jeder Neubau ist bekanntlich feucht; er muß es sein.

Einerseits enthält ja der Mörtel noch von seiner Zubereitung herrührendes Wasser. Dasselbe geht durchaus nicht so rasch weg.

Anderseits sind oft die zur Fußbodenunterfüllung benutzten Füllmaterialien und oft auch das Holz feucht.

Die Feuchtigkeit des Holzes fällt übrigens nicht gar zu sehr ins Gewicht, soferne nur dieses Holz bereits einmal lufttrocken war, d. i. 2 Jahre lang gelagert hat.

Versuche zeigen nämlich, daß selbst vollständig naß gewordenes Holz sehr schnell bis zu einem gewissen Grade die Feuchtigkeit verliert; es genügen schon einige Tage. Allerdings enthält dann das Holz noch immer ziemlich viel Wasser; das-

selbe ist jedoch so innig an das Holz gebunden, daß es nur ungemein langsam aus demselben entweicht.

Läßt man daher das Holz vor dem Einbaue auch nur wenige Tage im Luftzuge und vor Regen geschützt stehen, so kann man, günstige Witterungsverhältnisse vorausgesetzt, sicher sein, daß das eingebaute (allerdings schon einmal lufttrocken gewesene) Holz bis zu einem ganz bestimmten, stets gleichen Grade trocken ist.

Künstlich über diesen Grad getrocknetes Holz (oder künstlich lufttrocken gemachtes Holz) einzubauen würde nichts nutzen, denn das Holz würde trotzdem den früher bezeichneten Feuchtigkeitsgehalt bald durch Aufnahme von Wasser aus den Füllmaterialien, dem Mauerwerk etc. erlangen.

Auch das Aufsteigen der Grundfeuchtigkeit spielt bei Neubauten eine größere Rolle als bei älteren Gebäuden.

Viele der verwendeten Baumaterialien sind nämlich stark porös; insbesondere die Ziegel.

Je jünger der Bau, desto leichter leiten nun die Ziegel das Wasser.

Ist einmal die zwischen den Ziegeln befindliche Mörtelschicht gut erhärtet, haben sich die Poren der Ziegel durch das beständige Aufwärtsleiten von mit mineralischen Substanzen völlig gesättigtem Wasser verstopft, dann tritt eine Behinderung des Leitungsvermögens auf.

Bis es dazu kommt, dauert es jedoch oft jahrelang.

Noch eine bisher zu wenig beobachtete, dabei jedoch die wichtigste Quelle der Feuchtigkeit spielt bei Neubauten eine Rolle.

Der im Gebäude befindliche Mörtel gibt nämlich nicht nur das mechanisch gebundene Wasser ab, sondern es wird auch durch rein chemische Prozesse eine Wasserentwicklung herbeigeführt.

Diese Wasserabgabe rührt vom Erhärten des Mörtels her. Das im Mörtel vorhandene Calciumhydroxyd (gelöschter Kalk) gibt nämlich bei der Umwandlung in kohlensauren Kalk — und darauf beruht ja die Erhärtung des Mörtels — Wasser ab.

Diese Umwandlung findet nach folgenden Prozessen statt:

1. $Ca(OH)_2 + CO_2 = Ca\,CO_3 + H_2\,O$.

2. $Ca(OH)_2 + 2\,CO_2 = Ca\,H_2(CO_3)_2$ oder auch:

2a. $Ca\,CO_3 + CO_2 + H_2\,O = Ca\,H_2(CO_3)_2$.

3. $Ca\,H_2\,(CO_3)_2 + Ca\,(OH)_2 = 2\,Ca\,CO_3 + 2\,H_2\,O$.

Stets entsteht aus einem Molekül $Ca\,(OH)_2$ ein Molekül Wasser H_2O, d. i. aus 74 Teilen $Ca\,(OH)_2$ 18 Teile Wasser. Das ist ungefähr 25% des Kalkgewichtes.

Die so entstehende Wassermenge ist eine ganz ansehnliche.

Von Belang ist der Umstand, daß dieselbe zu einer Zeit entwickelt wird, wo der Mörtel (Verputz) anscheinend schon trocken ist.

Aus Formel 2a folgt, daß in den Anfangsstadien der Mörtelhärtung Wasser vom entstandenen $Ca\,CO_3$ aufgenommen wird. Erst wenn infolge von Verdunstung des mechanisch gebundenen Wassers Wassermangel besteht, zersetzt sich die Verbindung $Ca\,H_2\,(CO_3)_2$ nach Formel 3.

Die Verbindung $Ca\,H_2\,(CO_3)_2$ ist auch aus dem Grunde interessant, weil sie im Gegensatze zu $Ca\,CO_3$ in Wasser löslich ist.

Dabei dürften dieser Verbindung nach Analogie mit dem Natronsalze $(Na\,H\,CO_3)$ keinerlei ätzende Eigenschaften zukommen.

Sie dürfte auch jene Verbindungsform sein, in der die Kalksalze von den Pflanzen aufgenommen werden.

Hausschwamm ist nun eine Kalkpflanze. Im Mauerwerk findet sich normal kein anderes wasserlösliches Kalksalz als $Ca\,H_2\,(CO_3)_2$ vor und es muß als zweifellos bezeichnet werden, daß der Hausschwamm diejenigen Partien an Kalksalzen, die er nicht aus dem Holze selbst bezieht, aus dem Mauerwerke in Form von $Ca\,H_2\,(CO_3)_2$ beziehen muß.

Die Erfahrung lehrt nun:

Der Hausschwamm tritt bei Neubauten zunächst fast ausnahmslos nur an Holzkonstruktionen auf, die direkt an das Mauerwerk (Mörtel) anstoßen.

Es sind das die Köpfe der Polsterhölzer und der Tragbalken.

Auch die Hirnenden, beziehungsweise Seitenflächen der Fußbodenbretter, dann die Sesselleisten, gehören zu diesen Holzkonstruktionen.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß bei letzteren ein Gegengewicht insoferne geschaffen ist, als diese Konstruktionsteile stets mit einer Fläche völlig dem Luftzuge ausgesetzt sind, demnach dort die Feuchtigkeit leichter entweichen kann als bei den Balken und Polsterhölzern.

Will man sich davor bewahren, daß die geradezu ungeheuere Feuchtigkeitsmenge, die durch die verwendeten Baumaterialien ins Gebäude gelangt, keinen Schaden anrichte, so stehen zwei Wege zur Verfügung, die voneinander gänzlich verschieden sind:

a) Man läßt den Neubau noch vor dem Einbaue des Holzes gründlich austrocknen;

b) man ermöglicht ein völliges Austrocknen des Gebäudes nach vollzogenem Einbaue und sorgt dafür, daß die vorhandene Feuchtigkeit das Holz nicht schädigen kann, d. h. man immunisiert das Holz (III. Hauptstück).

Beide Wege führen zum Ziele und es ist immer nur die Preisfrage, die den Ausschlag gibt. Wir wollen daher von diesem Standpunkte aus die beiden Alternativen betrachten.

ad *a)* Zur Herstellung der Maurerarbeiten ist eine Geldsumme, die einen Bruchteil $\frac{B}{n}$ der gesamten für den Bau ausgelegten Summe darstellt, erforderlich.

Ein Kapital im Betrage von $\frac{B}{n}$ Kronen trage pro Jahr $\left(\frac{Z}{n}\right)$ Kronen Zinsen, ergo pro Monat $\frac{Z}{n \,.\, 12}$ Kronen Zinsen.

Diese Zinsen sind während des Baues nicht vorhanden; jeder Monat, den man das Gebäude austrocknen läßt, bedeutet einen Verlust von $\frac{Z}{n \,.\, 12}$ Kronen.

Läßt man z. B. M-Monate austrocknen, so hat man $\frac{M \,.\, Z}{n \,.\, 12}$ Kronen zu den Baukosten zuzuschlagen.

Es würden beispielsweise bei einem Neubaue die Maurerarbeiten eine Summe von 300.000 Kronen beanspruchen. Rechnet man eine 4%ige Kapitalsverzinsung, so resultieren pro Jahr 12.000 Kronen Zinsen.

Ein jeder Monat, der zum Austrocknen des Gebäudes benutzt wird, kostet daher 1000 Kronen.

ad *b)* Die Immunisierung des Holzes kostet einen bestimmten Betrag B. B soll kleiner als $\frac{M \,.\, Z}{n \,.\, 12}$ sein.

Bisher gelang es in den seltensten Fällen, den Hausschwamm früher als einige Monate nach beendigtem Neubaue nachzuweisen und auch da nur, wenn man einige Fußbodenbretter nächst der Mauer freilegt.

Sonst gibt sich der Hausschwamm erst 1 bis 4 Jahre nach beendigtem Baue durch das Auftreten von Fruchtträgern kund, d. i. zu einem Zeitpunkte, zu welchem das Holz zum großen Teile bereits zerstört ist.

Die ersten Anfänge des Auftretens von Hausschwamm in Gebäuden bilden nun nachstehendes Bild:

Nicht unmittelbar am Mauerwerke, sondern einige Zentimeter davon entfernt, zeigen sich an den Polsterhölzern (Balken) weiße, strangförmig verzweigte Gebilde.

Meist ist man nicht imstande, die Polsterhölzer herauszuheben. Wo man das aber tun kann, da bemerkt man an den Hirnenden derselben watteartige, meist stark beschmutzte, watteähnliche Bildungen von gar nicht bestimmter Form.

Derlei Bildungen als Hausschwamm zu erkennen, ist oft ungemein schwer.

Meist ist an den Hirnenden zugleich Schimmelpilz vorhanden und auch das Mikroskop gibt oft erst nach längeren Bemühungen die Auskunft, ob es sich nur um Schimmelpilze oder aber auch um Hausschwamm handle.

Ähnlich liegt der Fall, wenn sich der Hausschwamm auf den Hirnenden der Fußbodenbretter offenbart. In der Mitte des Zimmers tritt der Hausschwamm fast niemals zuerst auf.

Die weitere Verbreitung des Hausschwammes hängt nun ganz davon ab, ob das Holz auch in den an die Mauer nicht anstoßenden Partien feucht ist oder nicht, und dann von der Art und dem Feuchtigkeitsgehalte des Füllmateriales und der mehr oder weniger dichten Lagerung desselben ab.

Sind die von der Wand entfernteren Holzpartien trocken, das Füllmateriale gleichfalls trocken und nicht dicht gelagert, so kann es vorkommen, daß der Hausschwamm an der betreffenden Stelle eingeht.

Am charakteristischen kann dieses Eingehen an der Unterseite von Fußbodenbrettern beobachtet werden. Es zeigen sich nämlich vom Infektionsherde ausgehende blitzartig verzweigte, fast graubraun zu nennende Verzweigungen.

Unterwirft man diejenige Holzpartie, die diese Verzweigungen enthält, einem Kulturversuche, so zeigt es sich, daß derselbe negativ ausfällt, d. h. der Hausschwamm ist an der betreffenden Stelle abgestorben, indem er dort vorläufig seine Existenzbedingungen nicht fand.

War der Bau sehr trocken, ebenso die Füllmaterialien, so kann es vorkommen, daß der Hausschwamm trotz stattgefundener Sporenkeimung abstirbt und die betreffende Stelle — und ist es die einzige Stelle im betreffenden Lokale, das ganze Lokal — bleibt, soferne der Hausschwamm nicht von anderswo eindringt, vom Hausschwamm verschont.

IX. Abschnitt.

Andere Holzzerstörer.

Die Besprechung erfolgt nach der im Abschnitte VII gegebenen Reihenfolge.

Basidiomyceten.

I. Familie der Polyporeen.

1. Gattung Merulius.

Merulius lacrymans wurde schon im Abschnitte VIII besprochen. Den übrigen Meruliusarten kommt keine Bedeutung zu, deren Besprechung unterbleibt daher.

2. Gattung Polyporus.

A. Polyporus vaporarius.

In deutscher Sprache bezeichnet man den Polyporus vaporarius (auch Poria vaporaria genannt) als Lohporenschwamm.

Ganz zu verwerfen ist die neuerdings benutzte Bezeichnung „Pilz der Trockenfäule", indem diese Bezeichnung nach keiner Seite hin berechtigt ist und zu Irrtümern Anlaß gibt. Polyporus vaporarius kommt im Gegensatze zu Merulius lacrymans vielfach im Freien und insbesondere auch auf lebenden Bäumen vor.

Er befällt sowohl Laubholz als auch weiches Holz.

Tuszon berichtet insbesondere über dessen Vorkommen am Holze der Rotbuche.

R. Hartig hat sein Vorkommen auf Bäumen im Walde näher studiert.

Das häufige Vorkommen des Polyporus vaporarius im Walde macht es wahrscheinlich, daß derselbe oft mit dem Bauholz in unsere Gebäude verschleppt wird. Auch durch Brennholz kann eine Übertragung desselben erfolgen.

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß sich das Mycel dieses Pilzes in Holz, welches trocken lagert und vielleicht noch dem Luftzuge ausgesetzt ist, nicht unbegrenzt, sondern nur wochen- bis monatelang lebend erhält.

Würde das nicht der Fall sein, so müßte dieser Pilz eine viel größere Ausbreitung als echter Hausschwamm gewinnen [in einzelnen Gegenden, z. B. Deutsch-Schlesien ist das tatsächlich der Fall].

Das Holz kann im Walde auch durch Sporen dieses Pilzes infiziert werden. Die Sporen bleiben vermutlich lange Zeit keimfähig und gelangen mit dem Holze in die Hochbauten.

Dieser Pilz kommt in Hochbauten auf Holz ungemein oft vor. In einzelnen Städten Deutschlands, z. B. in Breslau, kommt er öfter als Merulius lacrymans vor. Auch in Österreich-Ungarn, z. B. in Galizien, Schlesien und Steiermark wird er oft angetroffen, obwohl er in Galizien in der Bedeutung gegen den echten Hausschwamm sehr zurücktritt.

Polyporus vaporarius besitzt ein Mycel, das jenem des Merulius lacrymans höchst ähnlich ist.

Das geübte Auge wird allerdings bei Vorhandensein großer Mycelmassen bald herausfinden, welcher von beiden Pilzen vorliegt.

Dagegen wird bei Einsendung von Holzproben mit wenig Mycel oft auch der Geübtere darüber in Zweifel bleiben, welcher von beiden Pilzen vorliegt. Leicht ist die Unterscheidung nur für den Fall, als Fruchtträger vorgefunden werden.

Bei Polyporus vaporarius wurde bisher, es möge sich um lebendes oder abgestorbenes Mycel handeln, stets nur weißes Mycel beobachtet. Ein Stich ins Bräunliche kommt allerdings vor.

Das Mycel des Polyporus vaporarius glänzt nicht wie jenes einzelner Mycelformen des Merulius lacrymans, das Weiß desselben ist vielmehr ein Mattweiß, das Weiß reiner Baumwolle, einer weißen Tonplatte.

Beim Drücken des Mycels verändert dasselbe seine Farbe nicht, bleibt vielmehr weiß.

Verfärbungen in den Farben des Regenbogens kommen niemals vor.

Dieses Merkmal ist als Unterscheidungsmerkmal gegenüber dem echten Hausschwamm sehr wichtig.

Manche Wuchsformen des Mycels sind jenen des echten Hausschwammes höchst ähnlich, manche weichen aber beträchtlich ab.

Nachstehend folgt eine Beschreibung der wichtigsten Mycelformen dieses Pilzes.

1. Palmenartig verzweigtes Mycel.

Diese Wuchsform ist für Polyporus vaporarius bezeichnend. Sie kommt bei frisch gewachsenem Mycel vor. Echter Hausschwamm zeigt bei frisch gewachsenem Mycel diese Wuchsform auf Holz fast nie (indem bei ihm das entwickelte Mycel bekanntlich in Form einer Watte herauswächst), jedenfalls niemals so ausgeprägt und auch in Kulturen auf künstlichem Nährboden nur höchst selten.

Um sich ein Bild von dieser Wuchsform zu machen, gebe man eine Hand mit der unteren Seite auf Papier und breite die Finger aus.

Oder man stelle ein Blatt einer Palme auf das Papier.

Die fünf Finger der Hand stellen bei dieser Mycelform die sogenannten „Rippen" dar, d. i. ein über das sonstige Mycel erhöhtes Mycel von der Form eines flachen Stranges. Dazwischen liegt an das Holz anliegendes, kaum 0·5 bis 1 *mm* hohes Mycel.

Die Faden der Rippen samt dem umgebenden Mycel lassen sich mit dem Messer abheben.

2. Eisblumenartig verzweigtes Mycel.

Wenn wir wieder die Hand auf ein Blatt Papier legen und uns vorstellen, die Finger der Hand verzweigten sich an passenden Stellen, so daß sich neue Rippen bilden, zwischen denen sich ein sehr flach gewachsenes, hie und da sogar das Holz durchscheinen lassendes Mycel befindet, so haben wir ungefähr das Bild dieses Mycels.

Die Rippen heben sich etwa wie die Adern nicht allzustark hervor

Das Ganze ist einer Eisblume nicht unähnlich (Fig. 24).

3. Blitzartiges Mycel.

Denkt man sich beim palmenartig verzweigten oder beim eisblumenartig verzweigten Mycel nur die Rippen als vorhanden

Fig. 24.

dar, so entsteht ein Gebilde, das einem sich verzweigenden Blitze nicht unähnlich ist.

Die Rippen sind hierbei gut ausgebildet, oft bei 5 *mm* breit und bei 2 *mm* hoch.

Die Stränge sind dicht, konsistent, zwar biegsam, setzen aber der Biegung einigen Widerstand entgegen.

Man kann diesen Rippen die Bezeichnung „Stränge" beilegen, obwohl diese Bezeichnung zu Irrtümern Anlaß geben kann. Fig. 25 zeigt diese Wuchsform.

Fig. 25.

4. Echte Stränge.

Es handelt sich hierbei um gut ausgebildete, dem Holze nicht fest anhaftende, zylindrische, also nicht wie bei den „Rippen" flache Gebilde, deren Querschnitt (Kreis) einen Durchmesser von etwa 1 bis 2 *mm* zeigt.

Der Grad der Konsistenz ist jener eines Lederstreifens, nicht aber die Festigkeit, indem der Strang beim Versuche, ihn stärker zu dehnen, zerreißt.

Der Strang ist ziemlich hart, fast hornartig.

5. Baumwollartiges Mycel.

Wo das Mycel viel Raum zur Ausbreitung hat, vielleicht auch dort, wo es von einem Brettstück auf ein anderes, durch einen Zwischenraum getrenntes übergreifen will, dort zeigt es ein baumwollartiges Gefüge.

Dieses Mycel ist dem flaumigen und flockigen Mycel des Hausschwammes sehr ähnlich und mit diesem leicht zu verwechseln.

Hie und da liegt dieses Mycel auf dem Holze flach an. Rippen sind in diesem Falle natürlich nicht zu sehen.

Dieses Mycel besitzt die größte Ähnlichkeit mit Baumwolle. Fig. 27 auf S. 163 zeigt dieses Mycel.

Weitere Mycelformen, dann Übergänge zwischen den einzelnen Mycelformen kommen natürlich oft vor.

Fruchtträger. Die Fruchtträger des Polyporus vaporarius sind weiß und heben sich darum vom Mycel nur wenig ab.

Ich hatte nicht oft Gelegenheit, diesen Pilz in Gebäuden zu beobachten, glaube aber, daß Fruchtträger dieses Pilzes in Gebäuden nicht allzuoft vorkommen.

Öfter findet man die Fruchtträger dieses Pilzes im Freien, z. B. unter Brücken usw. Fig. 26 auf S. 162 zeigt einen Fruchtträger.

Die Beschreibung der Fruchtträger wäre einfach, hätte man nicht ähnliche Arten zu berücksichtigen und darum Verwechslungen zu befürchten.

v. Tubeuf beschreibt die Fruchtträger[1]) wie folgt:

„Die Fruchtträger sind ganz weiß, bilden flache, mit dem Substrate fest verwachsene Schichten oder auch Knollen und perennieren nicht."

Das wohl von R. Hartig stammende, öfter erwähnte Merkmal „mit dem Substrate fest verwachsen" besagt meiner Meinung nach gar nichts.

---

[1]) Hartig-v. Tubeuf, „Der echte Hausschwamm".

Schon bestimmter lautet die von Freiherr v. Tubeuf in Lafar „Technische Mykologie", Bd. III, S. 318, gegebene Beschreibung:

„Diejenigen (nämlich die Fruchtträger) des Polyporus vaporarius sind rein weiß, nehmen aber je nach Substrat und Luftfeuchtigkeit recht verschiedene Gestalten an und werden in den mittleren, älteren Trieben gelblich.

Fig. 26.

Sie bilden bald krustenförmige Überzüge mit eckigen Poren der Hymenialschichten, bald kugelige Wucherungen mit Höhlungen, die entstehen, wenn an den an einer Decke wachsenden Fruchtkörpern sich fortgesetzt große Wassertropfen bilden, welche das gleichmäßige Wachsen der Fruchtkörper hemmen."

Die von O. Brefeld (Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie, VIII. Heft, S. 108) gegebene Beschreibung der Fruchtträger bei der Zucht auf künstlichem Nährboden lautet:

„Die weißen, häufig von flockigem Mycel umgebenen Fruchtträger sind krustenförmig ausgebreitet, dem Substrate an allen Stellen fest angeschlossen. Die Poren des Hymoniums erscheinen bei ziemlicher Größe und eckiger Form anfangs weiß, späterhin strohgelb; sie bilden eine zusammenhängende gelbe Schicht."

Auch hier kommt das mir sehr unbestimmt scheinende Merkmal „mit dem Substrate fest verwachsen" vor.

Bei einer genauen Beschreibung der Fruchtträger des Polyporus vaporarius wäre meiner Meinung nach das Hauptgewicht auf die Gestalt und Richtung der Poren, dann auf die Größe und Form der Sporen zu legen.

Insoweit bedeutet die Beschreibung Tuszons einen Fortschritt:

„Die Kanäle besitzen eine hautartige, dünne, nackte Wandung. Hartig konnte die Form der Poren nicht bestimmen, da er nur Fruchtträger von vertikaler Fläche besaß.[1]) Diesbezüglich fand ich an horizontal gewachsenen Fruchtkörpern, daß die Poren bald kreisförmig oder elliptisch, bald 3- bis 5eckig sind."

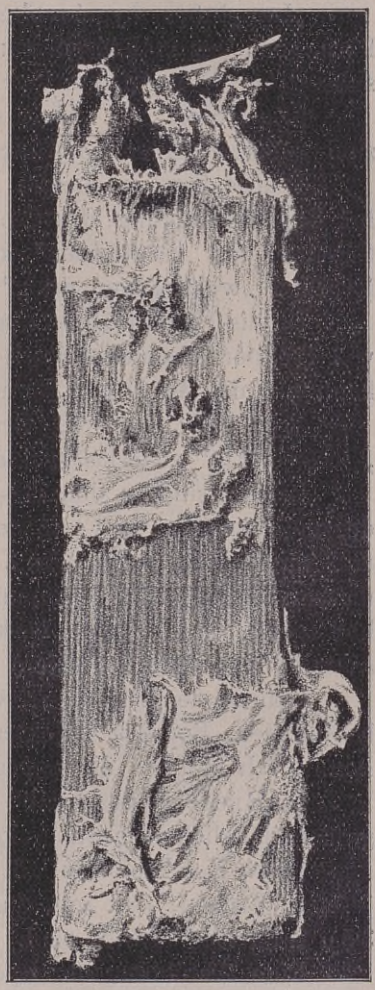


Fig. 27.

Soweit mir — allerdings unzureichendes — Material für Beobachtungen zur Verfügung stand, sind die Poren (deren Achse) nicht senkrecht, sondern schief zum Substrat angeordnet, so daß die Oberfläche des

[1]) Mir ist unbekannt, was Hartig damit sagen wollte. Ich glaube, es ist gleichgiltig, ob die Fläche, an der der Fruchtträger wächst, horizontal, vertikal oder geneigt ist.

Fruchtträgers einen schiefen Schnitt durch die Röhren (Poren) darstellt.

Drastisch beschreibt diese Eigenschaft der Poren J. Beauverie in „Le Bois," I, p. 350:

„Les tubes hyménophores portés du côté de la surface libre, sont tres inclinés et souvent même presque parallèles au substratum de sorte que leur ouverture est très allongee."

[Die Poren . . . . sind sehr geneigt und oft fast parallel zum Substrat, derart, daß ihre Öffnung sehr erweitert ist.]

Würde man an diesem Merkmal nicht festhalten, so würde bei Berücksichtigung des Umstandes, als das Merkmal „an das Substrat fest verwachsen" kein zuverlässiges ist, als einziges Merkmal „weiß, Poren eckig" übrig bleiben.

Da die Fruchtträger verschiedener Pilze, und zwar nicht nur von Polyporus, sondern auch von Trametesarten [1]) weiß sind, so kann nur das Merkmal „Poren eckig" in Betracht kommen.

Wer soll aber die Grenze zwischen „Poren rund" und „Poren eckig" zuverlässig finden?

Leider sind in den Bestimmungsbüchern die Fruchtträger der meisten Pilze in Form von „Diagnosen" derart oberflächlich und mangelhaft beschrieben, daß nur zu wünschen wäre, daß dieser von Seite der Systematiker geübten Oberflächlichkeit Einhalt getan werde und wirklich brauchbare ausführliche Beschreibungen (Monographien) geschaffen werden.

Sporen des Polyporus vaporarius konnte ich bisher nicht beobachten. Bei den Objekten, die mir zur Verfügung standen, konnte ich nämlich die Sporen nicht auffinden.

O. Brefeld beschreibt die Sporen wie folgt: „Die nicht großen, länglichen, etwas gekrümmten Sporen."

Diese Beschreibung läßt alles zu wünschen übrig!

v. Tubeuf teilt mit, daß die Sporen 5 bis 6 μ lang, 3 bis 3·5 μ breit und farblos sind.

Eine Abbildung der Sporen konnte ich nicht finden. Die Hartigsche Abbildung ist in so kleinem Maßstabe gezeichnet, daß nur ein gekrümmtes Gebilde erkennbar ist.

---

[1]) Nach O. Brefeld ist der einzige Unterschied zwischen Polyporus und Trametes der, „daß bei Trametes das Hutgewebe (= ?) unverändert in das Hymenium übergeht, daß bei Polyporus hingegen die Substanz des Hutes von der des Hymeniums verschieden sein soll". Das sind sehr bei den Haaren herbeigezogene, schwer feststellbare Unterscheidungsmerkmale!

Das richtige, vollständige Bild von der Gestalt der Sporen kann man sich an Hand dieser Beschreibungen nicht machen!

Nebensächlich ist, ob die Sporen, wie Hartig mitteilte und in die meisten Beschreibungen aufgenommen wurde, irgend einen Geruch besitzen — ja, ich kann mir kaum vorstellen, wie man den Geruch geringer Sporenmengen überhaupt feststellt!

Die Lebensbedingungen des Polyporus vaporarius sind in einer Beziehung jenen des Merulius lacrymans ganz ähnlich, z. B. bezüglich der Forderung nach einem mittleren Wassergehalte.

Anderseits scheint bei der künstlichen Kultur hervorzugehen, daß das Mycel gegen Luftzug nicht so empfindlich sei, wie jenes des echten Hausschwammes.

Das Optimum für das Mycelwachstum ist jedenfalls niedriger als jenes des echten Hausschwammes. Der Pilz übersteht die Winterkälte. Das Wachstum des Mycels scheint nach Laboratoriumsversuchen an bestimmte Monate, ähnlich wie beim echten Hausschwamm, gebunden zu sein, nur ist die Wachstumszeit anscheinend nicht dieselbe.

O. Brefeld züchtete Polyporus vaporarius aus seinen Sporen und erzielte nicht nur Mycelwachstum, sondern auch Fruchtträgerbildung.

Leider hat O. Brefeld über die Bedingungen der Sporenkeimung, über die Art und Bedingungen der Mycelzucht auf künstlichen Nährböden gar nichts mitgeteilt, so daß aus seinen Mitteilungen (Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie, Band VIII, p. 108 bis 109) der richtige Nutzen für den Praktiker nicht gezogen werden kann.

Mir ist bisher der Versuch, diesen Pilz ähnlich wie den Hausschwamm aus Mycel auf künstlichem Nährboden zu züchten, mißlungen.[1]) Möglicherweise gelingt das mir oder einem anderen Forscher später. Sehr oft wuchs das Mycel überhaupt nicht; oft vereitelte Mucor die Reinzucht; bei echtem Hausschwamm hat man meist nur das viel leichter zu bewältigende Penicillium.

Bedingungen der Sporenkeimung. Wenngleich O. Brefeld diesen Pilz aus seinen Sporen züchtete, so ist doch, wie schon erwähnt, mangels an bestimmten Angaben seitens O.

---

[1]) Scheint soeben gelungen zu sein.

Brefelds der Mitwelt über die Bedingungen der Sporenkeimung so gut wie gar nichts bekannt.

Ob außer Brefeld noch irgend ein Forscher die Polyporussporen zur Keimung brachte, ist mir unbekannt; jedenfalls fehlen präzise Angaben über die Bedingungen der Keimung.

Es kann aber angenommen werden, daß die Bedingungen der Sporenkeimung ganz ähnliche wie beim echten Hausschwamm sein werden und nur möglicherweise die Optimumtemperatur für den Eintritt der Keimung eine andere — etwa niedrigere — sein dürfte.

B. Polyporus ignarius (deutsch: Falscher Feuerschwamm).

Über das Vorkommen dieses Pilzes auf Nadelholz ist nichts bekannt.

R. Hartig sagt von demselben „Der gemeinste Parasit der Laubholzbäume".

Insbesondere kommt dieser Pilz auch auf lebenden Eichen, dann auf lebenden Rotbuchen vor.

Auf Bauholz in Gebäuden ist dieser Pilz nicht allzuoft vorzufinden; öfter im Freien auf Geländern, unter Brücken usw.

Von einer Beschreibung der Fruchtträger muß hier abgesehen werden und können diesfalls nur Andeutungen gemacht werden, die nach R. Hartig zitiert werden sollen.

„Die Färbung derselben (der Fruchtträger) ist eine schön rostbraune, die Oberfläche (obere, keine Poren enthaltende Seite) sehr fein, samtartig glänzend, ohne erkennbare Behaarung. Durch periodisch unterbrochenes, deshalb auch für die Folgezeit innerlich durch Schichtung erkennbar bleibendes Wachstum vergrößert sich der Fruchtträger und nimmt mannigfach verschiedene Formen an . . . ." In der Regel entsteht zuerst ein mehr oder weniger halbkugelförmiger, auf der der Erde zugewendeten (d. i. unteren oder inneren) Seite mit feinen Poren versehener Fruchtträger, der dann eine hufförmige (konsolenartige!) Gestalt annimmt.

Die typische Fruchtträgerform ist, wie sich aus Beobachtungen in der Natur ergibt, für ältere (ausgebildete) Fruchtträger die Konsolenform.

„Als charakteristisch für die äußere Erscheinung dienen die meist deutlich abgesetzten Zonen . . . ferner die glanzlose sterile (d. i. keine Poren tragende) Oberseite, die an älteren Exemplaren

grau oder schwärzlich gefärbt ist und oft zahlreiche Risse auf der Oberseite zeigt. . . . . Die poröse (Poren tragende) Unterseite und oftmals der Rand sind dagegen zimt- oder rostbraun gefärbt . . . ."

Die Sporen sind nach R. Hartig kreisrund (kugelig), farblos und haben einen Durchmesser von 6 bis 7 μ.

Das zerstörte Holz färbt sich zunächst tief braun, worauf eine hellgelbweiße Zersetzung (Weißfäule, Freiwerden von Cellulose) folgt.

R. Hartig erwähnt, daß bei der Zersetzung des Holzes durch Polyporus vaporarius zunächst der Gerbstoff zerstört werde und berichtet, daß derselbe unverändert in das Innere der Pilzfäden übergeht, indem sich dieselben mit Eisenchlorid schon schwarzblau färben.

*) Weiters zeigen manche Stellen die Reaktion freier Cellulose mit Chlorzinkjod.

*) Das spezifische Gewicht des Holzes (auf Trockengewicht bezogen) sinkt von 0·78 bis auf 0·20, also auf $^1/_4$.

*) In verdünntem Ammoniak sind 14·4% des Holzes löslich (also etwas weniger als von gesundem Kernholze).

3. Gattung Trametes.

A. Trametes stereoides (Daedalea mollis).

Nach Tuszon ein häufiger Zerstörer der Rotbuche; derselbe konnte das Mycel dieses Pilzes auf totem Holze der Rotbuche künstlich züchten, wobei sich weiße Flocken des Mycels entwickelten.

Daraus ist zu schließen, daß dieser Pilz auch in Gebäuden vorkommen kann.

Im Freien von diesem Pilze zerstörtes Holz ist nach Tuszon rotbraun, morsch, von Längs- und Querrissen durchzogen, in denen sich schmutzig weiße, watteartige Mycelplatten befinden — nach Tuszon — wie beim Holze, das durch Polyporus vaporarius zerstört wurde.

Die Fruchtträger treten in zwei Formen auf:

1. Krustenform, ähnlich dem Polyporus vaporarius.
2. Konsolenform (Daedalea mollis-Form).

*) Ebenfalls nach Hartig.

Bei der Krustenform — die vom Substrat leicht trennbar sein soll (Unterschied von Polyporus vaporarius!) sind die Poren oben, bei der Konsolenform unten.

Die Poren der Krustenform beschreibt Tuszon wie folgt: „Groß, bald rund, bald eckig, zerschlitzt oder manchmal fast labyrinthförmig (Daedalea!) und es kommen auch stumpfgezahnte vor."

Angaben über die Sporen fehlen.

B. Trametes radiciperda (R. Hartig) = Polyporus annosus (Fries) = Heterobasidion annosum (Fries).

Vorkommen auf lebendem Nadelholz, z. B. Fichte und Kiefer (R. Hartig). Über das Vorkommen in Gebäuden, dann auf Laubholz fehlen Angaben, obwohl Hartig diesen Pilz auch in Nadelholzwäldern fand.

Die Fruchtträger bilden schneeweiße, oben mit Poren versehene Krusten. Der Rand der Fruchtträger ist wulstförmig und frei von Poren. Dies kann als Merkmal dieses Pilzes dienen.

Die Sporen sind (Farbe?) eiförmig oder länglich eiförmig, 5 μ lang, 4 μ breit.

Nach Hartig keimen sie sehr leicht schon in Wasser.

Als Luftmycel führt R. Hartig sehr dünne (dünner als feinstes Seidenpapier) zarte Häute an.

Über die Art der Mycelbildung in Gebäuden ist nichts bekannt.

Das zersetzte Holz ist nach Hartig zunächst oft violett gefärbt.

Später bilden sich weiße Flocken (Freiwerden von Cellulose).

O. Brefeld hat auch diesen Pilz auf künstlichem Nährboden gezüchtet und denselben im VIII. Heft der „Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie" (Basidiomyceten, III, auf p. 154 bis 184) unter Heterobasidion annosum sehr ausführlich beschrieben.

C. Trametes odorata.

Vorkommen im Walde, dann in Gebäuden auf Fichten-, Kiefern-, Tannenholz (Balken, Bretter).

Die Fruchtträger sind konsolenartig und sollen einen Fenchelgeruch (odorata!) besitzen. Dieselben sind braun mit heller Randzone und werden später beinahe schwarz.

O. Brefeld hat diesen Pilz auf künstlichem Nährboden gezüchtet.

4. Gattung Daedalea.

Daedalea quercina.

Dieser Pilz kommt in Gebäuden sehr selten vor, sehr häufig dagegen unter Brücken, und zwar nicht nur auf Eichenholz, sondern auch auf anderen Holzarten.

Während bei den sonstigen Polyporeen wirkliche Poren da sind, liegen hier Lamellen mit Querwänden vor, so daß sich die Gattung Daedalea den Agaricineen nähert.

II. Familie der Tremellineen.

5. Gattung Tremella.

Tremella faginea. Diesen Pilz, der auf Buchenholz vorkommt und mit diesem in Gebäude eingeschleppt wird, beschrieb J. Tuszon.

Wie bei allen Pilzen der Gattung Tremella bildet auch bei diesem der Fruchtträger eine Gallerte.

Die Fruchtträger bilden ein etwa bis 19 *cm* langes, 4 bis 5 *cm* breites Konglomerat halbkugelförmiger (halbellipsenförmiger) gallertartiger Gebilde von lichtolivengrüner bis schwarzer Farbe.

Die Sporen sind 15 bis 18 μ lang, 4 bis 5 μ breit, farblos (hyalin), etwas gekrümmt und enthalten meist eine größere und eventuell mehrere kleinere Vacuolen. Der Sporeninhalt zeigt Körnung.

J. Tuszon züchtete diesen Pilz in Kulturgläsern.

Das Luftmycel war watteartig, schneeweiß. Es trat auf in Form von:

a) Häufchen (Flocken?);

b) dünnen Überzügen;

c) Netzartig verzweigten Strängen.

Manche Partien hatten die Neigung, eine Gallerte zu bilden.

III. Familie der Telephoreen.

6. Gattung Telephora.

A. Corticium giganteum.

Über diesen Pilz ist mir nur soviel bekannt, daß er in Gebäuden vorkommt. Er dürfte sich von dem nachfolgend beschriebenen, mir sehr genau bekannten, übrigens nicht viel unterscheiden.

B. Corticium putaneum (Coniophora cerebella).

Vorkommen. Coniophora cerebella ist ein sehr häufig vorkommender und darum sehr wichtiger Holzzerstörer.

Am Lande vertritt er die Stelle des echten Hausschwammes.

Der Pilz kommt sowohl auf Nadelholz als auf Laubholz vor. Ich beobachtete ihn bisher nur auf totem Holze. Ob er auch auf lebendem vorkommt, ist mir unbekannt. Bisher fand sich dieser Pilz: Am Holze von Gebäuden, und zwar die Fruchtträger sowohl in den Zimmern längs der Mauer als auch an Holzkonstruktionen im Freien (Riegelwände), weiters unter Brücken, auf Kegelbahnen, Telegraphenstangen, auf Holz von Gärtnereien usw.

Auch auf Holz, welches einen Teil des Jahres unter Wasser lag (Holz von Schwimmschulen), fand ich ihn.

Herr Apotheker R. Krull in Breslau hatte die Freundlichkeit, mir mitzuteilen, daß dieser Pilz auch in Preußisch-Schlesien oft vorkomme. Ja seinen Mitteilungen zufolge kommt sein Fruchtträger mitunter an ein und demselben Brette mit Merulius lacrymans gemeinsam vor.

Einmal übersendete mir Herr Apotheker Krull Holz, welches mit Polyporus vaporarius behaftet war.

Sowohl er, als auf Grund seiner Mitteilung auch ich konnten feststellen, daß am Holze nebst Polyporus vaporarius auch Coniophora cerebella vorhanden war.

Tatsächlich treten auf Holz, das auf Merulius lacrymans und Polyporus vaporarius untersucht wird, ungemein oft Mycelbildungen auf, die aller Voraussicht nach diesem Pilze angehören. Liegen Fruchtträger nicht vor, dann ist es schwer, ja ich möchte behaupten oft ganz unmöglich, sicher zu sagen, ob Coniophora cerebella vorliegt oder nicht.

Nur Merulius lacrymans und Polyporus vaporarius wird der Kenner durch das Mycel allein auf Bauholz rasch von anderen Pilzen und auch untereinander unterscheiden können, und zwar ohne Mikroskop ebenso sicher als mit demselben. Was darüber geht, ist schwierig und selbst bei viel Übung mitunter unmöglich.

Beschreibung des Mycels.

a) Formloses Mycel. Meist dünne weiße oder braune, enganliegende, schwer abhebbare Kruste. Tritt bei künstlicher Zucht neben Strängen auf. Das Mycel am Rande der Fruchtträger hält die Mitte zwischen dieser Form und der Form *b*.

b) Mycelflocken. In der Natur auf der Unterseite von Brettern, die im Freien auf Erde (Dünger usw.) liegen, oft zu beobachten. Ist eisblumenartig verzweigt. Die Farbe des Mycels ist weiß. Ist aus dünnen Strängen, untermengt mit wenig formlosem Mycel zusammengesetzt. Oft neben Fruchtträgern wachsend und in diese übergehend. In Gebäuden sind auf der Unterseite von Brettern miteinander nicht zusammenhängende Flocken von ca. 2 bis 5 cm^2 Fläche als regelmäßige Mycellype zu beobachten. Hier sind weniger Stränge und mehr formloses Mycel da.

Die Flocken sind sehr dünn und lassen sich nicht leicht abheben.

c) Mycelstränge. Kaum über 2 *mm* dicke, schwer abhebbare, ursprünglich weiße, später braun und brüchig werdende Stränge. Normale Dicke unter 1 *mm*.

Verzweigungen, falls vorkommend, meist blitzartig.

d) Konsistentes Mycel (Mycelhäute). Dieses konnte ich im Versuchskeller auf einem Stücke einer Telegraphenstange im Monate Dezember (Temperatur des Kellers 8° C) beobachten.

Ein großer Teil der Oberfläche der Stange war mit einer mehrere Millimeter dicken, gelblichen, brüchigen Mycelmasse bedeckt.

Die Mycelmasse zeigte Erhebungen.

Ein Teil der Mycelmasse überging in Fruchtträgermasse, wurde also zum Hymenium.

Die Fruchtträger.

Die Farbe der Fruchtträger (Fig. 28) ist jene des lichtgebrannten Kaffees, jene unserer mit gewöhnlicher, gangbarer

Farbe gestrichenen Holztüren und Möbel. Also etwas dunkler, als die der Fruchtträger von Merulius lacrymans.

Der Rand der Fruchtträger, eine Zone von etwa 0·5 *cm* Breite, besteht aus weißem Mycel.

Fig. 28.

Wer auch nur einmal einen Fruchtträger dieses Pilzes gesehen hat, kann ihn mit anderen nicht verwechseln.

Die Fruchtträger nehmen im Durchschnitte eine Fläche von 2 dm^2 ein. Eine bestimmte Figur kommt ihnen nicht zu.

Bald sind sie fast kreisförmig, bald länglich, bald ganz unregelmäßig.

Die Dicke der Fruchtträger ist sehr verschieden. In der Regel beträgt sie schätzungsweise 0·5 *mm*. Das Mycel am Rande ist noch dünner.

Oft erreichen sie aber eine viel größere Dicke, etwa das Zehnfache, d. i. 5 *mm*. Dünne Fruchtträger sind wie Papier an das Substrat (Holz) angeklebt und lassen sich auch partienweise, d. i. in Stückchen vom Holze abnehmen. Fig. 28 zeigt einen Fruchtträger dieser Art.

Liegt ein Brett auf der Erde, auf Stroh, Gras, Dünger usw., so übergreift der Fruchtträger auch diese Substrate und breitet sich auf ihnen aus. In solchen Fällen erreicht er meist sein Maximum an Dicke.

Während die Fruchtträger auf Holz in der Regel, jedoch durchaus nicht immer, fast so glatt wie Papier sind, zeigen Fruchtträger auf anderen Substraten warzenförmige, wellenförmige, ja fast netzförmige Erhebungen, so daß man im ersten Momente glauben könnte, es handle sich, wenn auch nicht um Merulius lacrymans, so doch um eine Meruliusart. Auch auf Holz sind solche Erhebungen zu beobachten. Die Fruchtträgerbildung findet hauptsächlich in den Monaten Oktober—November statt. Wenigstens fand ich sie stets um diese Jahreszeit.

Unter Brücken findet man die Fruchtträger ungemein oft. Sie wählen mit Vorliebe möglichst schwer zugängliche Stellen des Gehölzes.

Aber auch an Stellen, die dem Luftzuge gut ausgesetzt sind, z. B. unter Dächern von Kegelbahnen, kommen sie oft vor und schließlich auch an der Unterseite von Brettern, die im Freien liegen, neben dem Mycel.

Merkwürdig ist, daß sich Fruchtträger dieses Pilzes im Monate November auch auf solchem Holze vorfinden, welches etwa bis Mitte August im Wasser lag. Sollte die Infektion im August stattgefunden haben und im November bis zur Fruchtträgerbildung gediehen sein oder war das Holz schon früher infiziert und blieb es trotz der Einwirkung des Wassers?

