



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298898

HAUSSCHWAMM- FORSCHUNGEN

IN AMTLICHEN AUFTRAGE

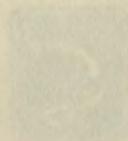
HERAUSGEGEBEN VON

PROFESSOR DR. A. MÖLLER

ORDENSDIREKTOR DER DIKTION DER FORSTAKADEMIE UND DER MIT IHR
VERBUNDENEN HALBPRIWATEN DES KÖNIGLICHEN VERFÜHRUNGS-
ZU FÜRSPALDEN

VIERTES HEFT

MIT 10 ABBILDUNGEN IM TEXT



1894

VERLAG VON JULIUS FISCHEK

1894

x
12 1/2

HAUSSCHWAMM- FORSCHUNGEN

IN AMTLICHEM AUFTRAGE

HERAUSGEGEBEN VON

PROFESSOR DR. A. MÖLLER

OBERFORSTMEISTER, DIREKTOR DER FORSTAKADEMIE UND DER MIT IHR
VERBUNDENEN HAUPTSTATION DES FORSTLICHEN VERSUCHSWESENS
ZU EBERSWALDE

VIERTES HEFT:

MIT 19 ABBILDUNGEN IM TEXT



II 76
II 519

JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1911

09. 16. 50



III - 306627

Uebersetzungsrecht vorbehalten

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~III 15823~~

Akc. Nr. _____

~~823~~ 150

BPK B-382) 208

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Bericht über die vierte und fünfte Sitzung der Beratungskommission für Forschungen auf dem Gebiete der Hausschwammfrage	I
BRÜSTLEIN: Die bisher bekannten Mittel zur Verhütung von Pilzschäden an Bauhölzern vor dem Einbau	15
1. Das Holz im Walde	15
2. Das Holz auf dem Transport und auf den Sägemühlen	21
3. Anstrichmittel	22
4. Tränkungsmittel	25
5. Das Imprägnieren	28
CHR. NUSSBAUM: Die Sicherung des Holzwerks der Neubauten gegen Pilzbildung	48
R. NIEMANN: Die Bedeutung der Kondenswasserbildung für die Zerstörung der Balkenköpfe in Außenwänden durch holzerstörende Pilze	70

Bericht

über die vierte und fünfte Sitzung der Beratungskommission für Forschungen
auf dem Gebiete der Hausschwammfrage.

Beide Sitzungen fanden statt unter Vorsitz des Herrn Geheimen
Oberbaurat SAAL zu Berlin im Ministerium der öffentlichen Arbeiten, die
vierte am 11. April 1910, die fünfte am 12. Januar 1911. Es nahmen teil:

Im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirtschaft, Domänen und
Forsten:

Herr Wirklicher Geheimer Oberbaurat REIMANN.

Herr Oberforstmeister Professor Dr. MÖLLER.

Herr Regierungs- und Forstrat Dr. LASPEYRES (an der fünften
Sitzung).

Herr Professor Dr. FALCK (an der fünften Sitzung).

Im Auftrage des Herrn Ministers der geistlichen, Unterrichts- und
Medizinalangelegenheiten:

Herr Geheimer Obermedizinalrat Professor Dr. KIRCHNER (an der
fünften Sitzung).

Herr Geheimer Medizinalrat Professor Dr. FLÜGGE.

Herr Professor NUSSBAUM.

Herr Dr. FALCK (an der vierten Sitzung).

Im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten außer dem
Vorsitzenden:

Herr Geheimer Oberbaurat NITSCHMANN.

Herr Landbauinspektor BRÜSTLEIN (an der vierten Sitzung) so-
dann als Baurat, inzwischen nach Zürich versetzt, auch an der
fünften Sitzung,

Herr Regierungsbaumeister HOFFMANN als Schriftführer (an der
fünften Sitzung).

Im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe:

Herr Geheimer Regierungsrat MENTE.

Außerdem nahmen teil als Vertreter des Berliner Holzkontors:

Herr Direktor Kuntze.

Herr Direktor SCHENCK (an der vierten Sitzung)

und ferner

Herr Professor Dr. DICKEL (an der fünften Sitzung).

Das frühere Mitglied der Kommission, Herr Geheimer Regierungsrat Professor DIETRICH, ist ausgeschieden.

Der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten hatte dem Wunsche der Kommission entsprechend die Erhebung einer bautechnischen Statistik über Schwammfälle bei Staatsbauten für ein Jahr angeordnet. (Vergl. Bd. III dieser Forschungen Seite III). Auf Befürwortung durch den Herrn Vorsitzenden der Kommission ist die Fortsetzung dieser statistischen Sammlung auf ein weiteres Jahr, also bis 1. Oktober 1911 genehmigt worden. Die Probematerialien und ausgefüllten Fragebogen gelangten auf dem Wege durch das Ministerium an Herrn Professor Dr. FALCK. Naturgemäß ist die Zahl der so gemeldeten Fälle nur gering. Sind doch Staatsbauten nicht in erster Linie Herde der Schwammerkrankung. Immerhin wurde wertvolles Untersuchungsmaterial in diesem Wege gewonnen und auch festgestellt, daß die von den Baubeamten gegebenen Beurteilungen der holzzerstörenden Pilze sehr häufig irrige waren. So betrafen von 10 als echter Hausschwamm angesprochenen Fällen nur 5 den echten Hausschwamm, 4 dagegen den kleinen Hausschwamm (*Merulius minor* Falck), der praktisch sehr viel weniger gefährlich ist, und einer den *Pol. vaporarius*. *Lenzites*- und *Coniphora*-Fälle wurden zutreffend zumeist als Trockenfäule bezeichnet.

Der mehrfach geäußerte Wunsch nach einer Statistik, welche einigermaßen die Verbreitung des Hausschwammes in den einzelnen Landesteilen und die Höhe des dem Nationalvermögen entstandenen Schadens zu schätzen erlaubte, bleibt durch die Statistik der bei Staatsbauten bemerkten Fälle, auch wenn sie noch länger fortgesetzt würde, selbstverständlich unbefriedigt. Da Schwammfälle in Privathäusern, wenn sie nicht Anlaß zu Prozessen geben, aus begrifflichen Gründen niemals statistisch zu erfassen sind, so bietet sich nur ein möglicher Weg zum Ziel, in der auszugsweisen Sammlung aller bei den Landesgerichten und Oberlandesgerichten vorkommenden Schwammprozesse. Eine schon bei früheren Sitzungen befürwortete Sammlung würde allerdings einen erheblichen Kostenaufwand verursachen, und es ist deshalb die auch im Schoße der Kommission aufgeworfene Frage gewiß der Beachtung wert, welchen Nutzen denn eine solche Statistik gewähren könne, da ohnehin niemand daran zweifle, daß durch holzzerstörende Pilze Jahr für Jahr sehr großer Schaden angerichtet werde.

Demgegenüber wurde darauf hingewiesen, daß uns eine Statistik über durch Schwamm verursachte Schäden die Grundlage liefern könnte zur Beurteilung der Frage, wie weit die Praxis mit Aufwendungen für Vorbeugungs- und Vertilgungsmittel gegen das Uebel vernünftiger Weise zu gehen habe. Wenn beispielsweise die im Gange befindliche Statistik über Schwamm-schäden in Staatsbauten bei weiterer Fortführung jährliche Durchschnittsverluste nicht größeren Umfangs, als bisher gemeldet, nachweisen würde während der Staatsverwaltung andererseits zugemutet würde, sie solle fortan zur Verhütung von Schwammschäden alles zu Hochbauten zu verwendende Holz nach den jeweils für die am besten gehaltenen Verfahren imprägnieren lassen, so könnte allein die Gegenüberstellung der für die Imprägnierung sicher mindestens alljährlich aufzuwendenden Imprägnierungskosten mit den mutmaßlich zu erwartenden Schwammverlusten ein Urteil darüber ermöglichen, ob der Anregung Folge zu geben sei oder nicht. Da aber zweifellos die Gesamtheit der Privatbauten nicht in demselben Verhältnis an Schwammschäden leidet wie die Staatsbauten, wahrscheinlich in viel höherem, da das Verhältnis höchstwahrscheinlich bei städtischen Miets-häusern anders als bei ländlichen oder kleinstädtischen Wohnhäusern und wiederum anders bei Fabrikgebäuden und landwirtschaftlichen Gutsgebäuden sich herausstellt, so bleibt von allem anderen abgesehen, der Wunsch nach einer Schwammstatistik nach wie vor berechtigt. Es wird auch weiterhin Sache der Kommission sein, nach einem gangbaren Wege zur Erlangung dieser Statistik zu suchen, nachdem der Herr Justizminister die betreffenden Erhebungen bei den Gerichten abgelehnt hat.

Einen breiten Raum in den beiden Kommissionssitzungen nahm die Besprechung der Imprägnierungsfrage für Hochbauhölzer in Anspruch.

Nachdem die Teerölimprägnierung der Eisenbahnschwellen bei stetig fortschreitender Vervollkommnung des Imprägnierverfahrens bis zu dem heutigen Standpunkt gediehen war, welcher die Behauptung erlaubt, daß auf preußischen Eisenbahnen nun keine Holzschwelle mehr verfault, ergab sich naturgemäß für die Industrie die Aufgabe, auch für die Hölzer des Hochbaues und die Grubenhölzer Imprägnierverfahren auszuarbeiten, welche sie gegen jeden Angriff holzerstörender Pilze sichern würden. Da Teeröl zur Lösung dieser Aufgabe wegen seines Geruchs und besonders wegen seiner Feuergefährlichkeit ungeeignet war, handelte es sich darum, andere Imprägniermittel anzuwenden. Die Rütgerswerke — Aktiengesellschaft haben sich der genannten Aufgabe mit besonderem Eifer und unterstützt durch reiche Erfahrungen im Imprägnierwesen gewidmet. Auf diese Bestrebungen wurde die Kommission schon in der vierten Sitzung durch die Herren KUNTZE

und SCHENK hingewiesen. Es geschah auf Veranlassung der Rütgerswerke und mit Zustimmung des Vorsitzenden der Kommission, daß von den Mitgliedern Prof. FALCK am 20. November 1909 an einer Besichtigung derartig imprägnierter Grubenhölzer auf dem Anna Schacht des Kölner Bergwerks-Vereins, ferner derselbe und Oberforstmeister MÖLLER an einer Besichtigung der Hohenzollerngrube der Schaffgottschen Verwaltung in Beuthen am 16. Dezember 1909 sich beteiligten. Auf beiden Stellen waren von den Rütgerswerken imprägnierte Grubenstempel seit $4\frac{1}{2}$ Jahren eingebaut und hatten sich (vergl. die Gutachten) unter den Verhältnissen der Grube gut bewährt. In beiden Gruben war aber anscheinend der echte Hausschwamm überhaupt nicht vorhanden.

Ueber den Befund der Besichtigungen ist das auf S. 5 mitgeteilte Gutachten erstattet worden, welches in der vierten Sitzung der Kommission zur Verlesung kam. (Zu dessen Ergänzung sei noch auf die Prüfungsergebnisse Nr. II S. 11 verwiesen.)

Für den Nachmittag des fünften Sitzungstages war die Kommission zur Besichtigung des prächtigen Neubaus der Rütgerswerke in der Lützowstraße geladen. Es wurde das in demselben Hause befindliche mustergültige Versuchs-Laboratorium besichtigt, in dem neben anderen instruktiven Versuchen die Tränkung einer halben Eisenbahnschwelle nach dem jetzt bestbefundenen Rüpingverfahren den Kommissionsmitgliedern anschaulich gemacht werden konnte. Dem von den Rütgerswerken gestellten Antrage, die Kommission möge die Verwendung imprägnierten Bauholzes allen vertretenen Ministerien empfehlen, ist nicht entsprochen worden; einmal haben die angestellten Versuche FALCKS (vergl. Prüfungsergebnis II) ergeben, daß die Imprägnierungen das Holz nicht unter allen Umständen gegen die Angriffe aller holzerstörenden Pilze vollkommen schützen, so dann ist zu berücksichtigen, daß sehr viele der in neuerer Zeit von verschiedenen Firmen angewendeten Imprägniermittel einen gewissen unleugbaren mehr oder weniger wirksamen Schwammschutz verleihen. Es sei z. B. auf das WOLMANSche Imprägnierverfahren der Schlesischen Grubenholzimprägnierung G. m. b. H., Idaweiche (Oberschl.) verwiesen, über dessen Wirkung von denselben beiden Kommissionsmitgliedern, welche an den oben erwähnten Grubenholzbesichtigungen teilnahmen, das auf S. 9 abgedruckte Gutachten erstattet wurde.

Die Kommission mußte unter diesen Umständen vermeiden, in dem der Allgemeinheit nützlichen Wettbewerb verschiedener Firmen durch Empfehlung einer einzelnen Partei zu ergreifen.

Anregungen von Seiten der Praxis, welche der Sache zu dienen ge-

eignet scheinen, ist die Kommission entgegenzunehmen und nach ihrem eigenen Ermessen mit den ihr zur Verfügung stehenden Kräften und Staatsmitteln weiter zu verfolgen stets bereit. Es beweisen das z. B. die von Herrn Professor Dr. FALCK ausgearbeiteten in der fünften Sitzung vorgelegten Prüfungsergebnisse (Siehe Seite 10 ff.).

Auch einer von Herrn Direktor SCHENCK in der vierten Sitzung gegebenen Anregung ist entsprochen worden. Herr SCHENCK bemängelte, daß von Staatsbaubehörden vielfach Balkenquerschnitte ganz bestimmter, den in Berlin gangbaren nicht entsprechenden Dimensionen gefordert würden, deren Lieferung in genügend trockenem abgelagerten Material dann nicht möglich sei, weil ein Lager in solchen nicht gangbaren Dimensionen nicht gehalten werden könne. Die in Berlin gangbaren Dimensionen der Querschnitte der Balkenhölzer seien 21×26 , 21×24 , 13×26 , 13×24 , 13×18 , 13×16 , 13×13 , 10×13 , 10×10 . Herr Geheimrat SAAL hat diese Anregung weiter verfolgt: es konnte in der fünften Kommissionssitzung mitgeteilt werden, daß in der neuen Dienstanweisung für die Beamten der Hochbauverwaltung die handelsüblichen Maße der Bauhölzer bei Verdingungen und Ausführungen empfohlen worden sind.

Die weiteren Verhandlungen der Kommission bezogen sich auf die Herausgabe der Hausschwammforschungen und besonders auf das hier vorliegende vierte und unmittelbar folgende fünfte Heft, welches einen zweiten Beitrag des Herrn Professor Dr. DICKEL zur Hausschwammfrage vom juristischen Standpunkte bringen wird.

Gutachten.

Die Rütgerswerke, Aktiengesellschaft in Berlin, beabsichtigen die im Hochbau verwendeten Bauhölzer insbesondere Coniferenholzbalken in imprägniertem, gegen die in Häusern auftretenden Schwammerkrankungen geschützten Zustände in den Handel zu bringen. Zur Prüfung und zum Nachweis der Haltbarkeit der nach ihren Methoden behandelten Hölzer sind von den Rütgerswerken Grubenhölzer in verschiedenen Bergwerken, in denen das unbehandelte Holzmaterial erfahrungsgemäß in verhältnismäßig kurzen Zeitfristen der Zersetzung durch holzerstörende Pilze anheimfällt, als tragende Stempel und als Kappen eingebaut und von Jahr zu Jahr kontrolliert worden.

Die Endesunterzeichneten sind nun von den Rütgerswerken aufgefordert worden, an der diesjährigen Besichtigung der Versuchsstrecken teilzunehmen und über den Befund der Hölzer ein Gutachten zu erstatten.

Ueber die Tränkung der Hölzer und die Anlegung der Versuchsstrecken hat der Vertreter der Rütgerswerke, Herr Seidenschnur, folgende Angaben gemacht: Die Versuchshölzer sind vor $4\frac{1}{2}$ Jahren in Strecken, durch welche die

verbrauchten Wetter abgeführt werden, eingebaut worden. Dies sind erfahrungsgemäß diejenigen Stellen, an welchen das Holz am schnellsten der Zersetzung anheimfällt. Die zur Imprägnation verwendeten Stempel sind den Rütgerswerken s. Zt. von den betreffenden Gruben überwiesen worden und stellen den Durchschnitt desjenigen Holzes dar, welches gewöhnlich auf der Grube zur Imprägnierung kommt. Mit den imprägnierten Hölzern sind s. Zt. als Vergleichsstücke nicht imprägnierte Hölzer eingebaut worden.

Die Imprägnation der Hölzer ist nach folgenden 4 verschiedenen Verfahren erfolgt:

- 1) mit Teeröl (Sparverfahren),
- 2) mit einer Mischung von Chlorzinklösung und Teeröl (Volltränkung),
- 3) mit einer $3\frac{1}{2}\%$ Lösung von Wiesesalz (betanaphtalinsulfosaures Zink), (Volltränkung),
- 4) mit einer 2% Lösung von Kieselfluornatrium (Volltränkung).

Da die nach dem Verfahren 1 und 2 mit Teeröl imprägnierten Hölzer für die Verwendung in bewohnten Räumen so gut wie ausgeschlossen sind, kommen für die Beurteilung hier nur die nach dem Verfahren 3 und 4 mit gelösten Salzen behandelten Hölzer in Betracht.

Ueber das Verfahren der Imprägnation dieser Hölzer sind uns folgende Angaben gemacht worden.

Die in den Imprägnierzylinder gebrachten Hölzer wurden zunächst entlüftet; nachdem das Vacuum eine Höhe von 63 cm Quecksilbersäule erreicht hat, wurde dasselbe 35 Minuten unterhalten und darauf der Kessel mit einer 80° heißen Lösung von Wiesesalz in einer Stärke von $3,5\%$ bzw. mit einer 90° heißen 2% Kieselfluornatrium-Lösung gefüllt. Hierauf wurde ein Druck mittels einer Flüssigkeitspumpe von 7 Atm. erzeugt und während 30 Minuten auf dieser Höhe unterhalten, womit die Imprägnierung beendet war.

Es muß auch noch vorangeschickt werden, daß die ursprünglich eingebauten Hölzer in den Versuchsstrecken des Anna-Schachtes des Kölner Bergwerksvereins zur Zeit nicht mehr vollzählig vorhanden sind, da ein größerer Teil derselben wegen Erweiterungen in der Strecke ausgewechselt werden mußte. Auch die ursprünglich eingebauten unbehandelten Vergleichshölzer sind bereits ausgewechselt worden, vermutlich weil sie inzwischen durch Fäulnis zerstört worden sind. In der ebenfalls besuchten Versuchsstrecke der Hohenzollerngrube in Beuthen sind noch alle ursprünglich eingebauten Hölzer vorhanden.

Die diesseitige Begutachtung kann sich daher nur auf diejenigen Hölzer beziehen, welche in den besichtigten Versuchsstrecken zur Zeit noch vorhanden waren.

Die erste Besichtigung, an welcher der mitunterzeichnete Dr FALCK teilnahm, fand am 20. November 1909 auf dem Anna-Schacht des Kölner Bergwerksvereins in Alten-Éssen statt.

Die Grube ist verhältnismäßig feucht und die Bedingungen für die Entwicklung der holzerstörenden Pilze sind hier besonders günstig.

Die imprägnierten Hölzer, die mit eingedrückten Blechbuchstaben signiert waren und leicht identifiziert werden konnten, machten äußerlich einen durchaus gesunden Eindruck, auch beim Anstechen derselben mit einem Messer konnten

Vermorschungen nicht nachgewiesen werden. Die nach dem Verfahren 3 und 4 imprägnierten Stempel haben eine feuchte, von Pilzbildung freie Oberfläche.

Um den inneren Gesundheitszustand der nach dem Verfahren 3 und 4 imprägnierten Grubenhölzer zu beurteilen, sind einige derselben von der Grubenverwaltung nachträglich ausgebaut und an die Rütgerswerke in Stendal eingesandt worden.

Von diesen ausgebauten Stempeln sind den Unterzeichneten 10 cm breite Abschnitte von der Verwaltung der Rütgerswerke in Stendal zur Prüfung zugestellt worden.

Diese Abschnitte tragen die Bezeichnung III/147, III/148, IV/101 und IV/137; davon sind die mit Nr. III bezeichneten Hölzer nach dem Verfahren 3 mit Wiesesalz (betanaphthalinsulfosaurem Zink) die mit IV bezeichneten nach dem Verfahren 4 mit Kieselfluornatrium imprägniert worden.

Von dem mit Wiesesalz getränkten Stempel sind die mit der Bezeichnung 148 versehenen Stempel-Abschnitte im Splint und im Kern völlig intakt. Die Abschnitte des III/147 bezeichneten Stempels sind dagegen im Inneren von verschiedenen Fäulen angegriffen. Das gesamte Splintholz ist zunächst von dem Bläuepilz, *Ceratostomella pilifera*, durchwachsen. Zwischen Kern- und Splintholz hebt sich ein auffällig rot verfärbter schmaler Holzzylinder ab. Da derselbe auch längs den Trockenspalten, dort wo diese in das Kernholz gehen, hervortritt, ist anzunehmen, daß es sich hier um eine Farbenreaktion der Imprägnationsflüssigkeit auf das Kernholz handelt.

Außer dem Bläuepilz ist noch eine Destruktionsfäule vorhanden, die das Splintholz bereits bis zu daumendicken Komplexen zerstört hat. Nach dem mikroskopischen Bilde scheint es sich um eine Innenfäule aus der Gruppe der Vaporarius-Pilze zu handeln. Die kulturelle Prüfung hat aber ergeben, daß beide Fäulniserreger in dem Holze bereits abgestorben sind, und daß besonders die zerstörten Holzpartien zur Zeit nur von verschiedenen Schimmelpilzen bewohnt werden. Daraus kann geschlossen werden, daß beide Fäulen insbesondere die Vaporarius-Fäule bereits in dem zur Imprägnation verwendeten Stempel vorhanden waren und durch das Imprägnationsverfahren abgetötet worden sind.