Auch in Gebäuden, dann auf der Außenseite der Riegel von Riegelwänden sah ich im Monate November Fruchtträger dieses Pilzes. Die Fruchtträger entwickelten sich dort, wo das Holz an die Mauer angrenzt, d. i. dort, wo sich die Sesselleiste

befindet. In dem von mir beobachteten Falle wuchs der Fruchtträger, von der Unterseite des Holzes ausgehend, am Mauerwerk hinauf. Der Pilz wurde von den ständigen Einwohnern der Sommerfrische Adamtal (Niederösterreich) konsequent als „Hausschwamm" bezeichnet.

Ich würde ihn eher „Landschwamm" oder „Landhausschwamm" nennen.

Die Sporen und ihre Keimungsbedingungen.

Die Sporen dieses Pilzes sind jenen des Hausschwammes nicht unähnlich. Beobachtet man sie in Glyzerin unter dem Mikroskope, so sieht man je nach der Lage eiförmige oder nierenförmige Gebilde. Die Größe der Sporen ist ungefähr:

Länge	12 μ
Breite	6 bis 8 μ
Dicke	3·5 μ

[Hausschwamm hat 10, 5 und 3 μ im Durchschnitte.]

Die Sporen sind sonach etwas größer, als jene des Merulius lacrymans.

Die nierenförmige Gestalt der Sporen ist nicht so ausgeprägt wie bei Merulius lacrymans. Überhaupt sind die Sporen gegenüber den Hausschwammsporen mit dem Ausdrucke „plump" zu kennzeichnen, indem sie im Verhältnis zu ihrer Länge etwas breit sind. Mitunter sind die Sporen fast kreisförmig. Jede typische Spore besitzt am oberen Ende (gemeint ist das schmälere Ende entsprechend dem schmäleren Ende eines Eies) eine sich gut abhebende, helle, kreisrunde, oft aber auch anders gestaltete Stelle, die sich vom übrigen Inhalte abhebt. Ich nenne diese Stelle „Vacuole".[1])

Oft ist aber der ganze Sporeninhalt auch ganz homogen, und zwar mit oder ohne Körnung. Mitunter fehlt ein Teil des Sporeninhaltes gänzlich und man könnte in diesem Falle mit viel mehr Recht von „Vacuolen" sprechen, nachdem tatsächlich ein von Plasma nicht erfüllter Raum vorzuliegen scheint. Aber der Sprachgebrauch will es anders und daran soll, um nicht Verwirrung zu erzeugen, nicht gerüttelt werden.

---

[1]) Vacuolen sind nicht leer; man nimmt an, daß sie mit Flüssigkeiten gefüllt sind.

Mehrere Vacuolen, wie z. B. beim Hausschwamm, konnte ich bisher nicht beobachten.

Die Farbe der Sporen ist braun, jedenfalls sind sie aber dunkler als jene des Hausschwammes.

Diese Sporen keimen fast unter genau denselben Bedingungen wie jene des Merulius lacrymans.

Optimum an Temperatur um $+25^0$ C,[1]) jedenfalls nicht höher, und nicht unter 23^0 C. Minimum beim Versuch im Laboratorium $+18^0$ C.

Die Gewinnung größerer Mengen reiner, mit Bakterien nicht untermengter Sporen ist fast ausgeschlossen. Die Sporen lösen sich nämlich freiwillig vom Fruchtträger nur schwer ab; man kann sie darum nur durch Aufschlämmen von Fruchtträgerstückchen mit sterilem Wasser gewinnen. Zudem sind die Fruchtträger meist mit Erde, Staub usw. verunreinigt.

In Nährlösungen, in denen Bakterien oder Hefen während des Keimungsaktes vorhanden sind und sich vermehren, keimen die Sporen von Coniophora niemals.

Schon Brefeld betont wiederholt, daß Bakterienwachstum das Mycelwachstum vieler höherer Pilze schädigt.

Dem ist nur hinzuzufügen, daß Bakterien irgendwelcher Art, sobald sie sich nur in der Nährlösung, in der die Keimung stattfinden soll, kräftig vermehren können, den so empfindlichen Keimungsvorgang der Pilzsporen höherer Pilze unbedingt hintanhalten.

Nirgends kommt der Kampf ums Dasein so klar, wie hier, zutage.

Will man Keimungen überhaupt erzielen, so ist die erste Sorge die Abhaltung von Bakterien und Hefen.

In der benutzten Nährlösung, bestehend aus:

Wasser 100 cm^3, Malzextrakt 2 g, Liebigs Fleischextrakt 0·5 g,[2]) Zitronensäure 1·0 g, ist die Zitronensäure ausschließlich nur dazu da, das Bakterienwachstum zu unterdrücken.

Wahrscheinlich würden auch andere organische Säuren, z. B. Weinsäure, dann einzelne anorganische Säuren, z. B. Phosphorsäure, denselben Effekt herbeiführen.

---

[1]) Auf 1 bis 2^0 infolge der bekannten Fehlergrenzen der Thermometer unsicher.

[2]) In dieser Nährlösung keimen die Sporen vieler Basidiomyceten.

Von einer keimungsfördernden Wirkung der Säure kann nicht im entferntesten die Rede sein. Im Gegenteil zeigt der Versuch, daß bei Zusatz von nur 0·5% Zitronensäure mehr und bei Zusatz von 0·25% Zitronensäure noch mehr Keimungen als bei 1% Zusatz auftreten.

Allerdings ist in diesen Fällen die vorhergehende Verrichtung aller vegetativen Formen der Bakterien und die Abschwächung der Keimfähigkeit der Bakteriensporen nötig, sonst würde der Versuch das Gegenteil ergeben.

Hierzu schlemmt man die Sporen von Coniophora cerebella statt in Wasser in Zitronensäure von 2·5 bis 5% auf und läßt sie vor Überimpfung in die Nährlösung 1 bis 5 Stunden darin liegen. All das gilt für nicht sterile, bakterienhaltige Sporen.

Gelänge es bakterienfreie Sporen zu erhalten, dann wäre der Zusatz von Zitronensäure nicht nur überflüssig, sondern — von Mengen unter 0·25% Säure, die möglicherweise noch günstig wirken, abgesehen — geradezu schädlich.

Die Keimdauer beträgt 48 Stunden.

Bei 24° C wurden je nach dem Säuregrade bis 40% Keimungen erzielt.

Sinkt die Temperatur, so sinkt der Prozentsatz an Keimungen und wird bei 18° C 0%.

Der Keimschlauch ist ungefähr 2·5 μ dick und tritt meist an derselben Stelle wie bei Merulius lacrymans hervor.

Das Mycel läßt sich in der feuchten Kammer bis zu einer Längenentwicklung von mindestens 100 μ verfolgen.

Dann ist aber das Wachstum aus zwei Gründen nicht mehr verfolgbar:

1. Es nimmt die Entwicklung einer Hefenart (Mykoderma) überhand.

2. Das Mycel verschwindet spurlos.

Das Mycel zeigt mitunter schnallenförmige Bildungen.

Am besten geht die mikroskopische Beobachtung des im Verschwinden begriffenen Mycels vor sich, wenn dasselbe durch Jodpräparate (Chlorzinkjod) gefärbt wird.

Das Plasma häuft sich zunächst an einzelnen Stellen an und schwindet an anderen.

Bald ist von der Zellwand nichts mehr zu sehen.

Eine Einschnürung der Hyphe, wie solche v. Tubeuf bei Merulius lacrymans beobachtete, tritt nicht ein.

Ebensowenig war eine Isolierung in Gemmen (Oïdien) feststellbar.

Nichtsdestoweniger verschwand allmählich das Mycel spurlos.

Sonst entspricht das Bild genau jenem, welches Brefeld im Hefte VIII seiner Untersuchungen (Basidiomyceten III) auf Tafel IV, Fig. 12/2, vom Pilze Pleurotus ostreatus gibt und als Oïdienbildung bezeichnet.

Ob tatsächlich später eine Loslösung stattfindet, Gemmen (Oïdien) isoliert werden, entzog sich, wie gesagt, der Beobachtung.

Die Reinzucht des Mycels aus Sporen gelang nicht, sie gelang auch dann nicht, wenn mit Recht vermutet werden konnte, es sei nur eine Spore samt anhaftendem Mycel in frische, sterile Nährlösung überimpft worden.

Vielleicht würde die Zucht in solchen feuchten Kammern, die die Keimung einer einzigen Spore gestalten, zum Ziele führen.

Diesen Weg schlägt man aber aus Bequemlichkeitsrücksichten nicht gerne ein. Brefeld scheint oft diesen Weg gewählt zu haben.

Zucht des Mycels auf künstlichem Nährboden.

Neuestens gelang es mir, Coniophora cerebella auf Brotbrei und vielen anderen Nährböden zu züchten. Reinzucht des Mycels ganz ähnlich wie beim echten Hausschwamm.[1])

Der Pilz verträgt auch alkalische Reaktion des Nährbodens. Fig. 29 zeigt auf Brot wachsendes Mycel.

Die Art der Holzzerstörung.

Die makroskopische Untersuchung des von Coniophora cerebella zerstörten Holzes bietet wenig Merkwürdigkeiten.

Hochgradig zerstörtes Holz ist fast schwarz, je feuchter dasselbe, desto dunkler ist es.

---

[1]) Der Pilz wuchs gut auf: Dextrose, Maltose, Dextrin, Stärke, einzelnen Cellulosesorten, Mannose, Mannan, Galaktose, Rohrzucker, Milchzucker; fast gar nicht auf: Lävulose und Inulin, dann Xylan.

Nähere Angaben werden sich im „Zentralbl. f. Bakter.", 2. Abt., 1906, vorfinden. Reinkulturen des Pilzes sind durch Privatdozent Dr. Král in Prag I, Kleiner Ring 11, zu beziehen.

Es kann jedoch bei einem Brette die Unterseite schon sehr dunkel sein, während die Oberseite, wenn auch schon angegriffen, noch sehr licht — gelb — ist.

Jedenfalls ist von diesem Pilze stark ergriffenes Holz dunkler als das durch Merulius lacrymans zerstörte und viel dunkler, als Holz, zerstört durch Polyporus vaporarius.

Bemerkenswerte Risse kommen nicht vor. Vertäfelungen, wie solche bei Merulius lacrymans zu beobachten sind, kommen

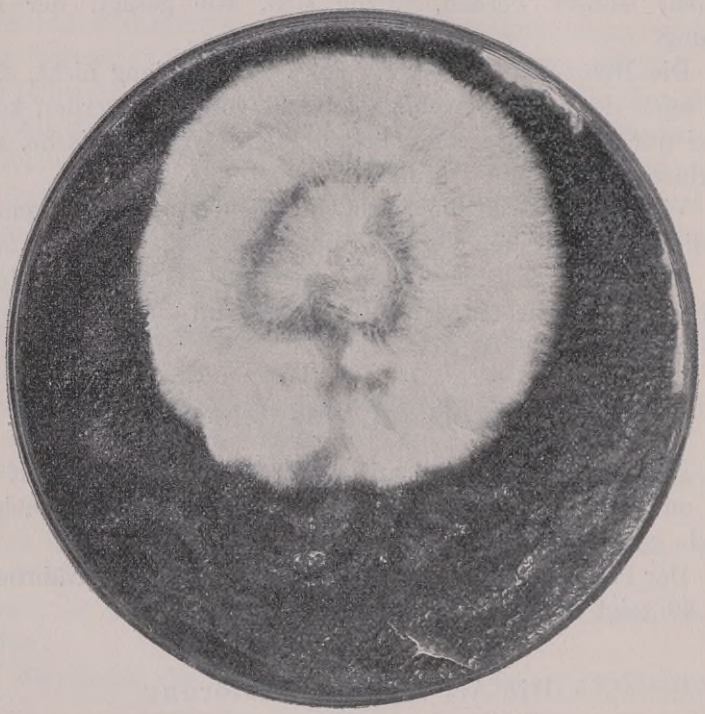


Fig. 29.

zwar vor. Die Größe der Tafeln ist jedoch eine weit geringere. Während Merulius lacrymans 10 cm^2 und größere Tafeln erzeugt, sind dieselben bei Coniophora cerebella kaum über 2 cm^2 groß.

Bei Holz, das in Parterrelokalitäten verwendet wird, wird der von Coniophora cerebella befallene Fußboden, eine feste Unterlage vorausgesetzt, erst nach längerer Zeit, etwa 10 Jahren, so morsch, daß er ausgewechselt werden muß.

Anfänglich gibt sich die an der Unterseite der Bretter vor sich gehende Zerstörung nach oben überhaupt nicht kund. Erst

nach mehreren Jahren wird auch die Oberfläche des Holzes morsch und zerfällt stellenweise zu gelben Splittern, eventuell gelbem Staub.

7. Gattung stereum.

Stereum purpureum (Pers.). Diesem Pilze, bezüglich dessen Vorkommens in Gebäuden nichts bekannt ist, kommt insoferne eine Bedeutung zu, als ihn J. Tuszon auf Holzstöckelpflaster aus Buchenholz (Budapest, Franz Josefsbrücke) fand.

Häufig kommt der Pilz auf Buchenbrennholz vor (Fruchtträger).

Tuszon beschreibt den Fruchtträger in gewohnt klar ausführlicher Weise, wie folgt:

„Fruchtkörper lederartig, unterer Teil ausgebreitet, oberer rechtwinkelig oder meistens schief nach unten umgebogen. Größe verschieden, 1 bis 3 *cm* breit, oft auch größer oder kleiner."

Es bildet sich zuerst eine dem Holze aufliegende Mycelplatte von weißlicher oder violetter Farbe und aus dieser entsteht der Fruchtträger.

„Der Hut ist oben filzig, blaßgelblich oder grau, in der Jugend weißlich, violett getönt. Hymenium glatt, anfänglich in frischem Zustande lebhaft violett, mit der Zeit purpurfarbig, fast schwarz oder rotbraun werdend oder beim Austrocknen verblassend."

Die Sporen sind länglich zylindrisch, eiförmig oder schief zugespitzt, farblos (hyalin), 5 bis 7 μ lang, 2·5 bis 4 μ breit.

Über die Mycelformen ist nichts bekannt. Die Hyphen sind nach Tuszon 2 bis 4 μ dick, also von normaler Dicke (2·5 bis 3 μ im Durchschnitte).

Die in das Holz eindringenden Fäden sind meist dünner, z. B. selbst nur 0·4 μ.

IV. Familie der Agaricineen.

8. Gattung Lenzites.

A. Lenzites sepiaria.

In Gebäuden findet man diesen Pilz ziemlich häufig vor, und zwar nicht nur in Form seiner Fruchtträger, sondern auch als Mycel. Er kommt auf Fenster- und Türstöcken, dann am Dachgehölze vor.

Sehr häufig findet sich dieser Pilz im Freien. Ich glaube, es wird wenig ältere Holzbrücken, Kegelbahnen, Geländer usw. geben, auf denen er nicht zu finden wäre.

Auf Holzplätzen findet man mitunter entrindete Stämme, die mit einer Unmenge von Fruchtträgern versehen sind. Der Fruchtträger (Hut) bildet meist Konsolen auf dem Holz. Die sporenführenden Lamellen sind dann unten.

Sehr oft liegt aber der Fruchtträger dem Substrate so an, daß die Lamellen oberhalb des Substrates, d. h. diesem nicht zugewendet sind.

Der Fruchtträger findet sich am häufigsten im Herbste (August und Oktober), aber auch zu anderen Jahreszeiten. Derselbe ist oben rostbraun, am Rande weiß; unten weiß oder auch rostbraun.

Bezeichnend für denselben ist sein hoher Harzgehalt.

Über die Sporen des Pilzes und ihre Keimungsbedingungen fehlen mir Daten.

Das Mycel (Luftmycel) dürfte man an Stellen, die allen Witterungseinflüssen ausgesetzt sind, kaum finden.

Dafür scheint es an einigermaßen geschützten Stellen, dann am Dachgehölze nicht selten zu sein. Nur gesehen muß man es haben; dann wird man es mit anderen Mycelien kaum verwechseln. In Adamtal bei Hainfeld (Niederösterreich) konnte ich das Mycel beobachten. Ein Brett lag auf der Terrasse vor dem Wirtsgebäude. Beim Aufheben desselben waren an der Unterseite viele Fruchtträger des Lenzites sepiaria in allen Entwicklungsstadien bemerkbar. Das Mycel ging unmittelbar in die Fruchtträger über, so, daß über die Zusammengehörigkeit beider auch nicht der geringste Zweifel bestehen konnte.

Das Mycel besitzt die Konsistenz des Hollundermarkes (eines dichten Schwammes), d. h. dasselbe ist von Wasser nicht benetzbar und elastisch. Die Oberfläche des Mycels ist höchst uneben, dem Modelle einer Mittelgebirgslandschaft vergleichbar.

Die Höhe des Mycels beträgt an den höchsten Stellen mindestens 5 *mm*.

Das frisch gebildete Mycel ist offenbar weiß; die Ränder bleiben auch in der Folge weißlich. Mit zunehmendem Alter wird aber das Mycel schmutziggelb, lichtbraun, dunkelbraun, ja fast schwarz, und zwar sind die Randpartien (weil jünger) meist lichter. Die Fruchtträger bilden sich unmittelbar am Mycel. Oft ist es

schwierig zu sagen, was noch zum Fruchtträger, was noch zum Mycel zählt.

Das Mycel enthält ebenso wie der Fruchtträger viel Harz.

Liegt nur ein sehr dünner Mycelanflug vor, so ist eine Verwechslung des Mycels mit Coniophora cerebella nicht ausgeschlossen. Ja selbst eingetrocknete Fruchtträgermasse des echten Hausschwammes, dann eine Mycelform desselben (braunes Mycel) könnten bei geringen Substanzmengen und oberflächlicher Betrachtung mit dem Mycel dieses Pilzes verwechselt werden.

Aber schon der Fundort (Merulius in unteren Räumen, Lenzites am Dachgehölze) wird vor einer Verwechslung mit Merulius lacrymans bewahren. Schwieriger kann die Unterscheidung von Coniophora werden. Erreicht die Mycelschichte eine Dicke von etwa 0·5 *mm*, so liegt Coniophora sicher nicht vor.

B. Lenzites abietina.

Dieser Pilz ist mir aus eigener Beobachtung nicht bekannt. Jedenfalls ist er Lenzites sepiaria ganz ähnlich.

Dieser Hut wird wie folgt beschrieben:

Breite 2 *cm*, Länge 12 *cm*, sehr dünn, biegsam lederartig, grau oder schwärzlich erdfarben, später meist dunkler, anfangs filzig.

Lamellen herabfallend, wenn der Hut in Balkenritzen eingezwängt ist, einfach, dünn, ungleich lang, grau, jung weiß bereift.

9. Gattung Agaricus.

A. Agaricus melleus (Armillaria mellea, Hallimasch).

Dieser Pilz kommt sowohl am lebenden Baume, insbesondere auf Wurzeln lebender Bäume, dann unter der Rinde derselben vor, als auch auf Baumstrünken, dann auf totem Holze überhaupt.

In Hochbauten fand ich ihn bisher nicht; erwiesen ist, daß er häufig bei Grubenholz, dann bei Brunnenröhren aus Holz vorkommt.

Das Mycel des Hallimasch kommt in verschiedenen Formen vor und lange Zeit kannte man nicht den Zusammenhang (die Zugehörigkeit zueinander) der verschiedenen Mycelformen, dann die Zugehörigkeit derselben zu den an und für sich bekannten Fruchtträgern.

Viele Forscher, von denen hier nur R. Hartig, O. Brefeld und Molisch genannt werden sollen, haben diesen Pilz eingehend studiert.

Die vorliegende Beschreibung folgt in der Hauptsache der von R. Hartig gegebenen.

Mycelformen.

a) Strang- oder bandförmige Pilzkörper (Rhizomorphen);
b) eigentliches Mycel (einfach fädige Gestalt nach R. Hartig).

a) Die Rhizomorphen.

Rhizomorphen sind nach R. Hartig überall verbreitet an abgestorbenen Wurzeln der Laub- und Nadelhölzer, zwischen Holz und Rinde abgestorbener Bäume, in Brunnenröhren, an alten Brücken, Bergwerken, Kanälen usw. Fig. 10 im Abschnitt VII zeigt Rhizomorphen.

Die Rhizomorphen stellen dunkel gefärbte, vielfach verästelten Baumwurzeln täuschend ähnliche, sehr konsistente, biegsame Stränge von kreisförmigem Querschnitt (0·5 bis 3 *mm* Durchmesser) dar.

Diese Beschreibung gilt jedoch nur für den Fall, als der Strang nach allen Richtungen Raum zu seiner Ausbreitung besitzt, d. h. wenn die Stränge frei in der Luft, oberirdisch auf Wurzeln usw. — oder auch unter der Erde (subterranea) — gedeihen. Man nennt dann die Stränge Rhizomorpha subterranea.

Anders ist es, wenn die Stränge keinen Raum zur Entwicklung besitzen (z. B. zwischen der Rinde und dem Holze).

Es liegen dann Bänder oder sich fächerförmig ausbreitende Mycelhäute vor, die man als Rhizomorpha subcorticalis bezeichnet.

Warum man diese letztere Form zu den Rhizomorphen und nicht zum eigentlichen Mycel (als Unterform) zählt, leuchtet mir nicht ganz ein.

Offenbar von demselben Gesichtspunkte wie ich ausgehend, unterscheidet Beauverie richtig:

I. Fädiges in Holz eindringendes Mycel;
II. Bänder und Häute;
III. Stränge (Rhizomorpha subterranea).

b) Fädiges Mycel.

Unter *a)* wurde schon erwähnt, daß Rhizomorpha subcorticalis dem Mycel beizuzählen ist. Übrig bleibt nur das fädige Mycel.

Das fädige Mycel tritt nur selten als üppig entwickeltes Luftmycel auf.

Wenn aber, so handelt es sich um Flocken, die sich entweder zu Strängen oder Häuten und Bändern verdichten.

In diesem Sinne zählen also nur die innerhalb des Holzes wachsenden Hyphen (Fäden) zum fädigen Mycel.

Künstliche Zucht des Mycels.

Meine Versuche, dahin zielend, diesen Pilz im Versuchskeller auf Holz zu züchten, und zwar die Rhizomorphen zum Weiterwachsen zu bringen, beziehungsweise ein Luftmycel zu erzielen, lieferten nicht das gewünschte Resultat. Woran das lag, konnte ich nicht feststellen.

(Über Zucht auf künstlichen Nährböden siehe später.)

Lebensbedingungen des Mycels. Das Leuchten.

Die Frage, ob Holz als Nahrung für diesen Pilz allein genügt, kann wegen Mißlingens der künstlichen Zucht auf Holz ebensowenig beantwortet werden als die Frage nach dem günstigsten Feuchtigkeitsgrade des Holzes und den sonstigen Lebensbedingungen auf Holz.

Holz, auf dem Hallimasch wächst, leuchtet. Mit dem Leuchten hat sich eine Reihe von Forschern, z. B. R. Hartig, O. Brefeld, Molisch, Pfeffer, Ludwig beschäftigt. Einzelne derselben studierten das Leuchten bei Kulturen auf künstlichen Nährboden.

Das Leuchten findet nicht bei jeder Temperatur statt.

Es fanden für das Leuchten:

	Molisch	Ludwig
Minimum	unter 1 bis 2° C	1 bis 3° C
Optimum	15 bis 25° C	25 bis 30° C
Maximum	34 bis 36° C	—

Die Fruchtträger.

Der Fruchtträger des Hallimasch zeigt die der Familie Agaricineen (Blätterschwämme, Lamellenschwämme, Gattung Agaricus) eigentümliche Form: Gestielter Hut unter Lamellen tragend.

Eigentümlich für Hallimasch ist die Armilla, Manschette.

Dieselben entwickeln sich in der Natur im Monate Oktober und brechen entweder unmittelbar aus der Rinde des Holzes heraus oder sie bilden eine Fortsetzung der Rhizomorphen.

Die Sporen sind eiförmig, zeigen körniges Plasma oder Öltropfen. Über die Größe derselben fehlen mir Daten.

Bedingungen der Sporenkeimung. Zucht auf künstlichem Nährboden.

R. Hartig erhielt einmal schon in Wasser innerhalb 20 Stunden Keimungen.

Margaret C. Ferguson (siehe Fußnote auf S. 82) erhielt bei destilliertem Wasser 10%, bei Brunnenwasser nur 1%, also ganz sporadische Keimungen (Temperatur 16 bis 28° C). Am besten keimten die Sporen in einer Zuckerlösung (Rohrzucker?) von 3·42% Zuckergehalt bei 28° C.

Besser würde sich für diesen Zweck Malzextrakt mit oder ohne Zugabe von Fleischextrakt eignen.

Außerdem fanden Keimungen auf verschiedenen Pflanzendekokten (darunter Pilzdekokten) statt. Die Anzahl der Keimungen war sehr verschieden (1 bis 50%).

Offenbar findet auch hier nur dann Keimung statt, wenn die Gegenwart fremder Mikroorganismen ausgeschlossen bleibt.

O. Brefeld brachte die Sporen (um das Jahr 1877) in Pflaumendekokt zur Keimung (Temperatur?) und übertrug das frisch gebildete Mycel auf Brot, das mit Pflaumendekokt getränkt war (natürlich stets streng steril arbeitend).

Es gelang ihm, das Mycel auf Brot oder Pflaumendekokt in reichlichem Maße zu züchten; Fruchtträger erhielt er jedoch nicht. Molisch gelang es (auf Brot), bis zur Fruchtträgerbildung zu kultivieren.

B. Agaricus disseminatus (Psathyrella disseminata).

Der Pilz ist mir aus eigener Beobachtung nicht bekannt.

10. Gattung Paxillus.

Paxillus acheruntius. Für diesen Pilz gilt dasselbe, wie für den vorhergenannten.

11. Gattung Lentinus.

Lentinus squamosus. Auch diesen Pilz hatte ich noch nicht zu beobachten Gelegenheit.

12. Gattung Schizophyllum.

Schizophyllum commune (Fries) Erlenspaltblatt.

Vorkommen: an alten Laubbäumen. Tuszon fand ihn auf Eisenbahnschwellen. Kommt jedenfalls auch in Gebäuden vor.

Hut weiß oder graufilzig. Form verschieden: bald ausgebreitet, umgebogen, bald fast gestielt.

Die Lamellen gehen vom Mittelpunkte aus; dieselben sind bläulichgrau.

Frisch herausgewachsene Fruchtträger bilden kleine, weiße Kügelchen.

Anhang.[1])

I. Staubige Verwesung.

Nach Wiesner: „Jene Zersetzung des Nadelholzes, bei welcher das Holz so verändert wird, daß man es mit den Fingern zu feinem Mehl oder Staub zerreiben kann."

Dieser Ausdruck ist also ein höchst unbestimmter, nur einen Zerstörungszustand bezeichnender.

II. Trockenfäule.

Der Ausdruck Trockenfäule ist ein nichtssagender, unbestimmter, zudem noch irreführender Ausdruck, der gar nicht zu gebrauchen wäre. Einem bestimmten Pilze ent-

[1]) Behandelt ältere Arbeiten, dann unter besonderem Namen erwähnte Holzzerstörungen.

spricht die Trockenfäule nicht. Trockenes Holz fault natürlich nicht, sondern nur feuchtes. Der Name Trockenfäule ist auf die Wahrnehmung zurückzuführen, daß zerstörtes Holz mitunter trocken ist. Es ist nämlich nach der Zerstörung ausgetrocknet. Solange es zerstört wurde, solange der Pilz lebte, war es natürlich feucht.

III. Rotstreifigkeit.

Gleichfalls ein unbestimmter, möglichst zu vermeidender Ausdruck für eine Holzzerstörung, die keinem bestimmten Pilze entspricht.

Das Holz — ganze Stämme — zeigt nämlich beim Zersägen entweder Substanzverluste oder rote, richtiger braune Streifen. Eine Bräunung des Holzes ist aber ein allgemeines Kennzeichen der Zerstörung desselben durch Pilze.

Es liegt sonach kein Grund vor, den Ausdruck Rotstreifigkeit anders als volkstümlich zu gebrauchen.

Handelt es sich um einen bestimmten Pilz, z. B. Polyporus ponderosus, so ist die Zerstörung nach diesem zu benennen.

IV. Vermucken des Holzes.

Ein Ausdruck für schnelle Verfärbung und Zersetzung des Holzes durch Pilze.

V. Vergrauen des Holzes.

Nach v. Tubeuf: „Die bekannte (durch Wiesner beschriebene) Veränderung von im Freien befindlichen Hölzern, deren Oberfläche eine hellgraue, öfter mit Silber- oder Seidenglanz verbundene Farbe annimmt."

Ein unbestimmter Ausdruck für die gemeinsame Wirkung von Atmosphärilien und Pilzen.

VI. Bräunung des Holzes.

Gleichfalls ein ganz unbestimmter Ausdruck für einen Zustand des Holzes, der durch Atmosphärilien, eventuell Pilze herbeigeführt wurde.

VII. Blauwerden des Holzes.

Das Holz ist stellenweise gefärbt. Die Farbe ist nicht rein blau, sondern schwankt zwischen blau, rauchgrau, schwarz, grünlich.

Der Erreger ist in der Regel der Pilz Cerastomera pilifera (Ceratostomella pilifera, Sphaeria pilifera, Cerastoma piliferum), ein Pilz mit graubraunem Mycel. Dieser Pilz befällt oft lagernde Eisenbahnschwellen.

Vorkommen: auf Kiefernholz.

VIII. Rotfäule.

Zerstörung überhaupt, bei welcher sich das Holz rot (wohl braun?) färbt.

Im engeren Sinne Zerstörung durch Polyporus ponderosus.

IX. Grünfäule des Holzes.

Im weiteren Sinne jede Zerstörung des Holzes, bei welcher sich dasselbe grün färbt. Im engeren Sinne die Zerstörung des Holzes im Walde durch den Pilz Peziza aeruginosa = Helotium aeruginosum (neueren Anschauungen zufolge zwei Arten Chlorosplenium aeruginosum und Chlorosplenium aeruginascens), bei welcher sowohl das Holz als auch der Pilz selbst durch einen grünen, lichtbeständigen Farbstoff gefärbt ist.

Die Fruchtträger besitzen die Form einer Schüssel von etwa 2 bis 5 *mm* Durchmesser.

X. Abschnitt.

Die Zerstörung des Holzes durch Tiere.

Die Besprechung dieses Gegenstandes muß hier auf das unumgänglich nötige Maß beschränkt werden. Die Bedeutung der Tiere als Holzzerstörer tritt nämlich in Mitteleuropa der Zerstörung durch Pilze gegenüber stark in den Hintergrund. Das Studium der Zerstörungen des Holzes durch Tiere, insbesondere durch Käfer im Walde bildet einen besonderen Teil der Forstkunde und es hätte keinen Zweck, in einem Buche, das sich mit der Holzkonservierung im Hochbaue beschäftigt, auf diesen Gegenstand näher einzugehen.

Über einzelne Zerstörungsarten des Holzes durch Tiere, z. B. jene durch die in den Tropen so gefürchtete Zerstörung des Holzes durch die Termiten, besitzt der Verfasser dieses Buches keinerlei Erfahrungen.

Es kann darum dieser Gegenstand hier nicht besprochen werden, trotzdem einzelne Termitenarten auch in Europa, z. B. in Frankreich vorkommen, ja sich zeitweise sogar in Schönbrunn bei Wien vorfanden.

Auch über weitere Zerstörungsarten des Holzes durch Tiere, z. B. jene durch Ameisen, jene durch Bohrmuscheln, fehlen mir die nötigen Erfahrungen.

Aus diesen Gründen muß sich die Besprechung in diesem Abschnitte auf jene Tiere beschränken, die man Holzwürmer oder Holzbohrkäfer nennt.

Diese Tiere erzeugen im Holze sogenannte Bohrgänge. Man kann mitunter aus der Größe und der Art des Bohrganges auf das Insekt, das die Zerstörung bewirkte, schließen.

Bei Besichtigung des Bohrganges, der durch einen Holzwurm erzeugt wurde, fällt es auf, daß die Zerstörung des Holzes auch über den Bohrgang hinaus reicht. Diese Beobachtung berechtigt dazu, anzunehmen, daß diese holzzerstörenden Tiere Flüssigkeiten, die holzzerstörende Enzyme (Fermente), sonach Xylolysine, sind, absondern. Das Enzym (Ferment) erleichtert den Tieren das Zerstörungswerk; es verwandelt unverdauliche Nährstoffe, z. B. gebundene Cellulose in freie Cellulose und hierauf in Traubenzucker um.

Diese Umwandlung geschieht im weiteren Umfange, als dies zur Deckung der Nahrungssorgen des Holzzerstörers nötig wäre. So kommt es, daß von diesen Tieren befallenes Holz oft einen ganz ähnlichen Eindruck macht, wie das von holzzerstörenden Pilzen befallene. Es ist durch und durch morsch, zerstört und nicht, wie zu erwarten wäre, nur in den Bohrgängen.

Sind nur wenig Bohrgänge da, so wird das Holz allerdings nur nächst der Bohrgänge zerstört sein.

Wie bei der Holzzerstörung durch Pilze wurden auch hier allerlei Theorien aufgestellt, deren durch Experimente bewiesener oder auch nicht bewiesener Tenor dahin lautet, daß nur im Sommer gefälltes Holz von Bohrkäfern befallen werde, daß nur solches Holz befallen werde, das Stärke enthält. In zerstörtem Holze fand man nämlich keine Stärke. Alle diese Theorien möge man mit ganz besonderer Vorsicht aufnehmen. Sie mögen ja für einzelne besondere Fälle sogar zutreffend sein; allgemein sind sie gewiß unzutreffend.

Die wichtigste Frage harrt noch der Beantwortung. Sie lautet: Wie kommt es, daß nur solches Holz von den echten Holzbohrkäfern befallen wird, das bereits Jahrzehnte bis Jahrhunderte eingebaut ist; wie kommt es, daß frisch eingebautes Holz — etwa gerade im Sommer gefälltes, viel Stärke haltendes — von Bohrkäfern jahrzehntelang ganz verschont bleibt?

Nach 50 Jahren wird schwer zu beurteilen sein, ob das von Bohrkäfern befallene Holz im Sommer oder im Winter gefällt wurde, ob es vor 50 Jahren viel, wenig oder gar keine Stärke enthielt.

Es mag ja sehr bequem sein, alle Holzzerstörungen womöglich auf eine einzige Ursache: Im Sommer im „Safte" gefälltes Holz, zu schieben. Bequem ist das ebenso, als alle Übel

der Welt einer einzigen Ursache zuzuschreiben. Nur wahr sind derlei bequeme Theorien nicht!

Bei den nachstehenden Erörterungen wurde als Quelle das Buch: „Was sind Holzwürmer und wie erwehrt man sich ihrer?" Von Professor Dr. Taschenberg. Halle a. S. 1883, benutzt. Professor Taschenberg teilt die Bohrwürmer in zwei Klassen:

1. Bewohner von lebendem Holz. Große Holzfeinde.
2. Bewohner von totem, trockenem Holz. Kleine Holzfeinde.

Diese Klassifizierung ist außerordentlich zweckmäßig und auch die einzige, den Verhältnissen der Praxis angepaßte Einteilung.

Ad 1. Große Holzfeinde.

Diese Tiere werden im Hochbaue selten Schaden stiften. Sie zerstören das Holz noch bevor es eingebaut wurde. Sie sind Waldbewohner. Die Vertreter dieser Abteilung gehören drei Insektenordnungen an:

a) Käfer;
b) Hautflügler;
c) Schmetterlinge.

Es genügt hier, von diesen Insekten der ersten Abteilung (1) nur die Namen anzuführen.

a) Käfer.

Familie Cerambycidae (Longicornia, Bockkäfer).

Hierzu zählen:

Cerambyx cerdo (Hammaticherus cerdo, Heldbock, Spießbock).

Hammaticherus heros (Handwerker).

Aromia moschata (Moschusbock).

Saperda carcharias (Pappelbockkäfer).

Astynomus aedilis (Acanthocinus aedilis, Zimmerbock).

Tetropium luridum (Isarthron luridum, Criomorphus luridus, Zerstörender Fichtenbockkäfer).

Tetropium fuscum.

Chalcophora Mariana (der große Kiefern-Prachtkäfer).

Lampra rutilans (Lindenprachtkäfer).

Lucanus cervus (Hirschkäfer).

Ergates faber (Zimmermann).

Xyloteres lineatus (Nutzholzborkenkäfer, liniierter Nutzholzkäfer).

Xyloteres domesticus (der große Buchenholzkäfer).

b) Hautflügler.

Sirex gigas (gelbe Fichtenholzwespe, Riesenholzwespe).

Sirex juvencus (gemeine Holzwespe, Kiefernholzwespe).

c) Schmetterlinge.

Cossus ligniperda (Weidenbohrer).

Zeuzera Aesculi (Blausieb).

Sesia apiformis (Trochilium apiforme, Hornissenschwärmer).

Ad 2. Kleine Holzfeinde.

Diese Insekten befallen nur trockenes Holz, welches schon bearbeitet wurde. Nasses Holz meiden sie. Sie stammen auch in der Regel nicht aus dem Walde, sondern verbreiten sich von Haus zu Haus. Diese Insekten befallen unversehrtes Holz, dann solches, welches mit Ölfarbe, Firnis usw. bestrichen wurde, überhaupt nur selten. Erst wenn das Holz im Laufe der Jahre mürbe wird, die Lackschichte usw. abspringt, beginnen sie ihr Zerstörungswerk. Bei gut konserviertem Holze wird das erst nach einigen Jahrzehnten der Fall sein.

Man könnte die Zerstörung durch diese Insekten — alle gehören zu den Käfern — eine Alterskrankheit des Holzes nennen.

a) Gattung Anobium.

(Xystobium, Ernobius, Werkholzkäfer, Nagekäfer, Fadenhorn-Nagekäfer, Trotzkopf, Klopfkäfer, Totenuhr.)

Zu dieser Gattung gehören nachstehende Arten:

Anobium domesticum (striatum, pertinax, Der gestreifte Werkholzkäfer, Bretterbohrer).

Ein kleiner 3 bis 4 *mm* langer Käfer.

Flug und Paarungszeit Juni und Juli.

Zieht weiches Holz vor.

Anobium pertinax striatum (Klopfkäfer, die Totenuhr).

Ist etwas größer (5 *mm*). Soll Eichenholz vorziehen.

Anobium paniceum (der kleine Brotbohrer).

Länge 2 bis 3 *mm*.

Befällt vornehmlich Brot, aber auch Holz.

Anobium pulsator tesselatum (der buntwürfelige Nagekäfer, bunte Klopfkäfer).

Dieser ist 8 *mm* lang.

Auf weichem Holze, dann auf Eichen, Flugzeit vom April an.

b) Andere Gattungen.

Ptilinus pectiformis.

Lyctus unipunctatus (caniculatus, Ips oblongus, der gerinnte Splintkäfer).

Länge 3 bis 4 *mm*.

Flugzeit März und April.

Hylotrupes bajulus (der Hausbock).

Länge zwischen 8·5 bis 19 *mm*.

Flugzeit Juni, Juli.

Callidium violaceum.

Callidium variabile.

Maßnahmen gegen Holzbohrkäfer.

A. Maßnahmen ohne antiseptische Stoffe.

Hierzu zählen:

a) Auslaugen des Holzes (siehe Abschnitt XII);

b) Dämpfen des Holzes (siehe Abschnitt XII);

c) Tränkung in Meerwasser (Salzwasser) 8 Tage lang.

B. Maßnahmen mit antiseptischen Stoffen.

a) Ausschwefeln des Raumes;

b) 24- bis 48stündige Aufbewahrung kleinerer Holzgegenstände in einem Raume (luftdichte Blechwanne mit Wasserabschluß), der mit Dämpfen von 0·1 *kg* Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff usw. pro 1 m^3 Inhalt gefüllt ist;

c) Gebrauch derselben antiseptischen Stoffe wie gegen Pilze in Form eines Anstriches oder einer Tränkung.

XI. Abschnitt.

Einfluß der Fällzeit auf die Qualität des Holzes.

Unterschiede zwischen Splint und Kern. Bonität des Holzes. Erkennung infizierten Holzes.

Tatsache ist, daß das Holz im Winter und im Sommer nicht ganz gleich zusammengesetzt ist. Die Unterschiede betreffen jedoch in der Regel nur den Splint, nicht den Kern. Die Menge einzelner Bestandteile, insbesondere des Zuckers der Mineralstoffe, dann der Stärke variiert mit der Jahreszeit und ist wohl im Sommer am größten. Ebenso bestehen zwischen dem Splint und dem Kern Unterschiede, indem der Kern wenig Eiweiß enthält und ärmer an Stärke und Zucker ist, als der Splint.

Alle bisherigen Unterschiede betrafen nur den Holzextrakt und nicht die Holzsubstanz.

Bei Splintholz einerseits, Kernholz anderseits bestehen nebst den erwähnten, dann physikalischen und anatomischen Unterschieden noch Unterschiede in der Zusammensetzung der Holzsubstanz. Das Kernholz enthält in vielen Fällen mehr verholzende Stoffe, also weniger Cellulose.

Aus diesen Tatsachen glaubte man schließen zu dürfen:

1. Im Sommer gefälltes Holz sei mehr der Zersetzung durch Pilze zugänglich, als im Winter gefälltes.

2. Kernholz sei jedem Pilze gegenüber widerstandsfähiger als Splintholz.

In dieser Allgemeinheit sind diese Behauptungen, die sich in seltensten Fällen auf Experimente stützen

jedenfalls unrichtig und müssen darum einer näheren Erörterung unterzogen werden.

Die Vermehrung des Holzextraktes im Sommer, die erhöhte Menge an Holzextrakt im Splint, müssen gewiß einen Einfluß üben. Ebenso muß es von Einfluß sein, ob frisch geschlagenes, wasserreiches Holz im Winter oder im Sommer im feuchten Walde lagert. Alles spricht da zuungunsten des im Sommer gefällten, im Sommer im Walde lagernden Holzes. Infolge erhöhter Menge an Holzextrakt werden sich im Sommer Bakterien und Schimmelpilze leichter ansiedeln, infolge erhöhter Temperatur im Sommer auch besser gedeihen. Das Holz, das im Sommer gefällt wurde, im Sommer einige Zeit im Walde lagerte, wird also stark verschimmelt sein.

Ist das ein tatsächlicher Schade? Kaum. Diese Zerstörung betrifft ja nur den Holzextrakt, einen Bestandteil, der mit der Festigkeit des Holzes gar nicht zusammenhängt, dessen Entfernung nur erwünscht sein kann. Aber auch dieses Extrem in den Schlußfolgerungen würde ebenso wie das andere Extrem — Übertreibung des Einflusses der Fällzeit — unrichtig sein.

Im warmen Sommer, im Herbst, bilden sich Fruchtträger holzzerstörender Pilze, im Winter sind solche nicht da. Zur Zeit der Fruchtträgerbildung, also speziell im Herbste (wo sich die meisten Fruchtträger bilden, viele Pilzmycelien am üppigsten gedeihen) gefälltes und im Walde lagerndes Holz wird einer Infektion durch die Sporen und das Mycel der Holzzerstörer stark ausgesetzt sein.

Insoweit wird die Qualität des Holzes tatsächlich eine schlechtere sein. Wie man aber versucht, sich in weitere Spekulationen theoretischer Natur einzulassen, wie man weitere Schlußfolgerungen ziehen will, läuft man Gefahr, das Für und Wider unrichtig abzuwägen, falsche Schlüsse zu ziehen.

Ein Beispiel hierfür. Man könnte behaupten: Im Sommer ist mehr Zucker, mehr Stärke, vielleicht auch mehr an Kalium und Phosphaten da. Ergo werden die Sporen der Holzzerstörer, die mit dem Holze in das Gebäude eingeschleppt werden, leichter keimen, weil sie mehr Nährstoffe finden. Es werden daher auch auf derartigem Holze die Holzzerstörer besser gedeihen. Ein einfaches Experiment ist geeignet, diese Schlußfolgerungen ad absurdum zu führen.

Man tränke ein Holzstück *A* in einer Lösung der früher angeführten Stoffe, z. B. in: Stärke 0·1 *g*, Rohr- oder Traubenzucker 0·1 *g*, saures Kaliumphosphat 0·1 *g*, Wasser 100 cm^3 und belasse an gleichem (feuchten) Orte ein gleiches, nur mit Wasser getränktes Stück Holz, *B*.

Nach 14 Tagen wird sich zeigen:

A ist voll Schimmel,

B enthält wenig Schimmel.