Das Holz hat sich dann auch in den $4\frac{1}{2}$ Jahren in demselben Zustande erhalten und ist von den in der Grube vorhandenen holzerstörenden Basidiomycetenmycelien, soweit die Proben reichen, nicht weiter angegriffen worden, während gerade die in verblautem Zustande und noch dazu von einer Vaporarius-Art angegriffenen Hölzer nach ihrem Einbau in die Grube in verhältnismäßig kurzer Zeit zersetzt werden.

Die mit IV/101 und IV/137 bezeichneten Abschnitte sind sowohl im Kern wie im Splint völlig gesund. In der Nähe der Hirnschnittsfläche ist das ganze Kernholz rötlich verfärbt, an anderen Stellen reicht die rötliche Verfärbung in dem ersten Kernholzringe beginnend mehr oder weniger tief in das Innere hinein.

Die zweite Besichtigung fand in der Hohenzollerngrube der Schaffgottschen Verwaltung in Beuthen am 16. September 1909 statt. Die Versuchsstrecke ist

hier ebenfalls vor $4\frac{1}{2}$ Jahren in einer Nebenstrecke des ausziehenden Wetterstromes angelegt worden. In dieser Strecke (in der nur eine schwache Wetterführung bemerkbar war), ist die Luft verhältnismäßig trocken. Die Versuchshölzer sind hier nach denselben 4 Methoden, wie in dem Anna-Schachte des Kölner Bergwerksvereins behandelt und meist als Kappen an der Oberseite des Schachtes eingebaut worden. Auch hier sind bei den imprägnierten Hölzern keine Fäulniserscheinungen äußerlich sowie beim Anstechen mit einem Messer festgestellt worden. Von den nach dem Verfahren 3 und 4 imprägnierten Hölzern sind ebenfalls Stempel ausgebaut und davon je ein 10 cm breiter Abschnitt mit der Bezeichnung III/310 (nach dem Verfahren 3) und IV/300 (nach dem Verfahren 4) den Unterzeichneten zugesandt worden. Die Abschnitte beider Stempel zeigen ein völlig gesundes Aussehen (das Kernholz ist ebenfalls zum Teil rötlich verfärbt) und haben sich auch bei der mikroskopischen und kulturellen Prüfung als gesund erwiesen.

In den besichtigten Versuchsstrecken sowohl im Anna-Schacht des Kölner Bergwerksvereins wie auch in der Hohenzollerngrube in Beuthen kommen an den Grubenhölzern hauptsächlich die Arten der Coniophora und der Vaporarius-Gruppe zur Entwicklung, während der echte Hausschwamm und seine Verwandten nicht beobachtet wurden. Die Zersetzungsvorgänge, die hier an dem Zerfall des Holzes beteiligt sind, lassen sich daher zu einem Teile mit denjenigen vergleichen, die in dem frisch eingebauten Balkenholz der Neubauten auftreten und in ihrer Gesamtheit als Trockenfäulezersetzungen bezeichnet worden sind.

Der allgemeine Befund in beiden Versuchsstrecken kann hiernach dahin zusammengefaßt werden, daß die nach den zwei genannten Verfahren behandelten Grubenstempel, obwohl einer von ihnen bereits in erkranktem Zustande zur Imprägnation gelangt ist, sich $4\frac{1}{2}$ Jahre lang in der Grube äußerlich intakt erhalten haben, und soweit die übersandten Proben in Betracht kommen, auch im Innern keine Zersetzungserscheinungen aufweisen, während die unbehandelten Hölzer in dem gleichen Zeitraum durch holzerstörende Pilze zersetzt zu werden pflegen.

Es muß demnach angenommen werden, daß die beiden angewendeten Verfahren der Rütgerswerke die behandelten Hölzer unter den Bedingungen der Grube vor Zersetzungen durch holzerstörende Pilze geschützt und dadurch ihre Nutzungsdauer gegenüber der unbehandelten Hölzer um ein vielfaches verlängert haben.

Hiernach kann mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die angewendete Imprägnierung wohl geeignet sein würde, auch das Bauholz der Neubauten gegen die Angriffe jener in den Gruben beobachteten holzerstörenden Pilze zu schützen, welche gerade in Neubauten oftmals erhebliche als Trockenfäule bezeichnete Schäden anrichten.

Eberswalde und Breslau, den 31. März 1910.

gez. Dr. MÖLLER
Oberforstmeister.

gez. Dr. R. FALCK

Gutachten.

Die Schlesische Grubenholz-Imprägnierung, Gesellschaft mit beschränkter Haftung in Idaweiche O.S., hat im Jahre 1904 ein neues durch Patent No. 163817 geschütztes Imprägnationsverfahren in die Technik eingeführt, welches die Verwendung der Salze starker Mineralsäuren durch den neutralisierenden Zusatz von Salzen schwacher organischer Säuren für die Holzimprägnierung ermöglichen soll (WOLMANNsches Imprägnationsverfahren).

Dieses Verfahren ist nach den Mitteilungen des Herrn WOLMANN von der Schlesischen Grubenholzimprägnierung seit etwa 7 Jahren zur Anwendung gebracht, und es sind tausende von Stempeln zu Versuchszwecken imprägniert und in verschiedenen Gruben eingebaut worden. Diese Versuche haben ergeben, daß das imprägnierte Holz nach 5—6 jähriger Standdauer noch gut erhalten war, während rohes, gleichzeitig eingebautes Holz inzwischen durch Fäulniserreger zersetzt wurde und ausgewechselt werden mußte.

Die günstige Wirkung dieser Imprägnationsmethode ist von der Königl. Bergwerkdirektion in Zabrze (J. No. IV 1586, 1908), von der Fürstlich-Plessischen Bergwerkdirektion in Kattowitz (J. No. M 1608, 1908 und J. No. 9241, 1907), sowie von der Bergverwaltung Cleophasgrube in Kattowitz (J. No. 3131 R., 1910) in vorgelegten Original-Attesten bestätigt worden.

Den Endesunterzeichneten sind nun von der Schlesischen Grubenholzimprägnierung in Idaweiche unter dem 14. Mai ds. J. die nachfolgend bezeichneten Abschnitte von Grubenhölzern, die seiner Zeit nach dem genannten WOLMANNschen Verfahren imprägniert worden sind und dann jahrelang in der Grube gestanden haben, zur Begutachtung ihres Gesundheitszustandes übersandt worden.

1) Ein Fichtenholzabschnitt, 25 cm lang, 11 cm breit mit folgender Bezeichnung: „Holzabschnitt aus nach dem WOLMANNschen Verfahren imprägnierten Firstenverzugsholze, eingebaut seit 14. VI. 1904 in der Sumpfstrecke S. O. Sattelflötz 444 m Sohle, im ausziehenden, feuchten und 22° C warmen Wetterstrome.

Cleophasgrube, den 17. März 1910. Tomaczewski, Betriebsführer.“

Das Etikett ist mit dem Holz verbunden und versiegelt; das Siegel trägt den Stempel der Bergverwaltung der Kohlengrube Zalenza bei Kattowitz, Georg von Giesche's Erben.

2) Ein Kiefernholzabschnitt von 4 cm Länge, 17 cm Durchmesser. Derselbe trägt auf einem angenagelten Etikett die Bezeichnung: „Kiefernholz, imprägniert und eingebaut 1902, ausgebaut November 1909.“ Der Stempel soll während dieser Zeit in der Königlichen Guidogrube bei Zabrze gestanden haben.

Von dem Holzzyylinder der Probe No. 1 wurden beiderseits Scheiben abgeschnitten und das Holz an den Schnittflächen näher untersucht. Der Stempel hat einen verhältnismäßig dichten feinjährigen Splint, der sich unter der Einwirkung der Imprägnationsflüssigkeit bräunlich verfärbt hat; einzelne Stellen des Splintes sind dunkelbraun verfärbt. Ein innerer Reifholzzyylinder von 5—7 cm Durchmesser zeigt noch die unveränderte Färbung des Holzes.

Anzeichen einer Erkrankung konnten weder an den Außenflächen noch im Innern des Holzes festgestellt werden; auch die kulturelle Prüfung einer

größeren Zahl von Holzwürfeln hat ergeben, daß eine lebende Fäule im Innern des Holzes nicht vorhanden ist.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt, daß das Splintholz besonders in den äußersten Jahresringen von Pilzmycelien durchzogen ist, deren Konturen jedoch nur undeutlich in den Tracheiden zu verfolgen sind (auch das makroskopische Zerstörungsbild hat keine Anzeichen für das Vorhandensein einer Fäule ergeben); es ist anzunehmen, daß der Stempel in seinem Splint von Sporen und Mycelien infiziert gewesen ist, als er zur Imprägnation gelangte.

Der Stempel No. 2 zeigte im Querschnitt einen inneren Kernholzzylinder von etwa 8 cm Durchmesser mit der unveränderten Färbung des gesunden Holzes, während ein äußerer Splintholzring von 4—6 cm die eigentümliche schiefergraue Verfärbung besitzt, die der WOLMANNschen Imprägnation eigen ist. Die Untersuchung hat dasselbe Resultat wie die Probe No. 1 ergeben. Die imprägnierte Holzfasern besitzt auch hier noch durchgehend ihre unveränderte Festigkeit.

Nach diesen Befunden muß angenommen werden, daß das WOLMANNsche Verfahren (der Oberschlesischen Holzindustrie) die behandelten Hölzer unter den Bedingungen der Grube vor den Einwirkungen der holzerstörenden Pilze geschützt und dadurch ihre Nutzungsdauer gegenüber den unbehandelten Hölzern um ein vielfaches verlängert hat.

Hiernach kann mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die angewendete Imprägnierung wohl geeignet sein würde, auch das Holz der Hochbauten gegen die Angriffe der in den Gruben beobachteten holzerstörenden Pilze zu schützen, welche gerade in Neubauten oftmals erhebliche als Trockenfäule bezeichnete Schäden anrichten.

Eberswalde und Breslau 25. und 26. Juni 1910.

gez. Dr. MÖLLER.

gez. Dr. FALCK.

Prüfungsergebnis I.

Von den Rütgerswerken, Aktiengesellschaft in Berlin, sind mir unter dem 11. August 1909 2 Glasflaschen mit je 500 ccm Tränkungsflüssigkeit und eine größere Zahl von Hölzklötzchen, die in je 4 verschiedenen Konzentrationen mit den obigen Flüssigkeiten getränkt worden sind, zur Prüfung auf ihre mycociden Eigenschaften bezw. ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Hausschwamm-Mycelien übersandt wurden.

Die beiden Flüssigkeiten sind nach vorheriger Beratung mit Herrn SEIDENSCHNUR durch Sulfurierung aus dem Rohanthracen gewonnen und enthalten die hochsiedenden Anteile der Steinkohlenteeröle in wasserlöslicher Form als Kalksalze der Sulfosäuren des Anthrazens, Phenanthrens, Carbazols usw.