Durch diese Tränkung wurde also die Schimmelbildung begünstigt, die Fähigkeit, von Holzzerstörern angegriffen zu werden, aber nicht nur nicht erhöht, sondern geradezu vorübergehend vermindert. Es wurden die Schimmelpilze und nicht der Holzzerstörer im Kampfe ums Dasein begünstigt. Das läßt sich experimentell nachweisen. Statt *A* und *B* einfach im Keller zu exponieren, setze man beide Holzstücke den Angriffen des Hausschwammes aus.

Es wird nicht *A*, sondern *B* zuerst angegriffen, also das Holz mit weniger Stärke, weniger Zucker, weniger Kalium, weniger Phosphorsäure bevorzugt!

Nach einiger Zeit wird sich vielleicht das Verhältnis ändern, es wird nach 6 Monaten vielleicht *A* und *B* gleich stark, nach einem Jahre vielleicht sogar *A* stärker angegriffen sein.

Der ganze Versuch lehrte also dem Wesen nach nur, daß das Holz ziemlich unabhängig von seiner Zusammensetzung vom Hausschwamm ergriffen wird, daß speziell die Menge an Extrakt und Mineralstoffen nicht allein maßgebend ist, ja daß zu einer bestimmten Zeit das eine, zur anderen das andere stärker vom Hausschwamm befallen wird.

Was soll da die Praxis aus solchen Versuchen lernen, welche Schlußfolgerungen darf man aus solchen Versuchen überhaupt ziehen? Womöglich keine. Nicht einmal die nackte, mit den Augen gesehene Tatsache ist für einen anderen Zeitpunkt als den, in dem sie beobachtet wurde, zutreffend. Nach einigen Monaten sieht man gerade das Gegenteil!

Die Praxis lehrt, daß Hausschwamm Nadelhölzer, Birken-, Erlen-, Faulbaum-, Buchenholz usw. angreift. Tagtäglich kann man sehen, daß von diesen Hölzern der Splint ebenso wie der Kern zerstört ist. Tagtäglich kann man sehen, daß im Sommer und auch im Winter gefälltes Holz zerstört wurde. Braucht man da noch eine Theorie?

Klarer als im vorliegenden Falle kann die Praxis alle Theorien — speziell jene über im Sommer und im Winter gefälltes Holz — nicht ad absurdum führen.

Solche abenteuerliche Theorien stiften viel Schaden, verschleiern die Tatsachen und nutzen gar nichts.

Geflößtes Holz. Diesem Holze fehlt oberflächlich der Holzextrakt. Es schimmelt also schwerer, wird aber möglicherweise von einzelnen Holzzerstörern bevorzugt. Es ist natürlich anfänglich naß.

Bestimmung der Güte des Holzes. Bestimmung des Grades an Zerstörung.

Mit Fragen ähnlicher Art befaßte sich schon R. Hartig bei seinen Versuchen über Hausschwamm. Neuerdings — allerdings für andere Zwecke und von anderen Gesichtspunkten aus — haben diesfalls J. Friedrich,[1]) v. Tubeuf, Schorstein usw. Vorschläge gemacht.

Das Prinzip dieser Bonitäts(Güte-)bestimmungen ist nachstehendes:

Dasjenige Holz, welches von Holzzerstörern in einer bestimmten Zeit (14 Tage bis 1 Jahr) am wenigsten angegriffen wird, ist unter sonst unbedingt gleichen Umständen das beste.

Die naheliegende Schlußfolgerung: Holz, welches beim Versuche am besten entsprach, wird in der Praxis am besten entsprechen, muß als zulässig erkannt werden, jedoch mit der Beschränkung auf annähernd (nicht unbedingt, absolut) gleiche, also ähnliche Verhältnisse. Solche Bonitätsbestimmungen können bei rationeller Verwendung derselben durch große Holzkonsumenten von Wert sein.

Unumgänglich notwendig ist jedoch, zur Erreichung dieses Zieles folgende Vorsorgen zu treffen, beziehungsweise Umstände zu beachten:

1. Vorsorge für das Vorhandensein von Kontrollholz, dessen Bonität bekannt ist, also für Vergleichsmaterial.

2. Zweckentsprechende Einrichtungen, die ein ständiges Arbeiten unter genau gleichen Umständen (Temperatur, Luftzutritt, Feuchtigkeitsgehalt, Licht) gestatten. Das ist nur in einem mo-

---

[1]) Die Namen beziehen sich zum Teile auf S. 198 bis 200.

dernst eingerichteten Versuchskeller zu erreichen und auch dann der Einfluß der Jahreszeit zu berücksichtigen.

3. Genügend lange Dauer des Versuches. Ich halte 3 bis 6 Monate für das Minimum.

Die Resultate solcher Bonitätsversuche können in verschiedener Weise festgelegt werden.

Ingenieur Schorstein schlug vor, Xylanbestimmungen vor und nach dem Versuche vorzunehmen. Wenn auch dieser Vorschlag bei solchen Pilzen, die das Xylan im Laubholze überhaupt zerstören,[1]) einst von Wert sein könnte, so sind doch jetzt die Methoden zur Xylanbestimmung teils umständlich (Destillation mit Salzsäure, Bestimmung des Furfurols), teils unverläßlich (Auslaugung mit Kalilauge; es werden Stoffe extrahiert, die nicht Xylan sind), ja geradezu unausführbar (Polarisation; die Entfärbung alkalischer Lösungen mit Kohle gelingt nicht). Die Bestimmung anderer Bestandteile, z. B. der Cellulose (dauert nach Methode Schulze 14 Tage!), könnte vielleicht Vorteile bringen, doch kann darüber ohne Versuche nichts ausgesagt werden.

Auch die Volumsveränderung ist nicht allzu einfach bestimmbar.

Weitaus am einfachsten ist die Bestimmung der Gewichtsabnahme. (Methode R. Hartig, Methode v. Tubeuf.)

Vom zu prüfenden Holze werden zwei Stücke gleicher Art A und B herausgeschnitten und auf annähernd (praktisch) gleiches Gewicht G gebracht. A wird verpilzt, B aufbewahrt. Nach etwa 6 Monaten trocknet man A und B. A wiegt nun g_1, B g_2 gr.

Der Gewichtsverlust, auf wasserfreies Holz bezogen, ist dann in Prozent:

$$x = \frac{g_2 - g_1}{g_2} 100$$

Wird das Volumen von A und B nach Trocknung und gleichzeitig das Gewicht wie vorhin bestimmt, so ergibt sich als spezifisches Gewicht für:

$$A \ldots s_1 = \frac{g_1}{v_1} \qquad B \ldots s_2 = \frac{g_2}{v_2}$$

(v_1 und v_2 sind die Volumina) und demgemäß der Verlust an spezifischem Gewichte:

$$\Delta s = s_2 - : s_1 \text{ oder in Prozent } \Delta s\% = \frac{s_2 - s_1}{s_2} 100$$

[1]) Über diese Vorfrage sind noch einwandfreie Versuche nötig.

Ausführliche Angaben darüber findet man in: Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik. Brüsseler Kongreß 1906. Bericht zu Aufgabe 23. Anhang I und II (von Prof. Dr. v. K. Tubeuf).

Neuestens gelang es mir eine Reinkultur von Coniophora cerebella zu erzielen.[1]) Dieser Pilz hat in Reinkultur bei 17° C eine außerordentliche Wachstumsintensität und ist auch gegen fremde Eindringlinge nicht sehr empfindlich.

Um Holz (imprägniert oder nicht imprägniert) zu prüfen, bringt man in eine größere Glasschale mit Deckel 2 bis 3 *cm* hoch bei 160° C geröstetes Brot, befeuchtet dasselbe, sterilisiert gründlich, bringt die zu prüfenden Holzstücke[2]) so hinein, daß sie aufrecht stehen (soferne imprägniertes Holz, die Holzstücke nicht mit sterilisieren!) und impft sehr kräftig mit Coniphora, und belegt das Holz an einzelnen Stellen mit Mycel.

Nicht imprägniertes Holz ist bei + 17° C schon in 14 Tagen ganz von Mycel bedeckt. Schon nach 45 Tagen kann man eine — allerdings sehr geringe — Gewichtsverminderung (Trockengewicht) des Holzes feststellen.

Diese Methode gestattet sonach Arbeiten bei konstanter Temperatur (17° C) und soferne es sich nicht um imprägniertes Holz handelt) mit absoluten Reinkulturen.

Das sind die Vorteile dieser Methode.

Untersuchungen eingelieferten Holzes. Feststellung von Holzzerstörern.

Es wird sich stets empfehlen, zum Einbaue in Gebäuden bestimmtes Holz einer genauen Besichtigung zu unterziehen. Man wird hierbei jedes einzelne Holzstück durchmustern müssen und die verdächtigen von den anscheinend gesunden abscheiden. Als verdächtig haben Holzstücke zu gelten, die von Holzbohrkäfern angegriffen sind, die stellenweise eine Rötung, Bräunung, Blau-, Grün-, Schwarzfärbung zeigen, mit Schimmel, beziehungsweise Mycel oder Fruchtträgern eines Pilzes (Holzzerstörers) behaftet sind.

---

[1]) Privatdozent Dr. Král in Prag, Kleiner Ring 11, liefert die Reinkultur dieses Pilzes um 2 Mark pro Kultur.

[2]) Am besten 10 *cm* hoch, 5 *cm* breit, 1 *cm* dick.

Die Untersuchung scheidet sich in:

a) Die chemische Voruntersuchung;

b) die mykologische Hauptuntersuchung.

Ad *a)* Zur chemischen Voruntersuchung können mehr oder minder die meisten der im Abschnitte II und VI erwähnten Reagentien und Reaktionen Verwendung finden. Das würde aber zu weit führen und schon einen Gegenstand der Hauptuntersuchung bilden.

Als bestes Reagens für die Voruntersuchung dient ein frisch hergestelltes Gemisch von:

Silbernitrat 1 *g*, 10%ige Kalilauge 10 cm^3, konzentriertes Ammoniak 10 cm^3, Wasser 80 cm^3.

Es ist Geschmackssache, ob man dieses Reagens in der hier angegebenen Konzentration verwendet oder ob man es bis auf das Zehnfache verdünnt, beziehungsweise noch konzentrierter verwendet. Das Reagens muß vor Licht geschützt aufbewahrt werden. Alle Operationen mit diesem Reagens sind bei Abwesenheit direkten Sonnenlichtes vorzunehmen.

Das Holz wird also in einen nicht allzu hellen Raum gebracht und das Reagens mittels eines Pinsels rasch über die Oberfläche gestrichen. Bald bräunt, beziehungsweise schwärzt sich die ganze Holzoberfläche. Zerstörte, von Pilzmycelien durchzogene Stellen schwärzen (bräunen) sich am raschesten.

Man findet also auf diese Weise viel rascher als ohne Anwendung von Reagentien verdächtige Stellen.

Diese verdächtigen Stellen müssen — noch bevor sich das ganze Holz bräunt (schwärzt), dem Umfange nach mittels Bleistift (Blau- oder Rotstift) markiert werden.

Die Hauptuntersuchung beschränkt sich dann auf diese, aus dem Holze herauszuschneidenden Holzpartien.

Ad *b)* Die Hauptuntersuchung beginnt mit der Übersendung der verdächtigen Holzpartien an eine passende Untersuchungsanstalt. Handelt es sich nur um Stellen, die bei der Voruntersuchung rasch braun wurden und kein Pilzmycel (Fruchtträger) enthalten, so sind bezüglich der Verpackung keine besonderen Vorsichtsmaßregeln nötig. Aber auch in diesem Falle ist das Holz so rasch als möglich zur Untersuchung abzusenden und sofort nach Einlangen der Proben mit der Untersuchung zu beginnen. Fand sich aber Mycel oder fanden sich gar Fruchtträger

vor, so ist ganz besondere Eile nötig, damit das Mycel nicht abstirbt. Auch ist das Holz so zu verpacken, daß es während des Transportes feucht bleibt. Man packt darum das Holz in Staniol (Zinnfolie, Bleifolie) ein und gibt als zweite Umhüllung feuchtes Filtrierpapier (Löschpapier). Als dritte Umhüllung folgt abermals Staniol, als vierte Wachspapier (nicht Pergamentpapier). Fruchtträger werden trocken nur in Staniol separat eingepackt und sind vor Feuchtigkeit möglichst zu schützen.

Am Bestimmungsorte werden die Proben unmittelbar ausgepackt und im Schwammkeller deponiert.

Die Untersuchung teilt sich in die einfache (mikroskopische und chemische) Untersuchung und in die mykologisch-biologische Untersuchung.

Bei der ersteren handelt es sich, die Art des Pilzes, die Art der Zerstörung direkt nachzuweisen; bei der letzteren kommt es darauf an, das im Holze befindliche Mycel zum Herauswachsen eines Luftmycels zu veranlassen. Hierzu hat man aber genau so zu verfahren, wie im Abschnitt VII bei der Zucht von holzzerstörenden Pilzen angegeben wurde.

III. Hauptstück.

Die Konservierung des Holzes.

XII. Abschnitt.

Die Mittel der Holzkonservierung.

Als Zerstörungsursache wurden im Abschnitte IV angegeben und in den Abschnitten V bis X näher besprochen:

1. Wirkungen des Wassers.
2. Wirkungen des Sauerstoffes der Luft.
3. Wirkungen von Atmosphärilien überhaupt.
4. Wirkungen chemischer Stoffe.
5. Infektion des Holzes durch Pflanzen und Tiere.

Die Zerstörungsursachen 1, 2 und 3 können im weiteren Sinne als Wirkung der Atmosphärilien zusammengefaßt werden.

Aus den Zerstörungsursachen des Holzes ergibt sich dann, daß die Holzkonservierung danach trachten muß:

a) das Holz vor Atmosphärilien zu schützen;

b) die Einwirkung chemischer Einflüsse zu verhindern;

c) das Wachsen von Pilzen, beziehungsweise die Einnistung von Tieren zu verhindern.

Zur Erreichung dieser Ziele kann man versuchen:

1. Das Holz nach außen luft- und wasserdicht abzuschließen;
2. das Holz so herzurichten, daß es schon vermöge seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften weder von pflanzlichen Parasiten noch von Tieren (Käfern) angegriffen wird und auch den Atmosphärilien Widerstand leistet;
3. die Pflanzen und Tiere durch antiseptische Mittel abzuhalten.

Hier soll nun bewiesen werden, daß die erste dieser Methoden (luft- und wasserdichter Abschluß) nicht zum Ziele führt, die zweite aber höchst schwer ausführbar ist und in der Regel nur der dritte Vorgang in Anwendung treten kann.

Ad 1. Was den luft- und wasserdichten Abschluß betrifft, so ist es bisher nicht gelungen, das Holz so gut zu präparieren, daß wirklich und dauernd ein unbedingt wasser- und luftdichter Abschluß vorhanden gewesen wäre. Weder Lacke und Firnisse, noch Fette, Öle, Paraffin, Teer u. dgl., noch aber Krusten mineralischer Stoffe bieten eine Gewähr, daß das Holz dauernd luft- und wasserdicht abgeschlossen bleibt. Der geringste Riß im Holze zieht die Bildung einer ungeschützten Lücke nach sich, der Abschluß ist dann nicht mehr unbedingt wasser- und luftdicht.

Weiters sind auch die Hoffnungen, die man an einen wasser- und luftdichten Abschluß knüpft, unberechtigt. Glaubt man, Holz, welches mit Paraffin, Teer usw. — angenommen, wirklich luft- und wasserdicht — abgeschlossen worden ist, werde nicht zerstört werden? Warum nicht? Hat man denn durch den Anstrich die auf und in dem Holze befindlichen Keime zerstört? Durchaus nicht! Im Gegenteile: jetzt sind erst die Lebensbedingungen für solche Pilze, die nur bei Luftmangel zu gedeihen vermögen, geschaffen! Es lehrt die Erfahrung, daß angestrichene Geländer, Türstöcke, Fensterstöcke viel rascher zugrunde gehen als sonstiges in demselben Gebäude befindliches Holz. Der tückische Hausschwamm versäumt grundsätzlich nie, Türstöcke, Lamberien usw. zu befallen. Wie oft kommt es zudem vor, daß das Holz, welches wasser- und luftdicht abgeschlossen wird, im Zeitpunkte des Anstriches noch weit feuchter ist als die umgebende Luft. Die natürliche Folge davon ist, daß das rückbleibende Wasser geradezu unter Hochdruck die Zerstörung des Holzes herbeiführt. Es handelt sich hier nicht um Übertreibungen, man frage nur: Ist nicht oft ein Türstock, der mitten in die Mauer eingebaut wird, zur Zeit, wo er angestrichen wird, weit feuchter als die umgebende Luft?

Bisher wurde vorausgesetzt, es gelinge in der Regel, einen wirklich und dauernd luft- und wasserdichten Abschluß des Holzes herzustellen und so das Holz wenigstens gegen eine Zerstörungsursache, gegen die Einwirkung von Atmosphärilien, zu schützen. Würde dies nämlich gelingen, so hätte wenigstens die Verbindung eines Antisepticums mit einem wasser- und luftdichten Abschluß eine Berechtigung. Derartig konserviertes Holz könnte immerhin sowohl im Freien als auch in geschlossenen Räumen zweckmäßige Verwendung finden. Im Inneren des Holzes könnte vermöge des Vorhandenseins antiseptischer Stoffe keine

Zerstörung auftreten; vor der Einwirkung der Atmosphärilien, beziehungsweise vor Nässe allein wäre das Holz durch den Anstrich geschützt.

Es gelingt nun so gut wie niemals, einen Anstrich herzustellen, der bedingungslos wasser- und luftdicht wäre. Schon der Ausdehnungskoeffizient des Holzes ist ein anderer als der des Anstriches. Die Anstriche sind zwar meist elastisch, aber Risse — mindestens Haarrisse — bekommen sie doch. Im Freien erhält das Holz recht bald Risse, bis zu 1 *cm* Breite; der Anstrich muß hierbei unbedingt reißen.

Aus alledem folgt: Ein wasser- und luftdichter Abschluß des Holzes bringt im besten Falle, mit antiseptischer Behandlung des Holzes kombiniert, nur wenig mehr Gewinn als diese allein, in der Regel schadet er mehr als er nutzt.

Ad 2. Weit mehr Aussicht auf Erfolg hätte es, das Holz in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften so zu verändern, daß es gegen alle Schäden Widerstand leistet. Man hat versucht, dies auf drei Arten zu erreichen. Es mögen dieselben hier als

a) ölige Imprägnierung,
b) Versteinerung und
c) Auslaugung

bezeichnet werden.

a) Ölige Imprägnierung.

Was die ölige Imprägnierung anbelangt, so handelt es sich hierbei darum, die Holzfasern mit gewissen Stoffen, als dickem Mineralöle, Harz, Paraffin usw., zu durchtränken und auch die Zwischenräume zwischen den Fasern mit diesen Stoffen auszufüllen.

Nun macht es schon große Schwierigkeiten, selbst wässerige Lösungen mineralischer Stoffe in das Holz eindringen zu lassen. Gewisse ölige Stoffe, z. B. Petroleum, dringen wohl ziemlich gut ein, sobald es sich jedoch um zähere Flüssigkeiten handelt, z. B. um Paraffinöl, geht es schon schwer. Die Ursache liegt darin, daß einerseits das Holz noch Wasser enthält, welches sich mit den öligen Stoffen nicht mischt und so ein Eindringen erschwert, und anderseits sich im Inneren des Holzes noch Luft befindet, welche gleichfalls das Eindringen dieser Stoffe verhindert.

Um diesen Übelständen zu begegnen, müßte man das Holz ganz entfeuchten, also künstlich trocknen, hierauf evakuieren und dann erst imprägnieren. Auch dann gelingt es nicht, das Holz ganz mit öligen Stoffen zu durchtränken; denn diese Stoffe sind meist dickflüssig und dringen von Haus aus nicht gut in Holz ein. Aber auch da kann man bis zu einem gewissen Grade Abhilfe schaffen, indem man die öligen Stoffe erhitzt. Sie werden dann leichtflüssiger. — Im Handel kommt Holz vor, welches mit Destillationsprodukten der Naphthaindustrie getränkt ist.

Jedenfalls kann man nur in dem Falle einen befriedigenden Erfolg erreichen, wenn man zuerst künstlich trocknet, hierauf evakuiert und schließlich die erwärmten öligen Stoffe unter Druck auf das Holz einwirken läßt.

b) Versteinerung.

Der öligen Imprägnierung gegenüber bietet die Versteinerung noch größere Schwierigkeiten. Versteinertes Holz, welches man oft auf Ausstellungen sieht, ist in der Regel ein Naturprodukt und wird nur aus Gründen der Reklame als Kunstprodukt bezeichnet.

Eine Versteinerung erfordert in erster Linie, daß dem Holze sehr große Mengen an versteinernden Mitteln zugeführt werden. Solche Mittel müssen deshalb sehr billig sein. Weiters muß das Mittel die Eigenschaft besitzen, sich im Holze homogen und dicht abzusetzen. Das versteinernde Mittel muß auch im Wasser unlöslich sein. — Man konnte bisher auch nicht einer dieser Forderungen entsprechen.

Ein billiges Mittel wären Kochsalz, Magnesiumchlorid u. dgl. Diese Stoffe sind jedoch in Wasser gut löslich und hygroskopisch, so daß von einer Versteinerung keine Rede sein kann. — Wasserglas wäre auch ein geeignetes Mittel. Dasselbe ist jedoch nicht billig und reagiert alkalisch, so daß es das Holz stark angreift. Alkalische Stoffe dringen in der Regel schlecht in das Holz ein; sie quellen die Fasern. — Gelöschter Kalk wäre billig, würde auch das Holz gut versteinern, ist jedoch nicht leicht in Wasser löslich, so daß von ihm nur geringe Mengen in das Holz eingebracht werden können. — Natriumaluminat ($Na\,Al\,O_2$) wäre ein ganz gutes Mittel und dabei nicht zu teuer. Dasselbe reagiert jedoch gleichfalls alkalisch und setzt sich auch nicht dicht ab.

Ganz unmöglich wäre es, das Holz durh eine Doppelimprägnierung zu versteinern. Schon eine Imprägnierung allein macht, wenn man viel Imprägniermittel und dieses tief einbringen will, große Schwierigkeiten. Wenn nun das zweite Imprägniermittel mit dem ersten im Holze einen unlöslichen Niederschlag (die Versteinerung) bilden soll, so müßte es gerade so gut als das erste eindringen. Das kann es nicht; der gebildete unlösliche Niederschlag verhindert jedes weitere Eindringen.

Künstlich versteinertes Holz dürfte noch niemals auf den Markt gekommen sein und die Versteinerung stellt eine gewiß noch ungelöste und auch schwer lösbare Aufgabe dar.

c) Auslaugung.

Bei keiner Holzkonservierungsmaßnahme ist die unmittelbare Wirkung so deutlich ersichtlich, wie bei der Auslaugung.

Die höchste erreichbare Wirkung ist nämlich die vollständige Auslaugung des Holzextraktes. Es ist nicht zu leugnen, daß die völlige Entfernung des Holzextraktes in gewisser Beziehung von Vorteil sein kann. Aber diese Wirkung ist nicht zu überschätzen. Ist es richtig, daß Holzbohrkäfer vornehmlich solches Holz befallen, welches viel Stärke enthält, so kann angenommen werden, daß derartiges ausgelaugtes Holz gegen Holzbohrkäfer eine gewisse Immunität besitzen wird, weil die Stärke — allerdings nur zum Teile — ausgelaugt wird.

Aber diese günstige Wirkung würde sich erst nach langer Zeit, nach einigen Jahrzehnten, wenn der Zeitpunkt für die Zerstörung des Holzes durch Bohrkäfer überhaupt herangekommen ist, bemerkbar machen. Das ist also ein spät hervortretender Vorteil!

Vollständig vom Holzextrakte befreites Holz kann solange als nicht durch andere Umstände (echte Holzzerstörer, chemische Stoffe) eine Spaltung der Holzsubstanz stattfand, von Bakterien und einzelnen (die Holzsubstanz nicht spaltenden) Schimmelpilzen nicht befallen werden. Das kann als ein Vorteil angesehen werden.

Unbekannt ist es, in welcher Weise die Entfernung des Holzextraktes auf die Keimung der Sporen holzzerstörender Pilze wirkt und wie die Entfernung des Holzextraktes das Wachstum dieser Pilze beeinflußt (siehe Abschnitt VI). Es scheint ja diesfalls

zwischen den einzelnen Holzzerstörern ein Unterschied zu bestehen und es ist nicht unmöglich, daß einzelne Holzzerstörer mit Vorliebe nur vom Holzextrakte mehr oder weniger befreites Holz befallen.

Die Entfernung des Holzextraktes kann auf verschiedene Weise geschehen. Das Maß der Wirkung ist demgemäß verschieden.

α) Entfernung des Holzextraktes durch Überleitung von Wasserdampf.

Das Maß der Wirkung hängt von der Temperatur des Dampfes, von dessen Einwirkungsdauer und von der Holzdimension ab. Wasserdampf von über 100° C vermag — soferne das Holz diese Temperatur tatsächlich annimmt — unter Umständen nicht nur den Extrakt auszulaugen, sondern sogar die Holzsubstanz zu spalten. Eine solche Spaltung wäre jedenfalls von Nachteil. Liegt Dampf von 100° C vor, so kann von einer Spaltung der Holzsubstanz keine Rede sein.

Bei Holz von selbst nur mäßigen Dimensionen, z. B. Brettern, ist auf eine völlige Entfernung des Holzextraktes durch Dampf auch dann nicht zu rechnen, wenn der Wasserdampf eine Stunde und länger einwirkt. Um so weniger ist das bei Holz von größerer Dimension der Fall (Balken usw.).

Die Wirkung des Dämpfens wird sich also in der Regel nur auf die Oberfläche und die der Oberfläche zunächst gelegenen Holzpartien erstrecken, während das Innere des Holzes ganz unverändert bleiben wird.

β) Kochen des Holzes.

Die Wirkung ist eine ähnliche (sonach gleichfalls unzureichende) wie beim Dämpfen des Holzes. Von Vorteil wäre es, das Holz vor dem Kochen zu evakuieren.

Möglicherweise befördert die Zugabe einzelner Chemikalien den Auslaugeprozeß. Jedenfalls dürfen das aber weder freie Säuren noch freie Alkalien sein. Diese würden ja die Holzsubstanz selbst mehr oder minder angreifen.

γ) Flößen, Aufbewahren unter Wasser, Auslaugen.

Beim Flößen wird ein Teil des Holzextraktes an der Oberfläche des Holzes entfernt.

Gründlicher geschieht dies, wenn das Holz unter Wasser, speziell in fließendem Wasser aufbewahrt wird. Die Wirkung wird jedoch nur bei langer Einwirkungsdauer und kleiner Holzstöcke eine ziemlich radikale sein. Wird das Holz mit der Absicht unter Wasser gebracht, es vom Holzextrakte zu befreien, so kann von einer Auslaugung gesprochen werden.

Es kann aber auch nur die Absicht bestehen, das Wachstum von Holzzerstörern bis zum Zeitpunkte des Einbaues zu verhindern. Dann handelt es sich um eine einfache Aufbewahrung des Holzes unter Wasser. Diese Maßregel kann tatsächlich von Erfolg begleitet sein. Die Hauptmenge der Holzzerstörer vermag nämlich nicht unter Wasser zu wachsen.

Die physikalischen Eigenschaften des Holzes werden durch das Auslaugen nicht ungünstig beeinflußt.

δ) Vergärung des Holzextraktes.

Es handelt sich hier um einen ähnlichen Prozeß, wie bei der Natur- und Kunstwasserröste des Hanfes, Flachses usw. Auch hier beschränkt sich die Wirkung auf die Oberfläche. Künstlich könnte man den Holzextrakt durch mehrwöchentliche Aufbewahrung des Holzes in einem mit Wasser gefüllten, eventuell wärmbaren Bassin vergrößern. Dem Wasser würde beispielsweise: 0·25% Ammonnitrat, 1·0% Kaliumphosphat zuzugeben sein.

Die Vergärung geht schon bei gewöhnlicher Temperatur, (d. i. von etwa 10° bis etwa 25° C) vor sich. Besser wäre die künstliche Erwärmung auf + 37° C, ja vielleicht selbst auf 53° C, bei gleichzeitiger Zufuhr von Reinzuchten rasch vergärender Bakterien. Bei künstlicher Vergärung müßte, soferne Nitrate nicht zugeführt werden, für Neutralisation des Holzextraktes gesorgt werden. Das könnte in einfachster Weise durch Zugabe von Kalkstein geschehen.

Annähernd auf demselben Prinzip beruht die bereits geübte Aufbewahrung des Holzes in faulendem Urin. Nur ist hier die chemische Wirkung des Ammoniaks, die sich aller Wahrscheinlichkeit, wenn auch nur in geringem Maße, auch auf die Holzsubstanz erstreckt, zu berücksichtigen.

Bei der natürlichen Vergärung des Holzextraktes käme es auf eine Aufbewahrung des Holzes in Sumpfwasser an. Das

käme am billigsten. Die möglichen Vorteile und Nachteile der Entfernung des Holzextraktes wurden bereits mehrfach besprochen. Auch hier dürfte nur die Oberfläche ausgelaugt werden.

Kritik der Holzkonservierungsmittel.

Der luft- und wasserdichte Abschluß führt überhaupt nicht zum Ziele. Die ölige Imprägnierung ist schwer, die Versteinerung überhaupt nicht ausführbar. Die Entfernung des Holzextraktes schützt nur vor einzelnen Schimmelarten. Übrig bleibt nur: Anwendung antiseptischer Stoffe. Davon wird in den Abschnitten XV bis XVIII die Rede sein.

XIII. Abschnitt.[1])

Bauliche Maßnahmen gegen das Auftreten von Holzzerstörern.

Beispiel einer Assanierung bei festgestelltem Holzzerstörer.

Alle baulichen Maßnahmen gegen Holzzerstörer bezwecken einerseits die Abhaltung der Feuchtigkeit vom Holze, anderseits die Zufuhr von Luft zum Holze. Sowohl die Abhaltung von Feuchtigkeit, als auch die Zufuhr von Luft ist nicht so einfach durchzuführen, als es auf den ersten Blick scheinen würde. Damit ein Holzzerstörer durch Luft ernstlich geschädigt werde, ist die Zufuhr von sehr viel Luft nötig, soviel Luft, daß ein Luftzug entsteht.

Ob es gerade angenehm ist, in einem Gebäude zu wohnen, in dem (wenn auch nur unter dem Fußboden) ein ständiger Luftzug herrscht, bleibe dahingestellt. Jedenfalls ist das Problem: Reichliche Zufuhr von Luft zum Holze bei gleichzeitiger Warmhaltung des Gebäudes im Winter nicht allzu einfach. Übrigens genügt in sehr feuchten Gebäuden die Zufuhr von Luft allein nicht. Es wird sich in einem gut durchlüfteten Gebäude vielleicht nicht echter Hausschwamm, aber ein anderer Holzzerstörer, einer von jenen, die unter Brücken, Kegelbahnen usw., in vollem Luftzuge gedeihen, festsetzen.

Von weit mehr Erfolg begleitet ist die zweite Maßregel, die Abhaltung von Feuchtigkeit vom Holze. Aber auch der Durch-

[1]) Das hier Fehlende suche man im nächsten Abschnitte. Dieser und der nächste Abschnitt wurde unter Verwertung der Publikation von Oberstleutnant Petrin, dann von militärischen Vorschriften (Hochbau betreffend) bearbeitet.

führung dieser Maßregel sind Grenzen gezogen. Wer je in einer feuchten Sumpf- oder Waldgegend gewohnt hat, in der Nebel häufig auftreten, dem wird es klar sein, daß die schönsten Maßnahmen zur Abhaltung der Feuchtigkeit zunichte werden, sobald schon die Luft mit Feuchtigkeit voll ist. In solchen Gegenden gelingt es beispielsweise nicht einmal den Rauchtabak trocken zu erhalten! Ist da vom Holze zu verlangen, daß es trocken bleibt?!

Es braucht übrigens unter Umständen nicht einmal eine feuchte Gegend zu sein, in der die Abhaltung von Feuchtigkeit nicht gelingt. Es genügt, wenn ein Lokal ständig kühler ist als die Umgebung. Es kondensiert sich dann in diesem Lokale viel Feuchtigkeit, das Lokal wird ständig feucht sein. Dieser Fall tritt in Gärlokalen der Brauereien, in Kühlhäusern (Eiskellern) usw. auf.

Die Mittel der Baukunst finden in solchen Fällen ihre Grenzen!

Soll die Lebensdauer des Holzes auch da verlängert werden, so bleibt nur die Anwendung antiseptischer Mittel übrig.

Wenn auch bauliche Maßnahmen nicht immer zum gewünschten Ziele führen, so wäre es doch sträflich, diejenigen Maßnahmen zu unterlassen, die zur Abhaltung der Feuchtigkeit, zur Zufuhr von Luft führen.

Es folgt nun die Erörterung dieser Maßnahmen.

Fundierungen sind aus möglichst wasserundurchlässigen Materialien herzustellen und mit Isolierschichten zwecks Abhaltung der Erdfeuchtigkeit zu versehen.

Das wird aber bei sehr feuchtem Baugrunde nicht genügen, es wird vielmehr der Baugrund entwässert werden müssen.

Das zu verwendende Bauholz soll lufttrocken sein d. h. es soll vor der Verbauung womöglich 2 Jahre lang am Holzplatze gelagert haben.

Strengstens ist darauf zu sehen, daß das Holz nirgends mit Mauerwerk oder feuchtem Mörtel in Berührung komme. Besonders gefährlich ist die Berührung der Hirnholzenden mit dem Mauerwerke. Hirnholzenden sollen stets vom Mauerwerk einige Zentimeter weit abstehen. Am besten ist jeder Kontakt zwischen Holz- und Mauerwerk durch Zwischenschaltung einer (mindestens 1 *cm* dicken) Asphaltschichte, Zinkblech (nicht aber verzinktes oder verzinntes Eisenblech), Bleiblech usw. ganz auszuschließen.

Niemals darf Holz mit wasserundurchlässigen Mitteln (Teer, Paraffin, Asphalt usw.) bestrichen werden.

Angestrichene Fußbodenoberflächen, Fenster, Türen usw. sind unvermeidliche und nur darum zu duldende Ausnahmen von dieser Regel.

Bevor ein Gebäude in seinem Rohbaue nicht ausgetrocknet ist, sollte mit dem Verputzen nicht begonnen werden; ebensowenig soll in einem solchen Rohbaue, bevor der Verputz getrocknet ist, Holz eingebaut werden. Ökonomische Gründe („Zeit ist Geld") drängen aber oft dazu, von dieser Regel abzuweichen.

Schwierig ist die Wahl der Fußbodenunterfüllung. Am besten ist jene Unterfüllung, die am wenigsten hygroskopisch ist.

Einige Versuche in dieser Richtung hat schon R. Hartig durchgeführt.

Es würde jedenfalls gegen alle Regeln der Baukunst verstoßen, poröse Materialien, Materialien, die eine große Oberfläche besitzen, als Unterfüllung zu verwenden.

Solche Materialien sind beispielsweise Koks- und Ziegelstücke.

Ebensowenig dürfen mehr oder weniger wasserlösliche Füllmaterialien, z. B. Erde, Lehm, Holz, Kohle, Asche irgend welcher Art, eingebaut werden.

Schließlich sind auch jene Füllmaterialien unbrauchbar, die zu dicht sind, z. B. feiner Sand.

Brauchbare Füllmaterialien sind:

Grober gewaschener Flußsand (Korngröße über 2 *mm*), Kies, Flußschotter, Schlägelschotter.

Über weitere Maßnahmen siehe Abschnitt XIV.

Maßnahmen bei festgestelltem Holzzerstörer.

Zwecks Feststellung eines Holzzerstörers ist nach Abschnitt XIV vorzugehen und werden einzelne Maßnahmen in jenem Abschnitt ausgeführt werden. Dem vorliegenden Beispiele einer Assanierung ist ein ebenerdiges, nicht unterkellertes Lokal zugrunde gelegt, in dem ein Holzzerstörer, z. B. Polyporos vaporarius oder echter Hausschwamm, festgestellt wurde.

Für diesen Fall sind der Reihenfolge nach nachstehende Arbeiten zu bewirken:

a) Beseitigung des Fußbodenbeleges einschließlich der Polsterhölzer, der hölzernen Lambris, Fenster- und Türverkleidungen, der Türstöcke (die Einbeziehung der Türstöcke in die Assanierung ist unbedingt nötig!).

Sortierung des Holzes in solches, welches vom Holzzerstörer sehr stark angegriffen ist, keine Tragfähigkeit mehr besitzt und darum verbrannt werden muß, und in solches, welches vom Holzzerstörer nur mäßig oder gar nicht angegriffen ist und neuerdings eingebaut werden kann.

Selbstverständlich kann das neuerdings eingebaute ebenso wie das frisch bezogene einzubauende Holz nur im immunisierten Zustande (siehe Abschnitt XIV, dann die Abschnitte XV bis XVIII) eingebaut werden.

b) Beseitigung der Fußbodenunterfüllung zunächst des Infektionsherdes, entlang der Umfassungsmauern auf etwa 0·60 bis 0·90 *m* Breite, dann Feststellung, ob das Unterfüllungsmaterial trocken ist und auch den sonstigen, bereits angegebenen Anforderungen entspricht. Bejahenden Falles kann dasselbe im Lokale belassen und nach vorheriger Lufttrocknung gelegentlich der Wiederherstellung des Fußbodens unverändert weiter benutzt werden. Anderenfalls ist das Unterfüllungsmaterial im Bereiche des ganzen Lokales auszuheben, und wenn es feucht ist, im übrigen aber den bereits erwähnten Anforderungen entspricht — um es lufttrocken zu machen — aus dem Lokale zu schaffen, und an einem vor Regen geschützten, luftigen Orte in dünnen Schichten auszubreiten. Den Vorschriften nicht entsprechendes Materiale (wie beispielsweise: Mauerschutt, Kohlenlösche, durch Erde, Lehm oder Vegetabilien verunreinigter Schotter, Füllmaterial, das zwischen den vom Holzschwamm zerstörten Hölzern gelegen und vom Schwammmycel durchzogen ist usw.) ist gänzlich zu beseitigen und durch neues, zweckentsprechendes (reiner Schotter oder grobkörniger Sand u. dgl.) zu ersetzen.

Auf eine Austrocknung feuchter Füllmaterialien (Schotter und Sand) durch Röstung hat es in der Regel nicht anzukommen; diesbezüglich wird bemerkt, daß erst bei einer Temperatur von 160° C sämtliche Keime mit Sicherheit zerstört werden; bei 50° C wird allerdings schon das Hausschwammmycel vernichtet, es ist bisher aber nicht bekannt, bei welcher Temperatur die Sporen des Hausschwammes absterben; nach Analogie mit anderen Pilzen könnte gefolgert werden, daß letzteres bei 80° C der Fall ist.

Durch chemische Mittel können Fußbodenunterfüllungsmaterialien nicht sterilisiert werden.

c) Abschlagen des Mauerwerkverputzes und Auskratzen der Mauerfugen von der Sohle der Fußbodenunterfüllung bis 0·60 *m* oberhalb des Fußbodens.

d) Reichliches Austrocknen der bloßgelegten Bauteile durch Zuführung möglichst großer Mengen trockener Luft (Zugluft) sowie Vorkehrungen zur Abhaltung jeder, das Gebäude oder dessen einzelne Bestandteile gefährdenden Feuchtigkeit, beispielsweise durch Anlage von Entwässerungsgräben, Dachrinnen, Rigolen usw.

e) Hat das Gebäude unter der Wirkung der Grundfeuchtigkeit zu leiden, ist sonach die Annahme berechtigt, daß dieselbe die Entwicklung des Holzzerstörers begünstigt hat, so ist das Holz gegen diese Grundfeuchtigkeit zu schützen.

Im Sinne der Regeln der Baukunst sollte man daher unter dem Füllmateriale eine Isolierschichte, die kontinuierlich auch durch die angrenzenden Mauern zu legen wäre, anbringen.

Mit Teerdestillationsprodukten getränkte Pappe, Jute, also getränkte Gewebe aus der bekanntlich vergärbaren Cellulose (Abschnitt III) u. dgl., widerstehen nicht den Angriffen der Holzzerstörer. Werden diese Materialien verwendet, so ist über denselben noch eine mindestens 5 *mm* dicke Naturasphaltschichte als eigentliche Isolierschichte anzubringen.

Besser ist es, die Isolierschichte (mindestens 5 *mm* Asphalt) auf eine Beton- oder Ziegelpflasterunterlage anzubringen.

f) Bei feuchten Mauern ist der Mauerverputz unter dem Fußbodenniveau, dann auf 50 *cm* über demselben abzuschlagen, die Fugen auszukratzen und eine 1 *cm* dicke Asphaltschichte anzubringen. Statt Asphalt können bei weniger feuchten Mauern Anstriche der Mauer mit antiseptischen Stoffen, z. B. mit einer 20%igen Antipolypinlösung, angewendet werden.

g) Einbringen des entsprechend reinen und trockenen, neuen, beziehungsweise bereits in Verwendung gestandenen Füllmateriales auf die Isolierschichte in normaler Höhe.

h) Einbau der im Sinne des Vorstehenden unbedingt antiseptisch behandelten neuen, sowie der bereits in Verwendung gestandenen, zur Wiederbenutzung als brauchbar erkannten und gleichfalls antiseptisch behandelten Hölzer.

Mit Farben- oder Lackanstrichen versehene Hölzer sind mit antiseptischen Stoffen erst nach vorheriger gründlicher Entfernung jener Anstriche zu behandeln.

Soferne es sich um die gleichzeitige Infektion mehrerer Lokale handelt, ist alles neu beschaffte und imprägnierte Holz getrennt von dem bereits eingebaut gewesenen, gleichfalls imprägnierten, einzubauen.

Auf keinen Fall darf sich in einem von Holzzerstörern, besonders Hausschwamm, befallen gewesenen Lokale nach seiner Assanierung auch nur das kleinste gegen Hausschwamm nicht immunisierte Holz befinden.

XIV. Abschnitt.

Weitere Maßnahmen vor, während und nach einem Baue.

Rechtliche Fragen.

a) Wahl des Konstruktionsmateriales.

Die Verwendung von Holz in Gegenden, in welchen das Holz erfahrungsgemäß häufig von holzzerstörenden Pilzen gefährdet ist, soll von Hause aus möglichst eingeschränkt werden.

Ist aber die Verwendung von Holz in solchen Gegenden nicht zu umgehen, so soll nur mit antiseptischen Stoffen imprägniertes Holz eingebaut werden. Die Unterlassung dieser Maßregel, also Verwendung nicht immunisierten (nicht imprägnierten) Holzes ist ein grober Verstoß, für den der Erbauer des Hauses bei entstehendem Schaden unbedingt zu haften hätte, und zwar ganz unabhängig von der Art des Holzzerstörers, ganz unabhängig von der Art seiner Einschleppung (Mycel oder Sporen). Die Verwendung von Holz in den vorerwähnten Gegenden empfiehlt sich in nachstehenden Fällen nicht:

a) Fußböden im Erdgeschoße;
b) eingemauerte Tramdecken;
c) Stalldecken;
d) stark betretene Gänge im Erdgeschoße.

Statt Holzfußböden wird man Xylolith-, Magnolith-, Asbest-, Asphaltbrettelböden usw. verwenden. Auf jeden Fall ist bei der Kostenberechnung der Umstand in Rechnung zu ziehen, daß nur immunisiertes Holz Verwendung finden

kann und die im Abschnitte XIII erwähnten baulichen Maßnahmen ergriffen werden müssen.

b) Allgemeine Maßnahmen bei Neubauten und Umbauten.

Fußböden ebenerdiger Lokale sind wenigstens 0·90 *m* oberhalb des Außenterrains anzubringen. Bezüglich der Isolierung gegen aufsteigende Feuchtigkeit und Isolierung der Mauern gelten bei Neubauten (Adaptierungen) die bereits im Abschnitte XIII erwähnten Maßnahmen. Als Füllmaterial empfiehlt sich, wie dort schon erwähnt, in erster Linie von Vegetabilien freier Flußschotter, dann Schlägelschotter. Von den Sandsorten ist nur grobkörniger (Korngröße über 2 *mm*) Flußsand, nicht aber Bergsand verwendbar.

Die Bauausführungen sollten mit Rücksicht auf die Jahreszeit und den Beendigungstermin so eingerichtet werden, daß die bei der Erhärtung des Mörtels entwickelte Mauerfeuchtigkeit schon vor Einbau des Holzes zum größeren Teile entweichen kann. Niemals darf auf die Anbringung von eventuell nötigen Abwässerungsanlagen vergessen werden.

c) Über den Bezug von Holz.