Die Tränkungen der Holzabschnitte sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich, die den Proben beigegeben wurde.

A. Tränkungen mit Calciumsalz, hergestellt aus mit Benzin gewaschenem Rohanthrazen:

		Gewicht vor der Tränkung	Gewicht nach der Tränkung	Aufnahme
1)	Tränkung mit 10-prozentiger Salzlösung	66,5 g	123,5 g	57 g
2)	" " 7,5 " "	78,0 "	147 "	69 "
3)	" " 5 " "	100,5 "	184,5 "	84,5 "
4)	" " 2,5 " "	87 "	170,5 "	83,5 "

B. Tränkungen mit Calciumsalzlösungen, hergestellt aus ungewaschenem Roh-Anthracen:

		Gewicht vor der Tränkung	Gewicht nach der Tränkung	Aufnahme
5)	Tränkung mit 10-prozentiger Salzlösung	104 g	161,5 g	57,5 g
6)	" " 7,5 " "	105,5 "	165,5 "	60 "
7)	" " 5 " "	106 "	158 "	52 "
8)	" " 2,5 " "	96 "	167,5 "	71,5 "

Beide Lösungen von carbazolsulfosaurem Calcium sind in Wasser leicht und klar löslich. Sie sind in Verdünnungen, die einer 1-prozent. Carbazollösung entsprechen, für Abtötungsversuche erfolglos verwendet worden. (Von einer näheren Angabe der angewendeten Flüssigkeitsmengen ist mit Rücksicht auf den negativen Ausfall der Versuche abgesehen worden).

Die mit den Lösungen imprägnierten Klötzchen, sowohl die von den Rütgerswerken übersandten wie auch die in gleicher Weise selbst hergestellten wurden den in üppigem Wachstum befindlichen (virulenten) Mycelien des echten Hausschwammes und des Polyporus vaporarius ausgesetzt. Schon nach 2 Monaten konnte beobachtet werden, daß sämtliche Klötzchen von den Mycelien beider Pilze vollständig bewachsen waren.

Von dem negativen Ausfall der ersten Abtötungsversuche habe ich Herrn SEIDENSCHNUR bereits Ende 1909 in Kenntnis gesetzt und ihm geraten, statt der Sulfurierung durch Nitrirung die Gewinnung löslicher Verbindungen aus dem genannten Ausgangsprodukte anzustreben, da nach dem Ergebnis meiner vergleichenden Untersuchungen zu erwarten ist, daß diesen Körpern eine ganz erheblich höhere mycocide Wirksamkeit innewohnt.

Hann.-Münden, den 5. Januar 1911.

Dr. FALCK.

Prüfungsergebnis II

mit Tabelle I.

Mitte Februar 1910 sind dem Unterzeichneten von den Rütgerswerken, Aktiengesellschaft in Berlin, mehrere Holzabschnitte zugestellt worden, welche s. Zt. auf dem Annaschacht des Kölner Bergwerks-Vereins und der Hohenzollerngrube in Beuthen zwecks näherer Untersuchung ausgebaut worden sind, und über deren Besichtigung an Ort und Stelle ein gemeinsames Gutachten von Herrn Professor Dr. MÖLLER, Oberforstmeister in Eberswalde, und dem Unterzeichneten unter dem 31. März 1910 erstattet worden ist.

Diese Hölzer sind nun, dem Ersuchen der Rütgerswerke entsprechend, auf ihr Verhalten dem echten Hausschwamm gegenüber geprüft worden. Die Unter-

suchungen wurden in der Art ausgeführt, daß von sämtlichen übersandten Grubenhölzern 2 — 4 cm breite Scheiben abgeschnitten, und diese in 4 — 8 keilförmige Segmente aufgespalten wurden, sodaß an jedem geprüften Segmente ein entsprechendes Stück des Splintes und des Kernholzes zur Prüfung gelangte.

Die Versuchsreihen wurden in doppelter Anordnung ausgeführt. Die eine Versuchsreihe wurde dem schwächer wachsenden Merulius-Mycel, die andere den in kräftig wachsendem, virulentem Zustande befindlichen Mycelien desselben Pilzes ausgesetzt.

Das Ergebnis der letztgenannten Versuchsreihe läßt sich dahin zusammenfassen, daß sämtliche Abschnitte, sowohl von den aus dem Annaschacht in Altenessen, wie aus der Hohenzollerngrube in Beuthen entnommenen Grubenhölzern von dem üppig wachsenden Hausschwamm-Mycel in der Zeit von 4 Monaten gleichmäßig befallen, und allseitig kräftig bewachsen worden sind. Nur die geschwärzten Außenseiten der Hölzer sind verhältnismäßig schwächer bewachsen, wie dies an derartigen luftgeschwärzten Oberflächen auch bei unimprägniertem Holze beobachtet werden kann.

Die Ergebnisse der erstgenannten Versuchsreihe, die mit den schwächer wachsenden Merulius-Mycelien ausgeführt worden sind, sind in der beigefügten Tabelle 1 zusammengestellt:

Tabelle I.
Grubenhölzer mit Wiesesalz und Kieselfluornatrium.

Vers.-No.	Bezeichnung der Rütgerswerke	Herkunft:	Imprägnationsmittel:	Versuchs-Ergebnis:
110	4/101	Annaschacht des Kölner Bergwerksvereins, Altenessen	2 % ige Lösung von Kieselfluornatrium	Das Splintholz ist frei, das Kernholz bewachsen.
111	4/137			Das Splintholz ist frei, das Kernholz ist vollständig bewachsen.
112	3/147		3,5 % ige Lösung von Wiesesalz	Kern und Splintholz bewachsen, äußerste Zone des Splintes noch frei.
113	3/148	Splint frei, Kern schwach angegriffen.		
114	4/300	Hohenzollern-Grube in Beuthen	2 % ige Lösung von Kieselfluornatrium	Kern bewachsen, Splint frei.
115	3/310		3,5 % ige Lösung von Wiesesalz.	Kern und Splint allseitig vollständig bewachsen.

Aus diesen Versuchen ist zu ersehen, daß das Splintholz in 5 von 6 Proben freigeblichen ist, während das Kernholz meist schwach bewachsen wurde. Frisches, nicht imprägniertes Holz ist verhältnismäßig besser und gleichmäßiger bewachsen worden. Hieraus kann abgeleitet werden, daß die von den Rütgerswerken ausgeführten Tränkungen auch gegen den echten Hausschwamm einen gewissen Schutz gewähren, daß dieser indessen nicht hinreicht, um eine vollständige Gewähr gegen den Verfall zu bieten. Es muß aber auch in Betracht gezogen werden, daß die Hölzer sich 4 1/2 Jahre in einer feuchten Versuchsstrecke befunden

haben, und daß in dieser Zeit eine Veränderung bzw. Auslaugung der Imprägnierungsmittel stattgefunden haben kann. Ob frisch getränkte Hölzer auch gegen stark virulente Merulius-Myccelien einen sicheren Schutz gewähren, kann erst auf Grund besonderer diesbezüglicher Versuche beantwortet werden.

Dr. FALCK.

Prüfungsergebnis III

mit Tabelle II.

Von den Rütgerswerken, Aktiengesellschaft in Berlin, sind Versuche angestellt worden, Coniferenholz durch Imprägnation mit Salzgemischen, die einen Ersatz für das kostspielige HÜLSBERG'sche Verfahren bilden sollen, schwamm- und zugleich feuersicher herzustellen.

Von dem getränkten Kiefern-Splintholz sind mir viereckige Klötzchen zur Untersuchung auf das Verhalten gegen Hausschwamm zugestellt worden. Dergleichen Klötzchen desselben Holzes, die nach dem HÜLSBERG'schen Verfahren getränkt worden sind. Die Zusammensetzung der Tränkungsflüssigkeiten, sowie die Bezeichnung der eingesandten Holzklötzchen sind in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle II.
Hülsberg-Verfahren und Ersatz-Mischungen.

Versuchs-Nr.	Bezeichnung der Rütgerswerke	Imprägnationsmittel	Versuchsergebnis
100	1/I.	9,89 kg Ammonsulfat	Sind vollständig frei.
101	21. I. 10.	18,48 kg Magnesiumsulfat 3 kg Borsäure 85 Liter Wasser	
102	5/I.	2,5 kg Wievesalz	Sind allseitig gut bewachsen, wenig
103	25. I. 10.	40 kg Magnesiumsulfat 2,5 kg Ammonsulfat 100 Liter Flüssigkeit	beeinträchtigt.
104	6/I.	2,5 kg Wievesalz	Sind weniger stark bewachsen, deut-
105	26. I. 10.	40 kg Magnesiumsulfat 7,5 kg Ammonsulfat 100 Liter Flüssigkeit	lich beeinträchtigt.
106	8/I.	2,5 kg Wievesalz	Sind noch gut bewachsen, wenig
107	27. I. 10.	20 kg Magnesiumsulfat 2,5 kg Ammonsulfat 100 Liter Flüssigkeit	beeinträchtigt.
108	7/I.	2,5 kg Wievesalz	Sind gut bewachsen, wenig beein-
109	27. I. 10.	20 kg Magnesiumsulfat 7,5 kg Ammonsulfat 100 Liter Flüssigkeit	trächtigt.
ohne Bezeichnung	ohne Bezeichnung	Nicht imprägnierte Klötzchen.	Sind intensiv und dick bewachsen, nicht beeinträchtigt.

Die Versuche wurden in der Art ausgeführt, daß die Klötzchen gleichzeitig unter denselben Bedingungen den in üppigem (virulentem) Wachstum befindlichen Myccelien des echten Hausschwammes ausgesetzt wurden.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind ebenfalls in der Tabelle zu sehen. Es ist daraus abzuleiten, daß nur die nach dem HÜLSBERG-Verfahren getränkten Klötzchen einen sicheren Schutz gegen den Befall durch den Hauschwamm gewähren, während die nach allen übrigen Verfahren getränkten Hölzer das Holz nicht zu sichern vermögen, Gegenüber den unbehandelten Vergleichsklötzchen ist eine gewisse Schutzwirkung unverkennbar, und es ist auch deutlich zu erkennen, daß von den 4 verschiedenen Tränkungsarten die mit 8/I. 27. 1. 10 bezeichneten 40⁰/₀ Magnesiumsulfat und 7,5⁰/₀ Ammonsulfat enthaltenen Klötzchen den verhältnismäßig besten Schutz gewährt haben.

Eine Versuchsreihe ist photographiert und in einem Abzuge zur Erläuterung beigefügt worden.

Hann.-Münden, den 5. Januar 1911.

Dr. FALCK.

Die bisher bekannten Mittel zur Verhütung von Pilzschäden an Bauhölzern vor dem Einbau.

Vom Königlichen Baurat **Brüstlein.**

1. Das Holz im Walde.

Die Annahme, daß man durch besonders sorgsame forstliche Behandlung der Bestände vorbeugend mitwirken könne, um die Beschädigungen des verbauten Holzes durch zerstörende Pilze zu verhindern oder einzuschränken, ist irrig.