Für das Holz von Neu- und Umbauten besteht in Gegenden, in denen holzzerstörende Pilze in Gebäuden häufiger vorkommen, eine ganz ausgesprochene Gefahr.

Diese Gefahr wird einigermaßen herabgemindert, wenn nur vertrauenswürdige Firmen, die für die Lieferung abgelagerten gesunden Holzes bürgen, zur Lieferung herangezogen werden. Holzbestellungen müssen derart zeitgerecht bewirkt werden, daß den Lieferanten die Möglichkeit geboten werde, gutes trockenes (abgelagertes) Material zu beschaffen. Ist das Holz dem Aussehen oder der Provenienz nach verdächtig, von holzzerstörenden Pilzen befallen zu sein, so empfiehlt sich die Vornahme der in Abschnitt XI erwähnten Untersuchungen.

Es empfiehlt sich für das Holz eine möglichst lange Haftpflicht (3 bis höchstens 5 Jahre) zu bedingen. Im bezüglichen Vertrage ist insbesondere die Bestimmung aufzunehmen, daß der Holzlieferant für jeden durch Pilze entstehenden Schaden, möge der Schade wie immer entstanden, der Pilz wie immer eingeschleppt worden sein, haftet. Wird

die Haftpflicht auf einen bestimmten Pilz (z. B. Hausschwamm) oder auf eine Art der Einschleppung (Mycel) beschränkt, so gibt dies Anlaß zu endlosen Prozessen, deren Ausgang ganz unübersehbar ist.

d) Maßnahmen zwecks zeitgerechter Feststellung des Vorhandenseins holzzerstörender Pilze in Gebäuden.

Erfahrungsgemäß treten Holzzerstörer bei Neubauten und Umbauten innerhalb der ersten sechs Bestandesjahre auf; nach dieser Zeit ist das Auftreten holzzerstörender Pilze geradezu selten. Besonders gefährdet, weil die Entwicklung von Holzzerstörern fördernd, sind dem Wetter ausgesetzte, nicht unterkellerte Gebäude.

Während sich die in einem Gebäude schon vorhandenen Holzzerstörer anfänglich nur durch ihr Mycel verbreiten können, wächst die Gefahr der Verschleppung innerhalb eines Gebäudes (Gebäudekomplexes) mit der Bildung von Fruchtträgern. Es stellt sich die Möglichkeit der Weiterverbreitung durch Sporen ein. Es kommt also alles darauf an, das Vorhandensein einer Infektion so frühzeitig als nur möglich festzustellen. Je früher die Infektion festgestellt wird, desto leichter ist die Abgrenzung (Lokalisierung) derselben, desto einfacher sind die Gegenmaßnahmen.

Die erste Untersuchung des Holzes in einem Neubaue soll 6 bis 12 Monate nach dem Einbaue des Holzes geschehen. Hierbei sind pro Lokal ebener Erde mindestens zwei Fußbodenbretter auszuheben und auf der Aufliegeseite sowie an den Stirnseiten zu besichtigen, und zwar vornehmlich Bretter nächst der feuchtesten Mauerseite. Bei diesem Vorgange kann das Vorhandensein eines Holzzerstörers nur schwierig übersehen werden.

Ist ein Brett verdächtig, so ist es nach Abschnitt XI zu untersuchen.

In oberen Stockwerken kann die Untersuchung — gleiches Holz vorausgesetzt — vereinfacht werden, soferne in den Parterrelokalen kein Holzzerstörer gefunden wurde.

Fand sich aber in einem Lokale ein Holzzerstörer vor, so ist die Untersuchung mit größter Gründlichkeit auf die Nebenlokale, dann alle in derselben Mauerflucht und in demselben Stockwerke befindlichen Räume auszudehnen, so daß der Umfang der Infektion genauestens festgestellt wird.

Wichtig ist es, den Holzzerstörer zu bestimmen. Hierzu werden charakteristische Holzproben entnommen und entweder an eine Untersuchungsanstalt übersendet (siehe Abschnitt XI) oder versiegelt als corpora delicti aufbewahrt. Höchst wichtig zur Feststellung der Art des Holzzerstörers sind die Fruchtträger und es ist gründlich nach deren Vorhandensein zu forschen.

e) Maßnahmen bei festgestellten Holzzerstörern.

Wurde nach 6 Monaten, beziehungsweise einem Jahre, kein Holzzerstörer gefunden, so ist die Untersuchung nach zirka $1^1/_2$ Jahren zu wiederholen. Wurden dagegen Holzzerstörer festgestellt, so ist das infizierte Holz tunlichst freizulegen, so daß möglichst viel Luft hinzu kann. Bietet sich Gelegenheit, das infizierte Holz trocken im Freien luftig zu lagern, so soll diese Gelegenheit nie verabsäumt werden.

Alles infizierte Holz zu verbrennen ist unverzeihlicher Leichtsinn, ist Verschwendung, ist Vandalismus und führt trotzdem nicht zum Ziele, d. i. zur Ausrottung des Holzzerstörers.

Die Zeiten, wo man so verfuhr und darum keinerlei Erfolge erzielen konnte, ja geradezu dem Hausschwamme machtlos gegenüberstand, sind längst vorüber. Künftighin gelte die Regel:

Auf ein Verbrennen des infizierten Holzes hat es nur dann anzukommen, wenn festgestellt wird, daß der Zerstörungsgrad des Holzes eine derartige Verminderung der Festigkeit nach sich gezogen hat, daß eine Wiederverwendung desselben im immunisierten Zustande nicht mehr möglich ist.

In allen übrigen Fällen ist die Wiederverwendung des infizierten Holzes — soferne es nur tragfähig ist — nicht nur möglich, sondern weit besser als die Verwendung frischen Holzes.

Diese Angaben stützen sich sowohl auf Laboratoriumsversuche, als auch auf Beobachtungen aus der Praxis bei großen Holzquantitäten.

Es ergab sich nämlich:

1. Da Reste von Holzzerstörern — mögen auch noch so strenge Maßregeln ergriffen worden sein — unbedingt im Gebäude (Mauerwerk, Unterfüllung, scheinbar noch gesundem Holz) übrig-

bleiben, so ist neu eingebautes Holz auf alle Fälle einer hohen Infektionsgefahr ausgesetzt und nur der Einbau immunisierten (imprägnierten) Holzes in ein solches Gebäude gestattet.

2. Bereits eingebaut gewesenes, wenn auch von Holzzerstörern angegriffenes Holz ist in der Regel trockener als frisch bezogenes.

3. Holz, welches bereits von Holzzerstörern befallen war, ist gegen neuerliche Angriffe von Holzzerstörern widerstandsfähiger als frisches Holz; es erlangt einen — allerdings beschränkten — Grad natürlicher Immunität.[1])

4. Wird schon eingebaut gewesenes Holz, das von Holzzerstörern befallen ist, einige Wochen lang vor Regen geschützt im Freien aufbewahrt (gelüftet) und hierauf fachgemäß imprägniert (immunisiert), so gehen in und darauf befindliche Holzzerstörer unbedingt zugrunde.

Auch hier sei bemerkt:

Grenzenloser Leichtsinn wäre es, in ein Gebäude, in dem Holzzerstörer vorgefunden wurden, neu bezogenes Holz in nicht immunisiertem (nicht imprägniertem) Zustande einzubauen. Das hätte fast mit Sicherheit das Wiederauftreten des Holzzerstörers am neu eingebauten Holze zur Folge.

f) Maßnahmen nach beendigtem Baue.

Gebäude, in denen Holzzerstörer vorgefunden wurden und bei denen Assanierungsarbeiten stattfanden, sind 3 Jahre lang jedes Halbjahr einer eingehenden Besichtigung nach Punkt *d)* zu unterziehen.

Wurde nur immunisiertes Holz verwendet, so können hierbei nur lokale Schäden festgestellt werden. Diese sind sofort zu beheben.

Ist 3 Jahre nacheinander bei einem assanierten Gebäude das Wiederauftreten des Holzzerstörers nicht festgestellt worden, so kann die Gefahr als beseitigt angesehen werden.

---

[1]) Dies ist zu erklären mit:

a) Anhäufung von giftigen Stoffwechselprodukten;

b) Verzehrung der Mineralsalze und der Stickstoffquellen.

Abweichend hiervon gab Schorstein eine Erklärung (Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereines, Heft 20 v. J. 1902).

XV. Abschnitt.

Anforderungen an die zur Holzkonservierung benutzten antiseptischen Mittel.

Die Brauchbarkeit eines Universal-Holzkonservierungsmittels, d. i. eines solchen, welches sich sowohl zum Konservieren von im Freien benutzten Holzes (z. B. Eisenbahnschwellen), als auch zum Konservieren von solchem Holze, welches sich im Inneren der Gebäude, also unter Dach befindet (Fußbodenbretter, Balken u. dgl.), eignen soll, wird durch nachstehend angeführte und gleichzeitig näher besprochene Eigenschaften desselben bedingt:

1. Hohe Wirksamkeit.

Diese Forderung ist unter allen Umständen die wichtigste. Eine hohe Wirksamkeit ist immer die Folge hoher antiseptischer Eigenschaften des betreffenden Mittels. Ein gutes Antiseptikum kann ein schlechtes Holzkonservierungsmittel sein, niemals kann jedoch ein schlechtes Antiseptikum ein gutes Holzkonservierungsmittel bilden. — Von der öligen Imprägnierung muß an dieser Stelle natürlich ganz abgesehen werden; ihre Wirksamkeit beruht nicht auf antiseptischer Grundlage.

Unsere gebräuchlichen Holzkonservierungsmittel besitzen nicht durchwegs hohe Wirksamkeit, d. h. sie sind zum Teile schlechte Antiseptika.

Nadelholz, welches nach dem Burnett-Breantschen Verfahren mit Chlorzink von 1·6 Bé (1·3%) frisch imprägniert wurde, zeigte, wenn es bei beschränktem Luftzutritte 8 Tage lang feucht aufbewahrt wurde, reichliche Schimmelbildung und

war gegen Hausschwamm durchaus nicht immun. Kleine Holzstücke, welche 3 Tage lang in einer Kupfervitriollösung lagen (2·5%ig) erwiesen sich als durchaus nicht widerstandsfähig gegen Angriffe des Hausschwammes. — Dagegen sind Teeröle, die einen entsprechenden Gehalt (mindestens 20%) an Phenolen besitzen, kräftige Antiseptika, und das ist auch der Grund, daß man sie dort verwendet, wo Chlorzink und Kupfervitriol versagen würden, z. B. zur Imprägnierung besonders gefährdeter Eisenbahnschwellen.

Hier sei auf einen — wahrscheinlich hie und da noch geglaubten — fundamentalen und nahezu unheilvoll wirkenden Irrtum hingewiesen, nämlich auf die Annahme, daß die Wirksamkeit eines antiseptischen Metallsalzes nur von dem Gehalte (der Menge) an Metall abhängig sei und die Säure, an welche das Metall gebunden ist, keine Rolle spiele. So einfach sind die Gesetze der antiseptischen Wirkungen, der Giftwirkungen, nicht. Würde das Gegenteil behauptet worden sein (nämlich die Abhängigkeit von der Säure), so hätte man sich fast mehr der Wahrheit genähert. — Durch exakte Versuche, die in großer Anzahl teils auf Gelatine, teils auf Holz zur Durchführung gelangten, wurde unzweifelhaft bewiesen, daß die Wirksamkeit eines antiseptischen Metallsalzes weder ausschließlich von der Säure, an welche das Metall gebunden, noch ausschließlich von der Natur oder der Menge an Metall abhängig ist. Es treten vielmehr bald die kräftig antiseptische Natur des Metalles (Beispiel: Quecksilberverbindungen), bald wieder die hohen antiseptischen Eigenschaften der Säure (Beispiel: Flußsäure) in den Vordergrund und geben den Ausschlag. — Wie häufig entweder die Art des Metalles oder die Art der Säure den weitaus überwiegenden Einfluß ausübt, ergeben nachstehende Beispiele.

Quecksilberchlorid und Quecksilberfluorid sind ungefähr gleich wirksam, obwohl Flußsäure weit kräftiger antiseptisch wirkt als Chlorwasserstoffsäure. Auch Quecksilberacetat steht diesen Salzen an Wirksamkeit nur wenig nach, wenngleich die Essigsäure kaum antiseptische Eigenschaften besitzt. Bei Quecksilberverbindungen gibt stets das Metall (und zwar die Natur desselben, nicht nur dessen Menge) den Ausschlag.

Nun seien die Natriumsalze dieser drei Säuren (Salzsäure, Flußsäure, Essigsäure) betrachtet.

Natriumchlorid (Kochsalz) wirkt kaum antiseptisch, Natriumfluorid ist ein gutes Antiseptikum, Natriumacetat ist überhaupt kein solches. Man sieht, daß bei den Natriumsalzen die Natur der Säure den Ausschlag gibt. Das Metall tritt ganz in den Hintergrund.

Ebenso wie alle Salze des Quecksilbers antiseptisch wirken, wirken auch alle Salze der Flußsäure antiseptisch. In letzterem Falle ist die Natur der Säure — der Flußsäure — und nicht die Natur des Metalles für das Vorhandensein einer antiseptischen Wirkung maßgebend. Es sind beispielsweise Fluorkalium, Fluornatrium, Fluorammonium, Fluorzink, Fluorkupfer durchwegs kräftige Antiseptika und die Unterschiede in der Wirksamkeit der einzelnen Salze durchaus nicht große.

2. Beständigkeit.

Das benutzte Antiseptikum darf sich nicht verflüchtigen oder sich mit dem Holze in unwirksame Verbindungen umsetzen.

Aus diesem Grunde wäre beispielsweise die Verwendung des flüchtigen Formaldehyds oder der sich mit dem Holz in unwirksame Verbindungen umsetzenden Chlorpräparate (Chlorkalk, unterchlorige Säure usw.) ausgeschlossen.

Der Besprechung der Beständigkeit reiht sich am besten nachstehender Gegenstand an:

Beeinflussung der Wirkung antiseptischer Stoffe durch das umgebende Medium.

In Hochbauten ist das Holz meist nur von Luft umgeben. Höchstens stößt es (meist nur mit kleineren Flächen) an Mauerwerk, Füllmaterialien usw. an. Ähnliche, jedoch etwas ungünstigere Verhältnisse liegen bei Eisenbahnschwellen vor. Die Schwellen sind auf einer bis drei Flächen mit Schotter oder selbst Erde umgeben. Am ungünstigsten ist die Sachlage bei Telegraphenstangen,[1]) indem sich dieselben teils innerhalb, teils außerhalb der Erde befinden — was schon an und für sich rein physikalische Zerstörungen nach sich ziehen kann — dann weil der in Erde befindliche Teil fast ständig feucht bleibt und darum der Zersetzung durch Pilze besonders ausgesetzt ist.

[1]) Anregungen über diesen Gegenstand gaben mir die Herren Ingenieure Knabe (Olmütz) und Havelik (Prerau).

Aber gegen die Pilze hätte man Abhilfe; weniger gegen die Wirkung der Erde auf das Antiseptikum.

Erde, Gestein (Kalkstein) enthält stets Karbonate. Wie wirken dieselben auf das Antiseptikum ein? Das Holz sei mit dem Salze eines Schwermetalles, etwa mit Kupfervitriol oder Chlorzink imprägniert. Ein höchst einfaches Laboratoriumsexperiment zeigt die Art der Wirkung.

Man koche Chlorzink einerseits, Kupfervitriol anderseits mit kalkreicher Erde, besser mit Kalksteinpulver oder Kreidepulver. Es gehen nachstehende Prozesse vor sich:

a) $Zn\,Cl_2 + Ca\,CO_3 = Zn\,CO_3 + Ca\,Cl_2$;

b) $Cu\,SO_4 + Ca\,CO_3 = Cu\,CO_3 + Ca\,SO_4$.

Interessant ist der Versuch beim Kupfersulfat. Die ursprünglich blaue Lösung läuft beim Filtrieren farblos ab. Das Kupfersulfat ist verschwunden und statt dessen Kupferkarbonat nebst Gips vorhanden.

Kupferkarbonat ist in Wasser unlöslich, daher unwirksam (siehe 8); Calciumsulfat (Gips) aber kann das Pilzwachstum höchstens fördern.

Soweit, als ein Karbonat drang (Calciumkarbonat in Form des in Wasser etwas löslichen $Ca\,H_2(CO_3)_2$ oder als Alkalikarbonat), ist das Antiseptikum zerstört unwirksam geworden. Es wird also ganz unabsichtlich eine Versteinerung erzielt. Da es sich aber nur um eine unvollständige Versteinerung handelt, so bringt dieselbe auch nicht den geringsten Nutzen, sondern infolge Unlöslichwerdens des Antiseptikums nur Schaden.

Rasch werden freie Säuren neutralisiert, z. B. Schwefelsäure:

$$H_2\,SO_4 + Ca\,CO_3 = Ca\,SO_4 + CO_2 + H_2\,O.$$

Ähnlich ist es bei Flußsäure:

$$2\,HF + Ca\,CO_3 = Ca\,F_2 + CO_2 + H_2\,O.$$

Schwieriger geht dieser Prozeß bei Stoffen vor sich, die in Wasser schwer löslich sind. Hierzu zählen beispielsweise Quecksilberchlorid, das sich in Quecksilberchlorür umwandelt, und saures Zinkfluorid, das in neutrales, schwer lösliches Zinkfluorid übergeht (siehe unter 11).

a) $Hg_2\,Cl_2 + Ca\,CO_3 = Hg_2\,CO_3 + Ca\,Cl_2$;

b) $Zn\,F_2 + Ca\,CO_3 = Ca\,F_2 + Zn\,CO_3$.

Diese beiden Prozesse gehen nur sehr langsam vor sich.

Neutrale, in Wasser schwer lösliche Stoffe, z. B. hochsiedende Phenole, β-Naphthol erfahren in Erde zumindestens keine rasch vor sich gehende Zersetzung.

Freie Alkalien übergehen in die entsprechenden Karbonate und ebenso Salze schwacher Säuren. Z. B. bei Phenolnatrium:

$$2\,C_6H_5ONa + CO_2 + H_2O = Na_2CO_3 + 2\,C_6H_5OH.$$

Über diesen Gegenstand siehe unter 11.

3. Geruchlosigkeit.

Diese Forderung wird nur für Holz gestellt, welches sich im Inneren bewohnter Räume befindet.

Unsere bisherigen besten Holzkonservierungsmittel, die Teeröle, besitzen einen derart intensiven Geruch, daß sie im Inneren bewohnter Räume nicht oder nur bedingt verwendet werden können. Ein schwacher Geruch stört jedoch nicht. Versuche ergaben nämlich, daß eine Lösung von 5%igem, reinstem karbolsauren Natron, das auf das Holz appliziert wurde (Bretter), durch ihren Geruch kaum noch störend wirkte.

4. Gefällige Farbe des Konservierungsmittels.

Bei bewohnten Baulichkeiten kann eine ungefällige Farbe des Holzkonservierungsmittels, z. B. die gelbe Farbe, oft unangenehm wirken.[1])

5. Ungiftigkeit.

Giftigkeit ist ein relativer Begriff. Alle Holzkonservierungsmittel (und Antiseptika überhaupt) sind giftig. Die Giftigkeit darf nur ein bestimmtes Maß nicht überschreiten.

Das sehr giftige Quecksilbersublimat erschwert schon bedeutend die Hantierung und darf in bewohnten Räumen nur ausnahmsweise gebraucht werden. Die Verwendung von Arsenik (wenn dasselbe überhaupt ein brauchbares Antiseptikum wäre) bliebe unter allen Umständen und überall ausgeschlossen. Bei den auch giftigen Phenolen, beim gleichfalls noch giftigen Kupfervitriol spielt dagegen die Giftigkeit, weil nicht mehr erheblich, überhaupt keine Rolle. Erfahrungen ergaben, daß die mäßig giftigen Fluorpräparate überall ohne Schaden für die Gesundheit verwendet werden können.

---

[1]) Ist das Mittel sonst hervorragend wirksam (bei Antinonnin und Antigermin der Firma Friedrich Bayer & Comp. ist dies der Fall), so muß dieser Nachteil in den Kauf genommen werden.

6. Durchlässigkeit für Luft und Wasser.

Es wurde bereits bemerkt, daß ein luftdichter und wasserdichter Abschluß dem Holze nur schadet. Wenn dieser Abschluß aus einem Antiseptikum besteht, so steht ein Nachteil einem Vorteile gegenüber.

7. Das Holzkonservierungsmittel darf die Holzfaser nicht zerstören.

Ein treffendes Beispiel bildet in dieser Beziehung die oft zur Holzkonservierung benutzte Schwefelsäure. Dieselbe verwandelt, wenn auch noch so verdünnt, in größerer Menge angewendet, das Holz in eine braune, bröckelige Masse. Die gleiche Wirkung rufen die meisten — jedoch nicht alle — freien Säuren hervor. Sie führen nämlich die Cellulose des Holzes nach Spaltung der Holzsubstanz zunächst in Hydrocellulose, eine zerreibliche Substanz, über. Bei einzelnen Säuren, z. B. Schwefelsäure, schreitet die Zersetzung zudem noch viel weiter, es bilden sich kohlige Produkte.

Auch viele Chlorverbindungen würden ähnliche Folgen wie Säuren herbeiführen.

8. Billigkeit.

Die Frage: Wie billig soll ein Holzkonservierungsmittel, beziehungsweise Holzkonservierungsverfahren sein? läßt sich nur in jedem einzelnen Falle auf Grund der besonderen Verhältnisse rechnerisch feststellen.

Die Imprägnierung der Eisenbahnschwellen bedeutet für manche Bahnverwaltungen eine große jährliche Ersparnis. Dieselbe lohnt sich unter allen Umständen.

9. Wasserlöslichkeit.

Stoffe, die in Wasser ganz unlöslich sind (beispielsweise Baryumsulfat, Calciumkarbonat), können keine antiseptische Wirksamkeit entfalten. Nur wasserlösliche Stoffe — möge die Löslichkeit eine auch noch so beschränkte sein — wirken antiseptisch und demgemäß konservierend.

Wenn schon selbst antiseptische Bestandteile (Säuren oder Metalle) enthaltende, jedoch in Wasser unlösliche Stoffe das Holz

nicht konservieren, so gilt das um so mehr für in Wasser unlösliche, nicht antiseptisch wirkende Mittel. Solche Stoffe schützen das Holz durchaus nicht vor der Zerstörung. Es bleibt immer die der Zerstörung unterworfene Holzfaser neben dem ganz inaktiven fremden Stoffe bestehen. Erst wenn sich im Holze soviel fremde Stoffe befänden, daß eine völlige Versteinerung erzielt würde, erst dann würden sich auch nicht antiseptisch wirkende, in Wasser unlösliche Stoffe als wirksam erweisen.

10. Leichtes Eindringen in das Holz.

Flüssige Stoffe, die im Wasser nicht löslich sind, vermögen in der Regel nicht gut in das Holz einzudringen. Im besten Falle und unter sonst gleichen Verhältnissen dringen sie so tief in das Holz ein, als dies Wasser tun würde.

Exakte Versuche über diesen Gegenstand fehlen noch. Immerhin darf aber angenommen werden, daß das Holz auf einzelne in Wasser gelöste Stoffe, z. B. auf Farbstoffe, als Filter wirkt, d. h. vom Farbstoffe dringt nichts in das Holz ein. Emulsionen flüssiger, wasserunlöslicher Stoffe in Wasser dürften sich wie Farbstofflösungen verhalten.

Bei der Imprägnierung des Holzes mit Teerölen konnte die Wahrnehmung gemacht werden, daß zumindest ein Teil derselben überhaupt nicht ins Holz eindringt, sondern an der Oberfläche bleibt.

Einzelne Stoffe dringen unter geeigneten Bedingungen (Anwendung von Druck nach vorhergegangener Evakuierung, vorheriges Trocknen des Holzes bei höherer Temperatur) in das Holz ein, entweichen dann aber wieder aus demselben.

Zur Erreichung einer größeren Eindringungstiefe hat man oft die wasserunlöslichen Teeröle mit solchen Stoffen vermengt, die einerseits die Teeröle lösen, anderseits im Wasser selbst löslich sind. Ein solcher Stoff ist beispielsweise der Alkohol. — Es gelang so, eine weit größere Eindringungstiefe zu erzielen als ohne Alkohol. Dieses Verfahren ist natürlich recht teuer.

Unter allen Umständen bleibt stets ein wasserlösliches, an und für sich mit dem Wasser eindringendes Antiseptikum das beste Holzkonservierungsmittel.

II. Schwere Auslaugbarkeit.

Stets muß der Grundsatz aufrecht erhalten werden, daß das Imprägnierungsmittel leicht in das Holz eindringbar, dabei aber schwer auslaugbar sein soll.

Die Befürchtungen betreffs der leichten Auslaugbarkeit sind meist unbegründet. Selbst bei der Imprägnierung von Eisenbahnschwellen unter Druck mit dem leicht in Wasser löslichen Chlorzink hat sich die Sorge, es werde das Holz bald gänzlich ausgelaugt sein, als übertrieben herausgestellt.[1])

Bei einzelnen Holzkonservierungsmitteln, in erster Linie bei Quecksilbersublimat, findet zudem im Holze eine Spaltung statt (beim Sublimat in Kalomel und Salzsäure), von welchen eine in Wasser schwer löslich ist.

$$[2\,Hg\,Cl_2 + H_2\,O = Hg_2\,Cl_2 + 2\,H\,Cl + O].$$

Nicht unlöslich; unlösliche Verbindungen sind gänzlich unwirksam!

Das Quecksilbersublimat stellt von diesem Gesichtspunkte aus das Beispiel eines guten Holzkonservierungsmittels dar. Man nennt derartige Spaltungen, bei welchen schwer lösliche Verbindungen entstehen, die Fixierung. Die Fixierung ist derart wichtig, daß sie hier für zwei der wichtigsten Gruppen von Holzkonservierungsmitteln, nämlich für Phenole und Fluorverbindungen besprochen werden soll.

a) Fixierung bei Phenolen.

Die Phenole an und für sich erfahren keinerlei Fixierung. Sie sind schwer in das Holz einzubringen und werden — relativ — leicht ausgelaugt. Dagegen liegt bei Lösungen von wasserunlöslichen Phenolen in Ätzalkalien ein sehr interessanter Fall von Fixierung vor. Das schönste Beispiel dieser Art ist die Fixierung des β-Naphthols (Bestandteil im Präparate Antipolypin, siehe Abschnitt XVIII). Das β-Naphthol ist ein aromatisches Phenol der Naphthalinreihe von der Formel: $C_{10}\,H_7\,OH$ und besitzt einen sehr hohen antiseptischen Wert. Dasselbe löst sich aber nur sehr schlecht (0·1 bis 0·2%) in kaltem, beziehungsweise warmen Wasser. Dagegen löst es sich sehr gut in Natronlauge ($Na\,OH$)

[1]) Die ungünstigen Ergebnisse beim Imprägnieren (von Buchenschwellen) mit Chlorzink liegen lediglich in dessen geringen antiseptischen Wirkungen.

und es kann angenommen werden, daß sich hierbei die sehr lose Verbindung: $C_{10} H_7 OH + Na OH = C_{10} H_7 O Na + H_2 O$ bilde, die in Wasser gut löslich ist.

Sobald diese Verbindung im Holze fein zerteilt ist, findet, soweit als die Kohlensäure der Luft Zutritt hat, eine Spaltung im Sinne der Formel: $2 C_{10} H_7 O Na + CO_2 + H_2 O = Na_2 CO_3 + 2 C_{10} H_7 OH$ statt. Es wird demgemäß β-Naphthol rückgebildet; die Löslichkeit desselben aufgehoben. Findet eine Auslaugung statt, so geht zuerst das $Na_2 CO_3$, welches die Löslichkeit einigermaßen fördert, weg und übrig bleibt das schwer lösliche β-Naphthol.

b) Fixierung bei Fluorverbindungen.

Fluorverbindungen besitzen die Eigenschaft, zwei Reihen von Salzen zu bilden: saure Salze und neutrale Salze.

Bei den Alkalisalzen der Flußsäure sind sowohl die sauren als auch neutralen Verbindungen in Wasser gut löslich. Anders bei den Salzen des Magnesiums, Aluminiums, dann der Schwermetalle. Diese besitzen mehr oder weniger die Eigenschaft, in Wasser zwar ziemlich gut löslich zu sein, aber auch die Eigenschaft, sich, wenn einmal eingetrocknet, nur schwierig zu lösen. Der Hauptsache nach beruht diese Eigenschaft auf einem Entweichen freier Flußsäure, vielleicht aber auch auf der Bildung basischer Fluorverbindungen. Als Beispiel diene das saure Zinkfluorid:

$$\underbrace{Zn F_2 . 2 HF}_{\text{saures Zinkfluorid (gut löslich)}} = 2 HF + \underbrace{Zn F_2}_{\text{neutrales Zinkfluorid (schwer löslich)}}.$$

Bei Holz, welches vor Regen geschützt verwendet wird, kommt dem Auslaugen keinerlei Bedeutung zu. Dies gilt fast für jegliches Holz, welches im Hochbaue verwendet wird.

Es ist entschieden nur ein unrichtig angebrachter Vorwand, wenn man die geringe Wirksamkeit einzelner Stoffe, die z. B. auf nassen Mauern im Inneren von Brauereien verwendet werden, der guten Löslichkeit dieser Stoffe zuschreibt.[1]) Sollte dies der

[1]) In derlei Fällen handelt es sich um unwirksame oder wenig wirksame Antiseptika.

Fall sein, dann müßte die Mauer eben schon so naß sein, daß das Antiseptikum merklich von oben nach unten wandert.

In derartigen Fällen wandert auch das schwer lösliche Antiseptikum, und zwar nur wenig langsamer als das leicht lösliche, nach abwärts.

Bei Holz, welches zwar im Freien verwendet wird, jedoch nur mit einer Fläche dem Angriffe des Wassers ausgesetzt ist (Straßenpflasterung), ist der Einfluß des Auslaugens auch kein allzu großer. Man muß bedenken, daß derartiges Holz, welches nur mit einer Fläche vorübergehend mit Wasser in Berührung kommt, zunächst große Mengen des letzteren aufsaugt, daß diese — und damit auch das Antiseptikum — hierbei tiefer in das Holz wandern, um beim Trocknen wieder emporzusteigen.

Faßt man das Erörterte zusammen, so ergibt sich:

a) Bei Holz, welches vor Regen und Nässe (nicht Feuchtigkeit) geschützt verwendet wird, spielt das Auslaugen keine Rolle;

b) Holz, welches allseits dem Regen ausgesetzt ist, erfordert entweder eine gänzliche Durchtränkung mit dem Antiseptikum oder ein — erst im Holze — schwer löslich werdendes Antiseptikum;

c) Holz, welches nur mit einer Fläche den Angriffen der Nässe ausgesetzt ist, hält die Mitte zwischen *a)* und *b)*.

12. Einfachheit der Verwendung.

Stoffe, die in Berührung mit dem Holze schwer löslich werden, beispielsweise Sublimat und gewisse Fluorverbindungen, stellen auch hier das Vorbild eines Holzkonservierungsmittels dar, besonders eines solchen, welches im Freien verwendet werden soll. Derlei Stoffe, welche genügend hohe antiseptische Eigenschaften besitzen, was ja beim Quecksilbersublimat und den Fluorverbindungen zutrifft, brauchen nicht dem Holze mittels des pneumatischen Verfahrens einverleibt zu werden, sondern es genügt unter allen Umständen eine möglichst lange dauernde Tränkung des Holzes. — Dieser Gegenstand wird im XVII. Abschnitte ausführlicher behandelt werden.

XVI. Abschnitt.

Prüfung der für Holzkonservierungszwecke verwendeten Antiseptika.

Nur von wasserlöslichen Stoffen sei hier zunächst die Rede; die Prüfung wasserunlöslicher wird an geeigneter Stelle angedeutet werden.

Die erste Frage, die man sich jeweilig zu stellen hat, ist: Wirkt das zu benutzende Antiseptikum tötend (wachstumhemmend) auf Pilze und wie stark wirkt es?

Die Prüfung nach dem in der Bakteriologie üblichen Verfahren würde hier mehr oder minder unrichtige Ergebnisse haben. Bei Gegenwart reichlicher Mengen organischer Stoffe wirken Antiseptika ganz anders, als ohne deren Gegenwart. Auch wirken sie anders im Inneren einer Flüssigkeitsmenge als an der Oberfläche eines festen Nährbodens.

Eine sehr brauchbare, leicht ausführbare, rasch zum Ziele führende Art und Weise der ersten orientierenden Prüfung der Antiseptika ist nachstehende:

Man stellt eine Nährgelatine, beziehungsweise einen Nähragar nach einer der nachfolgenden Bereitungsarten her:[1])

I. Gelatine . . . . . 100 *g*,
Rohrzucker . . . . . 100 *g*,
Wasser . . . . . ungefähr 1000 cm^3 (soviel, daß die Gelatine 1 *l* Volumen hat).

II. Wie bei I., jedoch noch 5 *g* Liebigs Fleischextrakt dazu.

---

[1]) Ganz ähnlich ist der Vorgang, wenn statt dessen Brotbrei benutzt wird.

III. Pulver von
Agar-Agar . . . . . 20 *g*
Rohrzucker . . . . . 100 *g*
Wasser . . . . . ungefähr 1000 cm^3.

IV. Wie bei III., jedoch mit Zusatz von 5 *g* Liebigs Fleischextrakt.

Das benutzte Wasser ist stets Brunnen(Quellen-)wasser. Die Mischung wird solange unter Umrühren im Wasserbade gekocht, bis eine klare Lösung der dem Wasser zugesetzten Bestandteile erfolgt ist. Die Nährböden I und II werden im Winter (bei Temperaturen unter 25° C), die Nährböden III und IV im Sommer verwendet. Um einen dieser Nährböden aufzubewahren, muß er sterilisiert werden. (Siehe darüber Lehrbücher der Bakteriologie.)[1])

Die Prüfung wird nun in nachstehender, am besten an einem Beispiele zu erläuternder Weise vorgenommen.

Es sei ein neues, in den Handel gekommenes Mittel, über dessen Wirksamkeit man noch nicht unterrichtet ist, zu prüfen.

Man füllt fünf Bechergläser mit je 100 cm^3 des Nährbodens I und führt (als grobe Prüfung) in jedes dieser Gläser eine bestimmte Menge des Antiseptikums ein, z. B. in

Glas Nr. 1 . . . . . 0·5 *g*
„ „ 2 . . . . . 1·0 *g*
„ „ 3 . . . . . 1·5 *g*
„ „ 4 . . . . . 2·0 *g*
„ „ 5 . . . . . 2·5 *g*

Nachdem durch Verrühren der Gelatine dafür gesorgt wurde, daß sich das Antiseptikum vollständig aufgelöst und gleichmäßig zerteilt hat, wartet man, bis der Nährboden völlig erstarrt ist. Hierauf wird eine Spur zerstäubten Schimmels, den man sich irgendwo verschafft hat, in jedes Becherglas, und zwar auf die Oberfläche des Nährbodens gebracht.

Nun läßt man die Bächergläser an einem dunklen, feuchten Orte stehen und beobachtet (beispielsweise nach 14 Tagen) die Oberfläche des Nährbodens, ob sie schimmelig geworden. Das erzielte Ergebnis wäre z. B.:

---

[1]) Z. B.: „Einführung in das Studium der Bakteriologie" von Karl Günther, Leipzig 1902; — „Bakteriologische Untersuchungen" von Oberstabsarzt Dr. Ludwig Kamen, Wien 1903.

Glas Nr. 1 . . . . . schimmelig
„ „ 2 . . . . . „
„ „ 3 . . . . . „
„ „ 4 . . . . . nicht schimmelig
„ „ 5 . . . . . „ „

Die bisherige Prüfung war die grobe Prüfung; nun kann man die feine Prüfung vornehmen.

Man setzt neuerdings zu fünf mit Nährgelatine gefüllten Bechergläsern Antiseptikum zu, und zwar in nachstehenden Mengen:

Nr. I . . . . . 1·5 *g*
„ II . . . . . 1·6 *g*
„ III . . . . . 1·7 *g*
„ IV . . . . . 1·8 *g*
„ V . . . . . 1·9 *g*

und verfährt wie früher. Das Ergebnis wäre:

Nr. I . . . . . schimmelig
„ II . . . . . nicht schimmelig
„ III . . . . . schimmelig
„ IV . . . . . nicht schimmelig
„ V . . . . . „ „

Die Schlußfolgerung lautet:

Das neue Mittel macht die Gelatine bei 1·8% Zusatz pilzfrei.

Hier die Ergebnisse (grobe Prüfung) für einige Stoffe (Mittel):

	Nötiger Zusatz in Prozent
Phenolnatrium	0·25
β Naphthol-Natrium	0·10
Antinonnin	0·10
Antigermin	0·10
Flußsäure	0·25
Kieselflußsäure	0·50
Fluornatrium	2·00
Kieselfluorkupfer	2·50
Orthophenolsulfosaures Kupfer	über 1·00
Kupfervitriol	3·00 bis 5·00
Chlorzink	3·00
Antipolypin[1])	0·25
Kochsalz	über 5·00

[1]) Siehe Abschnitt XVIII.

Der Nährboden I hat die üble Eigenschaft, durch gewisse Stoffe, dann bei Temperaturen über + 25° C verflüssigt zu werden. In derlei Fällen versucht man den Nährboden III. Die Ergebnisse bei den Nährböden I und III stimmen zwar nicht ganz, aber doch noch hinreichend genau überein.

Gut ist es, den Einfluß vorhandener Mineralsalze (solche enthält der Fleischextrakt reichlich) kennen zu lernen. Man wendet hierzu die Nährböden II und IV an. Die Ergebnisse werden bei starken antiseptischen Mitteln (z. B. solchen, welche die Gelatine schon bei unter 0·5% Zusatz pilzfrei machen) oft von jenen, die mit den Nährböden I und III erhalten wurden, stark abweichen, d. h. es wird mehr Zusatz nötig sein. Man wird in solchen Fällen folgern: Mineralsalze beeinflussen stark das Antiseptikum, — und diesem Umstande insoferne Rechnung tragen, als man das Antiseptikum auf Holz (welches auch Mineralsalze enthält) konzentrierter verwenden wird.

Die Erfahrung lehrt, daß man zur Tränkung von Holz die Tränkungsflüssigkeit in der Regel mindestens zweimal, oft aber dreißigmal so stark konzentriert verwenden muß, als der Versuch auf den künstlichen Nährböden ergibt.

Laboratoriumsversuche, die eine vollständige Orientierung über den Wert eines für Holzkonservierungszwecke benutzten Antiseptikums geben sollen, müssen in entsprechend großem Maßstabe durchgeführt werden. Es wäre also wünschenswert, ganze Bretter, Träme u. dgl. dem Versuche zu unterziehen. Nur dann würde man ein Ergebnis erhalten, welches sich unmittelbar in die Praxis übertragen läßt. Da sich aber diesem Vorgange große Schwierigkeiten entgegenstellen, so ist man gezwungen, für derartige Versuche Holzstücke von etwa 15 *cm* Länge und 5/2·5 *cm* Querschnitt zu verwenden. Diese Holzstücke werden in der Tränkungsflüssigkeit von bestimmter Konzentration (in Grammen Antiseptikum für 100 cm^3 Wasser ausgedrückt) eine bestimmte Zeit lang getränkt. Letztere wird in Minuten, Stunden oder Tagen angegeben.

Hier sei vor einer allzu kurz (etwa unter 15 Minuten) währenden Tränkungsdauer dringend gewarnt. Die Ergebnisse sind bei allzu kurzer Tränkungszeit oft sehr unsichere. Der Grund liegt darin, daß in solchen Fällen ein Umstand Bedeutung erlangt, der mit dem Werte des Antiseptikums als Holzkonservierungs-

mittel so gut wie nichts zu tun hat. Es ist dies die Fähigkeit, rasch das Holz zu benetzen. Diese Eigenschaft hängt vom chemischen Charakter des benutzten Antiseptikums ab und steht mit dessen Wirksamkeit in keinem Zusammenhange.

Bei längerer Tränkungsdauer wird der Einfluß der Benetzbarkeit ausgeschaltet. Man kann durchaus nicht behaupten, daß eine Tränkungsflüssigkeit, die im ersten Augenblick am Holze sehr gut haftet und rasch in dasselbe eindringt, dies auch weiterhin tut. Oft ist es geradezu umgekehrt. Das Holz quillt durch die rasche Flüssigkeitsaufnahme an und nimmt in der Folge wegen der Quellung recht wenig Tränkungsflüssigkeit auf.

Zu ganz unbestimmten Ergebnissen würde man gelangen, wenn man das Holz, statt zu tränken, etwa dreimal mit der Tränkungsflüssigkeit anstreichen würde. Je nachdem man arbeitet, je nachdem, ob man nach dem ersten Anstriche das Holz trocknen läßt oder nicht, nimmt das Holz ganz verschiedene Mengen vom Antiseptikum auf und die erzielten Erfolge ändern sich danach.

Die getränkten Holzstücke läßt man nur soweit trocknen, daß sie sich nicht mehr naß anfühlen. Hierzu genügen in der Sonne 1 Stunde, im Zimmer 24 Stunden. Diese Holzstücke kann man sodann in verschiedener Weise zu weiteren Versuchen verwenden, und zwar:

1. In Erde oder Dünger vergraben,
2. auf die Widerstandsfähigkeit gegen Schimmelpilze prüfen,
3. der Einwirkung des Hausschwammes (beziehungsweise ähnlicher holzzerstörender Pilze) aussetzen.

Ad 1. Vergraben in Erde oder Dünger.

Bei dieser Prüfung soll hauptsächlich die Widerstandsfähigkeit gegen Bakterien und anaerobe Pilze überhaupt erhoben werden. Die Ergebnisse sind niemals streng genaue und jene zweier Versuchsreihen nur dann gut vergleichbar, wenn das Holz bei beiden Serien an ein und derselben Stelle vergraben wurde.

Versuche ergaben, daß nicht imprägniertes Holz, welches 6 Monate lang in reiner, feuchter (jedoch nicht nasser) Erde lag, kaum als angegriffen gelten konnte. — Vergräbt man das Holz in ganz nasse Erde, so ist der Versuch nur für solche Antisep-

tika anwendbar, die durch Wasser schwer auszulaugen sind und durch Erde nicht beeinflußt werden. Es kann in nasser Erde ein sehr gutes Antiseptikum sehr schlechte Ergebnisse liefern, denn es ist gewiß (Abschnitt XV) zu berücksichtigen, daß nasse Erde sehr viel Mineralsalze enthält, welche die Wirksamkeit einzelner Antiseptika, nicht aber aller, sehr stark beeinflussen. So ist das Vergraben in nasse Erde nur dann eine einwandfreie Prüfung, wenn das zu verwendende Holz auch wirklich in nasser Erde liegen soll. In allen sonstigen Fällen muß man die Ergebnisse nur mit Vorsicht verwerten.

Vergräbt man das Holz statt in Erde in Dünger, so wird die Versuchsdauer abgekürzt und man kann unter Umständen schon in 6 Monaten vergleichbare Ergebnisse erhalten. — Aber auch das Vergraben in Dünger ist nicht ein unter allen Umständen einwandfreies Verfahren. Das Holz wird chemischen Einflüssen (Ammoniak), dann auch der Einwirkung von Fermenten (Enzymen) ausgesetzt, die gar nicht im Holze, sondern im Dünger entstanden sind. Die Prüfung gibt mehr an, ob das Holz gegen diese Einflüsse an und für sich (also ganz abgesehen von der Tränkung) widerstandsfähig ist oder nicht.

Eine einwandfreie Beurteilung der Ergebnisse ist bei den in Erde oder Dünger vergraben gewesenen Holzstücken nicht immer gut durchführbar. Diese sind unter allen Umständen beschmutzt und müssen vor der Besichtigung abgewaschen werden. Man prüft nun durch Drücken mit einem Messer auf die Konsistenz usw. Sehr zu empfehlen wäre die Vornahme genauer Festigkeitsprüfungen vor und nach dem Versuche.