Die holzerstörenden Pilze, welche am verbauten Holz sich ansiedeln, sind, wie die Untersuchungen im 1. und 3. Bande dieser Forschungen gelehrt haben und weitere Untersuchungen noch bestätigen werden, an bestimmte Bedingungen der Temperatur, der Luft- und Substratfeuchtigkeit angepaßt, welche im lebenden Baum nicht vorhanden sind. Die Holzzerstörungen aber, welche bei allen Holzarten gelegentlich den lebenden Stamm ergreifen, werden durch Pilze hervorgerufen, die unter den Bedingungen des verbauten Holzes zumeist absterben.

Auch das am lebenden Stamm durch holzerstörende Pilze angegriffene Holz ist technisch minderwertig; es wird als solches aber zumeist vom Käufer leicht erkannt und von der Bauverwendung ausgeschlossen. Die Mittel, welche dem Forstmann zur Bekämpfung holzerstörender Pilze in lebenden Bäumen zu Gebote stehen, sind daher nicht Gegenstand unserer Abhandlung.

Saprophytisch kommen viele, wenn nicht alle Zerstörer des Bauholzes im Walde vor. Aufgabe des Forstmannes könnte also nur sein, die Infektion des gefällten bzw. des auf dem Stamm abgestorbenen Holzes durch diese nach Möglichkeit zu verhindern. Hierzu aber stehen ihm praktisch mögliche Mittel nur in begrenztem Umfang zur Verfügung. Er muß mit Rücksicht auf die Infektionsgefahr stets auf möglichst schnelle Abfuhr des Holzes aus dem Walde hinwirken und gegebenenfalls durch zweckmäßiges

Rücken des Holzes die baldige Abfuhr erleichtern und beschleunigen. Bei Massenankunft durch Insektenkalamitäten, Windwurf u. a. wird auch das eifrigste Bemühen des Forstmanns nicht immer das erwünschte Ziel erreichen: es muß genügen die Wichtigkeit des Ziels zu kennen und das erreichbar Mögliche zu tun. Es kann in solchen Fällen notwendig werden und sicher gerechtfertigt sein, im Walde selbst an geeigneten trockenen und luftigen Stellen einen vorläufigen Holzlagerplatz herzurichten, auf dem alle später aufgeführten für die eigentlichen Holzplätze in Betracht kommenden holzhygienischen Maßregeln in Anwendung zu kommen hätten.

Es hat die bisweilen ausgesprochene Ansicht, das Holz besitze in der unverletzten Rinde einen natürlichen Schutz gegen die Infektion durch anfliegende Pilzsporen, zunächst viel Bestechendes. Sollte diese Ansicht aber auch wirklich einen richtigen Kern enthalten, so lehrt doch die unbestrittene Erfahrung der Praxis, daß die unversehrte Rinde des gefällten Stammes sein Betrocknen erheblich verzögert, und daß zwischen der allmählich sich lösenden Rinde und dem Holze Hohlräume entstehen, in denen alsbald üppigste Pilzentwicklung eintritt. Schnelles Entrinden alles Nutzholzes, welches nicht alsbald aus dem Walde abgefahren werden kann, ist daher mit vollem Rechte allgemein üblich. Es rechtfertigt sich auch mit Rücksicht auf die Gefahren, welche von holzerstörenden Pilzen drohen; beim Nadelholz ist es aus forstlichen Gründen zur Vermeidung der Borken- und Rüsselkäfer-Gefahren unentbehrlich.

Die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Pilze durch Maßregeln am stehenden Baum zu erhöhen, ist auf verschiedene Weise, jedoch niemals mit Erfolg versucht worden. Zu erwähnen ist hier

1. Das Ringeln d. h. das Abschälen eines ringförmigen Streifens der Rinde mit der Absicht, den Baum zum Absterben zu bringen und gleichzeitig das Holz zu trocknen. Diese Maßregel verfehlt ihren Zweck, weil unter der allmählich absterbenden Rinde dieselben der Pilzentwicklung günstigen, der Holzkonservierung ungünstigen Bedingungen geschaffen werden wie bei dem unentrindeten im Walde lagernden gefällten Holze. Eine Verbesserung der Holzqualität durch dieses Verfahren ist nicht erzielt worden.

2. Völliges Entrinden stehender Stämme ist versuchsweise (nach Berichten Preußischer Eisenbahndirektionen) bei Buchen ausgeführt worden, um sie vor dem Fällen auszutrocknen. Das Holz wurde in Form von Eisenbahnschwellen verwendet, irgend eine bemerkenswerte Verlängerung seiner Dauer gegenüber anderem ergab sich aber nicht.

3. Fällen im Frühjahr nach Aufbruch der Knospen und Entsaftung des Holzes durch Blattentwicklung auf dem lagernden Stamme wurde gleichfalls auf Veranlassung der Preußischen Eisenbahnverwaltung bei Buchen versuchsweise vorgenommen; eine Verbesserung der Holzbeschaffenheit zeigte sich nicht.

4. Tränkungen der lebenden Stämme sind (nach GAYER) in verschiedener Art versucht worden. Man legte am stehenden Baum zur Zeit seiner vollen Belaubung, also bei lebhafter Saftströmung im Holze, eine starke Wurzel frei, schnitt sie durch und brachte die Schnittfläche mit einer Tränkflüssigkeit in Verbindung: Die Durchtränkung blieb ganz unvollständig. Noch weniger wirksam erwies sich das Anbohren stehender Bäume und Eingießen von desinfizierenden Flüssigkeiten. Endlich stellte man frisch gefällte beblätterte Stämme, welche also noch imstande waren, ähnliche bewegende Kräfte zu entfalten wie ein lebendiger Baum, mit den Stammenden in Tränkflüssigkeit (Kupferchlorid, Quecksilberchlorid). Aber auch hierbei wurde nur der Fuß der Stämme einigermaßen gründlich durchzogen.

Die zweckmäßigste Jahreszeit für die Fällung zu bestimmen ist Gegenstand vieler Untersuchungen und Erörterungen gewesen, ohne daß bisher völlige Klarheit erzielt wurde. Wissenschaftlich einwandfrei ist nicht nachzuweisen gewesen, daß bei sonst guter Behandlung die Fällungszeit des Holzes einen wesentlichen Einfluß auf die technischen Eigenschaften äußere. Die allgemeine Ansicht des Praktiker aber spricht eine unserer leistungsfähigsten Holzimportfirmen dahin aus, daß es für alles Holz, ob es bei seiner Verwendung der Witterung und freien Atmosphäre ausgesetzt wird, oder ob es im Innern von Gebäuden Verwendung findet, absolut erforderlich ist, daß es gefällt wird während der Periode, in der der Saft aus dem Holze gewichen ist; das ist für norddeutsche und westrussische Verhältnisse die Zeit vom ersten Eintreten des Frostes bis zu dessen Aufhören, also etwa vom 15. November bis 15. März.

Die auf Grund langjähriger Erfahrungen aufgestellten Vorschriften der Preußischen Staatseisenbahnverwaltung (besondere Bedingungen für die Lieferung von hölzernen Bahn- und Weichenschwellen) fordern für Kiefer, Eiche und Buche gleichmäßig: (in § 1 Absatz 4) „Das zu den Schwellen zu verwendende Holz soll in der Zeit vom 1. November bis 1. März . . . gefällt sein“. Ebenso schreiben die bei den Hochbauten des Preußischen Staats und bei Privatbauten üblichen Lieferungsbedingungen für Holz allgemein „im Winter“ oder „außer der Saftzeit“ geschlagenes Holz vor, und

diese Vorschriften bilden den Niederschlag der seit Generationen gesammelten fachmännischen Beobachtungen.

Praktisch ist die Frage insofern von geringer Bedeutung, als ohnehin in allen Forsten der Ebene das Bau- und Nutzholz im Wadel gefällt wird, wogegen die Sommerfällung im Hochgebirge vielfach die allein mögliche ist, so daß die Praxis immer auch mit im Sommer gefälltem Bau- und Nutzholz, vorzüglich der Fichten und Tannen zu rechnen haben wird.

Daß auch das Alter der gefällten Bäume für den technischen Wert ihres Holzes Bedeutung hat, ist allgemein bekannt. Da der Kern- und Reifholzanteil der Stämme mit dem Alter steigt, Kern- und Reifholz aber gegen Pilzangriffe widerstandsfähiger ist als Splintholz, so werden Bauhölzer gleicher Dimension im allgemeinen um so wertvoller sein, aus je älteren Stämmen sie geschnitten sind. Daß gerade dem Splintholz durch Imprägnieren wirksamer Schutz gegen Pilzangriffe viel leichter als dem Kernholz verliehen werden kann, ermöglicht die Nutzholzverwendung auch jungen Holzes.

Die Forstverwaltungen können aber zur Bestimmung des Hiebsalters die Rücksicht auf die Widerstandsfähigkeit des Bauholzes gegen holzerstörende Pilze nur insofern als Bestimmungsgrund gelten lassen, als sie dabei stets die Bedürfnisse des Handels und die von ihm am besten bezahlten Dimensionen zu berücksichtigen haben. Es ist hier nicht der Ort, die schwierige in der forstlichen Literatur viel erörterte Frage der Umtriebszeit, auf welche es in erster Linie ankommen würde, zu besprechen; für ihre Lösung müssen jetzt und vorläufig noch auf längere Zeit andere zwingende Bestimmungsgründe maßgebender sein als die Rücksicht auf etwaige gesteigerte oder verringerte Pilzwiderstandsfähigkeit des älteren oder jüngeren Holzes. Wie aber auch die Umtriebszeit festgesetzt werde, so bringt doch auf jeden Fall der aus forsttechnischen Gründen notwendige Durchforstungsbetrieb Hölzer jeden Alters auf den Markt, und sie werden erfahrungsgemäß als Nutzholz verwertet, sobald sie die jeweils erforderlichen Dimensionen besitzen. Es liegt hier also ähnlich wie bei der Frage der Fällungszeit, welche, wie wir gesehen haben, durch unabänderliche Verhältnisse bestimmt, nicht geändert oder beliebig festgesetzt werden kann mit Rücksicht auf den einseitigen Wunsch der Gewinnung eines möglichst pilzsicheren Bauholzes.

Mit sommergefalltem wie mit dem Bauholze aus verhältnismäßig jungen Bäumen wird die Technik daher nach wie vor zu rechnen haben, und gerade für dieses wird sie in den weiterhin zu besprechenden Imprägnierverfahren das wertvollste Mittel finden oder suchen müssen, um die unbedingte Brauchbarkeit herzustellen.

Dem Holz sofort nach der Fällung schon im Walde einen besonderen Schutz gegen das Eindringen der Pilze zu geben ist schwierig und bisher jedenfalls nicht üblich. Es könnten zu diesem Zwecke nur pilzfeindliche Anstrichmittel in Frage kommen. Solche Mittel, die auf dem frischen Holze genügend haften und das Austrocknen nicht verhindern, sind bisher nicht bekannt, zum mindesten nicht erprobt. Die Anregung, zum Schutze besonders wertvoller Nutzholzstücke derartige Mittel zu suchen, verdient unzweifelhaft Beachtung, und man wird dabei zweckmäßig auf die Erfahrungen zurückgreifen, welche bisher schon gewonnen wurden mit Anstrichmitteln verschiedener Art, die auf die Hirnfläche der Nutzholzenden (Eiche und Buche) aufgetragen, die Bildung von Schwindrissen verhindern oder wenigstens verringern.

Versuche, welche die Industrie unternommen hat, um dem frisch gefällten Holze sofort in nächster Nähe des Fällungsortes durch Imprägnieren erhöhte Dauer zu verleihen, gehen fast ausnahmslos auf den Grundgedanken des von BOUCHERIE zuerst angegebenen Verfahrens zurück. Hiernach werden die abgelängten aber unentrindeten Stämme mit dem unteren Ende zu oberst geneigt gelagert und ihr Stammende mit einer Kappe wasserdicht umgeben. Aus einem hochstehenden Behälter wird nun Imprägnierflüssigkeit in den Hohlraum der Kappe geleitet. Die Lösung verdrängt durch ihren Druck den Zellsaft aus dem Holz, und man sieht die Durchdringung als vollzogen an, wenn die am Zopfende austretende Flüssigkeit etwa den gleichen Gehalt wie die eingedrückte Lösung hat. Der größte Teil des Stamms und vor allem das Zopfende bleibt hierbei frei mit der Außenluft in Verbindung. Die Hauptschwierigkeit besteht im schnellen und billigen Abdichten der Kappe am Stammende; zur Lösung der Aufgabe sind eine ganze Reihe patentierter Vorrichtungen erfunden, von denen einige kurz mitgeteilt seien: Das deutsche Reichspatent 142 904, Klasse 38 h, ausgegeben am 15. VII. 1903 an Joachim Freiherr von Brenner in Grainfahren bei Vöslau, verwendet einen allseitig geschlossenen, druckfesten, Behälter, in den das Stammende des Baums durch eine Oeffnung hineinreicht. Das Dichten des Ringspalts zwischen Holz und Loch bewirkt ein innen am Behälter dicht befestigter Gummikragen, der durch den Flüssigkeitsdruck gegen den Stamm gepreßt wird. Viele solche kleinen Behälter können durch Druckleitungen an einen Kessel mit Imprägnierflüssigkeit angeschlossen werden.

D. R. P. 147 640, Klasse 38 h, ausgegeben am 30. I. 1904 an die Holzfärberei und Imprägnieranstalt (System Pfister) G. m. b. H. in Berlin-Charlottenburg, bringt als Zusatz zum obigen die Verbesserung, daß der

Kragen die Form eines nach dem Innern des Behälters zu verjüngten Kegelstutzens erhält, um in denselben Kragen Stämme erheblich verschiedener Durchmesser einsetzen zu können.

D. R. P. 162 784, Klasse 38 h, ausgegeben am 4. IX. 1905 an Georg Kron in Kopenhagen, ordnet um die Behälteröffnung einen weiten rinnenartigen ringförmigen Falz an, in dem ein Ring aus Gummischlauch liegt. Ist das Stammende durch die Oeffnung geschoben, so wird der Schlauch voll Luft oder Flüssigkeit gedrückt und preßt sich wasserdicht an das Holz einerseits und den Falz des Behälters andererseits.

D. R. P. 167 114, Klasse 38 h, ausgegeben am 15. I. 1906, bringt als Zusatz zum Vorstehenden eine Verstärkungseinlage für den Schlauch aus zusammenschiebbarem Gewebe in Vorschlag, weil bei unrunder Stämmen der Schlauch sonst leicht aus dem Falz herausgedrückt und beschädigt werden kann.

D. R. P. 176 527, Klasse 38 h Gruppe 4, ausgegeben am 16. X. 1906 an Dr. F. Spielmann in Linden bei Hannover, verwendet einen zweiseitigen Behälter. In den nach unten enger werdenden ringförmigen Spalt zwischen Baum und Behälterboden wird ein erhärtendes Material (etwa Blei) gegossen. Wird nun die Imprägnierflüssigkeit in den Behälter gedrückt, so preßt sie den Dichtungsstoff keilartig fest zwischen Holz und Boden.

D. R. P. 65 661, Klasse 38, ausgegeben am 1. XII. 1892 an Eduard Porr in Doboj-Bosna (Bosnien), legt einen Ring aus nachgiebigem Stoff wulstförmig auf das sauber abgeschnittene Stirnende des Baums und preßt eine Eisenplatte dagegen, durch welche das Druckrohr vom Imprägnierkessel her geführt ist. Das Anpressen erfolgt durch Schrauben, die an einen um den Baum gelegten Ring greifen. Dieser mehrteilige Ring wird durch Schrauben und Hebel um den Stamm zusammengezogen, so daß die an seiner Innenseite befindlichen Dorne in das Holz gedrückt werden und ein Abgleiten verhüten. — Bei diesem Verfahren dürfte der äußere Teil des Stammes an dessen unterem Ende ungeschützt bleiben.

D. R. P. 75 805, Klasse 38, ausgegeben am 25. VI. 1894 an Bernhard Drittlter in Nürnberg, verwendet zwei den vorbeschriebenen gleiche Ringe mit Dichtungsplatten an beiden Stammenden und zieht sie durch je vier Rundeisenanker mit Spannschlössern zusammen. Durch beide Platten gehen Leitungen zu Pumpe und Imprägnierkessel, die umschichtig als Saug- und Druckleitung benutzt werden können. Eine Anzahl von Platten der einen Seite läßt sich zu einem großen Tisch vereinigen. — Hierbei müssen beide Stammenden genau rechtwinklig und eben abgeschnitten sein.

D. R. P. 169 182, Klasse 38 h, ausgegeben am 2. IV. 1906 an Georg Kron in Kopenhagen, betrifft eine Dichtung für über 100⁰ heiße Imprägnierflüssigkeit, bei der Gummi nicht mehr verwendbar ist. Der Stamm wird fest in einen flachen konischen deckelartigen Behälter gesteckt und die Ringfuge um den Stamm von außen voll Blei gegossen. Darauf wird eine ringförmige Schneide mit Schraubenbolzen an den Deckel gepreßt, so daß sie sich in den Bleiring drückt und ihn einerseits gegen den Stamm, andererseits in den Deckel zwängt. Der gewölbte Boden des Deckels steht etwas vom Hirnholz des Baumes ab, und in diesen Hohlraum mündet die Druckleitung vom Imprägnierkessel.

D. R. P. 169 343, Klasse 38 h, ausgegeben am 2. IV. 1906 an Kron als Zusatz zum Vorigen, bedeutet eine Vereinfachung desselben. Der Bleiring wird hier in einer Form um das Stammende gegossen und zieht sich beim Erkalten von selbst darum fest.

2. Das Holz auf dem Transport und auf den Sägemühlen.

Die Frage, ob das geflößte Holz gegenüber dem zu Lande beförderten in Bezug auf seine Dauer bei späterer Verwendung im Bau günstig oder ungünstig durch den Aufenthalt im Wasser beeinflusst werde, ist viel erörtert und von der Praxis einstimmig dahin beantwortet, daß eine ungünstige Beeinflussung sicherlich nicht stattfindet. Die positive gegenteilige Behauptung wird vielfach aufgestellt. Die bewährte Ansicht der Praxis erscheint durchaus verständlich, wenn man berücksichtigt, daß an und in vollständig untergetauchtem Holz die holzerstörenden Pilze sich nicht entwickeln können. Ihren Angriffen ausgesetzt bleiben nur die aus dem Wasser hervorragenden Holzteile. Wasserdurchtränktes Holz, aufs Trockene gebracht und sich selbst überlassen, muß notwendig allmählich bis zu demjenigen Feuchtigkeitsgehalt austrocknen, welcher den Angriffen der Pilze die allgünstigsten Bedingungen bietet. Die Sägemühlen bringen daher nach bewährter Praxis das geflößte Holz unmittelbar aus dem Wasser vor die Säge.

Es ist ein großes, praktisch bisher noch nicht genug gewürdigtes Verdienst FALCKS, gezeigt zu haben, daß die Holzlagerplätze in erster Linie die Orte sind, an denen das Bauholz mit den Keimen aller derjenigen Pilze infiziert wird, welche in den Gebäuden später sich entwickeln und holzerstörend wirken. Wer die Fruchtkörper der *Merulius*-, *Paxillus*-, *Lentinus*-, *Polyporus*-, *Coniophora*-, *Lenzites*-Arten kennen lernen will, wird sie auf Holzplätzen am schnellsten und sichersten reichlich finden, besonders an den morschen Unterlagen der Stapel und auf dem mit verwesenden

Holzabfällen und anderen organischen Stoffen bedeckten feuchten Erdboden. Die Befolgung der von FALCK in ihren Hauptzügen angedeuteten Vorschriften zur holzhygienischen Ausgestaltung der Lagerplätze würde das sicherste Mittel sein, um die Schwammzerstörungen in Gebäuden erheblich einzuschränken. Kurz zusammengefaßt würden sich die Forderungen an einen einwandfreien Holzlagerplatz etwa folgendermaßen ausdrücken lassen:

1. Der Boden muß trocken, rein mineralisch sein, aus Kies oder Sand bestehen, am besten gepflastert sein und ist dauernd peinlich sauber zu halten.
2. Die Unterlagen der Stapel müssen für holzzerstörende Pilze unangreifbar sein. Es kann also nur sicher und dauerhaft imprägniertes Holz dazu verwendet werden; noch besser sind Eisenschienen, die auf Betonklötzen ruhen, wie sie tatsächlich bereits in der Praxis zu diesem Zwecke verwendet worden sind.
3. Auch zu Stapelhölzern darf nur imprägniertes Holz verwendet werden.
4. Ein leichter Regenschutz über den Stapeln, wie er auch jetzt schon vielfach angewendet wird, ist zu empfehlen.

Dringt erst die Ueberzeugung von der Notwendigkeit und Wirksamkeit dieser Vorschriften in weitere Kreise der Architekten, so werden sie sich auch durchführen lassen. Man kann den Sägemühlenbesitzern nicht zumuten, die geforderten erhöhten Kosten auf ihre Lagerplätze zu verwenden, so lange Bretter von verseuchten Holzplätzen ebenso willig abgenommen und ebenso hoch bezahlt werden wie solche von holzhygienisch einwandfrei behandelten.

3. Anstrichmittel.

Um Holz, welches voraussichtlich dem Wetter ausgesetzt sein wird, oder sonst Feuchtigkeit ertragen soll, dauerhafter zu machen, sind Anstrichmittel der verschiedensten Art seit langem im Gebrauch. Allgemein gilt als Regel, daß sie erst nach dem Austrocknen des Holzes aufgebracht werden dürfen, weil sie sonst nicht haften, selbst dem Verderben durch die Einwirkung der Holzsäfte unterliegen und durch Abschluß der Luft das Holz zum Sticken und Faulen bringen; und zwar soll das vorherige Austrocknen um so gründlicher geschehen, je dichter der Anstrich deckt. Die bekanntesten Anstrichmittel sind:

Leinöl, Leinölfirnis, Oelfarbe, Rohparaffin, Teer.