Zur Prüfung auf den Gehalt an Bakterien (und sonstigen Mikroorganismen) zeichnet man sich auf dem Holz ein Volumen von 1 cm^3 vor (Fig. 30) und verwandelt dieses Volumen mittels keimfreier Instrumente (Säge und Raspel) in feines Holzmehl. Verteilt man dieses Holzmehl beispielsweise in 100 cm^3 sterilem (keimfreiem) Wasser, so wird die überwiegende Menge der Bakterien vom Wasser aufgenommen. Da 1 cm^3 Wasser ungefähr 20 Tropfen hat (die Tropfpipetten sollen derart ausgeführt werden), so entspricht jedem Tropfen 0·05 cm^3 Wasser und demgemäß $\frac{0{\cdot}05}{100} = 0{\cdot}0005\ cm^3$ Holz.

Die Bakteriologie gibt nun die Mittel an die Hand, annähernd zu bestimmen, wie viele Bakterien (beziehungsweise

sonstige Mikroorganismen) ein Tropfen der Aufschlemmung enthält und demgemäß wie viele Bakterien in 0·0005 cm^3, beziehungsweise in 1 cm^3 Holz vorkommen. — Der genaue Vorgang kann hier nicht beschrieben werden. Er ist jenem, welcher bei der Bestimmung des Bakteriengehaltes von Bodenarten benutzt wird, ganz ähnlich und findet sich in Lehrbüchern der Bakteriologie beschrieben. Nur soviel muß hier erwähnt werden, daß man die aufgeschlemmten Bakterien zu geeigneten Nährböden[1]) hinzugibt und die Anzahl der entwickelten Bakterienkolonien zählt.

Man hätte beispielsweise zu einer beliebigen Menge an Nährboden 3 Tropfen der Aufschlemmung zugesetzt und es hätten sich 125 Kolonien entwickelt. Es entsprechen 3 Tropfen Aufschlemmung $3 \times 0{\cdot}0005 = 0{\cdot}0015\ cm^3$ Holz. Aus der Proportion $1 : 0{\cdot}0015 = x : 125$ folgt: $x = 83.333$.

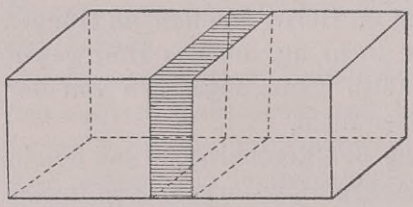


Fig. 30.

Es enthält sonach 1 cm^3 Holz diese Anzahl von Bakterien.

Weit wichtiger ist es, zu erheben, wie viele Arten von Bakterien sich entwickelt haben. Nebst Bakterien gedeihen auch Hefen und Schimmelpilze und auch diese müssen gezählt, sowie die vorhandenen Arten ihrer Anzahl nach bestimmt werden. Die Ergebnisse der ganzen Prüfung seien beispielsweise in nachstehender Tabelle zusammengetragen.

Probe Nr.	In 1 cm^3 Holz sind enthalten		Von den Keimen sind			Von den Arten sind		
	Anzahl der Keime	Anzahl der Arten	Bakterien	Hefen	Schimmelpilze	Bakterien	Hefen	Schimmelpilze
1	2.300	12	300	200	1.800	4	2	6
2	50	3	20	5	25	1	1	1
3	15.000	16	11.000	500	3.500	8	3	5

[1]) Fleischpepton-Gelatine, Urin-Gelatine, Malzextrakt-Fleischextrakt-Agar, Holzextrakt-Nährboden usw. Siehe Abschnitt VI.

Es wäre ein grober Fehler, zu glauben, dasjenige, was bei solchen Bestimmungen als Anzahl der Keime in 1 cm^3 bezeichnet wird, entspreche wirklich der Anzahl von Mikroorganismen in 1 cm^3 Holz. Es handelt sich hier vielmehr um eine konventionelle Bezeichnung. Das erhaltene Ergebnis kann nicht die wirkliche Anzahl der Mikroorganismen darstellen, weil:

1. Nicht alle Mikroorganismen vom Holze weggeschwemmt werden und ins Wasser gelangen;

2. im Wasser auch Klumpen, Tausende von Mikroorganismen umfassend, aufgeschwemmt werden, aus denen sich nur eine einzige Kolonie bildet;

3. manche Mikroorganismen auf einzelnen Nährböden gar nicht zur Entwicklung gelangen, ja für manche ein vollkommen entsprechender künstlicher Nährboden noch nicht gefunden ist. (Man nimmt darum verschiedene Nährböden.)

Es sollen nun auf Grund der in der Tabelle als Beispiel angegebenen Ergebnisse die nötigen Schlüsse gezogen werden.

Offenbar ist das Holz der Probe Nr. 2 im besten, jenes der Probe Nr. 3 im schlechtesten Zustande. Bei Probe Nr. 1 würde man sagen: „Das Holz ist verschimmelt", bei jener Nr. 3 dagegen: „Das Holz ist verfault". Das Holz der Probe Nr. 2 ist so gut wie gar nicht angegriffen.

Man könnte auch frisches Holz auf diese Weise prüfen. Dies ist jedoch so umständlich, daß man derartige Prüfungen nur ganz ausnahmsweise vornehmen wird.

Ad 2. Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Schimmelpilze.

Diese Prüfung kann man je nach den vorhandenen Laboratoriums- und sonstigen Hilfsmitteln in verschiedener Weise durchführen. — Das Wesen ist in allen Fällen dasselbe. Man sorgt einerseits dafür, daß das Holz und die umgebende Luft stets feucht sind, und sucht anderseits das Holz durch möglichst viele Schimmelpilzsporen einer kräftigen Infektion auszusetzen.

Holz, welches rasch schimmeln soll, muß sehr feucht sein. Selbst die hochgradige Feuchtigkeit in einem feuchten Keller ist meist nicht hinreichend, um das Versuchsholz ständig genügend feucht zu erhalten und auch, was wesentlich ist, von Haus aus recht feucht zu machen.

So wird es sich empfehlen, das getränkte Holzstück in ein Gefäß zu stellen, an dessen Boden sich eine Rolle nassen Filterpapieres befindet. Diese Rolle liegt bis zur Hälfte in Wasser. In das Gefäß bringt man außer dem mit dem zu prüfenden Mittel getränkten Versuchsholzstücke noch ein nicht getränktes Kontrollholzstück. — Das Gefäß, in welchem sich beide Holzstücke befinden, wird nun in passender Weise zugedeckt. Ist es rein zylindrisch, so verwendet man zweckmäßigerweise einen Deckel aus dünnem Zinkbleche, hat es einen engen Hals, dann ist es besser, dasselbe mit feuchter Baumwolle abzuschließen.

Die Fig. 31 und 32 zeigen Beispiele der Gesamtanordnung. (w = Wasser, r = Rolle aus Filterpapier, c = Kontrollholzstück v = Versuchsholzstück, d = Deckel aus Zinkblech, b = Baumwollbauschen.)

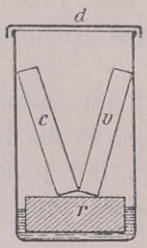


Fig. 31.

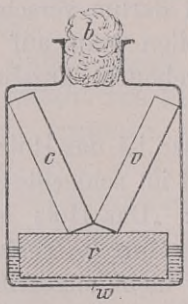


Fig. 32.

Die Infektion des Versuchsholzstückes kann man in einfachster Weise dadurch bewirken, daß man ein Stückchen stark verschimmelten Holzes zerbröselt und damit das zu prüfende Holzstück, sowie das Kontrollholzstück bestreut. — Man hat nun nur noch vorzusorgen, daß sich das Gefäß mit dem zu prüfenden Holzstücke stets in feuchter Luft befinde. Jene der meisten Keller ist hierzu schon genügend feucht. Man kann übrigens auch Wasser ausschütten, um so die Luft künstlich wasserreicher zu machen.

Handelt es sich nicht um Präzisionsversuche, so kann man den Einfluß der Temperaturs- und Feuchtigkeitsschwankung im Keller vernachlässigen. Der Einfluß der Temperatur kann jedoch nur dann, wenn dieselbe nicht unter 0° C sinkt, ganz vernachlässigt werden.

Anders ist die Sachlage bei Präzisionsversuchen. Solche wären dann nötig, wenn es sich um eine regelmäßige Betriebs-

kontrolle in Holzimprägnierfabriken oder bei Bahnverwaltungen handeln würde,[1]) wo das Holz stets unter genau denselben Bedingungen und auch in kürzester Zeit geprüft werden muß. Eine derartige Prüfung ist in einem Thermostaten mit regelbarer Feuchtigkeitszufuhr durchzuführen. Sowohl die Temperatur als auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Thermostaten muß die ganze Dauer der Prüfung hindurch unbedingt gleich sein. Nur dann kann man auch Ergebnisse verschiedener Versuchsreihen derart miteinander vergleichen, als würde es sich um ein und dieselbe Serie handeln. In allen sonstigen Fällen muß man den Umstand, daß man nicht unter unbedingt gleichen Verhältnissen gearbeitet hat, entsprechend in Rücksicht ziehen.

Die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft berühren im Grunde genommen das Endergebnis nur wenig. Dafür beeinflussen sie die Zeitdauer, innerhalb deren man ein bestimmtes, beziehungsweise das Endergebnis erhält, in sehr hohem Maße.

Es kann nicht gleichgiltig sein, ob von zwei mit verschiedenen Mitteln getränkten Holzstücken, die zwar beide nach 6 Monaten ganz verschimmelt sind, das eine schon nach 8 Tagen, das andere aber erst nach 3 Monaten zu schimmeln anfängt. Es kann auch noch ein ganz anderer Fall eintreten. Das eine Holzstück kann nach 3 Monaten voll Schimmel und nach 6 Monaten ganz frei davon sein, während das andere dagegen nach 3 Monaten noch frei von Schimmel, nach 6 Monaten aber mit demselben voll überdeckt ist. Nun kann bei verschiedenen Versuchsserien, beziehungsweise Versuchsbedingungen (verschiedenem Temperatursgrade und Feuchtigkeitsgehalte der Luft) sich ereignen, daß für Holz, welches mit einem und demselben Mittel unter genau gleichen Bedingungen getränkt wurde, bei der zweiten Versuchsserie erst nach 6 Monaten jenes Stadium eintritt, welches bei der ersten Versuchsreihe schon nach 3 Monaten erreicht war. Würde man nun den Versuch im dritten Monate abbrechen, so würde man zu ganz unrichtigen Ergebnissen gelangen. Dieser Fall kann, wenn stets unter genau gleichen Verhältnissen gearbeitet wird, niemals eintreten, auch dann nicht, wenn die Versuchsdauer zu kurz ist.

---

[1]) Solche Betriebskontrollen können nur dringend empfohlen werden, werden aber leider bisher meines Wissens nicht angewandt.

Bezüglich der Dauer der Prüfung sei bemerkt, daß man bei Versuchen im Keller (also ohne Berücksichtigung der Temperatur und Luftfeuchtigkeit) zwar recht oft ein scheinbar günstiges Urteil über den Wert eines Antiseptikums schon in wenigen Wochen gewinnen, dieses Urteil jedoch ein sehr trügerisches sein kann. (Ganz unbrauchbare Mittel offenbaren sich schon bei der Prüfung mit Gelatine oder Agar.)

Erfahrungsgemäß ist es nötig, mindestens 6 Monate lang das Holz zu beobachten. — Je länger, desto besser ist hier der Grundsatz.

Bei Präzisionsversuchen in Thermostaten ist es auf Grund von für ein und dasselbe Holzkonservierungsmittel gewonnenen Erfahrungen möglich, die Versuchsdauer weit abzukürzen.

Es bedarf noch vieler Versuche, um herauszufinden, unter welchen Bedingungen das Holz am raschesten zum Schimmeln neigt und demgemäß, wie man den Versuch in Thermostaten leiten soll, um möglichst rasch ein Ergebnis zu erhalten. Zu beantworten wäre:

1. Schimmelt Holz leichter im Licht oder im Dunkeln oder schließlich, wenn es abwechselnd dem Licht oder der Dunkelheit ausgesetzt wird?

2. Bei welcher Temperatur schimmelt Holz am leichtesten? — Es kommen hier unsere gewöhnlichen Keller- und Zimmertemperaturen (+ 8° bis + 30° C), dann die Bluttemperatur (+ 37° C), schließlich die Temperatur von + 53° C (thermophile Pilze) in Betracht. Im allgemeinen ist die Prüfung bei höheren Temperaturen rascher beendigt. Dabei ist jedoch der Einfluß der Verflüchtigung zu berücksichtigen. — Die Prüfung bei hohen Temperaturen ist ein neuer, bisher noch nie geübter Vorgang.

3. Welcher Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist der günstigste? — Bisher scheint alles dafür zu sprechen: Je feuchter, desto besser. Meist ergab die Feuchtigkeitsmessung 80 bis 92 Feuchtigkeitsgrade (Hygrometer von Lambrecht).

4. Bezüglich der dem Holze selbst zuzuführenden Feuchtigkeit wäre zu bemerken, daß dieselbe bei der gewählten Anordnung eine mehr oder minder unveränderliche Größe darstellt und bei derselben nicht gut irgendwie reguliert werden kann.

Man braucht durchaus nicht zu fürchten, das im Holz enthaltene Antiseptikum werde durch das Wasser oder die Feuchtig-

keit der Luft ausgelaugt werden, oder es werde durch das Wasser, welches etwas Antiseptikum aufgenommen hätte, auch das Kontrollstück in Betracht kommende Mengen des Antiseptikums aufsaugen und so die Ergebnisse beeinflussen. Versuche lehren, daß diese Sorge unbegründet ist. Diese Umstände sind sowenig ausschlaggebend, daß man sie fast immer vernachlässigen kann. Wer die geringe Wirkung eines Antiseptikums allen möglichen Eigenschaften desselben, nur nicht seiner geringen Wirksamkeit zuschreibt, der wird natürlich stets bereit sein, allen möglichen Nebenumständen eine Bedeutung zuzuschreiben, die sie nicht haben, um so den Mißerfolg des Mittels zu bemänteln. Oft werden Versuchsanordnungen gewählt, die es ermöglichen, daß sich das schlechteste Antiseptikum als das beste erweist.

Die folgende Tabelle (S. 244) gibt ein Beispiel einer durchgeführten Prüfung. Sie zeigt:

1. Niedrig siedende Phenole sind für Holzkonservierungszwecke nicht geeignet. Auch phenolsulfosaure Salze sind zur Holzkonservierung nicht brauchbar.

2. Hoch siedende Phenole und β-Naphthol eignen sich zur Holzkonservierung.

3. Flüchtige Stoffe sind zur Holzkonservierung in der Regel nicht geeignet (Formaldehyd).

4. Chlorzink und Kupfervitriol sind schlechte Holzkonservierungsmittel.

5. Fluorverbindungen sind gute Holzkonservierungsmittel, vor allem aber die freie Flußsäure, weniger die freie Kieselflußsäure.

6. Kupferverbindungen überhaupt verdienen vor anderen Salzen keinen Vorzug.

7. Von den handelsüblichen Mitteln bewähren sich Antinonnin, Antigermin und Antipolypin recht gut.[1])

Bemerkungen zu den Prüfungen 1 und 2.

Bei den Prüfungen 1 und 2 wird in der Regel nur der Holzextrakt zerstört.

---

[1]) Montaninfluat siehe Abschnitt XVIII.

Holzstück, 1 Stunde lang getränkt in	Prozent	Ergebnis nach	
		2 Monaten	6 Monaten
Phenolnatrium	2·50	nicht pilzfrei	nicht pilzfrei
Kresolnatrium	2·50	„ „	„ „
β-Naphthol-Natrium . .	2·50	pilzfrei	pilzfrei
Antipolypin	2·00	„	„
Antinonnin	1·00	„	„
Antigermin	1·00	„	„
Formaldehyd	2·50	nicht pilzfrei	nicht pilzfrei
Kieselfluorkupfer	2·50	„ „	pilzfrei
Fluorkupfer	1·00	„ „	„
Fluornatrium	2·50	pilzfrei	„
Flußsäure	2·50	„	„
„	0·50	„	„
Kieselflußsäure	1·00	„	„
„	0·50	nicht pilzfrei	nicht pilzfrei
O-phenolsulfosaur. Kupfer	2·50	„ „	„ „
Chlorzink	2·50	„ „	„ „
Kupfervitriol	2 50	„ „	„ „
Sublimat	1·00	pilzfrei	pilzfrei

Weder die Bakterien noch die meisten Schimmelpilze sind ja imstande, eine weitergehende Spaltung des Holzes zu bewirken. Immerhin kann es beim Vergraben in Erde oder Dünger, dann auch bei der Prüfung, auf die Widerstandsfähigkeit gegen Schimmelpilze vorkommen, daß sich am Holze echte Holzzerstörer ansiedeln. Gewißheit, daß ein echter Holzzerstörer vorliegt, bieten die nachfolgenden unter 3 beschriebenen Prüfungen.

Ad 3. Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen holzzerstörende Pilze. (Echte Holzzerstörer.)

Abgesehen vom echten Hausschwamm, von Polyporus vaporarius und Coniophora cerebella, sind die Lebensbedingungen und die künstliche Zucht der holzzerstörenden Pilze sowenig erforscht, diese Pilze so schwer zu beschaffen, daß nur diese zu derartigen Prüfungen benutzt werden können. Die Beobachtung einzelner Holzzerstörungsfälle läßt den Schluß zu, daß es Pilze gibt, welche unter geeigneten Bedingungen das Holz noch weit rascher als echter Hausschwamm zu zerstören ver-

mögen.[1]) Sobald es gelungen sein wird, derlei Pilze künstlich zu züchten, wird es auch möglich sein, dieselben zu derartigen Prüfungen zu verwenden.

Die Prüfung kann auf zwei Arten geschehen. Nur das erste dieser Verfahren gibt jedoch Anhaltspunkte über die Widerstandsfähigkeit noch gesunden Holzes. Die zweite Methode beantwortet im Grunde genommen nur die Frage: „Was nutzt ein Anstrich bei bereits vom Hausschwamm ergriffenen Holze?"

Erstes Verfahren. Es wäre nach bisherigen Erfahrungen ganz unnütz, auch nur zu versuchen, derartige Prüfungen in kleinem oder kleinstem Maßstabe vorzunehmen. Die erzielten Ergebnisse — und auf derartigen Prüfungen beruhen einzelne Atteste — wären ganz wertlos. Es ist eine merkwürdige Eigenschaft der holzzerstörenden Pilze, in der Auswahl desjenigen Holzteiles, auf dem sie wachsen sollen, ungemein launenhaft zu sein. Sie richten ihr Wachstum nach irgendwelchen komplizierten Regeln ein, die in ihrer Gänze nicht bekannt sind und, wenn man sie kennen würde, vielleicht nicht beeinflußt werden könnten. So ist man beispielsweise gegenüber dem Bestreben des Hausschwammes, nach aufwärts zu wachsen, ganz machtlos. Wie sollte man ihn zwingen, nach abwärts zu wachsen? Nimmt man noch an, der Hausschwamm bevorzuge den Splint vor dem Kern[2]) und stellt sich vor, man hätte ein Holzstück, das aus Splint und Kernholz bestünde, so ist es ersichtlich, daß der Pilz eine ganz eigentümliche Wachstumrichtung befolgen wird.

Die Fig. 33 und 34 zeigen diesen Fall. Zuerst wird, wenn x die Stelle der Infektion darstellt, der Schwamm unter dem Einflusse des Bestrebens, nach oben und im Splinte zu wachsen, dann weiters vermöge seiner Vorliebe, auf den Stirnseiten der Hölzer sich zu entwickeln, die schraffierten Stellen bedecken. Berücksichtigt man noch, daß im Holze Schwankungen in der Dichte (Stellen, wo Äste entspringen) vorkommen, daß der Pilz gerne dort wächst, wo das Holz einen ganz bestimmten, weder zu großen, noch zu kleinen Feuchtigkeitsgehalt besitzt, ferner, daß manche Holzfasern nicht gerade, sondern gewunden ver-

---

[1]) Kurz nach Erbauung der Stadtbahn in Wien war derart schnell zerstörtes Holz in der Eisenbahnstation Hütteldorf zu sehen. Das Holz war in eine feuchte, bröcklige, braune Masse verwandelt. Ein Mycel war mit freiem Auge nicht wahrnehmbar.

[2]) Was durchaus nicht immer oder allgemein zutrifft.

laufen, daß dickere und dünnere Jahresringe vorkommen: so wird schon auf Grund bloßer Überlegung zu ersehen sein, daß die Wachstumsrichtung meist eine sehr willkürlich erscheinende sein wird und es also durchaus nicht leicht gelingen mag, dieselbe zu beeinflussen. Die holzzerstörenden Pilze zeigen oft ein Verhalten, welches mit dem Instinkte der Tiere einigermaßen vergleichbar ist. Stellen, die mit antiseptischen Mitteln bestrichen sind, umgehen sie, Stellen dagegen, die ihnen günstige Wachstumsbedingungen bieten, trachten sie zu erreichen.

Auf dem Brette *BB* (Fig. 35) befinde sich ein Holzstück *i*, welches mit einem Antiseptikum getränkt wurde. Ob das Antiseptikum bei der angewendeten Konzentration und Tränkungsdauer noch genügend wirksam ist, weiß man nicht. — Der Ver-

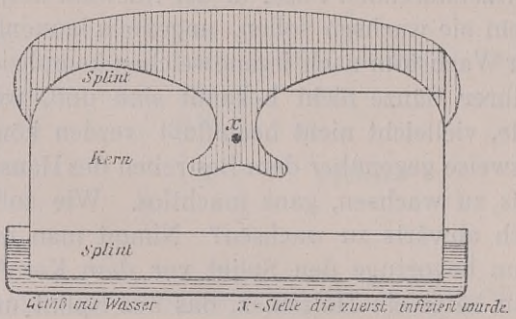


Fig. 33.

such, dieses Holz zu infizieren, ergibt, daß sich rings um das getränkte Holzstück eine elliptische Fläche bildet, die vom holzzerstörenden Pilze nicht bewachsen wird; das ganze übrige Holz ist voll davon.

Es wäre ganz irrig, daraus zu schließen, das getränkte Holzstück sei gegen Angriffe des betreffenden Pilzes immun. Etwas gewirkt hat die Tränkung gewiß; ob sie genügend wirksam, ist nicht zu ersehen. — Bei einem den praktischen Bedürfnissen angepaßten Versuche, welcher entscheiden soll, ob das getränkte Holzstück gegen Angriffe des betreffenden Pilzes praktisch genommen immun ist, müssen die Versuchsbedingungen viel schärfere sein; der Pilz darf gar nicht in die Möglichkeit versetzt werden, dem getränkten Holze dauernd auszuweichen.

Wenn man bestimmte Ergebnisse erzielen will, dann ist es nötig, das Versuchsholz lange andauernden, wiederholten, stets

sich erneuernden Angriffen des holzzerstörenden Pilzes auszusetzen. Nur so kann man ein richtiges Bild vom Werte des betreffenden Antiseptikums erhalten.

Bisherige Versuche ergaben:

Ein abschließendes Urteil über das Versuchsergebnis kann bei Versuchen im Keller erst nach 6 Monaten bis zu einem Jahre erzielt werden. Aber auch eine Ausdehnung der Versuchsdauer auf $1^1/_2$ bis 2 Jahre liefert noch lehrreiche Ergebnisse. Durch passende Laboratoriumseinrichtungen (Thermostate mit regelbarer Temperatur und regelbarem Feuchtigkeitsgehalte der Luft) läßt sich die Versuchsdauer abkürzen. Bei einer Betriebskontrolle (in einer Imprägnieranstalt), die ein stetes Arbeiten unter ganz gleichen Bedingungen (dasselbe Holz, dieselbe Temperatur, derselbe Feuchtigkeitsgehalt) ermöglicht, ließe sich noch eine weitere Abkürzung der Versuchsdauer erreichen. Aber selbst im allergünstigsten Falle dürfte die Zeit von 3 Monaten das Mindestmaß der Versuchsdauer darstellen.

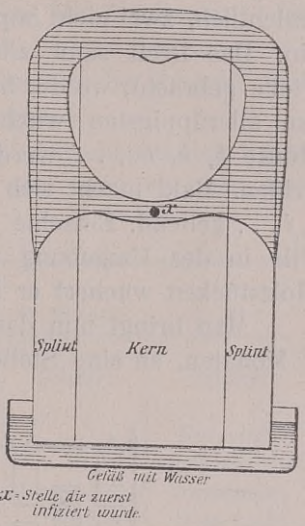


Fig. 34.

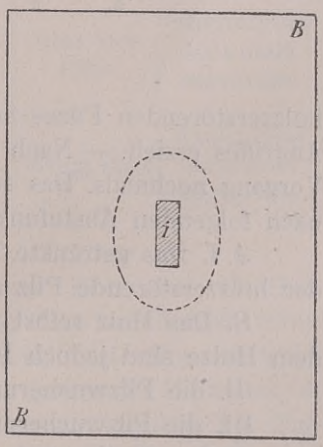


Fig. 35.

Was die Anlage der Versuche betrifft, so wäre zu erwähnen, daß die Angriffe des holzzerstörenden Pilzes andauernd und wiederholt nur dann sind, wenn das zu prüfende Holzstück ringsum von großen Mengen des holzzerstörenden Pilzes umgeben ist; es muß um das zu prüfende Holzstück eine geradezu unerschöpfliche Quelle für die Entwicklung des holzzerstörenden Pilzes vorhanden sein. Selbst für die Prüfung des kleinsten Holzstückes ist es nötig, daß das umher befindliche, mit dem betreffenden Pilze infizierte Holz eine Fläche von mindestens $1\,m^2$ umfasse.

Die zu prüfenden Holzstücke *i, i, i, ...* (Fig. 36) werden auf ein nicht imprägniertes Brett *B B* angenagelt. Zwischen je zwei der getränkten Holzstücke *i* schaltet man, wie aus der Zeichnung ersichtlich, zwei nicht imprägnierte Holzstücke *h, h* gleicher Größe ein. Das Brett samt allen Holzstücken wird hierauf an eine Stelle gebracht, wo der holzzerstörende Pilz, z. B. Holzschwamm, am allerüppigsten wuchert. — Das Brett *B B* und die Holzstücke *h, h, h . . .* werden nun vom holzzerstörenden Pilze ergriffen. Bald macht sich der Einfluß der getränkten Holzstücke *i, i . . .* geltend. Einzelne derselben bringen den holzzerstörenden Pilz in der Umgebung zum Absterben; an anderen getränkten Holzstücken wuchert er inzwischen schon.

Man bringt nun das Brett *B B* nach einiger Zeit, z. B. nach 2 Monaten, an eine Stelle, wo sich frisch wuchernde Mengen des

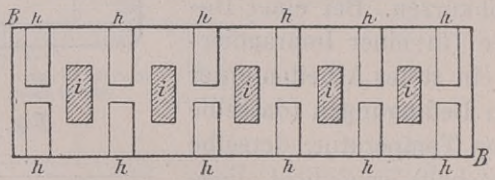


Fig. 36.

holzzerstörenden Pilzes befinden. So wird eine Erneuerung des Angriffes erzielt. — Nach einigen Monaten wiederholt man diesen Vorgang nochmals. Das endliche Ergebnis wird schließlich etwa nach folgenden Abstufungen lauten:

A. I. Das getränkte Holzstück wurde gar nicht angegriffen; der holzzerstörende Pilz starb regelmäßig ringsherum ab.

B. Das Holz selbst wurde nicht angegriffen (zerstört), auf dem Holze sind jedoch Pilzwucherungen bemerkbar:

II. die Pilzwucherungen starben bald ab;

III. die Pilzwucherungen blieben am Leben.

C. Das Holz wurde nicht nur angegriffen, sondern auch zerstört:

IV. die Zerstörung ist eine mäßige;

V. die Zerstörung ist so weit wie beim nicht getränkten Holze fortgeschritten;

VI. das getränkte Holz wurde stärker als nicht getränktes Holz zerstört.

Das erreichte Ergebnis könnte bei I mit: „das Holz ist gegen den betreffenden Pilz immun", bei II: „das Mittel hilft", bei III und IV: „das Mittel hilft nur wenig", bei V: „das Mittel hilft gar nicht", bei VI schließlich: „das Mittel schadet", bezeichnet werden.

Auch hier würden genaue Festigkeitsversuche vor und nach den Versuchen wertvolle Anhaltspunkte geben.

Selbstverständlich ist es nötig, alle Zwischenstadien innerhalb der Versuchsdauer zu beobachten und vorzumerken; etwa wie folgt:

Holzstück Nr.	Beginn 1. Mai	1. Juli (2 Monate)	1. November (6 Monate)	1. Februar (9 Monate)	1. Mai (1 Jahr)
1	—	Pilzfrei	Pilzfrei	Pilzfrei	Pilzfrei
2	—	Voll Pilze	Wenig Pilze	Wenig Pilze	Nur abgestorbener Pilz vorhanden; Holz nicht angegriffen
3	—	Wenig Pilze	Viel Pilze	Sehr viel Pilze	Sehr viel Pilze; Holz stark angegriffen
4	—	Pilzfrei	Pilzfrei	Wenig Pilze	Wenig Pilze; Holz nicht angegriffen

Zweites Verfahren. — Man nimmt Holz, das von Haus aus mit einem lebenden holzzerstörenden Pilze behaftet ist, tränkt es mit dem betreffenden Antiseptikum (bestimmte Konzentration, bestimmte Tränkungsdauer), nagelt das getränkte Holzstück an ein nicht getränktes und läßt beide in einem feuchten, vor Zugluft geschützten Raume ungefähr 4 Wochen liegen. — Es kann sich einer der Fälle ergeben:

1. Der holzzerstörende Pilz wächst aus dem Inneren des Holzes heraus und greift auch das gesunde, nicht getränkte Holzstück an.

2. Am getränkten und gesunden Holzstücke bemerkt man nur Schimmelpilze.

3. Das getränkte Holzstück ist ganz frei von Pilzen, das nicht getränkte ist mit Schimmelpilzen bewachsen.

Man kann auch anders verfahren: Man nagelt das infizierte, nicht getränkte Holzstück an ein Stück gesundes, jedoch getränkten Holzes. Nach etwa 4 Wochen kann man nun beobachten, ob das herausgewachsene Pilzgewebe (Mycel) auf das getränkte Holzstück übergreift, dann, ob es dauernd darauf wächst oder nicht. — Gut ist es, zwischen das infizierte und das getränkte Holzstück ein Stückchen gesunden, nicht getränkten Holzes einzuschalten.

Fig. 37 zeigt diese Anordnung. (i = infiziertes Holzstück, f = gesundes, nicht getränktes Holzstück, h = getränktes Holzstück.)

Drittes Verfahren. — Prüfung mit Reinkulturen von Coniophora cerebella, siehe Abschnitt XI, S. 98.

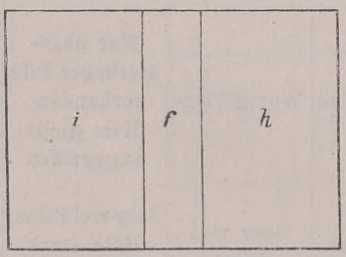


Fig. 37.

Mittels der in diesem Abschnitte angegebenen mehrfachen Verfahrungsarten, die sich noch ausgestalten ließen, kann man sich unter allen Umständen ein richtiges Bild von dem Werte eines wasserlöslichen Holzkonservierungsmittels bilden; die Erfahrungen der Praxis ergeben dann genau dasselbe wie die Versuche im Laboratorium.

Mehr, als den praktischen Erfahrungen vollkommen entsprechende Resultate zu geben, kann man nun selbst von den vollkommensten Laboratoriumsmethoden nicht verlangen. Allerdings genügt da nicht eine einseitige Prüfung: Je mehr verschiedene Prüfungsarten zur Anwendung gelangen, je länger die Zeitdauer der einzelnen Prüfungen; desto sicherer ist das Ergebnis. Gute Holzkonservierungsmittel halten allen Prüfungen stand, schlechte versagen zumindestens bei einzelnen Prüfungen. — In nächster Zukunft dürfte es auch gelingen, Reinkulturen von Bakterien zu derartigen Prüfungen heranzuziehen und damit einen Schritt weiter zu tun.

Anhang. — Die Prüfung von in Wasser unlöslichen Mitteln erfordert ein besonderes Verfahren.

Man stellt sich zunächst Holzstücke her, die mit diesem Mittel genau so, wie es die praktische Verwendung verlangt,

getränkt (gestrichen) sind. Nun können die so getränkten Holzstücke unmittelbar zur Prüfung nach einer der beschriebenen Methoden verwendet werden.

Erfahrungsgemäß erhält man meist recht günstige Ergebnisse, günstigere als es der Wirklichkeit, d. i. der Erfahrung in Gebäuden, entspricht. Die Ursache liegt darin, daß sich die verwendeten Stoffe infolge des hohen Feuchtigkeitsgehaltes und der verhältnismäßig noch immer kurzen Versuchsdauer beim Versuche weniger rasch als in Wirklichkeit verflüchtigen.

Um diesen Fehler, der übrigens auch bei wasserlöslichen Stoffen hier und da die Ergebnisse etwas beeinträchtigt, auszuschalten, hat man bei der Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen holzzerstörende Pilze die getränkten Holzstücke vor ihrer Verwendung zur Prüfung 8 Tage lang einer Temperatur von 50° C auszusetzen. Alle stark flüchtigen Stoffe entweichen hierbei und die Ergebnisse, die man da erzielt, entsprechen nun weit mehr jenen der Praxis.

Die mit wasserlöslichen antiseptischen Stoffen getränkten Kontrollstücke müssen natürlich demselben Verfahren unterworfen werden, d. h. auch auf 50° C erhitzt werden. Nur so erhält man vergleichbare Ergebnisse.

Da es Schimmelpilze gibt, die bei + 37° C (Bluttemperatur) auf Holz gedeihen, und auch solche, die bei + 53° C wachsen, so bietet sich von Haus aus die Möglichkeit, die Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Schimmelpilze bei höheren Temperaturen durchzuführen.

Einige Ergebnisse. Die Ergebnisse einer großen Reihe von Versuchen mit holzzerstörenden Pilzen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Um gute Wirkungen zu erzielen, soll man mindestens 24 Stunden lang tränken oder dreimal streichen.

2. Stoffe, die gegen Schimmelpilze nichts oder wenig nutzen, helfen auch nicht gegen holzzerstörende Pilze (Chlorzink, Kupfervitriol, niedrig siedende Phenole, flüchtige Stoffe usw.).

3. Brauchbare wasserlösliche Holzkonservierungsmittel sind:

a) Antinonnin, Antigermin, Antipolypin, Montaninfluat;

b) hochsiedende Phenole, β-Naphthol;

c) freie Flußsäure mit oder ohne Zusatz von Fluoriden;

d) Sublimat (1%!).

Alle übrigen mir bisher bekannten, im Wasser löslichen Konservierungsmittel versagten.

Was die nötige Konzentration anbelangt, so muß bemerkt werden, daß in der Praxis mit einem Sicherheitsfaktor gerechnet werden muß. Demgemäß gibt nachfolgende Zusammenstellung einerseits die durch den Versuch gefundene, anderseits die in der Praxis (24stündige Tränkung) anzuwendende Konzentration:

Mittel	Nötige Konzentration	
	Versuch (24stündige Tränkung)	In der Praxis zu verwenden (24stündige Tränkung)
Antinonnin, Antigermin . . .	0·25 bis 0·5%	2%
Antipolypin	0·75 „ 1·5%	5%
Hochsied. Phenole, β-Naphthol .	2·5%	5%
Flußsäure	0·5 „ 1%	2·5 bis 5·0%
Salze der Flußsäure	2·5%	5% Bei Gemischen von Flußsäure mit deren Salzen stets mindestens 1% freie Flußsäure
Sublimat	0·5 „ 1%	1 bis 2%

Bei Anstrichen wird man die hier gegebenen Konzentrationen erhöhen müssen, bei der Imprägnierung unter Druck oder bei lange dauernden Tränkungen (8 Tage) wesentlich erniedrigen können.

Seitens des k. u. k. Reichskriegsministeriums zu Wien ist die Anwendung antiseptischer Mittel und zur öligen Imprägnierung benutzter Stoffe in nachstehender Weise und Konzentration vorgeschrieben:

Mittel	Wird verwendet	Zu benutzende Konzentration
Freie Flußsäure, gemengt mit Fluoriden	Nur zur Tränkung des Holzes. Tränkungsdauer mindestens 24 Stunden	5% Flußsäure und 3·25% Zinkabfälle
Antipolypin	Auf Holz als dreimaliger Anstrich oder Tränkung; auf Mauerwerk als Anstrich	Holzanstrich 10%ige Lösung; Tränkung 5%ige Lösung; Mauerwerkanstrich 20%ige Lösung
Antinonnin oder Antigermin	Auf Holz als dreimaliger Anstrich; für Mauerwerkanstrich nicht zu verwenden	2%ige Lösung
Kreosotöl	Auf Holz als fünfmaliger Anstrich	3 Teile Kreosotöl mit 1 Teil denaturiertem Alkohol
Karbolineum	Auf Holz als Anstrich wie Kreosotöl, jedoch ohne Alkohol, dann zum Vergießen der Ritzen und Fugen	Unverdünnt
Mineralöle	Auf Holz als Anstrich bis zur Sättigung	Unverdünnt

XVII. Abschnitt.

Wie verwendet man die antiseptischen Mittel?

Bevor auf die Besprechung dieses Gegenstandes eingegangen wird, soll ein grundlegender Versuch dazu dienen, zu einer Theorie der Anstriche und kurz dauernden Tränkungen zu führen.

Ein größeres Brettstück aus weichem Holze wird an seiner Oberfläche nach Art eines Schachbrettes im Quadrate von 1 *cm* Seitenlänge geteilt (Fig. 38). Mittels eines Pinsels kann man die Hälfte aller Quadrate mit einem sehr kräftig wirkenden antiseptischen Mittel — am besten paßt hierzu 10%iges Antinnonin — anstreichen. (Die schraffierten Quadrate in der Figur.) Bei einigen weiteren Brettstücken werden die Quadrate teils kleiner, teils größer als mit 1 *cm* Seitenlänge gewählt und dieselben in gleicher Weise angestrichen. Die so angestrichenen Brettchen sind auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen holzzerstörende Pilze zu prüfen. Zur Kontrolle wird ein nicht angestrichenes Brettstück verwendet.

Nach einiger Zeit wird es sich zeigen, daß das Kontrollstück ganz angegriffen ist. In weiterer Folge werden auch einzelne der schachbrettförmig angestrichenen Holzstücke ergriffen werden. Nach genügend langer Versuchsdauer (6 Monate bis 1 Jahr) bricht man den Versuch ab.

Es wird sich ergeben, daß einzelne Brettstücke überhaupt nicht angegriffen wurden. Ordnet man die Brettstücke nach der Maschenweite an, so wird man finden, daß die Holzstücke mit engeren Maschen gar nicht, die mit weiteren etwas und jene mit noch weiteren stark angegriffen sind.

Der Versuch wird nun wiederholt, man nimmt jedoch diesmal statt einer 10%igen eine 5%ige Antinonninlösung. Das Er-

gebnis ist ein ganz ähnliches, nur müssen die Maschen enger als vorher gewählt werden, damit das Holz noch geschützt bleibe.

Aus diesen Versuchen ergibt sich nachfolgende wichtige Tatsache:[1])

Das Holz ist vor Angriffen holzzerstörender Pilze und von Pilzen überhaupt auch dann noch genügend geschützt, wenn das Antiseptikum nicht die ganze Fläche lückenlos bedeckt, sondern Unterbrechungen vorkommen. Nötig ist es nur, daß diese Unterbrechungen (Lücken) eine gewisse Größe nicht überschreiten. Für jedes Antiseptikum, und zwar für jede Konzentration desselben, besteht eine ganz bestimmte, noch zulässige Größe der Lücken (Maschenweiten).

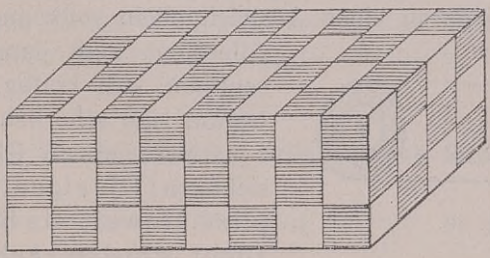


Fig. 38.

Diese Erkenntnis bildet den Kernpunkt der hier aufgestellten Theorie der Holzkonservierung.

Die praktischen Schlußfolgerungen, die man aus dieser Theorie ziehen kann, sind sehr weitgehend.

Ist ein kräftiges Antiseptikum gebraucht worden, hat man dasselbe in der nötigen Konzentration verwendet, dann kann man ganz sicher sein, daß das Holz, möge es noch soviel Risse und Sprünge bekommen, niemals von Pilzen heimgesucht, d. h. nicht zerstört werden wird. Risse und Sprünge beeinträchtigen nur

[1]) Neuestens gelang es mir, die Richtigkeit der hier aufgestellten Theorie auch auf andere Weise zu beweisen. Prinzip: In einer Schale Quadrate von gewöhnlichen und mit antiseptischen Stoffen getränkten Brotbrei schachbrettförmig. Beimpfung mit Coniophora cerebella (Reinkultur). Resultat: *a)* Der Schwamm wächst auf den antiseptischen Quadraten ebenso wie auf den ungeschützten (geringe Konzentration, große Maschen). *b)* Der Schwamm wächst zuerst auf den ungeschützten Quadraten und stirbt dann überall gleichmäßig ab (enge Maschen, hohe Konzentration).

dann die Wirkung, wenn das Antiseptikum zu schwach ist oder wenn seine Konzentration zu niedrig gewählt wurde.

Was für die Flächenwirkung gilt, das gilt auch für die Tiefenwirkung.

Ein genügend dichtes Netz gestattet das Durchdringen der Pilze (auch Bakterien) in das Innere des Holzes auf keinen Fall. Wenn sich aber im Inneren des Holzes ein Pilz schon befinden würde und derselbe hätte die Fähigkeit, im Inneren des Holzes, d. h. ohne Luft (anaerob), zu wachsen, so wäre das Holz noch immer bis zu einer gewissen Tiefe — etwa der Seitenlänge der Maschen entsprechend — völlig geschützt. Bei einem Rundbalken (Fig. 39) würde der äußere Teil *z* völlig gesichert und nur der Kern *k* ungeschützt sein.

Hölzer von nicht allzu großen Ausmaßen lassen sich demgemäß schon durch einen Anstrich allein vollkommen schützen. Allerdings muß dann das Antiseptikum sehr kräftig, die Konzentration eine sehr hohe sein.

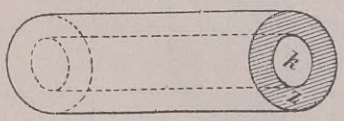


Fig. 39.

Noch etwas ist zu berücksichtigen: Die eigentlichen Holzpilze, soweit sie bisher untersucht wurden, gehen ein, sobald sie dauernd nicht auf der Oberfläche des Holzes wachsen können.

Ein Anstrich mit einem genügend kräftigen und auch entsprechend konzentrierten Antiseptikum sichert auf alle Fälle von Angriffen von Pilzen; er schützt auch dann, wenn sich solche bereits im Inneren des Holzes befinden.

Man hat bei Telegraphenstangen, die mit Kupfervitriol imprägniert wurden, beobachtet, daß dieselben außen ganz gesund, innen aber zerstört waren (sogenannte Kernfäule). So sehr dieses Beispiel die hier aufgestellte Theorie in Frage zu stellen scheint, sowenig tut es dies. Man braucht sich nur daran zu erinnern, daß bei Verwendung von Sublimat (Quecksilberchlorid) zur Tränkung von Eisenbahnschwellen ähnliche Erscheinungen niemals beobachtet wurden, obwohl man dieses immer nur in Form einer Tränkung verwendet hat und sonach im Inneren des Holzes sicher kein Sublimat vorhanden war.[1]) Sobald man jedoch versuchte, das

[1]) Dieselbe günstige Erfahrung machte man im Hochbaue mit sonstigen kräftigen antiseptischen Stoffen.

Sublimat durch Chlorzink oder Kupfervitriol zu ersetzen und auch nur zu tränken, zeigte es sich, daß die Erfolge ungünstig waren, und man mußte zur Imprägnierung nach dem pneumatischen Verfahren greifen, bei der wahrscheinlich nicht die Imprägnierung, sondern das Dämpfen den Haupterfolg hervorruft. Nunmehr erzielte man befriedigende Ergebnisse.

Würdigt man all diese Tatsachen, so eröffnet sich die Erkenntnis, daß nicht die zu wenig tief in das Innere des Holzes greifenden Imprägnierungen mit Kupfervitriol die Ursache der Kernfäule bei Telegraphenstangen bildeten, sondern die zu schwachen antiseptischen Eigenschaften desselben. Die aufgestellte Theorie steht somit im Einklange mit der Praxis.