Eine Mischung von 1 Raumteil Holzteer und zwei Teilen Steinkohlenteer, in etwas Kolophonium aufgeköcht und mit 4 Teilen trockenem Aetzkalk zusammengerührt, soll dem Sonnenbrand besonders gut widerstehn.

Schwedischer Anstrich wird aus Mehl, Heringslake, Schlemmkreide und einem Farbzusatz (meist Ocker) in verschiedenen Arten zubereitet, oft unter Beimischung von Milch oder Buttermilch. Er ist billig, auf dem Lande bequem zu erneuern und schützt Holz im Freien recht gut gegen Niederschläge. Aehnlich sind

Finnischer Anstrich, der hauptsächlich aus Tran, Kolophonium und Mehl besteht, und

Russischer Anstrich. Für diesen lautet ein Rezept: Rühre in 0,4 l Wasser 0,33 kg Eisenvitriol, 0,25 kg Kolophonium, 1,50 kg Caput mortuum und 1,00 kg Roggenmehl und setze etwa 12 l Wasser zu.

Käsefarben, mit Petroleum, Terpentinöl, anderen Oelen, ungelöschtem Kalk oder auch nur Wasser angemacht.

Blutfarbe, etwa nach der Vorschrift: 3 Teile abgestandenes Blut mit etwas Alaun und 4 Teilen an der Luft zerfallenen Aetzkalk vermischt.

Milch wird als Ersatz für Leim zum Farbenanmachen besonders auf dem Lande benutzt.

Keimtötende Wirkung wird zugeschrieben: Karbolineum, Antinonin, (orthodinitrokresolsaures Kalium), Vitriollösung (nach HEINZERLING schon von JAHN 1801 empfohlen gegen Schwamm), Colophonium in Leinölfirnis gelöst und heiß aufgestrichen (KRUMBHOLZ), Kreosot, Birkenteer, Petroleum, Kochsalzlauge, Antimerulion (aus Infusorienerde mit Kochsalz und Borsäure bestehend), Mycothanaton; ferner Antigermin, Kupfersalz einer schwachen organischen Säure; es bildet mit heißem Wasser ein basisches Salz, das in Wasser schwer löslich ist.

Fluatin, eine farb- und geruchlose Kieselfluorverbindung.

Barol, eine patentierte Karbolineumart mit hohem Gehalt an Fett und Kupferverbindungen, soll die Eiweißstoffe des Holzes unschädlich machen und schwer verdunsten.

Meißner's Holzschutz ist eine Art Kitt, der das Entstehen von Luft-rissen im Holze verhüten soll; er wird hauptsächlich auf das Hirnholz roher Eichenstämme gestrichen.

Lorrach'sche Anstrichmasse bezweckt dasselbe.

D. R. P. 65 239, Klasse 22, ausgegeben am 19. X. 1892 an die A.-G. für Asphaltierung vorm. Jeserich in Berlin, betrifft ein Gemisch aus Fettgasteerprodukten mit Goudron und Schwefel, das einen desinfizierenden und schwer auswaschbaren Anstrich für Eisen und Holz abgeben soll.

Endlich werden Talg und Mischungen von Talg mit Wachs, sowie Lösungen von Harzen in Oel für im Inneren zu verwendende Hölzer benutzt, um u. a. Rissebildung zu vermeiden.

D. R. P. 197972, Klasse 38 h, Gruppe 2, ausgegeben am 1. V. 1908 an Wilhelm Brase in Friedrichshagen bei Berlin, bezweckt den Schutz eingegrabener Stangen im und dicht über dem Erdboden. Das ev. imprägnierte völlig trockene Holz wird 1 bis 3 mal mit heißem, karbolsäurehaltigem Teeröl gestrichen; dann wird der asphaltartige Rückstand, den Steinkohlenteer bei Destillation bis $+230^{\circ}$ C hinterläßt, innig mit Magnesia-zement verrührt und die Masse heiß auf das Holz gestrichen. Darüber kommt sofort, vor dem Abkühlen, eine Lage isolierter Dachpappe, deren Fuge mit Asphaltmasse gedichtet wird. Statt des Teerrückstands können ähnliche, Kohlenwasserstoffe enthaltende Produkte, beispielsweise Ruberoid, verwendet werden.

Alle Anstrichmittel bleiben naturgemäß an der Oberfläche des Holzes, wenn auch einige derselben um ein Geringes in die Holzfasern eindringen sollen und mögen. Daher können sie nur den Erfolg anstreben 1) auf der Oberfläche zur Zeit des Streichens etwa vorhandene Schädlinge abzutöten, 2) von außen nach dem Streichen auf das Holz eindringende Pilze am Eindringen zu verhindern oder 3) sie zu töten, sowie 4) im Innern des Holzes etwa vorhandene Krankheitserreger durch Abschluß gegen Außenluft und Feuchtigkeit Zutritt latent zu erhalten, d. h. an der Weiterentwicklung zu hindern. Daß die Wirkung zu 3) für einige Zeit erreichbar ist, scheint nach den Versuchen von Stabsarzt Dr. JACOBITZ (Zeitschrift für Hygiene . . . 1901, Seite 70 ff.) nicht zweifelhaft.

Wegen der praktisch fast niemals vermeidbaren allmählichen Zerstörung der dünnen Anstrichhaut durch Verwittern, Abnutzen, Reißen oder dergl. und wegen der Unmöglichkeit, lebende Pilze im Holzinern durch Anstriche abzutöten, brach sich die Ueberzeugung von der Unzulänglichkeit des Holzschutzes durch Anstrich für die meisten Fälle bald allgemein Bahn und führte zu Versuchen mit anderen Mitteln. Solche sind:

Verschiedene Behandlungsarten.

Verkohlen des Holzes, hauptsächlich seiner Oberfläche. Es wird für einzugrabende Pfosten u. s. w. angewendet (bei Zaunbauten, Errichtung kleiner ländlicher Schuppen u. dergl.)

Benageln mit oxydierbaren Metallplatten dürfte nur versuchsweise ausgeführt worden sein.

Behandeln mit Ozon scheint mehr den Zweck zu haben, das Holz gegen Temperaturschwankungen unempfindlich zu machen, als seine Haltbarkeit zu erhöhen.

Hobeln soll nach Ansicht mancher Praktiker das Ansideln holzzerstörender Pilze zwar nicht unbedingt hindern, aber doch erschweren. Die Schwierigkeit des Haftens von Sporen an den glatten Flächen könnte das erklären.

Dörren des Holzes wird in besonders konstruierten Dörröfen vorgenommen; darin wird es von den Verbrennungsgasen direkt umspült, um deren teilweise antiseptische Wirkung auszunutzen. Um das Reißen des Holzes zu verhüten, müssen die Bohlen u. s. w. geschickt zugeschnitten und der Erhitzungsprozeß langsam eingeleitet werden. Daß trockenes Holz in trockener Luft nahezu unbegrenzt haltbar ist, zeigen u. a. die Mumiensärge. Gegen späteren Zutritt von Feuchtigkeit muß aber gedörrtes Holz sorgfältig geschützt werden.

Auslaugen in (am besten fließendem) Wasser erfordert längere Zeit, zum mindesten 6 Monate.

Durch Kochen des Holzes in Wasser erreicht man in wenig Stunden ein ebenso gutes Auslaugen und überdies Abtötung der zur Zeit im Holze vorhandenen Pilze, sofern das ganze Innere des Holzes Siedetemperatur angenommen hatte.

Dämpfen wurde früher wohl in Bohlenkästen, also bei gewöhnlichem Luftdruck, vorgenommen; es sind dann bis zur vollständigen Durchdringung und Auslaugung des Holzes 60 Stunden erforderlich. Heute dämpft man in Eisenkesseln und meist unter Druck, also in entsprechend kürzerer Zeit. Durch Dämpfung wird Holz leichter, erhält helleren Klang, gleichmäßig dunklere Farbe und größere Festigkeit; auch wirft es sich weniger als ungedämpftes, nimmt langsamer Feuchtigkeit auf und trocknet schneller wieder aus.

4. Tränkungsmitel.

Das Einführen fäulniswidriger Flüssigkeiten in Holz ohne Anwendung besonderer Mittel zum schnelleren oder tieferen Hineintreiben des Tränkmittels (wie beim Imprägnieren), ist mit den verschiedensten Stoffen und in sehr verschiedenen Verfahren seit langem ausgeführt worden. Naturgemäß werden hierbei nur die äußersten Schichten des Holzquerschnitts und die Seitenwandungen etwaiger nach außen offener Risse wenige Millimeter tief durchtränkt. Findet also nachträgliche Bearbeitung der Hölzer oder nachträgliche Rissebildung statt, so liegt ungeschütztes Holz dem Angriff der Schädlinge bloß; ebenso, wenn die dünne durchtränkte Schicht ausgewaschen ist. Endlich bleiben die im ungetränkten Innern der Hölzer

etwa zur Zeit der Tränkung schon vorhandenen Schädlinge oder Sporen von solchen lebensfähig und werden durch den Mantel von geschütztem Holze erfahrungsgemäß in ihrer Entwicklung nicht beeinträchtigt. Bei nur oberflächlich getränkten Hölzern findet daher gelegentlich eine völlige Zerstörung des Innern statt, während die Außenflächen pilzfrei bleiben und einen gesunden Zustand des Gesamtholzes vortäuschen. Die Tränkungsverfahren treten neuerdings trotz ihrer geringeren Kosten wegen ihrer mangelhaften Wirksamkeit immer mehr gegen die Imprägnierungen zurück; sie sind heute, soweit bekannt, von der Verwendung im Großen, z. B. bei Schwellen, Telegrafstangen und für Wasserbauten, gänzlich ausgeschlossen.