Je kräftiger das Antiseptikum, desto oberflächlicher kann es verwendet werden; je schwächer dasselbe, desto tiefer muß man es in das Holz eindringen lassen, um noch einen Erfolg zu erzielen.

A. Wasserlösliche antiseptische Stoffe.

Dieselben können Verwendung finden:

a) Als Anstrich,

b) in Form einer Tränkung,

c) bei der Imprägnierung nach dem pneumatischen Verfahren.

Als Regel gilt, daß man bei Anstrichen 5%ige, unter Umständen 10%ige Lösungen, bei Tränkungen 5%ige Lösungen und beim pneumatischen Verfahren 2·5%ige Lösungen antiseptischer Mittel verwenden soll.

Als Ausnahme sei hier angeführt:

In Wasser schwer lösliche Stoffe, z. B. Antinonnin, Antigermin, können nur in geringerer Konzentration, d. h. in 2%igen Lösungen, verwendet werden. Mehr löst sich bei diesen beiden Stoffen nicht in Wasser.

Sublimat ist so wirksam, daß es bei 1 bis 2% Konzentration immer genügt.

Ad *a)* Anstriche.

Bei Anstrichen genügt es nicht, das Holz nur einmal zu streichen. Es bleiben vielfach Stellen übrig, an denen der erste

Anstrich nicht gut oder gar nicht haftet. Diese Stellen sind oft ziemlich groß, größer als das, was als „Maschenweite" bezeichnet wurde. Durch Wiederholung des Anstriches gelingt es in der Regel, auch auf diese Stellen eine Schichte des Antiseptikums anzubringen.

Bei Anstrichen handelt es sich um die Anbringung einer förmlichen Kruste des Antiseptikums. Wird dieser Forderung nicht Genüge geleistet, dann bleibt auch der volle Erfolg aus.

Wie schon einleitend bemerkt wurde, ist es ein großer Irrtum, zu glauben, ein dreimaliger Anstrich — mit einer genügend konzentrierten Lösung und mit einem genügend wirksamen Antiseptikum ausgeführt — schütze das Holz nicht hinreichend, so daß in solchen Fällen die Pilze im Inneren des Holzes wuchern.

Im Inneren des Holzes finden viele Pilze gar nicht ihre vollen Existenzbedingungen. Wenn ein holzzerstörender Pilz — und diese sind bei Hochbauten am gefährlichsten — versucht, an die Oberfläche zu treten (und dieses Streben liegt stets vor, auf alle Fälle muß dies bei der Fruchtträgerbildung geschehen), so muß er die Schichte des Antiseptikums durchbrechen. Hierbei ist es unvermeidlich, daß er auch mit dem Antiseptikum in Berührung kommt und dieses aufnimmt. Ähnliches gilt auch für andere Pilze (einschließlich anaerober Bakterien). Infolge der Aufnahme des Antiseptikums und Weiterleitung desselben ins Innere des Holzes muß der Pilz in einem gewissen Umkreise der Stelle, wo er sich Luft schaffen wollte, auch im Inneren des Holzes eingehen. Wollte er von außen eindringen, so würde er auf ähnliche Verhältnisse treffen.

Höchst gefährlich ist, wie die Praxis lehrt, nur der Fall, wenn sich neben Holz, welches mit einem Antiseptikum bestrichen ist, anderes, gänzlich ungeschütztes Holz befindet. Das ungeschützte Holz bildet ein schwer zu erschöpfendes Reservoir neuer Bildungen von Pilzen und es ist beim Hausschwamm der Fall tatsächlich vorgekommen, daß die angrenzenden Teile des mit dem Antiseptikum bestrichenen Holzes diesem ständigen Anpralle neuer Mycelmassen nicht widerstehen konnten. Aber auch da wird das Weitergreifen des Pilzes bald seine Grenze finden; meist werden nur einige Bretter dem Pilze zum Opfer fallen.

Es ist selbstverständlich, daß man jedes Holz, welches man anstreicht, von allen Seiten streichen muß und nicht etwa bei Fußbodenbrettern die obere Seite der Bretter oder gar die Seiten- und Stirnflächen unbestrichen lassen darf. Abgesehen davon, daß man beim Einbaue nur allzuleicht die bestrichene Fläche mit der unbestrichenen verwechseln könnte, kann es durchaus nicht schaden, wenn die obere Seite der Bretter auch gestrichen ist. Wird der Fußboden gewaschen, so dringt ein Teil des Antiseptikums in die Fugen und wirkt so gewiß günstig, ein anderer Teil ist schon von Haus aus ins Holz eingedrungen und wird durch das Waschen überhaupt nicht entfernt. Der Verlust an Antiseptikum ist im Vergleiche zu dem dadurch erzielten Vorteile gering anzuschlagen.

Bei Mauerwerk können nur Anstriche verwendet werden. Bei solchen Anstrichen wird man gut tun, möglichst konzentrierte, d. h. 10- bis 20%ige Lösungen anzuwenden.

Der Schutz des Mauerwerkes ist insbesonders bei Hausschwamm sehr wichtig. Hausschwamm wächst am üppigsten dort, wo er einerseits mit Holz, anderseits mit Mauerwerk in Berührung steht. Man könnte fast glauben, er führe auf dem Mauerwerk ein selbständiges Dasein. Es kommt nur allzu häufig vor, daß Holz in einem Raume durch Anstriche vor dem Hausschwamme geschützt ist, derselbe jedoch — aus dem Nebenraume stammend — durch die Mauer hervorbricht und das geschützte Holz neuerdings zu infizieren trachtet.

Die Anstriche werden auf das Holz, beziehungsweise Mauerwerk mittels Bürsten, Pinsel, in die Anstrichflüssigkeit getauchte Lappen u. dgl. aufgebracht. Auch kann man für Anstriche Sprayapparate jeder Art (Peronosporaspritzen, Tünch- und Anstrichmaschinen, ausschließlich für diesen Zweck hergestellte, auch der Flußsäure standhaltende Sprayapparate) verwenden und so die höchste Ökonomie an Material und Arbeit zu erzielen. Der Natur des Antiseptikums entsprechend, wird man die nötigen Vorsichtsmaßregeln gegen Vergiftung (Verätzung) ergreifen müssen. Der zweite und dritte Anstrich dürfen erst angebracht werden, wenn der erste, beziehungsweise zweite genügend trocken sind, also nach etwa 24 Stunden.

Beim Anstriche rechnet man (dreimaliger Anstrich) für 1 m^2 Anstrichfläche ungefähr 1 bis 1·5 l Anstrichflüssigkeit, beziehungsweise für 1 m^3 Holz 75 bis 100 l.

Ad *b)* Tränkungen.

Wo nur immer möglich, ist der Anstrich durch eine Tränkung zu ersetzen. Tränkungen langer Dauer ersetzen bei kräftig wirkenden antiseptischen Stoffen das pneumatische Verfahren vollkommen. Nur dann, wenn sehr große Holzmengen (Eisenbahnschwellen) rasch imprägniert werden müssen, muß in der Regel zum pneumatischen Verfahren gegriffen werden.

Bezüglich der Dauer der Tränkung gilt der Grundsatz: „Je länger getränkt wird, desto besser ist es." Zugleich gilt auch die Regel: „Je länger getränkt wird, desto verdünnter kann die Tränkungsflüssigkeit sein"! Man darf darum niemals ausschließlich aus Ersparungsrücksichten die Dauer der Tränkung abkürzen wollen.

Betreffs der Flüssigkeitsmenge, die aufgenommen wird, zeigt die Erfahrung, daß lufttrockenes weiches Holz in 24 Stunden etwa 10 bis 20% seines Gewichtes[1]) an Tränkungsflüssigkeit aufsaugt. Rechnet man für weiches Holz ein spezifisches Gewicht von 0·5 bis 0·75, so ergibt sich, daß von 1 m^3 Holz 0·5 bis 1·5 *hl* Imprägnierflüssigkeit aufgenommen werden.[2])

In der Praxis wird man bei 24stündiger Tränkung für 1 m^3 Bretter einen Flüssigkeitsbedarf von 150 *l*, bei Balken, Polsterhölzern u. dgl. von 100 *l* rechnen. Wird die Tränkung über 24 Stunden ausgedehnt, so lehrt die Erfahrung, daß in den nächsten 24 Stunden ungefähr die Hälfte jener Menge aufgenommen wird, welche in den ersten 24 Stunden aufgesaugt wurde. Man wird daher bei mehrtägiger Tränkung mit folgenden Flüssigkeitsmengen für 1 m^3 zu rechnen haben:

---

[1]) Nicht: Volumens!

[2]) Berechnung: 1000 *kg* Holz nehmen 10%, das sind 100 *l* Imprägnierflüssigkeit auf. Da 1000 *kg* Holz bei Annahme eines spezifischen Gewichtes von 0·5 einem Rauminhalte von 2 m^3 Holz entsprechen, so hat das Holz 5%, dem Volumen nach, an Imprägnierflüssigkeit aufgenommen (also 0·5 *hl* = 50 *l*). Bei einem spezifischen Gewichte von 0·75 ergibt sich eine Aufnahme von 7·5% dem Volumen nach. Bei einer Aufnahme von 20% dem Gewichte nach erhält man in gleicher Weise eine Aufnahme dem Volumen nach von 10 bis 15%, das sind für 1 m^3 100 bis 150 *l*.

Anzahl der Tage	Bretter	Balken usw.
1	150 *l*	100 *l*
2	150 + 75 = 225 *l*	150 *l*
3	150 + 75 + 37·5 = 262·5 *l*	175 *l*
4	262·5 + 18·7 = 281·2 *l*	$175 + \frac{25}{2} = 187{\cdot}5$ *l*
5	281·2 + 9·3 = 290·5 *l*	—
6	290·5 + 4·6 = 295·1 *l*	—
7	295·1 + 2·3 = 297·4 *l*	—
8	297·4 + 1·1 = 298·5 *l*	rund 200 *l*

Wird also nach den ersten 24 Stunden die Menge Q aufgenommen, so ist nach 8 bis 10 Tagen die Aufnahme einer solchen von rund 2 Q zu gewärtigen.

Es ist selbstverständlich, daß man im jeweiligen Fall alle diese Angaben für die verwendete Holzgattung erst bestimmen muß; die hier gebotenen Daten liefern nur einen ungefähren Anhaltspunkt zur Berechnung der nötigen Flüssigkeitsmenge.

Versuche ergaben, daß bei einer 24stündigen Tränkung die Tränkungsflüssigkeit in den Splint ungefähr auf 7 *mm*, in den Kern auf etwa 2 *mm* eindringt. Bei Verlängerung der Tränkung wächst die Eindringungstiefe unerheblich. Man könnte deshalb glauben, es sei gar nicht zweckmäßig, länger als 24 Stunden zu tränken, indem ja durch Verlängerung der Tränkungsdauer der Erfolg nicht höher wird. Ohne eine Begründung zu suchen, die sich wohl finden ließe, sei dem gegenüber bemerkt: Die Praxis lehrt, daß man gar nie lange genug tränken kann; je länger, desto besser!

Bei den k. u. k. österreichisch-ungarischen Mititärbaubehörden wird für die gebräuchlichsten Antiseptika und sonstige zur Holzkonservierung benutzten Stoffe nachstehender Materialbedarf gerechnet (siehe Tabelle S. 262).

Ad *c)* Pneumatisches Verfahren.

Dieses umfaßt zwei verschiedene Verrichtungen, und zwar:

I. das Dämpfen;

II. das eigentliche Imprägnieren.

Mittel	Materialbedarf für	
	Anstriche	Tränkung
Freie Flußsäure gemengt mit Fluoriden	—	1. Pro m^3 Holz und 2stündiger Tränkungsdauer: *a)* für Balken und Polsterhölzer . . . . . 100 *l* *b)* für Bretter . . . . 150 *l* 2. 1 m^2 Fußbodenfläche einschließlich der Polsterhölzer annähernd . 2·5 *l*
Antipolypin	Dreimaliger Holzanstrich pro m^2 Fläche 1 bis 1·5 *l*, pro m^2 Fußbodenfläche einschließlich der Polsterhölzer und des Mauerwerkanstriches (mit 20% Lösung) 5 *l* Pro m^2 Mauerwerksanstrich 1 bis 1·5 *l*	Wie bei Flußsäure. Wird das Holz getränkt, daneben die Mauer gestrichen, pro m^2 Fußbodenfläche 5 *l* (statt 2·5 *l*)
Antinonnin Antigermin	Dreimaliger Anstrich pro m^2 Fläche 1 bis 1·5 *l* und pro m^2 Fußbodenfläche einschließlich der Polsterhölzer 2·5 *l*	—
Kreosotöl	Pro einmaligen Anstrich pro m^2 0·25 *l*, demgemäß pro fünfmaligen Anstrich 1·25 *l*	—
Karbolineum	Wie Kreosotöl (Für das Ausgießen der Ritzen, Fugen ist ein Zuschlag zu geben)	—
Mineralöle	Pro einmaligen Anstrich 0·25 *l* pro m^2	—

I. Das Dämpfen entfällt hie und da. Es beruht darauf, daß man so lange überhitzten Wasserdampf über das Holz leitet, bis dasselbe im Inneren eine Temperatur von 80 bis 100° C zeigt.

In Schriften liest man häufig, das Dämpfen verfolge den Zweck, einerseits den Zellsaft (Holzextrakt) aus dem Holze zu entfernen, anderseits letzteres weicher zu machen, so daß es mehr, beziehungsweise rascher Imprägnierflüssigkeit aufnimmt. Beides ist nicht zutreffend.

Es ist, wie ja in dem Abschnitte XII ausführlich dargelegt wurde, durchaus noch nicht bewiesen, daß das Vorhandensein des Zellsaftes die Zersetzung des Holzes begünstigt; ja es ist vielleicht mitunter sogar das Gegenteil richtig. Holz, welches jahrelang im Wasser liegt, welches also gewiß vom Zellsafte befreit ist, wird, aus dem Wasser herausgenommen, recht bald zerstört. (Beispiel: Balken von Holzers Strombad in Wien.) Der Zellsaft ist mit dem Eiweiße des Holzes gar nicht identisch und dieses bleibt trotz des Dämpfens zum Teile im Holze, weil es durch das Dämpfen koaguliert, d. h. unlöslich gemacht wird.

Noch weniger ist es beim pneumatischen Verfahren nötig, das Holz für die Aufnahme der Imprägnierungsflüssigkeit erst zugänglich zu machen, es aufzuweichen. Durch einfache Verlängerung der Druckdauer kann man stets die Menge an aufgenommener Flüssigkeit ganz nach Belieben vermehren und so das Dämpfen entbehrlich machen. Buchenholz nimmt sogar mehr Imprägnierflüssigkeit auf, als oft erwünscht ist.

Das Dämpfen hat hauptsächlich nur den Zweck, das Holz im Inneren und an der Oberfläche steril (keimfrei) zu machen. Die einstündige Einwirkung überhitzten Dampfes, die angeblich festgestellte Endtemperatur des Holzes nach dem Dämpfen (80 bis 100° C) böten eine sichere Gewähr, daß dieser Zweck auch voll erreicht werde.

Tatsächlich muß jedoch neueren, durch Dr. J. Tuszon durchgeführten Untersuchungen zufolge [Anatomische und mykologische Untersuchungen über die Zersetzung und Konservierung des Rotbuchenholzes. Berlin 1905, Seite 68 und 76] daran stark gezweifelt werden, daß das Holz beim einstündigen Dämpfen auch im Inneren eine Temperatur von 80 bis 100° C annehme.

Tuszon schnitt nämlich aus dem Inneren gedämpfter Schwellen Holzstücke heraus, brachte dieselben in Kulturgefäße und konnte beobachten, daß aus derartigem Holze ein echter Holzzerstörer (Hypoxylon coccineum) herauswuchs.

Der von Dr. Tuszon geäußerten Anschauung: „Aus obigen [d. i. auf Seite 76 seines Buches erwähnten] Gründen ist also das Dämpfen des Holzes vor dem Imprägnieren entbehrlich; wenn wir aber in Betracht ziehen, daß sich der Dampf im Holze niederschlägt, wodurch dessen Wassergehalt erhöht (!!) wird, müssen wir das Dämpfen vom Gesichtspunkte des Imprägnierens für eine

entschieden schädliche Prozedur erklären," kann ich nur vollstens beistimmen.

Die Anschauung, daß das Dämpfen überflüssig sei, vertrat ich schon im Jahre 1904. Damals schrieb ich: „Ein kräftiges Antiseptikum macht das Dämpfen — in weiterer Folge die ganze Imprägnierung unter Druck — höchst unnötig. Das Kyanisieren[1]) des Holzes, unstreitig das beste Holzkonservierungsverfahren, ist das beste Beispiel hierfür." — Wird nur der Raum- oder Zeitersparnis wegen pneumatisch imprägniert, dann ist die Sachlage naturgemäß anders.

Allerdings, wenn das schwach antiseptisch wirkende Chlorzink oder das Kupfervitriol benutzt werden und wenn Eisenbahnschwellen — wie dies in der Regel geschieht — vor der Imprägnierung monatelang im Walde liegen und so infiziert sind, daß nur das Dämpfen die an der Oberfläche vorhandenen, vom Dampfe direkt getroffenen Keime zerstören kann (Chlorzink und Kupfervitriol genügen hierzu nicht), dann hat das Dämpfen einen Sinn; dann wird es geradezu zur Hauptsache bei der ganzen Imprägnierung.

II. Die eigentliche Imprägnierung umfaßt drei Vorgänge:

a) Das Evakuieren des Imprägnierkessels;

b) die Einleitung der Imprägnierflüssigkeit in den Kessel;

c) das Nachpressen von Flüssigkeit, d. h. die Anwendung von Druck.

Der Zweck dieser Vorgänge liegt klar zutage. Zu bemerken ist, daß beim pneumatischen Verfahren das Evakuieren des Kessels (d. i. die Entfernung der Luft aus dem Holze) und nicht die Anwendung von Druck die Hauptsache bildet. Ohne vorhergegangenes Evakuieren würde der stärkste Druck nichts nutzen; anderseits genügt für einzelne Fälle das Evakuieren allein.

Die Angabe von Einzelheiten wäre hier überflüssig; sie sind in Fachwerken, z. B. Heinzerling: „Die Konservierung des Holzes", Halle a/S., 1885, dann Andés: „Konservieren des Holzes" (Hartleben's chemisch-technische Bibliothek, Bd. 212), genau beschrieben. Hier kann nur interessieren, wieviel Imprägnierflüssigkeit man gewöhnlich dem Holze zuführt und in welcher Konzentration man die Antiseptika benutzt.

---

[1]) Tränkung mit Sublimat.

Dermalen verwendet man zur Konservierung der Eisenbahnschwellen, von Teerölen abgesehen, vornehmlich nur zwei Antiseptika, und zwar Chlorzink und Kupfervitriol. Bei beiden kommt es darauf an, 1 m^3 weichen Holzes ungefähr 300 l Imprägnierflüssigkeit zuzuführen. Die Konzentration beträgt bei Chlorzink 1·6° Bé, das sind 1·3%, bei Kupfervitriol 1·5 bis 2·5%. Demgemäß nimmt 1 m^3 Holz an Antiseptikum auf bei

Chlorzink . . . . . 3·9 ≅ 4 kg
Kupfervitriol . . . . . 4·5 bis 7·5 kg.

In Prozenten des Holzvolumens sind das für

Chlorzink . . . . . 0·4%
Kupfervitriol . . . . . 0·45 bis 0·75%.

Bei Benutzung von Sublimat in Form einer acht- bis zehntägigen Tränkung (beim Kyanisieren rechnet man für 1 m^3 nur 100 l Imprägnierflüssigkeit, die eine Konzentration von 1% hat. Es nimmt also das Holz dem Volumen nach 0·1% Sublimat auf. — Würde man unter Druck imprägnieren, so hätte man 300 l Flüssigkeit mit einem Gehalte von 0·33% Sublimat zu verwenden.

Von den besonderen Holzimprägnierverfahren kommt nur ein Verfahren näher in Betracht: Die Imprägnierung mit einer Emulsion von Chlorzink und Teeröl.

Man verwendet für 1 m^3 Holz 300 l Chlorzink von 3° Bé = 2·5% $Zn\,Cl_2$, daher im ganzen 7·5 kg, das sind 0·75% des Holzvolumens. Dazu gibt man für 1 m^3 Holz 20 kg Teeröle, die ungefähr 20% Phenole enthalten sollen. In 1 m^3 Holz sind demgemäß 4 kg Phenole enthalten oder in Prozenten des Holzvolumens 0·4% Phenole, entsprechend 2% Teerölen.

Die Teeröle werden mit der Chlorzinklösung zu einer Emulsion verarbeitet, die auf etwa + 50° C erhitzt wird. Mit dieser Emulsion wird (mit oder ohne Dämpfen) nach dem pneumatischen Verfahren imprägniert. — Die Erfahrung zeigt, daß sich das Teeröl zum großen Teile an der Oberfläche des Holzes absetzt und nicht tiefer in dasselbe eindringt. Man hat versucht, die Phenole des Teeröles durch Zusatz von Natriumhydroxyd löslich zu machen; Angaben über die erzielten Erfolge fehlen.

Jedenfalls sind nur Verfahren, bei welchen kreosotreiche Teeröle zur Verwendung gelangen, für Hochbauzwecke verwendbar; denn nur derart imprägniertes Holz, nicht aber das mit Chlorzink oder Kupfervitriol imprägnierte, ist gegen holzzerstörende Pilze immun. Die Teeröle haben einen heftigen

Geruch; Fußbodenbretter, die man nach diesem Verfahren imprägnieren würde, können erst nach einiger Zeit in bewohnten Räumen verwendet werden.

Eine Besprechung verdient auch das Boucherie- und Pfister-Verfahren.

Man kann diesen Verfahren das Lob nicht versagen, daß sie geistreich ausgedacht, einfach und — besonders die Methode nach Pfister — auch billig sind. Das Wesen dieser Verfahren ist nachstehendes:

Frisch gefällte Baumstämme besitzen die Eigenschaft, Wasser in der Längsrichtung zu leiten.[1]) Bewirkt man nun durch eine passende Vorrichtung (Verschlußkappe), daß unter schwachem Druck eine antiseptische Flüssigkeit in das untere Ende des Stammes eingeleitet wird, so werden zunächst der Zellsaft, dann Antiseptikum durch das entgegengesetzte (obere) Ende aus dem Stamme entweichen. Sobald das geschieht, ist auch schon die Imprägnierung beendigt.

Das Verfahren läßt sich mehrfach abändern, das Wesen (Ersatz des Zellsaftes durch die Imprägnierungsflüssigkeit) bleibt jedoch stets dasselbe.

Die Wirkung, die hier durch Entfernung des Zellsaftes erzielt wird, ist eine ganz andere als beim Dämpfen. Der hier entweichende Zellsaft enthält einen großen Teil der im Holze befindlichen — bei frischen Stämmen wahrscheinlich zum Teile noch wasserlöslichen — Eiweißstoffe. Weiters wird gerade der Inhalt der Zellen durch eine, wenn auch noch so schwach wirkende, antiseptische Flüssigkeit ersetzt. Die Folge davon ist, daß derartig imprägniertes Holz von allem Anbeginne gut geschützt ist und während seiner Lagerung im Walde von Pilzen und Käfern nur sehr ungerne befallen wird.

Als Antiseptikum hat man bisher nur Kupfervitriol (Boucherie) und Chlorzink (Pfister) verwendet. Es unterläge aber keinem Anstande, kräftigere Antiseptika, besonders Sublimat und Flußsäure zu verwenden und dadurch eine unvergleichlich höhere Wirkung zu erzielen. Leider wird man im Hochbaue kaum je dazu kommen, von diesen Verfahren Gebrauch zu machen. Man kauft ja fertiges, geschnittenes Holz und nicht frisch gefällte Baumstämme.

[1]) Die Eigenschaft kommt Baumstämmen, die längere Zeit zuvor gefällt wurden, nicht zu.

Das künstliche Trocknen des Holzes ist für Hochbauzwecke ganz ohne Belang. Was hilft es, wenn das Holz trocken ist, die Mauer (die in einem Neubau immer naß sein muß) aber hunderte und tausende von Kilogrammen Wasser unbedingt abgeben muß![1]) Man könnte das Holz zuerst künstlich trocknen und dann imprägieren. Verwendet man Teeröle allein, so muß man dies tun — das Teeröl dringt sonst nicht ein.

Alle diese Verfahren entbehren der nötigen Einfachheit und sind darum im Hochbau, ebenso wie das ganze pneumatische Verfahren, nur dann anwendbar, wenn entweder fertig imprägniertes Holz eingeliefert wird, oder passende Vorrichtungen vorhanden sind. Beim Hochbaue wird man immer mit Anstrichen und Tränkungen ausreichen, es kommt nur auf die Wahl des Antiseptikums an.

B. In Wasser unlösliche Stoffe.

Die Anwendung des gar nicht antiseptisch wirkenden Teers ist unter allen Umständen zu vermeiden. In Betracht kommen:

a) Petroleum und Paraffinöle (Fußbodenöle, Stauböle u. dgl.);

b) Teeröle (phenolhaltige, das sind Kreosotöle);

c) Karbolineum.

Über den Grad der Wirksamkeit dieser Stoffe wurde im XVI. Abschnitte gesprochen und wird noch im XVIII. Abschnitte die Rede sein.

Die Feuergefährlichkeit einzelner dieser Stoffe betreffend, kann man verschiedener Meinung sein. Sie sind gewiß alle feuergefährlich; das Holz an und für sich ist es aber auch! Selbst mit Petroleum getränkte Bretter brennen nicht, wenn sie mit einer Flamme einfach in Berührung kommen. Erst wenn ein bestimmter Wärmegrad (Entzündungstemperatur) dauernd vorhanden ist, brennen solche imprägnierte Hölzer; dann allerdings besser als nicht imprägnierte. Nur eingehende Versuche — und solche wurden bisher nicht durchgeführt — könnten über den Grad der Feuergefährlichkeit Klarheit schaffen. Ich halte die Feuersgefahr nicht allzu groß.

---

[1]) $\underbrace{Ca(OH)_2}_{\text{Kalk}} + \underbrace{CO_2}_{\text{Kohlensäure}} = \underbrace{CaCO_3}_{\text{Calciumkarbonat}} + \underbrace{H_2O}_{\text{Wasser}}$

Der Prozeß geht viel verwickelter, als hier angegeben, vor sich.

Wasserunlösliche Mittel werden dem Holze fast immer in Form eines Anstriches (unter Umständen nach dem pneumatischen Verfahren bei vorhergegangenem Trocknen des Holzes), niemals in Form einer Tränkung einverleibt. Da diese Mittel in Holz, besonders in nasses, zumeist nicht gut eindringen, so mengt man sie vielfach mit $^1/_4$ ihres Volumens an Alkohol und streicht das Holz mit dieser Mischung. Dieses Verfahren ist bei Teerölen, nicht aber bei Karbolineum und Petroleum üblich. Die Verdünnung mit Alkohol hat sich, wie schon erwähnt, im allgemeinen gut bewährt, man hat viel höhere Eindringungstiefen erreicht als bei Anwendung der unverdünnten Stoffe.

XVIII. Abschnitt.

Chemie und Beschreibung der antiseptischen Mittel.

In der Holzkonservierungstechnik des Hochbaues werden zwei Klassen chemischer Verbindungen verwendet:

I. Phenole,

II. Fluorverbindungen.

Die Verwendung weiterer Stoffe ist im Hochbaue entbehrlich.

I. Phenole.

Das Phenol ($C_6H_5 - OH$) schmilzt bei 42° C, siedet bei 180° C. Es lösen 100 Teile Wasser etwa 7 Teile Phenol. Für Holzkonservierungszwecke ist es wenig geeignet; es ist zu flüchtig.

Ersetzt man im Phenol einen Wasserstoff durch die Gruppe CH_3, so entstehen die Kresole, und zwar das Ortho-, Meta- und Parakresol. Die Formeln sind:

$$C_6H_4\begin{cases}OH & 1\\ CH_3 & 2\end{cases}$$

$$C_6H_4\begin{cases}OH & 1\\ CH_3 & 3\end{cases}$$

$$C_6H_4\begin{cases}OH & 1\\ OH_3 & 4.\end{cases}$$

Ein Gemenge von Ortho-, Meta- und Parakresol nennt man Trikresol.

Die Kresole sind flüssig und sieden zwischen 188 und 201° C. Auch die Kresole sind noch zu flüchtig, um für die Holzkonservierung mit vollem Erfolge verwendet zu werden.

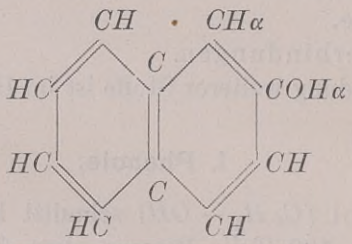
Ersetzt man weitere Wasserstoffatome durch die Gruppe CH_3, so entstehen hochsiedende Phenole, z. B. Xylenole, Tetramethyl-, Pentamethylphenole. Nur diese im Steinkohlenteer vorkommenden Phenole sind zur Holzkonservierung geeignet.

Die höheren Phenole haben einen Siedepunkt von durchwegs über 200° C. Weder die Kresole, noch die höheren Phenole lösen sich in nennenswerter Menge im Wasser.

Im Buchenholzteer kommen zwei Stoffe vor, die man zu den Estern der Phenole zählt:

Guajakol: $C_6H_4\begin{cases} OH & 1 \\ OCH_3 & 2 \end{cases}$ und Kreosol: $C_6H_3\begin{cases} CH_3 & 1 \\ OH & 3 \\ OCH_3 & 4 \end{cases}$

Zwar in den verschiedenen Teersorten nicht vorkommend, doch nahe verwandt mit den Phenolen sind die Naphthole (α und β). Die Konstitutionsformel des β-Naphthols, $C_{10}H_7\,OH\beta$, ist:



Würde die OH-Gruppe statt bei β bei α stehen, so hätte man das α-Naphthol ($C_{10}H_7\,OH\alpha$), vor sich.

Die Naphthole werden aus dem im Steinkohlenteer vorkommenden Naphthalin $C_{10}H_8$ (das für Holzkonservierungszwecke ungeeignet ist) dargestellt.

Der Darstellungsprozeß ist nachstehender:

a) $\underbrace{C_{10}H_8}_{\text{Naphthal.}} + \underbrace{H_2SO_4}_{\text{Schwefelsäure (konz.)}} = \underbrace{H_2O}_{\text{Wasser}} + \underbrace{C_{10}H_7 - SO_3H}_{\text{Naphthalin-Sulfosäure}}.$

b) $C_{10}H_7 - SO_3H + 2NaOH = \underbrace{NaHSO_3}_{\text{Saures, schwefligsaur. Natrium}} + \underbrace{H_2O}_{\text{Wasser}} + \underbrace{C_{10}H_7ONa}_{\text{Naphthol-Natrium}}.$

c) $\underbrace{C_{10}H_7ONa}_{\beta\text{-Naphthol-Natrium}} + \underbrace{H_2SO_4}_{\text{Schwefelsäure (verd.)}} = \underbrace{C_{10}H_7OH}_{\text{Naphthol}} + \underbrace{NaHSO_4}_{\text{Saures, schwefelsaur. Natron}}.$

Die Naphthole sind fest, wenig flüchtig und von sehr hoher antiseptischer Wirkung. Vermöge dieser Eigenschaften sind sie — einen billigen Preis vorausgesetzt — ganz hervorragend für Holzkonservierungszwecke geeignet.

Die Naphthole lösen sich fast gar nicht im Wasser.

Um die in Wasser unlöslichen Phenole (Naphthole) in Lösung zu bringen, verwendet man mehrere Mittel, und zwar:

a) Lösen in Schwefelsäure;

b) Mischen mit Alkalihydroxyden und einzelnen anderen alkalisch reagierenden Stoffen (Seifen).

Ad *a.* Löst man Phenole in konzentrierter Schwefelsäure in der Kälte (d. i. in der Regel unter Kühlung), so bleiben beide Komponenten unter Umständen unverändert nebeneinander. Zumeist jedoch verbindet sich das Phenol mit der Schwefelsäure zu einer Phenolsulfosäure. — Es gehen z. B.

$$\underbrace{C_6H_5OH}_{\text{Phenol}} + \underbrace{H_2SO_4}_{\text{Schwefelsäure}} = \underbrace{C_6H_4\begin{cases}SO_3H\\OH\end{cases}}_{\text{Phenolsulfosäure}} + \underbrace{H_2O}_{\text{Wasser.}}$$

Ebenso geht der Prozeß bei den übrigen Phenolen (Naphtholen) vor sich.

Die Phenolsulfosäuren lösen sich im Wasser vollständig. — Die Erfahrung lehrt, daß Phenolsulfosäuren für Holzkonservierungszwecke ganz ungeeignet sind.[1])

Ad *b.* Phenole, auch die meisten ihrer Nitroderivate (S. 273), lösen sich in Kalium- und Natriumhydroxyd vollständig. Zur Lösung ist höchstens so viel Kalium-, beziehungsweise Natriumhydroxyd nötig, als erforderlich wäre, damit sich beispielsweise beim Lösen von Phenol in Natriumhydroxyd eine Verbindung von der Formel: $C_6H_5 - ONa$, nach dem Prozesse:

$$C_6H_5 - OH + Na\,OH = C_6H_5 - ONa + H_2O$$

bilde. Tatsächlich findet dieser chemische Vorgang nicht oder nur ausnahmsweise statt und es sind beide Komponenten nebeneinander vorhanden.

Die Menge des nötigen Zusatzes an Natriumhydroxyd (Kaliumhydroxyd kommt schon des Preises wegen weniger in Betracht) kann man sich aus dem Molekulargewichte des Natrium-

---

[1]) Um so mehr sind auch die vorgeschlagenen Naphthalinsulfosäuren ganz unbrauchbar.

hydroxydes und jenem der einzelnen Phenole berechnen. Im besonderen braucht man zum Lösen von

94 *g* Phenol . . . . . 40 *g* *Na OH*,
118 *g* Kresol . . . . . 40 *g* *Na OH*,
144 *g* β-Naphthol . . . . . 40 *g* *Na OH*,

das sind ungefähr 42, beziehungsweise 33 oder 27% des Phenolgewichtes an Natriumhydroxyd.

Da das käufliche Natriumhydroxyd stets Verunreinigungen enthält, so ergibt der wirkliche Versuch andere Zahlen, z. B. für β-Naphthol 35% statt 27%, und es genügt zu wissen, daß zum vollständigen Lösen eines Phenols $^1/_3$ bis $^1/_2$ des Phenolgewichtes an Natriumhydroxyd zuzusetzen ist.

β-Naphthol-Natrium kommt nebst Fluornatrium im Holzkonservierungsmittel Antipolypin vor.

Seifenlösungen besitzen die Eigenschaft, Phenole in den Zustand feinster Verteilung zu bringen, zu emulgieren. Dieses Gemisch von Seife und Phenol, die Emulsion, besitzt die Eigenschaft, sich bis zu einem gewissen Grade durch Wasser verdünnen zu lassen, ohne daß sich das Phenol abscheidet. Man benutzt entweder gewöhnliche Fettseifen, wie z. B. beim Präparate Lysol oder Harzseifen, wie beim Präparate Kreolin.

Die Verwendung von Präparaten, die aus Phenolen und Seifen bestehen, empfiehlt sich für Holzkonservierungszwecke nicht. Mit der Zeit scheidet sich nämlich einerseits das betreffende Phenol, anderseits die Fettsäuren (Harze) der Seife ab. Das wäre an und für sich geradezu ein Vorteil, eine Fixierung. Da aber Fettsäuren (Harze) die Poren des Holzes verstopfen und dadurch das Pilzwachstum begünstigt wird, so überwiegen die Nachteile bedeutend die Vorteile.

Mit Salpetersäure geben die Phenole — nach dem Prozesse:

$$C_6 H_5 OH + HNO_3 = C_6 H_4 \begin{cases} OH \\ NO_2 \end{cases} + H_2 O$$

— die Nitrophenole. Bei intensiverer Nitrierung bilden sich Di- oder Trinitrophenole nach dem Prozesse:

$$C_6 H_5 OH + 2\,HNO_3 = C_6 H_3 \begin{cases} OH \\ NO_2 \\ NO_2 \end{cases} + 2\,H_2 O.$$

beziehungsweise:

$$C_6 H_5 OH + 3 HNO_3 = C_6 H_2 \begin{cases} OH \\ NO_2 \\ NO_2 \\ NO_2 \end{cases} + 3 H_2 O.$$

Die Phenole mit zwei Nitrogruppen (Dinitrophenole) wirken sehr kräftig antiseptisch.

Hervorzuheben wäre das Orthodinitro-Kresol —

$$C_6 H_2 \begin{cases} OH\ 1 \\ CH_3\ 2 \\ NO_2 \\ NO_2 \end{cases}$$

— welches neben einer gänzlich unlöslichen (unwirksamen) Kupferverbindung im Präparate Antigermin vorkommt. Sein Kaliumsalz —

$$C_6 H_2 \begin{cases} OK\ 1 \\ CH_3\ 2 \\ NO_2 \\ NO_2 \end{cases}$$

— ist im Präparate Antinonnin als wirksamer Bestandteil enthalten.

Während nämlich die Phenole selbst keine echten Salze bilden, bilden die einzelnen Mono- und Dinitro- und fast alle Trinitrophenole echte Salze. Die Nitrophenole lösen sich im Wasser meist nur wenig, besser einzelne der Salze.

Ich habe mit den Präparaten Antinonnin und Antigermin, unabhängig davon, ob ich sie direkt von Friedrich Bayer & Co. in Elberfeld (beziehungsweise von der Filiale in Wien) oder aus dem Detailhandel bezog, stets die besten Wirkungen erzielt und auch keinerlei Schwankungen in der Wirkung bemerkt, ich kann mir sonach einzelne Mißerfolge nicht anders als durch unrichtige Gebrauchsweise erklären. Immerhin ist möglich, daß in früheren Jahren (vor 1900) Schwankungen in der Zusammensetzung vorkamen. Bei Bezug großer Quantitäten von Präparaten, die unter besonderen Namen vorkommen, empfiehlt sich übrigens dringend, eine bestimmte, stets gleichmäßige Zusammensetzung in den Lieferungsbedingungen zu verlangen.

Der Detailkäufer kann derlei Ansprüche allerdings nicht stellen und muß dem Rufe der betreffenden Firma trauen.

Teer, Teeröle, Kreosotöle, Kreosote.

Bei der trockenen Destillation einer ganzen Reihe von Stoffen, z. B. Steinkohlen, Braunkohlen, Holz usw., resultiert nebst gasförmigen und dünnflüssigen Bestandteilen noch ein dickflüssiger brauner bis schwarzer Bestandteil, der Teer genannt wird.

Je nach dem Ausgangsmateriale bezeichnet man den Teer als Steinkohlenteer, Braunkohlenteer, Buchenholzteer usw.

Die verschiedenen Teere bestehen aus festen Bestandteilen, den Pechen, und flüssigen Bestandteilen, den Teerölen.

Im Laufe der Zeit entweichen aus den Teeren die flüssigen Bestandteile und bleiben nur die festen übrig. Dies geschieht am raschesten, wenn der betreffende Teer in dünner Schichte, z. B. gestrichen auf Holz, vorliegt.

Streicht man also Holz mit Teer an, so bleibt zum Schlusse am Holze nur eine Kruste von Pech übrig.

Diese Kruste von Pech schadet weit mehr, als sie nutzt. Das Pech besitzt keinerlei antiseptische Eigenschaften, verwehrt aber der Luft den Zutritt zum Holze, fördert also das Wachstum der Pilze. Diese üblen Erfahrungen mit dem Teeren von Holz wurden schon unzählige Male gemacht und trotzdem wird das Teeren noch weiter geübt. Die Verwendung von Teer zur Holzkonservierung im Hochbaue bleibt unter allen Umständen ausgeschlossen.

Durch Destillation der Teere gewinnt man die destillierbaren Bestandteile, die Teeröle, während die nicht destillierbaren (richtiger nicht destillierbaren und schwer destillierbaren), die Peche, als Rückstand in der Destillierblase zurückbleiben. Je nach dem Ausgangsprodukte unterscheidet man Steinkohlenteeröle, Holzteeröle usw.

Die verschiedenen Teeröle enthalten zwar antiseptisch wirkende, zur Holzkonservierung mehr oder minder geeignete Bestandteile, doch hängt die Menge dieser Bestandteile von der Art des Teeröles, von der Art der Destillation usw. ab.

Wegen dieser Schwankungen in der Zusammensetzung empfiehlt sich die Verwendung der Teeröle für Holzkonservierungszwecke im Hochbaue nicht. Wohl aber können bestimmte Anteile der Teeröle, die sich durch Destillation gewinnen lassen,

also bestimmte Fraktionen der Teeröle zur Holzkonservierung verwendet werden.

Diese verwertbaren Bestandteile entsprechen ungefähr der Bezeichnung Kreosotöl oder Rohe Karbolsäure.

Die Bezeichnung „rohe Karbolsäure" deutet hierbei schon an, um welche Anteile (Fraktionen) es sich hierbei handeln kann.

Das Phenol (die Karbolsäure) siedet bei 180° C. Fraktionen, die etwa unter 175° C sieden, können Phenole nicht enthalten, sind also für Holzkonservierungszwecke wertlos.

Als erste Forderung hätte sonach zu gelten:

Für die Holzkonservierungszwecke im Hochbaue zu benutzende Teeröle sollen frei sein von Bestandteilen, die unter 175° C sieden.

Schwieriger ist es, nach oben hin eine zutreffende Grenze zu ziehen. Sehr hochsiedende Bestandteile der Teeröle enthalten feste, wenn auch noch destillierbare Bestandteile.

Praktische Erfahrungen über die obere Grenze, in bestimmter und begründeter Form ausgesprochen, liegen nicht vor. Es muß sonach die obere Grenze für den Siedepunkt einigermaßen willkürlich auf 300 bis 350° C festgesetzt werden und die zweite Forderung wird dann lauten:

a) Der Siedepunkt der zur Holzkonservierung im Hochbaue benutzten Teeröle soll 300 bis 350° C nicht überschreiten;

b) nicht destillierbare Anteile dürfen in den Teerölen nicht vorhanden sein.

Die in den Teerölen enthaltenen Stoffe können in:

1. Nichtphenole und
2. Phenole eingeteilt werden.

Den Nichtphenolen jede Wirksamkeit gegen Pilze abzusprechen, würde zu weit gehen.

Aber die Wirkung der Nichtphenole ist jedenfalls eine sehr mäßige, gegenüber den Phenolen kaum in Betracht kommende.

Die Angabe, es stamme der üble Geruch der Teeröle hauptsächlich von den Phenolen, ist nicht zutreffend. Dieser Geruch rührt hauptsächlich von den Pyridinderivaten und anderen ungenügend studierten Stoffen her. Die Ankündigung, die man oft im Sinne einer Anpreisung hört, „frei von Phenol", spricht dafür, daß der Offerent auf die Unwissenheit des Käufers rechnet. Entweder will man ein antiseptisch wirkendes

Teeröl, dann müssen die Phenole darin sein, oder man will es nicht, dann nehme man lieber Petroleum, Rückstände der Naphthadestillation (Paraffinöle), Karbolineum u. dgl.

Da nur die Phenole den wirksamen Bestandteil der Teeröle darstellen und den Nichtphenolen fast nur die Rolle eines Verdünnungsmittels zukommt, so ist es wichtig, bei den zu Holzkonservierungszwecken benutzten Teerölen einen bestimmten Phenolgehalt zu fordern. Hie und da begnügt man sich mit 15% an Phenolen.

Zu fordern wäre jedenfalls mehr, etwa 25%. Jedenfalls ist 20% das Minimum und die dritte Forderung lautet also:

Zur Holzkonservierung im Hochbaue benutzte Teeröle sollen mindestens 20% Phenole enthalten.

Vom Standpunkte der Holzkonservierung im Hochbaue wäre nur solchen Teerölen, die diesen drei Bedingungen, die nun noch in zwei zusammengefaßt werden sollen, entsprechen, die Bezeichnung Kreosotöl beizulegen.

Diese Bedingungen sind:

1. Phenolgehalt mindestens 20%;

2. Abwesenheit von Stoffen, die über 350° C oder unter 175° C sieden, dann von nicht destillierbaren Bestandteilen.

Oft wird es sich empfehlen, die im Kreosotöle vorhandenen Phenole aufzuschließen, d. h. in Wasser löslich zu machen.

Die Herstellung einer Emulsion mit Chlorzink wurde bereits erwähnt. — Statt die Emulsion mit einer Chlorzinklösung zu machen, könnte man auch reines Wasser benutzen. Schwefelsäure darf aus dem gleichen Grunde, wie bei den Phenolen angegeben, nicht verwendet werden, dann auch, weil sie das Holz zerstört. Dagegen kann auch hier die Lösung mit Natriumhydroxyd bewirkt werden. Die Menge desselben ist stets durch eine Analyse (Ermittlung des Phenolgehaltes) und einen darauffolgenden Versuch zu bestimmen. Ist der Gehalt an Phenolen bekannt, dann kann man den notwendigen Zusatz an Natriumhydroxyd annähernd berechnen. — Es ist ja bekannt, daß Phenole zum völligen Lösen $^1/_3$ bis $^1/_2$ ihres Gewichtes an Natriumhydroxyd fordern. Enthält z. B. ein Kreosotöl 30% Phenole, so hat man für 100 *kg* desselben 10 bis 15 *kg* Natriumhydroxyd zuzusetzen. In der Praxis verwendet man in der Regel auf 100 *kg* Kreosotöl 10 *kg* Natriumhydroxyd.

Bestimmung des Phenolgehaltes. Fraktionierte Destillation.

Der Phenolgehalt eines Teeröles läßt sich in sehr einfacher Weise, allerdings nur annähernd, jedoch für die Praxis hinreichend genau, bestimmen. Zur Bestimmung des Phenolgehaltes schüttelt man 100 cm^3 Teeröl mit 100 cm^3 10%iger Natronlauge und bringt in einen Meßzylinder von 200 cm^3 Inhalt. Es bildet sich *a)* eine obere Schichte bestehend aus Teeröl weniger Phenolen und *b)* eine untere Schichte, bestehend aus Natronlauge mehr Phenolen. Man liest die Höhe (in Kubikzentimeter ausgedrückt) der oberen Schichte ab. Dieselbe betrage beispielsweise 72 cm^3. Da ursprünglich 100 cm^3 Teeröl da waren, 28 cm^3 aber fehlen, so wurden diese von Natronlauge aufgenommen. In 100 cm^3 Teeröl sind also 28 cm^3, d. i. 28 Volumprozent Phenole.

Man kann auch die Schichte, bestehend aus Phenolen und Natronlauge, mittels eines Scheidetrichters von der anderen Schichte trennen und mit Salzsäure (nicht Schwefelsäure) neutralisieren. Es scheiden sich die Phenole ab und die Kubikzentimeter an Phenol geben (bei Verwendung von 100 cm^3 Teeröl) die Volumprozente an Phenolen an.

Durch fraktionierte Destillation in einem Destillierkolben, die in üblicher Weise durchzuführen ist, erkennt man, ob tatsächlich alles über, beziehungsweise ober den gegebenen Grenzen (+ 175 bis + 350° C) siedet.

Man kann auch nur die abgeschiedenen Phenole für sich destillieren, um ihren Siedepunkt kennen zu lernen, dann um zu sehen, ob sie nicht etwa durch Harz verunreinigt sind. Harze würden als nicht destillierbarer Rückstand übrig bleiben.

II. Fluorverbindungen.

Die Literaturangaben über Fluorverbindungen sind sowohl unvollständig als auch vielfach unsicher.

Die freie Flußsäure — HF — wird dargestellt, indem man fein zerriebenen Flußspat (CaF_2) mit Schwefelsäure erhitzt. Es entweicht Flußsäure:

$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2\,HF.$$

Ist im Flußspat Kieselsäure (SiO_2) vorhanden, so enthält die entweichende Flußsäure Siliciumfluorid (SiF_4), welches mit Flußsäure Kieselflußsäure bildet:

$$Si\,O_2 + 4\,HF = Si\,F_4 + 2\,H_2\,O$$
$$Si\,F_4 + 2\,HF = H_2\,Si\,F_6.$$

Beim Ätzen des Glases mit Flußsäure wird die Kieselflußsäure als Abfallprodukt erhalten. — Die Herstellung der Flußsäure geschieht in Retorten aus Eisen.

Die nachfolgenden Angaben verdanke ich zum Teile der Firma Landau & Co. in Wien (Floridsdorf).

Wasserfreie Flußsäure hat die Dichte 0·9879. Im Handel kommen nachstehende Sorten an Flußsäure vor:

1. Höchstkonzentrierte. Dichte (bei 20° C) 1·240, beziehungsweise 40·5 Bé. Dieselbe enthält 80·4 Gewichts-, 99·0 Volumprozente *HF*.

Diese Flußsäure wird meist in Tonnen aus Stahl, in sogenannter „Stahlemballage" versendet. Für die Versendung der beiden anderen Sorten von Flußsäure benutzt man meist Bleigefäße.

2. Mittelkonzentrierte. Dichte 1·290, Grad Bé 32·9, Gewichtsprozente 63·3, Volumprozente 84·2.

3. Normale. Dichte 1·268, Grad Bé 30·99, Gewichtsprozente 61·1, Volumprozente 76·0.

Zur Verwendung im Hochbau empfiehlt sich eine Säure, die etwa 50 Gewichtsprozente Flußsäure enthält. Dieser Konzentration kommt die „normale" Säure am nächsten. Die in Laboratorien verwendete Säure enthält 37 bis 40 Gewichtsprozente Flußsäure.

Die Kieselflußsäure kommt gleichfalls in drei Konzentrationen vor, und zwar:

1. Höchstkonzentriert. Dichte bei 20° C 1·466 (Maximum), entsprechend 46° Bé. Der Gehalt an $H_2\,Si\,F_6$ beträgt 41·12 Gewichts-, beziehungsweise 60·21 Volumprozente.

2. Mittelkonzentriert. Dichte (bei 20° C) 1·31 bis 1·335, entsprechend 34 bis 38° Bé. Dieselbe enthält 35 bis 40 Gewichtsprozente $H_2\,Si\,F_6$.

3. Verdünnt. Dichte bei 20° C 1·160 bis 1·180, entsprechend 20 bis 22° Bé. Der Gehalt an $H_2\,Si\,Fl_6$ beträgt 18 bis 20° Gewichtsprozente.

Ob man für Holzkonservierungszwecke Flußsäure oder Kieselflußsäure verwendet, ist im Grunde genommen nur eine Preisfrage, die übrigens dermalen in der Regel zugunsten der Flußsäure ausfällt.

Die Formel der Kieselflußsäure $H_2 Si F_6$ läßt sich auch so schreiben: $2 HF . Si F_4$.

Versuche zeigen, daß nur die Gruppe $2 HF$ wirkt, die Gruppe $Si F_4$ aber nicht.

Das Molekulargewicht der Kieselflußsäure ist 144, jenes von zwei Molekülen HF ist 40. Die Verwendung von Kieselflußsäure wäre rentabel, wenn sich der Preis der Kieselflußsäure zu jenem der Flußsäure wie $40 : 144 \cong 1 : 4$ verhalten würde. Flußsäure kann nur in Bleigefäßen oder Stahlemballage, Kieselflußsäure auch in Glasgefäßen befördert werden. So wird die Verwendung der Kieselflußsäure auch dann, wenn das Verhältnis im Preise etwa noch 1 : 3 beträgt, lohnend sein.

Da $100\,kg$ Flußsäure (50gewichtsprozentig) in Österreich beim Bezuge größerer Mengen etwa $50\,K$, demgemäß $100\,kg$ 100prozentige Säure $100\,K$ kosten, so dürften $100\,kg$ der 100prozentigen Kieselflußsäure höchstens $33\,K$ und demgemäß der 40prozentigen nur etwa $14\,K$ kosten.

Dermalen ist die Kieselflußsäure weit teuerer und ihre Verwendung darum nur in Ausnahmsfällen geboten.

Fluoride der Alkalien. Die Flußsäure bildet, mit Hydroxyden oder Karbonaten der Alkalien zusammengebracht, die entsprechenden Salze. Es können zwei Reihen von Salzen entstehen:

a) Saure Salze;

b) neutrale Salze.

Die sauren Salze bilden sich nach der Gleichung:

$$\underbrace{Na_2 CO_3}_{\text{Natriumkarbonat (Soda)}} + \underbrace{4 HF}_{\text{Flußsäure}} = \underbrace{2 [Na F HF]}_{\text{Saures Fluornatrium}} + \underbrace{CO_2}_{\text{Kohlensäure}} + \underbrace{H_2 O}_{\text{Wasser.}}$$

Die neutralen dagegen nach der Gleichung:

$$\underbrace{Na_2 CO_3}_{\text{Natriumkarbonat (Soda)}} + \underbrace{2 HF}_{\text{Flußsäure}} = \underbrace{2 Na F}_{\text{Fluornatrium}} + \underbrace{CO_2}_{\text{Kohlensäure}} + \underbrace{H_2 O}_{\text{Wasser.}}$$

Wendet man statt der Karbonate die Hydroxyde an, so ist der Prozeß ein ähnlicher, nämlich:

$$\underbrace{Na OH}_{\text{Natriumhydroxyd}} + \underbrace{2 HF}_{\text{Flußsäure}} = \underbrace{Na F . HF}_{\text{Saures Fluornatrium}} + \underbrace{H_2 O}_{\text{Wasser,}}$$

beziehungsweise

$$\underbrace{Na OH}_{\text{Natriumhydroxyd}} + \underbrace{HF}_{\text{Flußsäure}} = \underbrace{Na F}_{\text{Fluornatrium}} + \underbrace{H_2 O}_{\text{Wasser.}}$$

Die Flußsäure bildet daher mit den Alkalien die Salze:

	Sauer	Normal
	Formel	
Fluornatrium	$NaF.HF$	NaF
Fluorkalium	$KF.HF$	KF
Fluorammonium	$NH_4F.HF$	NH_4F

Die physikalischen Eigenschaften der Alkalifluoride sind nachstehende:

Verbindung	Sauer	Normal
Fluornatrium	durchsichtige, farblose Krystalle	weißes Pulver
Fluorkalium	durchsichtige, farblose Krystalle	weißes Pulver
Fluorammonium . . .	farblose, hygroskopische Krystalle	farblose, hygroskopische Krystalle

Für Holzkonservierungszwecke kommt nur das Fluornatrium in Betracht. Fluorkalium und Fluorammonium sind zu teuer. Fluornatrium dürfte dermalen um 100 *K* für 100 *kg* wohl unter allen Umständen zu beziehen sein.

Fluornatrium löst sich je nach der Art seiner Herstellung verschieden gut im Wasser. Für Holzkonservierungszwecke sind nur solche Sorten zu gebrauchen, welche sich gut im Wasser lösen.

Die Angabe des Gmelin-Krautschen Handbuches der Chemie, daß 100 Teile Wasser 4 bis 5 Teile Fluornatrium lösen, trifft nicht zu. Von reinem Fluornatrium, welches frei von Kieselsäure und von Verbindungen der Kieselflußsäure ist, löst sich weit mehr auf.

Alkalisalze der Kieselflußsäure. Dieselben kommen für Holzkonservierungszwecke nicht in Betracht. Das Kieselfluornatrium Na_2SiF_6, welches oft als Antiseptikum verwendet wird, ist in Wasser viel zu schlecht löslich, als daß es zur Holzkonservierung verwendet werden könnte. Zudem sind die antiseptischen Eigenschaften desselben keineswegs allzu hohe; sein Ruf als Antiseptikum wurde sehr übertrieben.

Fluorverbindungen der Erdalkalien und des Aluminiums. Die Fluoride der Erdalkalimetalle (Calcium, Baryum, Strontium) lösen sich nicht im Wasser und kommen deshalb nicht in Betracht.

Magnesiumfluorid ist gleichfalls schlecht im Wasser löslich und daher unverwendbar.

Kieselfluormagnesium ließe sich — einen billigen Preis der Kieselflußsäure vorausgesetzt — leicht aus dem sehr wohlfeilen Mineral Magnesit ($MgCO_3$) herstellen.

Reines Aluminiumhydroxyd löst sich ungemein leicht in Flußsäure, weit schwieriger in Kieselflußsäure. Nun ist reines Aluminiumhydroxyd zu teuer und man wendet deshalb zur Herstellung der Fluorverbindungen des Aluminiums das Mineral Bauxit, bestehend aus einem basischen Aluminiumhydroxyd und Eisenoxyd an. Dieses Mineral löst sich aber schon in Flußsäure recht schlecht. So besitzt man kein Verfahren, um Fluorverbindungen des Aluminiums billig herzustellen. Billig wäre die Erzeugung nur dann, wenn man aus der Säure die Aluminiumverbindung fast kostenlos herstellen könnte, was nicht der Fall ist. Weder Fluoraluminium noch Kieselfluoraluminium können in Form einer gut wasserlöslichen festen Verbindung hergestellt werden. Das ist ein weiterer Nachteil der Aluminiumverbindungen. Schließlich besitzen die Aluminiumverbindungen des Fluors auch keine bevorzugten antiseptischen Eigenschaften.

Die Verwendung des Kieselfluormagnesiums, dann der Fluorverbindungen des Aluminiums bietet dermalen des Preises wegen keine Vorteile gegenüber dem Fluornatrium und den Fluoriden der Schwermetalle, käme jedoch vielleicht in Betracht, wenn in den Preisen ein gründlicher Umschwung eintreten würde.

Chromfluoride würden sich zur Holzkonservierung gut eignen, sind jedoch zu teuer.

Fluorverbindungen der Schwermetalle. Ein Blick auf den Kurszettel der Metallbörse in London belehrt über die Preise der Metalle.

100 *kg* Kupfer kosten ungefähr 120 *K*; dieses Metall ist also zu teuer. Berücksichtigt man dazu, daß das Kupfer keine hervorstechenden antiseptischen Eigenschaften besitzt und ohne Grund als zur Konservierung des Holzes besonders günstig geschildert wird, so bleiben nur noch zwei Metalle übrig, die verwendet werden: Zink und Eisen. Da jedoch auch der Ver-

wendung des Eisens bisher noch nicht entkräftigte Bedenken gegenüber stehen, welche sich auf die Bildung von basischen Oxyden des Eisens stützen (S. 59), so ist die Frage der Zulässigkeit des Gebrauches von Eisenfluoriden dermalen noch nicht spruchreif und es kommen eigentlich nur Zinkfluoride in Betracht.

Das Zinn wäre zu teuer und löst sich nicht; Quecksilber wäre wohl sehr wirksam; ist jedoch giftig und teuer, Blei ist zwar genügend billig, jedoch ganz unlöslich. Ob die Verwendung von Mangan Vorteile hätte, kann noch nicht beantwortet werden.

Eisen ist für den gedachten Zweck so gut, wie umsonst zu haben (Abfälle); man kann einen Preis von höchstens 10 *K* für 100 *kg* annehmen. Zink (Abfälle) kostet etwa 50 *K* für 100 *kg* und noch weniger. Auch Zinkstaub und Zinkerze lassen sich verwenden.

Eine billige Darstellung von Eisen- und Zinkfluoriden in fester Form ist bisher nicht gelungen. Die Herstellung derselben in flüssiger Form, d. i. in Wasser gelöst, ist dagegen höchst einfach.

Man löst z. B. in 100 *l* 5%ige Flußsäure 3·25 *kg* Zinkabfälle auf und erhält so das Gemisch: Wasser + $ZnF_2 . 2HF + HF$.

Die Kosten für 100 *l* dieses Gemisches betragen:

5 *kg* Flußsäure à 1 *K*	5 *K*
3·25 *kg* Zink à 0·5 *K*	1·725 *K*
Summa . . .	6·725 *K*

100 *kg* der Mischung: $ZnF_2 . 2HF + HF$ als 100%ig (konzentriert) gedacht, würden ungefähr 83 *K* kosten.

Etwas teuerer, ungefähr 88 *K*, kommt das Gemisch $NaF + 2HF$ zu stehen. Dabei sind die Preise der Bleigefäße, Mischgefäße, der Arbeitslohn usw. nicht berücksichtigt.

Aus dieser Berechnung ergibt sich, daß die Mischung $FeF_2 + 3HF$ etwa 2mal, die Mischung $ZnF_2 + 3HF$ kaum 2·5mal soviel kosten als Chlorzink (Preis 35 *K* für 100 *kg*). Da jedoch beide Gemische jedenfalls über 3mal so wirksam sind als Chlorzink, so ist deren Verwendung geeignet, auch in ökonomischer Beziehung das Chlorzink zu übertreffen.

Noch mehr fällt ein Vergleich mit Kupfervitriol, welches unter 50 *K* für 100 *kg* kaum jemals zu haben sein wird, zu Ungunsten des letzteren aus. Selbstverständlich ist die Verwendung

solcher Mischungen auch gegenüber der Verwendung von Teerölen — bei gleicher Wirkung — billiger.

So zeigt sich die Verwendung passender Mischungen von Fluormetallen allen bisherigen Holzkonservierungsverfahren sowohl an Wirksamkeit wie auch in pekuniärer Hinsicht überlegen. Weitere Versuche müssen noch endgültig bestätigen, daß Fluorgemische ebensowenig als das Sublimat die Anwendung des pneumatischen Verfahrens erfordern und somit ihre Handhabung eine weit einfachere wird, als bei Chlorzink, Kupfersulfat und Teerölen.

Anhang.

Unter dem Namen Montaninfluat usw. kommen Gemische von Fluoriden (Silikofluoriden) mit freier Kieselflußsäure in den Handel[1]). Die auf den Gebrauchsanweisungen angegebenen Konzentrationen (für Holz im Hochbaue) entsprechen ungefähr den in diesem Buche angegebenen. Der Preis der Präparate ist ein dem Materialwerte angemessener. Meine Versuche mit diesen Präparaten ergaben, wie dem Gehalte an wirksamen Bestandteilen nach erwartet werden konnte, sehr günstige Resultate. Auch Professor Freih. v. Tubeuf machte bisher nur gute Erfahrungen. Der Gebrauch dieser Präparate (Anstrich, Tränkung, wohl auch pneumatisches und sonstiges Verfahren) empfiehlt sich der einfachen Handhabung, des leichten Transportes und der relativen Ungiftigkeit wegen auch bei kleinen Assanierungen. Versuche mit Eisenbahnschwellen ergaben bisherigen Nachrichten zufolge gleichfalls gute Ergebnisse. Diese Präparate können an Stelle der sogenannten Kesslerschen Fluate auch zur Härtung und Desinfektion von Mauerwerk Anwendung finden.

III. Unter besonderem Namen vorkommende Holzkonservierungsmittel.

Sogenannte Geheimmittel, d. i. Mittel, deren Zusammensetzung nicht bekannt ist, oder solche, deren Zusammensetzung erfahrungsgemäß schwankt, sind für Holzkonservierungszwecke grundsätzlich nicht zu verwenden.

---

[1]) „Montana", G. m. b. H. in Strehla a. d. Elbe.

Wurde das Mittel geprüft, zeigte es sich wirksam, wer bürgt dafür, daß das geprüfte Mittel mit dem unter gleichem Namen verkauften, der Zusammensetzung nach, identisch ist? Wer bürgt, daß der Gehalt an wirksamen Stoffen nicht ein geringerer ist, als bei der geprüften Probe? Die meisten Geheimmittel wurden übrigens gar nicht geprüft, beziehungsweise erwiesen sich einer strengen einwandfreien (nicht sogenannter Prüfung für Reklamezwecke) gegenüber als wirkungslos.

Die unter besonderem Namen vorkommenden Mittel lassen sich einteilen in:

1. Mittel, die Phenole enthalten;
2. Mittel, die Fluorverbindungen enthalten;
3. Mittel, die neben Phenolen Fluorverbindungen enthalten;
4. sonstige Mittel.

Ad 1. Unter dem Namen Karbolineum kommen Holzkonservierungsmittel in den Handel, die mitunter gut, mitunter aber auch recht schlecht ihren Zwecken entsprechen. Die Ursache liegt in der sehr verschiedenen Zusammensetzung der unter diesem Namen bekannten Präparate. Wohl in der weitaus überwiegenden Anzahl der Fälle besteht das Karbolineum aus Produkten der Steinkohlenteerdestillation.

Unter der Annahme, es handle sich um ein Steinkohlenteerdestillationsprodukt, wird man an ein gutes Karbolineum nachstehende Anforderungen stellen:

a) Das Karbolineum soll vollständig frei von Bestandteilen sein, die unter 175° C sieden. Enthält ein Karbolineum solche niedrige siedende Bestandteile, so stellen dieselben eine ziemlich wertlose Beigabe dar. Diese Bestandteile verflüchtigen sich ja recht bald.

b) Das Karbolineum soll keine festen oder nicht destillierbaren Bestandteile enthalten.

Solche Bestandteile wären beispielsweise Harze.

c) Der Gehalt an Phenolen im Karbolineum soll ein möglichst hoher sein. Handelt es sich um Ausschreibung von Lieferungen, so ist ein Gehalt von mindestens 20% an Phenolen, also tatsächlich Kreosotöl zu bedingen.

d) Das Karbolineum soll möglichst geruchlos sein und möglichst wenig oxydierbare (verharzende) Bestandteile enthalten.

Oft pflegt man das Karbolineum aus Teerölen durch Einleitung von Chlor (Avenarius) Sauerstoff usw. von verharzenden Bestandteilen zu befreien und auch dickflüssiger zu machen. Auch durch Erhitzen mit 5% Schwefel auf 220° C wird die Qualität des Karbolineums günstig beeinflußt (Patent Rütgers).

Unter dem Namen karbolsaures Natrium oder House preservatory kommen Holzkonservierungsmittel in den Handel, die Phenole, gelöst in Natronlauge enthalten. Der Grad der Wirksamkeit ist vom Gehalte an Phenolen und vom Siedepunkte desselben abhängig. Je höher der Siedepunkt der Phenole ist, desto besser ist es. Die Verwendung von Mitteln, die nebst Phenole und Natronlauge noch weitere Stoffe, z. B. in Natronlauge unlösliche Teeröle, Harzöle, Harze, Seife enthalten, empfiehlt sich nicht; diese Stoffe sind ein wertloser Ballast.

Über Antinonnin und Antigermin war schon bei den Phenolen die Rede.

Ad 2. Seit wenigen Jahren kommen unter verschiedenen Namen Holzkonservierungsmittel in den Handel, die Fluorverbindungen enthalten. Das Montaninfluat wurde schon erwähnt. Soweit mir bekannt, handelt es sich bei derlei Präparaten um Fluorammonium allein oder gemischt mit Fluorkalium, um Kieselflußsäure und schließlich um Kieselfluoraluminium, dann Kieselfluorzink.

Der Wert dieser Mittel ist einerseits vom Gehalte an der betreffenden Fluorverbindung, anderseits von der Art dieser Verbindung abhängig.

Die in den Gebrauchsanweisungen einzelner Mittel angegebene Konzentration ist mitunter viel zu niedrig.

Derlei Mittel werden, wenn es sich um einen sehr großen Bedarf handelt, nur in dem Falle zu verwenden sein, als ein bestimmter Gehalt an wirksamen Stoffen, garantiert wird und auch dann nur in jener Verdünnung, die den im Abschnitte XVI angegebenen Konzentrationen entspricht.

Ad 3. In diese Gruppe gehört ein vorzügliches, in seiner Zusammensetzung genau bekanntes, genau geprüftes und in der Praxis mehrfach bewährtes Mittel, Antipolypin genannt. Dieses in Österreich patentierte Mittel bringt dermalen die Firma Viktor Alder in Wien, X. Humboldgasse 42, in den Handel.

Alle Angaben beziehen sich auf ein Präparat, das: 40% β-Naphthol, 20% Natriumhydroxyd, 40% Fluornatrium, enthält.

Das nach einem geheim gehaltenen Verfahren in Form eines feinsten trockenen Pulvers gebrachte Präparat ist, um wirksam zu bleiben, vor Luft, Licht und besonders Feuchtigkeit wohl zu schützen. Es löst sich in Wasser ziemlich leicht. Im Kontakt mit Holz erfährt der eine Bestandteil desselben (β-Naphthol) die bereits im Abschnitte XV angeführte Fixierung.

Neben den bereits angeführten Mitteln Antinonnin und Antigermin, dann Montaninfluat ist dieses der Zusammensetzung nach genau bekannte Mittel das beste der unter besonderen Namen vorkommenden Holzkonservierungsmittel.

Ad *d)* Von älteren Mitteln haben die meisten nur noch ein historisches Interesse.

Um diese älteren Mittel zu kennzeichnen, genügt es anzuführen, daß einzelne derselben freie Schwefelsäure, also einen dem Holze höchst schädlichen Stoff enthielten, weiters, daß diese Mittel wirklich wirksame antiseptische Stoffe, d. i. Phenole oder Fluorverbindungen nicht enthielten.

Allerdings kam unter dem Namen Mykothanaton (?) ein Mittel in den Handel, das freie Salzsäure, dann Quecksilberchlorid enthielt.

Der Erfolg mit diesem Mittel war wegen des Sublimates kein schlechter.

Quellen-Verzeichnis.

Bamberger M., Prof., Dr.: Siehe Tollens.[1])

Beauverie J., Dr.: Etude sur le Champignon des Maisons Lyon 1903 — Le Bois. Paris 1905.

Bertrand: „Sur la presence de la mannocellulose dans le tissu ligneux des plantes gymnospermes." Compt. rend. Tome CXXIX (1899).

Brefeld O., Dr.: Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie. Bd. VIII, 1889.

Buresch: Der Schutz des Holzes gegen Fäulnis und sonstiges Verderben. 1880.

Cieslar A., Dr.: Wie kann man sich schon bei Übernahme von Bauholz gegen das eventuelle Auftreten des Hausschwammes (Merulius lacrymans Fr.) schützen? Mariabrunn, Juli 1901. (Int. Verb. f. d. Materialprüfungen der Technik.)

— „Ligningehalt einiger Nadelhölzer". Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs.

Czapek F.: Zur Chemie der Holzsubstanz. Sitzungsberichte der deutschen naturwissenschaftlich-medizinischen Vereinigung „Lotos". 1898.

— Zur Biologie der holzbewohnenden Pilze. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft 1899.

— Über die sogenannten Ligninreaktionen des Holzes. Zeitschrift für physiologische Chemie. Bd. XXVII, 1899.

— Biochemie der Pflanzen. Gustav Fischer, Jena 1905.

Dietrich E.: Die Hausschwammfrage vom botanischen Standpunkte, Berlin 1885.

Friedrich Josef: Bericht der Kommission 20 des Int. Verb. f. d. Materialprüfungen der Technik (Titel wie bei Cieslar). Kongreß in Budapest 1901.

Gayer K., Dr.: „Die Forstbenutzung". 9. Auflage, bearbeitet unter Mitwirkung von Prof. Dr. Heinrich Mayr. Berlin, Paul Parey 1903.

Gotschlich: Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 1895. Bd. XX, S. 502.

Gottgetreu R.: Die Hausschwammfrage der Gegenwart, unter Benutzung der Arbeiten des kais. russ. Ingenieur-Oberstleutnants F. G. Baumgarten. Berlin 1891.

[1]) Die in Tollens „Handbuch der Kohlenhydrate" angeführten Autoren auf dem Gebiete der Chemie sind hier nicht neuerdings erwähnt.

Göppert H. R., Dr.: Der Hausschwamm, seine Entwicklung und Bekämpfung. Herausgegeben von Dr. Th. Poleck. Breslau 1885.

Grafe V., Dr.: „Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte". Aus den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse, Bd. CXIII Abt. I, Mai 1905.

Hartig R., Dr.: Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche. Berlin 1878.

— Die Zerstörungen des Bauholzes durch Pilze. Bd. I. Der echte Hausschwamm. Berlin 1885.

— Lehrbuch der Baumkrankheiten. 2. Auflage. Berlin 1889. Kritik der Schrift: Die Hausschwammfrage der Gegenwart von R. Gottgetreu; Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, August 1891.

— Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1900.

— Der echte Hausschwamm und andere das Bauholz zerstörende Pilze. II. Auflage, bearbeitet und herausgegeben von Dr. K. Freih. v. Tubeuf. Berlin 1902.

Havelik K., Ingenieur: Über einige Ursachen ungleicher Dauerhaftigkeit der Telegraphenstangen. Österr. Wochenschrift f. d. öff. Baudienst 1904, 34.

— Über die Bestimmbarkeit der Dauer der Telegraphenstangen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1905, 2.

Heinzerling Ch., Dr.: „Die Konservierung des Holzes". Halle a. S. W. Knapp 1885.

Hennings P.: Der Hausschwamm und die durch ihn und andere Pilze verursachten Zerstörungen des Holzes. Berlin 1891.

— Über das Vorkommen des Hausschwammes an lebenden Bäumen. Zentralblatt der Bauverwaltung. Berlin 1903.

— Über holzzerstörende Schwämme, welche besonders in Gebäuden vorkommen. Baumaterialienkunde 1903.

Heß R.: „Die Eigenschaften und das forstliche Verhalten der wichtigeren in Deutschland vorkommenden Holzarten". 3. Auflage. Berlin 1905.

Hueppe F., Dr.: Bakteriologie und Biologie der Wohnung; im Handbuch der Hygiene. Herausgegeben von Dr. Th. Weyl. Bd. IV.

van Iterson: Zentralblatt f. Bakt., 2. Abt. 1904, Bd. II, S. 689.

Janka G.: Die Eignung des Buchenholzes zu Straßenpflaster im Vergleiche mit Nadelhölzern. Wien 1902.

Knabe, Ingenieur: Briefliche Mitteilungen.

Krull R., Apotheker: „Der Hausschwamm und seine Entstehung". Jahresbericht des Schweidnitzer Thor-Bezirksvereines zu Breslau.

— Briefliche Mitteilungen.

Lindroth: Naturw. Zeitschrift f. Land- und Forstwirtschaft 1904. Bd. II, S. 393.

Lafar: Technische Mykologie (I. und II. Auflage). G. Fischer, Jena (II. Auflage ab 1905).

Lorenz N. v., Dr.: Die Herstellung von Stöckelpflaster aus Rotbuche. Wien 1903.

Malenković B., k. u. k. Hauptmann: Prüfung einiger Mittel gegen Hausschwamm auf ihre Wirksamkeit.

— Zur Hausschwammfrage.

— Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens 1902.

— Mit der Sporenkeimung zusammenhängende Versuche mit Hausschwamm. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft. Stuttgart 1904.

— Zur Lehre und Anwendung der Holzkonservierung im Hochbaue. Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens 1904.

— Ist Holz durch Bakterien vergärbar? Zeitschrift für das landwirtschaftliche Versuchswesen in Österreich 1905.

— Einige Daten über die Vergärbarkeit des Xylans. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft. Stuttgart 1905.

— Neuere Ergebnisse in der Bekämpfung der im Hochbaue auftretenden holzzerstörenden Pilze. Zeitschrift d. österr. Ing.- und Architektenvereines 1906. Heft Nr. 6.

Mäule: „Das Verhalten verholzter Membranen gegen Kaliumpermanganat". Stuttgart 1905. (Dissertationsschrift.)

Möller A., Dr.: Über den Hausschwamm. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Berlin 1903.

— Über gelungene Kulturversuche des Hausschwammes (Merulius lacrymans) aus seinen Sporen. Hedwigia. Bd. XLII, 1903.

Omelianski W.: Über die Gärung der Cellulose. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde. Jena. II. Teil, Bd. VIII (1902) und Bd. XI (1903).

Oppenheimer K., Dr.: Die Fermente. Leipzig 1900.

Petrin V., k. u. k. Major: Der Hausschwamm und seine Bekämpfung. Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens 1898.

Schorstein J., Ingenieur: Mykologisches aus dem Wohnhause. Österr. landwirtschaftliches Wochenblatt 1902.

— Notiz in Zeitschrift d. österr. Ing.- und Architektenvereines 1902, Heft 20.

— Zentralblatt f. Bakt. II. Abt., Bd. IX, S. 446 (1902).

— Xylologische Streiflichter. (Als Manuskript gedruckt, Kritik.)

— Zerstören die Pilze das Xylan? Zentralblatt für das gesamte Forstwesen, Heft 7. (Kritik; Antwort des Prof. v. Tubeuf: „Zur Abwehr der Angriffe von Ing. Schorstein" in gleichem Hefte).

— Förderung der Luftmycelbildung auf der Oberfläche verpilzter Hölzer durch Behandlung mit Formaldehyd. Zeitschr. f. d. landw. Versuchsw. in Österr. 1905.

— Neuere Holzforschung, Baumaterialienkunde 1905, Heft 21. (Antwort des Prof. v. Tubeuf unter: „Abwehr des Herrn Josef Schorstein". Heft 24.)

— Kann die Rindenringelung im Walde das Holz verbessern? Baumaterialienkunde 1905, Heft 24. (Kritik eines Vortrages von Prof. Nußbaum.)

— Kritik der Mitteilung von Malenković: „Neuere Ergebnisse in der Bekämpfung der im Hochbaue auftretenden holzzerstörenden Pilze". (Mit Entgegnung von B. Malenković.) Zeitschr. d. österr. Ing.- und Architektenvereines 1906, Heft II.

Straßburger E., Prof., Dr.: „Histologische Beiträge".

Taschenberg, Prof., Dr.: Was sind Holzwürmer etc. 1883.

Tollens B.: Kurzes Handbuch der Kohlenhydrate. Bd. I, Breslau 1898, Bd. II, Breslau 1895.

Tubeuf K., Freih. v., Dr.: Beitrag zur Kenntnis des Hausschwammes. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, II. Abteilung. Jena 1902.

— Hausschwammfragen. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft. Stuttgart 1903.

— Beiträge zur Kenntnis des Hausschwammes. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft. Stuttgart 1903.

— Holzzerstörende Pilze und Haltbarmachen des Holzes. (Lafars Technische Mykologie, Bd. III) 1905.

— „Der Hausschwamm und seine Bekämpfung". Natur und Kultur 1906.

— (Siehe bei Schorstein.)

— Tilschkert V., k. u. k. Oberst d. R. Mehrere Mitteilungen in „Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens" (1895 bis 1896).

Tuszon J., Dr.: Anatomische und mykologische Untersuchungen über die Zersetzung des Rotbuchenholzes. Berlin 1905.

Wesenberg G.: Mitteilung im Zentralblatt f. Bakt. II. Abt. 1902, Bd. VIII, S. 241.

Wiesner J., Prof., Dr.: Die Rohstoffe des Pflanzenreiches 1903. (Bd. II.)

— Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wiss. in Wien 1864, S. 61. (Quelle für ältere Literatur.)

Zeisel S., Prof., Dr.: Chemische Charakteristik des Holzes etc. (in Wiesner: „Die Rohstoffe des Pflanzenreiches".)

Zikes H., Dr.: Über Hausschwamm, Merulius lacrymans und andere holzzerstörende Pilze. Zeitschrift d. österr. Ing.- und Architektenvereines 1903, Heft 10.

BIBLIOTEKA KRAKÓW Politechniczna

Register.

A.

Abfuhr der Spaltungsprodukte 65, 66.
Aborte 65.
Abschluß, luft- und wasserdichter 204.
Abwässerungsanlagen 218.
Acanthocinus aedilis 190.
Aceton 8.
Acetongärung 43.
Acides resineux 14.
Adamtal 174.
Adaptierungen 218.
Aderförmiges Mycel 115.
Adern 117.
Aderschwamm 107.
Agar-Agar 66, 233.
Agaricineen 106, 179.
Agaricus 106, 181.
— disseminatus 106, 185.
— melleus, Fruchtträger 184.
— — 77, 78, 93, 103, 106, 181.
— — Leuchten 182.
— — Mycelformen 182.
— — Rhizomorphen 182.
— — Sporenkeimung 184.
Ägypten 56.
Aldehyde 22, 37, 55, 60, 66.
Aldehydammoniak 37.
Alder 285.
Algen 70.
Alkalien 60.
Alkalihydroxyde 271.
Alkalisch reagierende Stoffe 271.
Alkalische Imprägnierungsmittel 65.
Alkalische Stoffe 57.
Alkaloide 145.
Alkohol 102, 253.
Alkoholische Gärung 43.
Aluminiumfluorid 281.
Aluminiumhydroxyd 281.
Aluminiumsalze 60.
Alterserscheinungen 100.
Ameisen 188.
Ammoniak 12, 15, 18, 36, 38, 60, 73 75, 167, 199, 209.
Ammoniumfluorid 280.
Ammonnitrat 209.
Ammonphosphat, Einfluß auf Sporenkeimungen 86.
Ammonsalz 73.
Anaerobe Pilze 236.
Anastomosen 103.
Andés 264.
Anilin 35.
Anilinacetat 35.
Anilinfluorid 32.
Anilinsalze 32.
Anilinsulfat 32.
Anilin und Essigsäure 32.
Anisol 30.
Anobium 191.
— pertinax 191.
— — striatum 191.
— domesticum 191.
— paniceum 192.
— pulsator tesselatum 192.
— striatum 191.
Anstrich 251, 253, 267, 268.
Anstrichmaschinen 259.
Antigermin 226, 234, 243, 244, 251, 252, 253, 262, 273, 285, 286.
Antinonnin 226, 234, 243, 244, 251, 252, 253, 262, 273, 285, 286.
Antipolypin 215, 234, 243, 244, 251, 252, 253, 262, 272, 285.
Antiseptika, wasserunlösliche 250, 267.
— Prüfung 232.
Antiseptikum 249, 255, 257, 258.
Antiseptische Mittel 203.
— — Wirksamkeit 222.
— Stoffe 192, 216, 257.
— — wasserlösliche 257.
Appel 110.
Araban 10, 48.
Arabin 10, 74, 97.
Arabinose 9, 10, 48.
Arabinsäure 10.
Arbeiter 149.
Armilaria mellea 106, 281.
Aromia moschata 190.
Asbest 217.
Asche 23, 213.
— des Hausschwammes 133.
Aschenanalysen 133.
Aschenbestandteile 23.
Aschengehalt 134.
Ascomyceten 104, 106.
Äsculin 18.
Aspergilleen 63.
Asphalt 213, 215.
Asphaltbrettelboden 217.
Asphaltschichte 212.
Astynomus aedilis 190.
Atmosphärilien 203.
— Wirkungen 53.
Äther 54, 102.
Ätherbindung 19.
Ätzkali 15.
Ätzkalk 60.
Aufbewahren unter Wasser 208.
Auslaugbarkeit 229.
Auslaugen 192, 208.
Auslaugeprozeß 53.
Auslaugung 205, 207.
Ausschwefeln 192.
Außenterrain 218.
Aussprossung bei Schnallenzellen 103.
Avenarius 285.

B.

Bakterien 62, 63, 92, 143, 175, 236, 237, 238, 244.
— denitrifizierende 45, 47, 49, 65, 67.
— des Holzes, Eigenschaften 67.
— — — künstliche Zucht 66.
— psychrophile 129.
Bakteriensporen 83.
Balken 222
Bamberger 17, 287.
Baryumfluorid 281.
Baryumsulfat 227.
Basidiomyceten 63, 104, 156.
— Schnallen 103.
Basische Oxyde 59.
Bauliche Maßnahmen gegen Holzzerstörer 211.
Baumdüsse 68.
Baumgarten, v. 109, 110.
Baumwollartiges Mycel 161.
Baumwolle 73.
Bayer 30, 32.
— & Comp. 226, 273.
Beauverie 11, 13, 15, 16, 164, 182, 287.
Beijerink 67.
Bencze 39, 76.
Benedict 17.
Bergsand 218.
Bertrand 9, 12, 287.
Beständigkeit 224.
Bestandteile, verharzende 285.
Betonpflaster 215.
Betriebskontrollen 241.
Bevan 17.
Bezug von Holz 218.
Bier 124.
Billigkeit 227.
Bindung, Art der 18.
Birke 11, 109.
Bispora monilioides 106.
Bisulfit 22.
Blattartiges Mycel 114.
Blausieb 191.
Blauwerden 187.
Bleiblech 212.
Blei, essigsaures 26.
Bleifolie 200.
Blitzartiges Mycel 115, 159.
Blut 144.
Bockkäfer 190.
Bohrgang 189.
Bohrmuscheln 188.
Boletus lacrymans 107.
Bonität des Holzes 193.
Boucherie 266.
Brauereien 212, 231.
Braune Tropfen 119.
Braunfärbung 101, 102.
Braunkohlenteer 274.
Bräunung 186.
Breant 222.
Brefeld 83, 93, 98, 103, 104, 162, 164, 165, 166, 168, 169, 175, 177, 182, 183, 184, 287.
Brennholz 148.
Brenzkatechin 22, 30, 31, 33.
Brot 69, 124.
Brotbohrer 192.
Brücken 80, 173.
Buche 11, 76, 196.
Buchenholzmehl 12.
Buchenholz 39.
Buchenholzkäfer 191.
Buchenholzteer 270, 274.
Buntwürfeliger Nagekäfer 192.
Buresch 287.
Burnett 222.
Bürsten 259.
Buttersäure 43.
Butylalkoholgärung 43.

C.

Calcium 23, 26, 134.
— fluorid 281.
— hydroxyd 151.
— karbonat 225, 227.
— oxyd 23.
— sulfat 225.
Callidium variabile 192.
— violaceum 192.
Carbazol 32.
Cellulose 5, 6, 20, 21, 29, 38, 39, 43, 50, 55, 60, 66, 67, 68, 69, 71, 73, 74, 97, 139, 140, 167, 189, 215, 227.
— bei Hausschwamm 135.
— bestimmungen 76.
— Dextroso 15.
— flecke 71.
— gärungen 42.
— — anaerobe 44.
— — aerobe 45.
— Manno 7.
— Natron 73.
— quantitative Bestimmung 39.
Cellulose, Reaktion auf 38.
— sorten 177.
— sulfit 73.
Cerambycidae 190.
Cerambyx cerdo 190.
Cerastoma piliferum 187.
Cerastomera pilifera 187.
Ceratostomella pilifera 187.
Chalcophora Mariana 190.
Champignon des maisons 107.
Chemie des gesunden Holzes 3.
Chemische Stoffe, Wirkungen 803.
— Voruntersuchungen des Holzes 199.
— Zusammensetzung des Hausschwammes 132.
Chlor 14.
— kalk 224.
Chloroform 102, 192.
Chlorosplenium aeruginosum 187.
Chlorsäure 14.
— verbindungen 227.
— wasserstoffsäure 223.
— zink 38, 57, 222, 223, 225, 229, 234, 243, 244, 251, 257, 265, 266, 276, 283.
— — jod 38, 135, 167.
— — Salzsäure 6.
Chromfluoride 281.
Chromogene Substanzen 4, 20.
Chromsäure 14.
Cieslar 287.
Citronensäure, siehe auch Zitronensäure.
Conidieninfektion.
Coniferin 31, 33.
Coniophora cerebella 78, 79, 80, 81, 84, 86, 87, 88, 92, 93, 97, 101, 106, 117, 120, 170, 198.
— — Fruchtträger 171.
— — Keimdauer der Sporen 176.
— — konsistentes Mycel 171.
— — — flocken.
— — — häute 171.
— — — stränge 171.
— — Optimum 175.
— (siehe auch Corticium putaneum).
— sporen 174.
— Zucht auf künstlichem Nährboden 177.

Corpora delicti 220.
Corticium giganteum 106, 170.
— putaneum 106, 170.
— — (siehe auch Coniophora cerebella).
Cossus ligniperda 191.
Criomorphus luridus 190.
Cros 17.
Cytase 97, 140.
Czapek 10, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 30, 31, 39, 74, 97, 138, 139, 140, 287.

D.

Dachkonstruktionen 117.
Daedalea 105, 169.
— mollis 167.
— quercina 80, 81, 105, 169.
Dämpfen 192, 208, 257, 261, 262, 263.
Darm 144.
Dauer des Holzes 55.
Degeneration der Hyphen, harzige 102.
Degenerationserscheinungen 100.
Dekokte 124.
Denitrifikation 46.
Denitrifizierende Bakterien 65, 67.
Destillation, fraktionierte 277.
Dextrin 73, 177.
Dextrine 5.
Dextrose 5, 43, 59, 66, 68, 73, 177.
— Acetongärung 43.
— alkoholische Gärung 43.
— Butylalkoholgärung 43.
Dextroso-Cellulose 5, 6, 15.
— -Dextrine 5.
— -Hemicellulose 5.
— Methangärung 43.
— Milchsäuregärung 43.
— -Stärke 5, 6.
— siehe auch Traubenzucker.
Dietrich 287.
Dinitrophenole 272.
Diphenylamin 32.
Diphenylaminprobe 46.
Disaccharide 5.
Doppelimprägnierung 207.
Dry rot merulius 107.
Dünger 236, 244.
Durchlässigkeit 227.

E.

Echte Holzzerstörer 61, 62, 70.
Eiche 11, 107.
Eigenschaften, reduzierende 77.
Eigentliche Holzzerstörer 62, 70.
Eindringen 228.
Einfachheit der Verwendung 231.
Einfluß der Fallzeit 192.
Eisblumenartig verzweigtes Mycel 158.
Eisen 23.
Eisenbahnschwellen 222, 224, 260, 283.
Eisenchlorid 167.
Eisenfluorid 58.
Eisenfluoride 282.
Eisensalze 60.
Eisensulfat 58.
Eisenvitriol 58.
Eiskeller 212.
Eiweiß 20.
Eiweißstoffe 18, 26, 125, 137.
Elastizität 56.
Entzündungstemperatur 267.
Enzyme 97, 137, 138, 189.
— xylolytische 138.
Erde 213, 225, 236, 244.
Erdalkalien, Fluoride der 281.
Erdgeschoß, Fußböden 217.
Ergates faber 191.
Erle 109, 195.
Erlenspaltblatt 185.
Ernobius 191.
Essigsäure 14, 35, 43, 223.
Essigsaures Blei 26.
— Phenylhydrazin 9.
Ester 54, 55, 60, 71, 74, 138.
Estertheorie 139.
Eugenol 31, 33.
Evakuieren 264.
Extrakt, Auslaugung 56.

F.

Fadenhornkäfer 191.
Fällzeit, Einfluß der 193.
Falscher Feuerschwamm 166.
Faltenförmiges Mycel 113.
Faltenschwamm 107.
Farbe des Mycels 118.
— gefällige 226.
Farbenanstriche 216.
Farben des Regenbogens 120.
Farbenspiel 120.
Farbstoffe 18, 229.
Farbstoffreaktionen 77.
Faserartiges Mycel 113.
Faserungen 113.
Faulbaum 109, 195.
Fäulnisbewohner 109.
Fehlingsche Lösung 26, 35, 36, 37.
Fenster 213.
Fensterstöcke 214.
Ferguson 82, 184.
Fermente 97, 137, 138, 189.
Fett 101, 133, 136, 204.
Fettsäuren 272.
Fetttröpfchen 123.
Festigkeitsversuche 249.
Feststellung holzzerstörender Pilze 198, 219.
Feuchtigkeit 61.
Feuchtigkeitsgehalt 242.
— der Luft 247.
Feuchtigkeitsgrad 132.
Feuerschwamm, falscher 166.
Fichte 11, 142.
Fichtenbockkäfer 190.
Fichtenholzwespe 191.
Filtrierpapier 73.
Firnisse 204.
Fixierung 229.
Flächenwirkung 256.
Flachs 209.
Flecke, weiße 50.
Fleischartiges Mycel 113.
Fleischextrakt 46, 94.
Fleischpeptongelatine 238.
Fliegen 84.
Flockiges Mycel 113.
Flössen 208.
Fluate, Kesslersche 283.
Fluorammonium 224, 280.
Fluoride 251, 252, 253, 262, 283.
— der Alkalien 279.
— der Erdalkalien 281.
Fluorkalium 224, 280.
— kupfer 224, 244.
— präparate 226.
— verbindungen 229, 231, 243, 269, 277, 284, 285.
— — der Schwermetalle 281.
— — Fixierung 230.

Fluornatrium 224, 234, 244, 280, 286.
— zink 224.
Flußsand 213, 218.
— säure 223, 224, 225, 234, 243, 244, 251, 252, 253, 259, 262, 277.
— schotter 213, 218.
— spat 277.
Föhre 107.
Fomes annosus 105.
— ignarius 105.
Formaldehyd 224, 243, 244.
Formloses Mycel (Coniophora cerebella) 171.
Fortpflanzung 84.
Fragen, rechtliche 217.
Fraktionierte Destillation 277.
Frémy 13, 14, 16.
Friedrich 196, 287.
Fruchtträger 199, 219.
— bildung, Bedingungen der, bei Hausschwamm 130.
— bei Hausschwamm 111.
— bei Polyporus vaporarius 161.
— (Coniophora cerebella) 171.
— des Hausschwammes, faulende 145.
— masse 96.
— zucker 5.
Fruktose (d-Fruktose) 5.
Fuchsin 32.
Fugen 253.
Füllmaterialien 65, 149, 154, 214.
Fungin 135.
Furanaldehyd 34.
Furfurol 12, 22, 31, 33, 34, 36, 66, 197.
— Nachweis 35.
Furol 34.
Fußbodenbelag 214.
— bretter 154, 219, 222.
— öle 267.
— unterfüllung 213, 214.
Fußböden 213.
— im Erdgeschosse 217.
Futter 39.

G.

Galaktan 9, 97.
Galakto-Cellulose 47.
Galaktose 9, 73, 177.
— (d-Galaktose) 5.
Galizien 157.
Gänge 217.
Gärlokale 212.
Gärungen einzelner Holzbestandteile 42.
— der Cellulose 42.
— der Ligninstoffe 42, 50.
— des Holzextraktes 42, 48.
— der Holzsubstanz 42, 50.
— des Xylans 42, 47.
Gayer 287.
Gefäße 98.
Geflößtes Holz 196.
Gefrieren bei Hausschwamm 129.
Geheimmittel 283.
Gelatine 232.
Gelbe Fichtenholzwespe 191.
Gelbe Hyphen 126, 136.
Gemeine Holzwespe 191.
Gemeiner Splintkäfer 192.
Gemmen 79. 148.
Gemmeninfektion 78.
Gerbstoff 49, 167.
Gerbstoffe 18, 20, 27, 53.
Geruchlosigkeit 226.
Gerüste 148.
Gestein 225.
Gestreifter Werkholzkäfer 191.
Gewebe 215.
Gewicht, spezifisches 74, 197.
Gewichtsverlust 197.
Giftigkeit 226.
Gips 225.
Glukose (d-Glukose) 5.
Glyceride 101.
Glycerin 102.
Glykogen 136.
Glykoside 18.
Göppert 133, 288.
Gotschlich 127, 144, 287.
Gottgetreu 109, 287.
Grad an Zerstörung 196.
Grafe 12, 20, 21, 28, 29, 36, 37, 288.
Grobe Prüfung 233.
Große Holzfeinde 190.
Großer Buchenholzkäfer 191.
Grundfeuchtigkeit 215.
Grünfäule 187.
Guajakol 30, 270.
Günther 233.
Güte des Holzes 196.

H.

Hadromal 21, 28, 74.
Hadromase 74, 97, 139.
Haftpflicht 218, 219.
Hallimasch 103, 181.
— (siehe auch Agaricus melleus.)
Hammaticherus cerdo 190.
— heros 190.
Handwerker 190.
Hanf 209.
Hartig 75, 86, 98, 99, 103, 105, 107, 109, 121, 123, 125, 127, 128, 131, 136, 139, 140, 142, 143, 145, 156, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 182, 183, 184, 197, 213, 288.
Harz 49, 53, 101, 205.
— bei Lenzites sepiaria 181.
Harze 18, 20, 26, 60, 65, 137, 272.
Harzige Degeneration 102.
Harznachweis 102.
Harzöle 285.
Harzsäuren 14, 137.
Harzseife 26.
Hauptuntersuchung 199.
Hausbewohner 77.
Hausbock 192.
Hausschwamm 107, 195, 213, 219, 244, 259.
— als Krankheitserreger 143.
— Asche 133.
— Aschengehalt 134.
— Bedingungen der Fruchtträgerbildung 130.
— — — Sporenkeimung 132.
— Cellulose 135, 139.
— chemische Wirkungen auf das Holz 137.
— — Zusammensetzung 132.
— Einschleppung in Gebäude 146.
— Eiweißstoffe 137.
— Enzyme 137, 138.
— faulende Fruchtträger 145.
— Fermente 38.
— Fette 136.
— Fruchtträger 112, 120.
— Gefrieren 129.
— gelbe Hyphen 136.
— Gemmen 148.

Hausschwamm, Harz 136.
— Harze 137.
— Kalkgehalt 134, 135.
— Kohlenhydrate 136.
— Lebensbedingungen 123.
— Licht 126.
— Ligninstoffe 139.
— Luftbedürfnis 125.
— Luftmycel 112.
— Maximum 128.
— mechanische (physikalische) Veränderungen des Holzes 140.
— mikroskopische Anatomie 123.
— Minimum 127.
— Morphologie 111.
— Mycel 146.
— Mycelinfektion 146.
— obere Tötungstemperatur 128.
— Optimum 127.
— organische Säuren 136.
oxalsaurer Kalk 136.
— Risse des Holzes 141.
— (siehe auch Merulius lacrymans).
— Sporen 117, 123, 146 174.
— Sporeninfektion 149.
— Sporenüberträger 149.
— Stränge 108.
— Substanzverlust des Holzes 142.
— Tafelungen 141.
— Temperaturintervall 127.
— Tötungstemperatur, untere 127.
— Ursache der Entstehung 146.
— vom Standpunkte der Hygiene 143.
— Vorkommen 107.
— Wachstum abhängig von Jahreszeit 130.
— Wärmebedürfnis 126.
— Wasserbedürfnis 125.
— Wassergehalt 133.
— Wirkung auf Respirationsorgane 145.
— Xylan 139.
Hautartiges Mycel 114.
Hautflügler 190.
Havelik 224, 288.
Hefen 62, 68, 132, 175, 238.
Heinzerling 264, 288.
Heizbare Keller 91.
Heldbock 190.
Helotium aeruginosum 187.
Hemicellulose 5.
Hemicellulosen 20.
Henkelbildungen 103.
Henneberg 39.
Hennings 77, 105, 109, 288.
Hess 288.
Heterobasidion annosum 168.
Heu 39.
Hexosane 4.
Hexosen 4.
Hirschkäfer 190.
Höhnel 20, 30.
Holz 213.
— Aufbewahren unter Wasser 208.
— Ausdehnungskoeffizient 205.
— Auslaugen 208.
— Bezug von 218.
— Dauer 55.
— Dämpfen 208.
— Flößen 208.
— gefällt im Sommer 108, 125, 189, 193.
— — — Winter 108, 125, 193.
— geflößtes 196.
— Güte des 196.
— immunisiertes 153, 221.
— im Safte gefällt 189.
— infiziertes 220, 247.
— — Erkennung 193.
— künstlich lufttrocken gemachtes 151.
— lebendes 109.
— Lebensdauer 57.
— Sortierung 214.
— totes 109.
— Tränkung 234.
— Untersuchung des eingelieferten 198.
— verfault 239.
— verbrennen 220.
— Vergärung des Holzextraktes 209.
— verschimmelt 239.
— Wassergehalt des 65.
— Zerkleinerungsgrad des 65.
— zerstörtes 28.
— zerstört durch Hausschwamm; Farbe 140.
Holzbohrkäfer 188, 207.
Holzcellulose 40.
Holzer 263.
Holzextrakt 3, 4, 25, 38, 53, 62, 67, 69, 71, 193, 194, 207, 208, 209, 210.
Holzgärungen 48.
— Nährböden 238.
— Vergärung 209.
Holzfaser 227.
Holzfresser 71.
Holzgummi, siehe Xylan.
Holzkonservierungsmittel, Kritik der 210.
Holzkonservierung, Mittel der 203.
— Theorie 254.
Holzlieferant 147.
Holzmehl 72.
Holzmycel 95.
— mikroskopische Anatomie 98.
— Morphologie 98.
Holzplatz 147.
Holzplätze 180.
Holzsubstanz 13, 18, 28, 54, 63, 68, 193, 209.
— (Definition) 3.
— Gärungen 50.
— Reaktionen der 28.
— spaltende Enzyme 138.
Holzteeröle 275.
Holzwürmer 188.
Holzwespe 191.
Holzzerstörende Pilze, Feststellung 219.
Holzzerstörer 62, 71, 217.
— bauliche Maßnahmen gegen 211.
— Chemie 71.
— echte 61.
— Feststellung der 198.
— künstliche Zucht 86.
— mikroskopische Anatomie 95.
— Prüfung des Holzes auf Widerstandsfähigkeit gegen 244.
— Übersicht der 95, 104.
— Zucht auf künstlichem Nährboden 93.
Hoppe-Seyler 43, 140.
Hornissenschwärmer 191.
House preservatory 285.
Hueppe 288.
Huminstoffe 17.
Huminsubstanzen 59.
Hunde 150.
Hütteldorf 245.
Hydrazinsulfat 32.
Hydrazon 9.
Hydrocellulose 227.
Hydrochinon 30.

Hydrolyse 19, 55, 56, 59, 60, 140.
Hydrolysierbarkeit, schwere 6.
Hygiene bei Hausschwamm 143.
Hylotrupes bajulus 192.
Hymenien bei Hausschwamm 111.
Hymenomyceten 103.
— Schnallen 103.
Hyphen 95, 96.
— gelbe 118, 126, 136.
Hyphenwand 102.
Hypoxylon coccineum 106.
Hypochlorit 14.

I.

Ihl 30, 32.
Immunisiertes Holz 153.
Immunisierung 221.
Immunität 221.
— der Eiche gegen Hausschwamm 103.
Imprägnierung, ölige 205.
Imprägnierungsmittel, alkalische 65.
Indol 32.
Infektion 53, 60, 240.
— lebender Bäume mit Hausschwamm 110.
Infektionsarten 78.
Inulin 7, 66, 73, 177.
In Wasser unlösliche Stoffe 267.
Ips oblongus 192.
Isarthron luridum 190.
Isodulcit 13.
Isolierung 218.
Isolierschichte 215.
Iterson, van 45, 46, 288.

J.

Jahreszeit, Abhängigkeit des Wachstums von Hausschwamm 130.
— Einfluß auf Sporenkeimung.
— — — Wachstum 81.
Janka 288.
Jod 38, 135.
— kalium 38.
— und Schwefelsäure 6.
Jute 215.

K.

Käfer 190, 203.
Kali, übermangansaures 36.
— lauge 15, 38, 41, 197, 199.
Kalium 23, 26, 125, 134, 138, 195.
— chlorat 39.
— chlorsaures 39.
— fluorid 280.
— hydroxyd 271.
— permanganat 36.
— phosphat 134, 195, 209.
Kalk 151, 206.
— einlagerungen 25.
— gehalt des Hausschwammes 135.
— kohlensaurer 23.
— oxalsaurer 23, 136.
— salpeter 65.
— salze 60.
— stein 225.
Kamen 233.
Kampf ums Dasein 175.
Karbolineum 253, 262, 267, 268, 276, 284.
Karbolsaures Natrium 285.
— säure, rohe 275.
Karbonate 23, 60, 225.
Katzen 150.
Kegelbahnen 173.
Keimdauer (Coniophora cerebella) 176.
Keime fremde, Einfluß auf Sporenkeimungen 82.
Keller, heizbare 91.
Kern 125, 193, 245.
— fäule 256, 257.
— holz 108.
Kesslersche Fluate 283.
Kiefer 108, 142.
Kiefernholzwespe 191.
— prachtkäfer 190.
Kieselfluorkupfer 234, 244.
— — magnesium 281.
— — natrium 280.
— flußsäure 234, 243, 244, 283.
— — Alkalisalze 280.
— säure 23, 277.
Kirschholzextrakt 20.
Kleine Holzfeinde 191.
Klopfkäfer 191.
Knabe 224, 288.
Knochen 144.
— des Holzes 208.
Kochsalz 206, 234.
Kohle 213.
Kohlenlösche 214.
— saurer Kalk 23, 151.
— säure 23, 25, 43, 230.
— hydrate 3, 4, 12, 73.
— — gemischte 13.
— — im Hausschwamm 136.
— — mit fünf Kohlenstoffatomen 9.
— — — sechs Kohlenstoffatomen (Hexosane) 4.
— stoffquellen 67.
Koks 213.
Kondensationsstufen 5.
Konkurrenzkampf 82.
Konservierungsmittel, Farbe 226.
Konsistentes Mycel 171.
Konstruktionsmaterial 217.
Körnchen von Harz 102.
Král 177, 198.
Kreide 66.
Kresol 270, 272,
Kreosole 30, 269.
Kreosolnatrium 244.
Kreosote 274.
Kreosotöl 253, 262, 267, 274, 275, 276.
Krull 170, 288.
Kruste 258.
Kühlhäuser 212.
Kulturpflanzen 77.
Kunstwasserröste 209.
Künstliche Zucht der Holzzerstörer 86.
Kupferverbindungen 243.
— mischungen, alkalische 37.
— oxydammoniak 6, 14, 135.
— phenolsulfosaures 244.
— salze 60.
— sulfat 283.
— vitriol 57, 223, 225, 234, 243, 244, 251, 257, 265, 266.

L.

Laubholz 36, 53, 139, 156, 197.
— Asche 23.
Laubhölzer 27.
Lackanstriche 216.
Lacke 204.
Lafar 288.
Lambris 214.
Lampra rutilans 190.
Landau & Co. 278.

Landhausschwamm 174.
Landschwamm 174.
Lange 6, 15, 41.
Laktose 13.
Lappen 259.
Lärche 107.
Laufender Schwamm 107.
Lävulose 5, 6, 66, 73, 177.
Lebensbedingungen des Mycels bei Hausschwamm 124.
Lebensdauer des Holzes 57.
Lehm 213.
Lentinus 106, 185.
— squamosus 106, 185.
Lenzites 106, 179.
— abietina 106, 181.
— sepiaria 80, 78, 81, 106, 117, 179.
— — Harz 181.
Lepidin 32.
Leuchten von Holz 183.
Licht 29, 80, 85, 126, 131.
Liebigs Fleischextrakt 46, 94, 233.
Ligninolysin 97.
Ligninsäuren 15, 67, 76, 140.
Ligninstoffe 3, 4, 13, 15, 19, 20, 60, 66, 71, 139.
— Gärungen 50.
Lindenprachtkäfer 190.
Lindroth 36, 288.
Lindsey 17.
Liniierter Nutzholzkäfer 191.
Lippmann 30.
Lithographiesteine 109.
Longicornia 190.
Lorenz 288.
Lösung, Fehlingsche 26, 35, 36, 37.
Lucanus cervus 190.
Lücken 255.
Ludwig 183.
Luft 79.
— Zufuhr von 211.
Luftbedürfnis 125.
Luftmycel 63, 79, 95, 98, 99, 200.
— bei Hausschwamm 111.
— flaumartiges 112.
— watteförmiges 112.
Luftpumpe 8.
Luftzug 131, 144, 151, 211.
Luft- und wasserdichter Abschluß 204.
Lyctus caniculatus 192.
— unipunctatus 192.

M.

Magnesit 281.
Magnesium 23, 26.
Magnesiumchlorid 206.
Magnesiumfluorid 281.
Magnesiumsalze 60.
Magnolith 217.
Malenković 32, 48, 79, 109, 127, 128, 129, 289.
Maltose 5, 66, 73, 177.
Malzextrakt 94.
— -Fleischextrakt 69.
— — Gelatine 238.
Mangan 23.
Manganfluoride 282.
Mannan 7, 13, 20, 73, 97, 139, 177.
Mannit 136.
Manno-Cellulose 7, 47.
Mannose 7, 9, 73, 97, 177.
— (d-Mannose) 5.
Maschenweite 255.
Materialien, poröse 213.
Mattirolo 32.
Mauern 218.
Mauerfeuchtigkeit 218.
Mauerfugen 215.
Mauerschutt 214.
Mauerschwamm 107.
Mauerwerk 65, 131, 149, 212, 259.
Mauerwerkverputz 215.
Mäule 289.
— Reaktion 36.
Mäuse 150.
Maximum 80.
— bei Hausschwamm 127.
Mechanische Veränderungen, bei Holz zerstört durch Hausschwamm 140.
Meerwasser, Tränkung in 192.
Mehrwertige Phenole 60.
Merulius 156.
— aureus 105.
— destruens 107.
— hydnoides 105.
— lacrymans 62, 63, 79, 81, 86, 87, 88, 101, 105, 107, 157, 171, 174, 176, 178, 213.
— — (siehe auch Hausschwamm.)
— — Stränge 98.
— pulverulentus 105.
— serpens 105.
— tremellosus 105.
— vastator 107.
Metaaraban 10.
Metabiosen 61.
Metallbörse 281.
Metamorphosen 100.
Metapektinsäure 10, 11.
Methan 43.
Methangärung 43.
— der Cellulose 44.
Methylalkohol 14, 17.
Methyl-Furfurol 12, 22, 29, 34, 35, 36.
Methylindol 32.
Methyl-Pentosane 4, 12, 48.
Methyl-Pentosen 4, 12, 35.
Mikroorganismen 42.
Milchsäuregärung 43.
Milchzucker 13, 74, 177.
Militärbaubehörden 261.
Mineralische Stoffe 3, 4, 23.
Mineralöle 205, 262.
Mineralstoffe 20.
Minimum 81.
— bei Hausschwamm 127.
Mittel, antiseptische 203.
— der Holzkonservierung 203.
— wasserunlösliche 250, 268.
Möbel 57.
Molisch 93, 182, 183, 184.
Möller 77, 83, 86, 93, 109, 123, 289.
Monosaccharide 4.
„Montana" 283.
Montaninfluat 243, 251, 283, 285, 286.
Mörtel 218.
— (Härtung, Wasserabgabe) 151.
Moschusbock 190.
Mucor 62.
Mumien 56.
Muspratt 23.
Mycel 61, 217, 219.
— abgestorbenes 121.
— Alter 132.
— aderförmiges 115.
— älteres 100.
— blattartiges 114.
— bei Hausschwamm 111.
— blitzartiges 115, 159.
— baumwollartiges 161.
— des Hausschwammes, Lebensbedingungen) 124.
— eisblumenartig verzweigtes 158.
— faltenförmiges 113.
— Farbe 118.
— faseriges 113.

Mycel, fleischartiges 113.
— flockiges 113.
— formloses (Coniophora cerebella) 171.
— hautartiges 114.
— netzförmiges 115.
— palmenartig verzweigtes 158.
— polsterartiges 113.
— strangförmiges 118.
— Zucht der Holzzerstörer aus 93.
Mycelfäden, gewöhnliche 98.
— zartwandige 99.
Mycelflocken 171.
Mycelhäute (Coniophora cerebella) 171.
[ycelinfektion 78.
— bei Hausschwamm 140.
Mycelplatten 167.
Mycelstränge (Coniophora cerebella) 171.
Mykoderma 82.
Mykologische Hauptuntersuchung des Holzes 199.
Mykothanaton 286.

N.

Nacheinanderwirken verschiedener Pilze 62.
Nadelholz 108.
— Asche 23.
Nagekäfer 191, 192.
Nahrung der Holzzerstörer 78.
Nahrungsmangel 132.
Naphthalin 270.
— sulfosäuren 271.
Naphthol 225, 229, 243, 251, 252, 270, 271, 272. 286.
— α- 30.
— natrium 234, 244.
Natrium 23.
— acetat 224.
— aluminat 206.
— chlorid 224.
— fluorid 224, 280.
— hydroxyd 271, 276, 279, 286.
— karbolsaures 285.
— karbonat 279.
Natroncellulose 73.
— lauge 6, 18, 73, 75, 229, 277, 285.
Nesslers Reagens 38.
Netzförmiges Mycel 115.
Netzpilz 107.
Neubauten 148, 150, 152, 218, 219.
Neutralisation 65.
Neutralsalze 57, 60.
Nichtphenole 275.
Nickel 32.
Niggl 30, 32.
Nitrat 45, 46, 63, 65, 67, 73.
Nitritbildung 45.
— bouillon.
Nitrophenole 272.
Nutzholzborkenkäfer 191.

O.

Obere Tötungstemperatur 81.
Öle 204.
Ölige Imprägnierung 205.
Omelianski 44, 289.
Oppenheimer 289.
Optimum bei Hausschwamm 127.
— (Coniophora cerebella) 175.
— für Sporenkeimungen 85.
— praktisches 127.
— theoretisches 127.
Orcin 30.
Organische Stoffe 3, 4, 57,
— Säuren 18, 20, 53.
Orthodinitrokresol 273.
Orthophenolsulfosaures Kupfer 234.
Osmiumsäure 123.
Oxalsaurer Kalk 23, 136.
Oxydation 37, 55, 126.
Oxydationserscheinungen 79.
Oxydationsmittel 14.
Oxyde, basische 59.
Ozon 14.

P.

Palmenartig verzweigtes Mycel 158.
Papier 109.
Pappe 215.
Pappelbockkäfer 190.
Paraffin 204, 205, 213.
— öle 205, 267, 276.
Paramannan 7.
Parasit 109.
Parasiten 77.
Parkettböden 109.
Pathogene Pilze 143.
Paxillus 106, 185.
— acheruntius 106, 185.
— Pech 274.
Pektin 11.
Pektinose 10.
Pektinstoffe 6, 10, 11, 18.
— säure 11.
Penicillium 62, 114.
Pentamethylphenole 270.
Pentosane 4, 9, 22, 35.
— Gehalt der Laubhölzer an 11.
Pentosen 4, 9, 35.
Pepton 46, 73.
Permanganat 14.
Peronosporaspritzen 259.
Petrin 289, 211.
Petroläther 102.
Petroleum 205, 267, 268.
Peziza aeruginosa 187.
Pfahlbauten 55.
Pflanzen 53, 60, 61.
Pflaster 215.
Pfeffer 183.
Pfister 266.
Phenol 30, 269, 271, 272.
Phenole 66, 223, 225, 226, 229, 243, 269, 275, 276, 284, 285.
— Fixierung 229.
— Gehalt an 276.
— hochsiedende 251, 252.
— mehrwertige 38, 60.
— niedrig siedende 251.
— gehalt, Bestimmung des 277.
Phenolnatrium 226, 234, 244.
— sulfosäure 271.
— sulfosaures Kupfer 244.
— — Salze 243.
Phenylhydrazin 9.
Phloroglucin 30.
— Salzsäure 20, 35.
Phosphate 25, 194.
Phosphorsäure 23, 125, 134, 138, 175, 195.
— verbindungen, saure 25.
Pilzcellulose 135.
Pilze 42, 61, 218.
— anaerobe 236.
— holzerstörende 255.
Pilzfäden 95.
— gewebe 61, 98.
— keime 61.
— mycelien 199.
— sporen höherer Pilze 175.

Pinsel 259.
Piperidin 32.
Pneumatisches Verfahren 257, 260, 251.
Polarisation 197.
Poleck 101, 133, 138.
Polsterartiges Mycel 113.
— hölzer 152, 214.
Polyporeen 105.
Polyporus 105, 156.
— annosus 105, 168.
— ignarius 105, 166.
— ponderosus 186, 187.
— vaporarius 62, 63, 77, 78, 80, 87, 88, 93, 99, 101, 105, 107, 120, 156, 167, 168, 171, 178, 213, 244.
— — baumwollartiges Mycel 161.
— — blitzartiges Mycel 159.
— — eisblumenartig verzweigtes Mycel 158.
— — Fruchtträger 161.
— — Mycel palmenartiges 158.
— — Sporen 164.
— — — keimung 165.
— — Stränge 160.
Polysaccharide 5, 13.
Poröse Materialien 213.
Protoplasma 100.
Protozoen 70.
Prozesse 219.
Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Holzzerstörer
— feine 234.
— grobe 233.
Psathyrella disseminata 106, 185.
Psychrophile Bakterien 129.
Ptilinus pectiformis 192.
Pyrrol 32.
Pyrogallol 17, 30, 38.

Q.

Qualität des Holzes, Einfluß der Fällzeit 193.
Quecksilber 224.
Quecksilberchlorid 223, 225, 256, 286 (siehe auch Sublimat).
Quecksilberchlorür 225.
Quecksilberfluorid 223.
Quecksilberfluoride 282.
Quecksilbersublimat 226, 229.
Quecksilberverbindungen 223.
Quercitrin 18.

R.

Ratten 150.
Rauchtabak 212.
Reagens Nesslers 38.
Reaktionen der Holzsubstanz 28.
— Reduktions- 36.
— Oxydations- 36, 37.
Reaktion Mäulesche 36.
— saure für Hausschwamm 144.
Rechtliche Fragen 217.
Reduktion 19.
Reduzierende Eigenschaften (Stoffe) 77.
Regenbogen 120.
Reiss 7.
Resorcin 30.
Respirationsorgane 145.
Rhamnose 13, 35, 66, 74.
Rhizomorpha subterranea 182.
— subcorticalis 182.
Rhizomorphen (Agaricus melleus) 182.
Riesenholzwespe 191.
Rippen 158, 159.
Risse 167, 255.
— (Hausschwamm) 141.
Ritzen 253.
Rohbau 213.
Rohe Karbolsäure 275.
Rohrzucker 6, 13, 66, 74, 177, 232.
Rohxylan 75.
Rost 59
Röste 209.
Rotbuche 76, 167.
Rotfäule 187.
Rotstreifigkeit 186.
Rückbildung 101.
Runge 30, 32.
Rutheniumrot 11.

S.

Saccharomyces torula 68.
Säge 147.
Sägemehl 8.
Sägespäne 8, 15.
Salicin 18.
Salpetersäure 14, 39.
Salze der Flußsäure 252.
Salze des Aluminiums 60.
— phenolsulfosaure 243.
Salzsäure 35, 57, 223.
Sand 213, 214.
Saperda carcharias 190.
Saprophyt 109.
Saprophyten 77.
Sargholz 56.
Sauerstoff 85.
— bedürfnis 79, 125.
— wirkungen 53, 203.
Säuren 6, 57.
— organische 18, 20, 53, 136.
— unterchlorige 224.
Säurewirkungen 57.
Saures Zinkfluorid 230.
Schaumprobe 46.
Schimmelarten 210.
— pilze 61, 62, 68, 72, 92, 114, 143, 154, 238, 244, 249, 251.
— Widerstandsfähigkeit gegen 239.
— pilzsporen 83.
Schizophyllum 106, 185.
— commune 106, 185.
Schlägelschotter 213, 218.
Schlesien 157.
Schmarotzer 109.
Schmetterlinge 190.
Schnallenbildungen 103.
— zellen 103.
Schorstein 12, 22, 37, 71, 139, 196, 197, 221, 289.
Schotter 214.
Schröder 25.
Schrumpfen 100.
Schrumpfungserscheinungen 101.
Schulze 6, 39, 76, 197.
Schulze-Henneberg Methode 39.
Schwammkeller 91.
Schwefelkohlenstoff 192.
— säure 8, 23, 57, 225, 227, 271, 286.
Schweizers Reagens 14.
Schwermetalle 60, 281.
Seesand 73.
Seife 285.
Seifen 60, 271.
— lösungen 272.
Seminan 7.
Septum 103.
Serpula lacrymans 107.
Sesia apiformis 191.
Silbernitrat 199.
— — lösung 36.

Silbernitratmischungen 37.
Siliciumfluorid 277.
Silikate 25.
Silikofluoride 283.
Singer 20.
Sirex gigas 191.
— juvencus 191.
Skatol 32.
Sklerenchymfasern 98.
— hyphen 101.
Sodalösung 66.
Sommerholz 108, 125.
— gefällt im 193.
Sonnenschein 29.
Sortierung des Holzes 214.
Spaltungsprodukte, Abfuhr 65, 66.
Sphaeria pilifera 187.
Spezifisches Gewicht 74, 197.
Spießbock 190.
Splint 125, 193, 195, 245.
Splintholz 108.
Splintkäfer 192.
Sporen 61, 217.
Sporenalter 85.
Sporen bei Polyporus vaporarius 164.
— (Coniophora cerebella) 174.
— des Hauschwammes 123.
— Reifezustand 85.
Sporeninfektion 78.
— bei Hausschwamm 149.
Sporenkeimungen 78, 82.
Sporenkeimung (Agaricus melleus) 184.
— Bedingungen der bei Hausschwamm- 132.
— bei Polyporus vaporarius 165.
— Nährboden für 86.
— Optimum
— Temperatur
Sporenlicht.
Sporensauerstoff.
Sporenüberträger 149.
Sporen, Zucht der Holzerstörer aus 93.
Sprayapparate 259.
Sprünge 255.
Stahlemballage 278.
Stalldecken 217.
Stanniol 200.
Staubige Verwesung 185.
Stauböle 267.
Stärke 5, 6, 18, 20, 26, 47, 53, 66, 67, 68, 71, 73, 96, 177, 189, 192, 193.
Stereum 106, 179.
— purpureum 106, 179.
Steiermark 157.
Steinkohlenteer 274.
Stickstoffentbindung 45.
— quelle 73.
Stoffe, antiseptische 192, 210, 216, 257.
— alkalische 57.
— alkalisch reagierende 271.
— chemische Wirkungen 53, 203.
— Eiweiß- 4.
— Gerb- 4.
— flüchtige 251.
— harzartige 137.
— in Wasser, unlösliche 267.
— mineralische 3, 4, 23.
— organische 3, 4, 57.
— Lignin-, die nicht Kohlenhydrate sind, 3.
— reduzierende 37.
Stränge 98, 160.
— wasserführende 112, 118.
Strangförmiges Mycel 118.
Strangmycel 98.
Strassbuger 290.
Streeb 17.
Stroh 35, 39.
Strontiumfluorid 281.
Sublimat 231, 244, 251, 252, 257, 283, 286.
Substanzen, chromogene 4, 20.
Substanzverlust des Holzes bei Hausschwamm 142.
Substrat 96.
Sudan III 102.
Sulfitcellulose 19, 73.
Sumpfgegend 212.
— wasser 209.
Symbiosen 61.

T.

Tabak 212.
Täfelungen 141.
Tanne 107.
Taschenberg 190, 290.
Teer 204, 213, 274.
Teeröle 223, 265, 267, 268, 274, 276, 277, 283, 285.
Teerdestillationsprodukte 215.
Telegraphenstangen 224, 256, 257.
Telephora 106, 170.
Telephoreen 106, 170.
Temperatur 85, 130, 242.
Temperaturintervall 127.
Teppiche 109.
Termiten 188.
Tetrachlorkohlenstoff 192.
Tetramethylphenole 270.
Tetropium fuscum 190.
— luridum 190.
Thermostate 247.
Thermostaten 90, 91.
Thiophen 32.
Thymol 29, 30.
Tiefenwirkung 256.
Tiere 53, 60, 188, 203.
— als Sporenüberträger 150.
Tilschkert 290.
Tollens 12, 16, 17, 287, 290.
Torula ligni 68.
Totenuhr 191.
Tötungstemperatur, untere 81.
— obere 81.
— bei Hausschwamm, untere 127.
— — obere 128.
Tragbalken 152.
Tramdecken, eingemauerte 217.
Trametes 105, 167.
— odorata 105, 168.
— pini 76.
— radici perda 105, 168.
— stereoides 105, 167.
Tränen 107.
— bei Hausschwamm 122.
Tränender Faltenschwamm 107.
— Netzpilz 107.
Tränkung 235, 251, 253, 268.
— in Meerwasser 192.
Tränkungen 260, 267.
Transportmittel für Holz 149.
Traubenzucker 5, 59, 136, 189, 195.
— siehe auch Dextrose 43.
Tremella 105, 169.
— faginea 105, 169.
Tremellineen 105, 169.
Trikresol 269.
Trinitrophenole 272.
Trochilium apiforme 191.
Trockenfäule 185.
Tropfen 107.
— braune 119.
Tropfender Aderschwamm 107.
Tröpfchen 123.

Trotzkopf 191.
Tubeuf, v. 77, 86, 93, 94, 98, 103, 109, 110, 112, 118, 121, 126, 127, 128, 129, 136, 140, 142, 143, 144, 161, 162, 164, 176, 186, 196, 197, 198, 283, 290.
Tünchapparate 259.
Türen 213.
Türstöcke 214.
Türverkleidungen 214.
Tuszon 39, 76, 105, 106, 163, 167, 169, 179, 185, 263, 290.

U.

Übersicht der Holzzerstörer 104.
Überträger von Sporen 149.
Umbauten 218, 219.
Umfriedungen 148.
Umgebung, Wirkung der 65.
Ungiftigkeit 226.
Unterbrechungen 255.
Unterchlorige Säure 224.
Untere Tötungstemperatur 81.
Unterfüllung 213.
Untersuchung des eingelieferten Holzes 198.
Urbain 13.
Urin 209.
— -Gelatine 238.

V.

Vacuolen 174.
Vanillin 22, 28, 29, 31, 33, 66.
Vasculose 13, 15.
Verdickung 102.
Verfahren, pneumatisches 260, 261.
Verfärbung bei Hausschwamm 126.
Vergraben 236.
Vergrauen 186.
Verharzung 101.
Verharzende Bestandteile 285.
Verhornung 102.
Vermucken 186.
Verputz 213.
Versteinerung 205, 206.
Vertäfelungen 141.
Vorkommen des Hausschwammes 107.
Voruntersuchung 199.

W.

Wahl des Konstruktionsmateriales 217.
Waldgegend 212.
Waldungen mit Hausschwamm infizierte 109, 111.
Wärmebedürfnis 80, 126.
Wasserabspaltung 126.
Wasseragar 67.
Wasserbedürfnis 78, 125.
Wasserdampf 208.
Wasserführende Stränge 112, 118.
Wassergehalt 65.
— des Hausschwammes 133.
— — Holzes 61.
Wasserstoffgärung der Cellulose 44.
Wasserlöslichkeit 227.
Wasserröste 209.
Wasserstoffsuperoxyd 14.
Wasserunlösliche Antiseptika 250.
— Mittel 268.
Wasser, Wirkungen 53, 203.
Weiche 87.
Weichharz 27.
Weichharze 145.
Weidenbohrer 191.
Weinsäure 175.
Weißfäule 167.
Werkholzkäfer 191.
Werkzeuge 149.
Wesenberg 290.
Wheeler 12.
Wiesner 20, 30, 32, 185, 186, 290.
— Reaktion 20.
Widerstandsfähigkeit gegen Schimmelpilze 239.
Wind 84.
— als Sporenüberträger 150.
Winter, Holz gefällt im 193.
Winterholz 108, 125.
Wirkung der Atmosphärilien 203.
Wirkungen der Atmosphärilien 56.
— der Alkalien 60.
— chemischer Stoffe 57, 203.
— des Sauerstoffes 55.
— — Wassers 53, 203.
Wundparasiten 79.
Wurzeln 96.

X.

Xylan 10, 12, 13, 18, 19, 20, 29, 35, 48, 50, 63, 66, 67, 68, 69, 74, 76, 97, 139, 140, 177, 197.
— Gärungen 47.
Xylanase 97.
Xylangärung, anaerobe 47.
Xylangruppe 75.
Xylariaarten 63.
Xylarieen 106.
Xylenole 270.
Xylolith 217.
Xylolysine 74, 189.
Xylolytische Enzyme 138.
Xylonsäure 10.
Xylophagen 71.
Xylose 9, 10, 12, 48, 59, 66, 68, 74, 97.
Xyloteres domesticus 191.
— lineatus 191.
Xystobium 191.

Z.

Zeisel 290.
Zellfusionen 99, 103.
Zellulose, siehe Cellulose.
Zerkleinerungsgrad 65.
Zerstörtes Holz 28.
Zerstörung, Bestimmung des Grades an 196.
— des Holzes durch Tiere 188.
Zeuzera Aesculi 191.
Ziegelpflaster 215.
Ziegelstücke 213.
Zikes 290.
Zimmerbock 190.
Zimmermann 191.
Zimmerpilz 107.
Zinkabfälle 253.
Zinkblech 212.
Zinkfluorid 225, 230.
Zinkfluoride 282.
Zinnchlorür 21.
Zinnfluoride 282.
Zinnfolie 200.
Zitronensäure 25, 69, 83, 94, 175.
Zopf 104, 133, 134.
Zucker 6, 26, 53, 68, 71, 194, 195.
Zuckerarten 18, 20.
Zufuhr von Luft 211.
Zygomyceten 63.

Die Feuchtigkeit der Wohngebäude

der

Mauerfraß und Holzschwamm

nach Ursache, Wesen und Wirkung betrachtet und

die Mittel
zur Verhütung, sowie zur sicheren und nachhaltigen Beseitigung dieser Übel, unter besonderer Hervorhebung neuer und praktisch bewährter Verfahren zur Trockenlegung feuchter Wände und Wohnungen.

Für Baumeister,
Bautechniker, Gutsverwalter, Tüncher, Maler u. Hausbesitzer.

Von **Adolf Wilh. Keim**
technischer Chemiker.

Mit 23 Abbildungen.

Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage.

11 Bogen. Oktav. Geh. 2 *K* 70 *h* = 2 M. 50 Pf. Gebdn. 3 *K* 60 *h* = 3 M. 30 Pf.

Das Konservieren des Holzes.

Von **Louis Edgar Andés.**

Mit 54 Abbildungen.

17 Bogen. Oktav. Geh. 4 *K* 40 h = 4 M. Gebdn. 5 *K* 30 *h* = 4 M. 80 Pf.

Der Eisenrost

seine Bildung, Gefahren und Verhütung unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung des Eisens als Bau- und Konstruktionsmaterial.

Ein Handbuch

für die gesamte Eisenindustrie, für Eisenbahnen, Eisenkonstruktionswerkstätten, Staats- und Kommunalverwaltungen, Ingenieure usw.

Von **Louis Edgar Andés.**

Mit 62 Abbildungen.

21 Bogen. Oktav. Geh. 5 *K* 50 *h* = 5 M. — Gebdn. 6 *K* 40 *h* = 5 M. 80 Pf.

A. Hartleben's Verlag in Wien und Leipzig.

Die Imprägnierungs-Technik.

Handbuch der Darstellung

aller Fäulniswiderstehenden, wasserdichten und feuersicheren Stoffe.

Für Techniker, Fabrikanten und Industrielle.

Von **Dr. Theodor Koller.**

Mit 45 Abbildungen.

30 Bogen. Oktav. Geh. 6 *K* 60 *h* = 6 M. Gebdn. 7 *K* 50 *h* = 6 M. 80 Pf.

Feuersicher-, Geruchlos- und Wasserdichtmachen

aller Materialien, die zu technischen und sonstigen Zwecken verwendet werden.

Mit einem Anhang:

Die Fabrikation des Linoleums.

Von

Louis Edgar Andés.

Mit 44 Abbildungen.

20 Bogen. Oktav. Geh. 5 *K* = 4 M. 50 Pf. Gebdn. 5 *K* 90 *h* = 5 M. 30 Pf.

Handbuch der Baustofflehre

für Architekten, Ingenieure und Gewerbetreibende, sowie für Schüler technischer Lehranstalten.

Bearbeitet

von

Richard Krüger.

Mit 443 Abbildungen.

60 Bogen. Gr.-Oktav. 2 Bände. Geh. 30 *K* = 25 M. In 2 Halbfranzbänden gebdn. 36 *K* = 30 M.

A. Hartleben's Verlag in Wien und Leipzig.

Die Verwertung der Holzabfälle.

Eingehende Darstellung

der rationellen Verarbeitung aller Holzabfälle, namentlich der Sägespäne, ausgenützten Farbhölzer und Gerberrinden als Heizungsmaterialien, zu chemischen Produkten, zu künstlichen Holzmassen, Explosivstoffen, in der Landwirtschaft als Düngemittel und zu vielen anderen technischen Zwecken.

Ein Handbuch für Holzindustrielle, Waldbesitzer, Landwirte etc. etc.

von **Ernst Hubbard.**

Mit 50 Abbildungen.

Zweite, vollständig umgearbeitete, vermehrte Auflage.

15 Bogen. Oktav. Geh. 3 *K* 30 *h* = 3 Mark. Gebdn. 4 *K* 20 *h* = 3 M. 80 Pf.

Die künstliche Kühlung.

Isolation gegen Feuchtigkeit und für Elektrizität.

Anleitung zur praktischen Durchführung derselben für Bautechniker, Elektrotechniker und Produzenten und Händler mit Lebensmitteln.

Von **Alphons Forstner.**

Mit 20 Abbildungen.

18 Bogen. Oktav. Geh. 4 *K* 40 *h* = 4 M. Gebdn. 5 *K* 30 *h* = 4 M. 80 Pf.

Isoliermaterialien

und

Wärme- (Kälte-) Schutzmassen.

Von **Eduard Feltone.**

Mit 38 Abbildungen.

22 Bogen. Oktav. Geh. 5 *K* = 4 M. 50 Pf. Gebdn. 5 *K* 90 *h* = 5 M. 30 Pf.

A. Hartleben's Verlag in Wien und Leipzig.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej
100000299267