Kyanisieren ist wohl die älteste künstliche heute noch übliche Schutzbehandlung des Holzes, denn es wurde schon 1832 von Kyan angegeben. Quecksilberchlorid (Sublimat) wird in 2—3 prozentiger Lösung in hölzerne Kästen ohne Eisenteile gegossen und darin Nadelholz 8 bis 10 Tage, Eichenholz 12 bis 14 Tage belassen. Die Kosten werden zu etwa 9 M. pro Kubikmeter angegeben. Die sehr kräftige antiseptische Wirkung des Sublimats erhält die durchtränkte dünne Außenschicht lange Zeit pilzfrei, doch kann inzwischen der Kern völlig zerstört werden, ohne daß dies von außen wahrnehmbar wird. Ein Nachteil ist die hohe Giftigkeit des zur Lösung erforderlichen Salzes, während die des getränkten Holzes oft überschätzt wird. Obwohl alle fäulniswidrigen Flüssigkeiten, beispielsweise Kupfervitriol und Teeröl, zum Tränken benutzt werden können und gelegentlich auch wurden, so hat doch kein anderes Verfahren erhebliche Verbreitung gefunden oder heute noch Bedeutung. Denn nur beim Sublimat wird die Oberflächlichkeit der Behandlung durch die Schärfe des Mittels soweit ausgeglichen, daß doch noch ein merklicher Erfolg eintritt. Von Vorkehrungen, welche Erleichterungen und Beschleunigungen beim Ausführen der Tränkung bezwecken, seien zwei angeführt:

D. R. P. 117951, Klasse 38 h, ausgegeben am 25. II. 1901 an H. E. Kruskopf in Dortmund, betrifft eine gemauerte offene Mulde für Langhölzer, an deren eine Längsseite sich eine schiefe Ebene zum Abrollen der fertigen Hölzer nach dem Stapelplatz schließt. Am Muldenrand über der schiefen Ebene sind mehrere Ketten oder Gurte befestigt, liegen lose quer über den Boden der Mulde und sind an der gegenüberliegenden höheren Kante des Trogs auf eine drehbare Walze gewickelt. Die Oberkante dieser Walze, die auch in einzelne Seiltrommeln mit Sperrklinken und gemeinsamem Antrieb aufgelöst sein kann, liegt bündig mit dem Lagerplatz der rohen Stämme. Sind die Bäume von ihm aus in die mit Tränkflüssigkeit gefüllte Mulde gerollt und genügend getränkt, so strafft

man durch Drehen der Walze die Gurte, bis sie eine schräge Ebene in der Verlängerung der Rollbahn bilden, und die fertigen Stämme rollen ab. In Nischen des Trogs können Heizrohre angebracht werden. Bei diesem Verfahren brauchen die Arbeiter die mit schmutzenden und ätzenden Stoffen überzogenen frisch imprägnierten Hölzer nicht anzufassen.

D. R. P. 175 691, Klasse 38 h, Gruppe 4, ausgegeben am 4. X. 1906 an Heinrich Altena in Oberhausen im Rheinland, hat eine maschinelle Tauchvorrichtung zum Gegenstand. In einer ausgemauerten Grube voll Tränkflüssigkeit schwimmt eine Taucherglocke, welche die lotrechten Grubenwände fast berührt. Beim höchsten Glockenstande ist ihre ebene obere Decke mit dem Erdboden bündig, und die Wagen mit dem rohen Holz werden darauf gefahren. Durch Auslassen von Luft wird dann die Glocke bis zu ihrem tiefsten Stande gesenkt, wobei die Tränkflüssigkeit die Wagen umspült. Ist noch nicht alles Holz bedeckt, so kann die Glocke in ihrem Tiefstand verriegelt und durch Einlassen von Preßluft unter die Glocke die Flüssigkeit in der Grube noch höher getrieben werden. Ist die Tränkung vollendet, so wird die Verriegelung gelöst und durch Eindrücken von Luft die Glocke zum Höchststand gehoben, worauf das fertige Holz abgefahren werden kann. Wird die Glocke im Tiefstand verriegelt und erhitzte Luft in sie gedrückt, so quillt diese seitlich unter dem Glockenrande hervor und erwärmt die Tränkflüssigkeit.

Auf der Grenze zwischen Tränken und Imprägnieren stehen die Verfahren, bei denen das Holz in einem offenen Bade gekocht wird, so daß beim Erkalten der Dampf in den Hohlräumen des Holzes kondensiert und die umgebende Flüssigkeit vom äußeren Luftdruck in das Holz nachgepreßt wird. Hierher gehören die folgenden Verfahren:

D. R. P. 128 245 Klasse 38 h, ausgegeben am 15. II. 1902 an Tomaso Giussani in Mailand. Von zwei dicht nebeneinander befindlichen offenen Trögen enthält der erste die auf mindestens 100° erhitzte, über 100° siedende Evakuierungsflüssigkeit, der zweite die kalte Tränkflüssigkeit. An einem zwischen beiden Behältern stehenden Kran hängt der Korb mit dem zu tränkenden Holz. Er wird zuerst in die heiße Flüssigkeit getaucht, bis die im Holz enthaltene Feuchtigkeit seine Hohlräume mit Dampf füllt; dann hebt der Kran das Holz rasch in die kühle Tränkflüssigkeit, welche in die durch Verdichtung des Dampfes frei werdenden Hohlräume nachdringt.

D. R. P. 163 667, Klasse 38 h, ausgegeben am 11. X. 1905 an William Powell in Greenfields in England, beruht auf der Verwendung von Zucker zum Ausfüllen der Holzporen. Er soll als dem Holz ver-

wandter Stoff sich ihm leicht und innig einfügen, ein Bindemittel bilden und das Holz fester sowie unporös und zäh machen. Auch soll das behandelte Holz keine Feuchtigkeit aufsaugen und höheren Temperaturen als anderes widerstehen. Das rohe Holz wird in einen dünnen Syrup von Rohzucker getaucht (wenn nötig heiß und unter Druck), der Zucker dann unter teilweisem Karamelisieren zum Erstarren gebracht; hierauf wird durch Erhitzen in einem etwa $+ 70^{\circ}$ heißen Luftstrom das im Holz enthaltene Wasser ausgetrieben, worauf beim Erkalten das Holz den Zucker einsaugt.

D. R. P. 183 795, Klasse 38 h, Gruppe 2, ausgegeben am 6. V. 1907 an Guido Conti-Vecchi in Rom. Die Hölzer werden in ein auf über $+ 100^{\circ}$ C erhitztes Bad getaucht behufs Entwässerung und Entlüftung, darauf in einen oder mehrere Behälter voll kalter Imprägnierflüssigkeit, eventuell unter höherem als atmosphärischem Druck. Der aus dem Holz während seiner Entwässerung entweichende Dampf dient zur allmählichen Vorwärmung, Auslaugung und teilweisen Vorimprägnierung neuen Holzes, welches dann erst den Bädern unterworfen wird. Zweck des Verfahrens ist das Ersparen von Brennstoff durch Ausnutzen des Holz-Abdampfs und das Ersparen von Tränkstoff durch Verwenden der aus dem Entwässerungsbade etwa mitgerissenen Teile.

5. Das Imprägnieren.

Darunter versteht man das Durchdringen von Holz mit Fremdstoffen unter Anwendung besonderer Mittel, welche ihr Eindringen in größere Tiefe ermöglichen, beschleunigen oder gleichmäßiger gestalten sollen als bei bloßen Tränkungen. Die Imprägnierung kann sehr verschiedene Zwecke haben, und oft werden mehrere derselben zugleich angestrebt; beispielsweise Sicherung gegen Verbrennen oder auch nur gegen leichte Entflammbarkeit, Schutz gegen Kerbtiere, insbesondere Bohrwurm, Aenderung der Farbe, Erzeugung eines älteren Aussehens usw. Hier sollen nur diejenigen Imprägnierungsarten und -stoffe erörtert werden, welche das Sichern des Holzes gegen Abbau durch Pilze bezwecken. Die verschiedenen Imprägnierungsmethoden benutzen zur Erreichung ihres Zieles sehr verschiedenartige Mittel und Wege. Es gibt solche, die Flüssigkeiten und solche, die Gase in das Holz einführen wollen; auch Zwischenzustände, wie nebelartig zerstäubte Flüssigkeitstropfen in Gasen werden verwendet. Manche wollen die natürlichen Wege des Safts, manche alle im Holz vorhandenen Hohlräume zum Einführen des Fremdstoffes benutzen, andere den Holzstoff selbst durchlässig dafür machen. Bald soll der Saft herausgedrängt,

bald eingetrocknet, bald chemisch mit dem Schutzmittel verbunden werden. Einige Verfahren wollen den Tränkstoff durch Ueberdruck in das Holz pressen, andere ihn vom Holz durch Unterdruck einsaugen lassen. Einige wollen sämtliche Hohlräume des Holzes anfüllen (Volltränkung), andere nur die Oberflächen der Zellwandungen überziehen, (besonders bei Benutzung von Salzlösungen), noch andere nur die festen Holzteile durchsetzen (Hohl-impregnierung). Manche Verfahren führen verschiedene Stoffe nacheinander in das Holz ein; entweder um eine chemische Verbindung im Holze zu erzeugen oder um die Wirkungen beider Mittel nebeneinander bereit zu halten, oder endlich um verschiedene Teile des Holzquerschnittes mit verschiedenen Mitteln zu schützen. Die zur Imprägnierung verwendeten Stoffe zerfallen in anorganische und organische; von ersteren kommen häufig vor: Kochsalz, Borsäure, Chlorzink, Sublimat, Eisenvitriol, Kupfervitriol, schwefelsaure Tonerde, Kieselfluornatrium, Magnesiumsulfat, Ammoniumsulfat, Kainit, Kiserit, Schwefelbarium und Eisenoxydul. Von letzteren ist Teeröl in verschiedenen Formen das verbreitetste; außerdem werden benutzt Kreosot, Karbolsäure, Harz, Zucker, Naphtalin und das als Wiesesalz bezeichnete β -naphtalinsulfosaure Zink. Als Träger dieser Stoffe behufs feinerer Verteilung oder Lösung kommen außer Wasser und Dampf hauptsächlich in Betracht: Harz, Aetznatron, Ammoniak, Ammonsalze und Verbindungen von schwefelsaurem Alkali, die meist verseift verwendet werden. Die wichtigsten Eigenschaften einiger der heute am häufigsten verwendeten Imprägnierungsstoffe sind folgende:

Chlorzink wird durch Auflösen von Zinkabfällen in Salzsäure hergestellt; es ist in Wasser leicht löslich. Die gesättigte Lösung hat 54° Baumé, ein spezifisches Gewicht von 1,598 und einen Flüssigkeitsgrad etwa wie Rüböl; der Gehalt an Chlorzink beträgt etwa 52,2 %, so daß also fast die Hälfte der Lösung aus Wasser besteht. Die Lösung ist ätzend und giftig; sie darf höchstens 1 % Eisen und keine freie Salzsäure enthalten, weil sonst die Holzfaser zerstört wird. Zum Gebrauch setzt man etwa die 16- bis 20fache Wassermenge zu. Bei Behandlung mit 0,9 % Lösung gehen bereits schwer zu tötende Pilze zugrunde. Chlorzink geht mit Eiweiß und Protein im Holz keine unlöslichen Verbindungen ein; es ist hygroskopisch und greift Eisen an; die dabei entstehenden Zersetzungsprodukte zersetzen die Holzfaser.

Wiesesalz ist β -naphtalinsulfosaures Zink, ein in kaltem Zustande größtenteils kristallisiertes, also schwerlösliches Salz. Bei $+100^{\circ}$ C löst sich 1 Teil in 12 Teilen Wasser, bei $+20^{\circ}$ erst in 110 Teilen; die Löslichkeit in kaltem Zustande genügt gerade noch, um eine desinfizierende Wirkung zu ermöglichen.

Teeröl. Meist wird Steinkohlenteeröl verwendet, das aus dem bei der Gasfabrikation erzeugten Steinkohlenteer gewonnen wird. Bei der Gas-erzeugung ergeben sich 1) Gase, 2) kondensierbare Destillate und 3) feste Rückstände. Die Destillate zerfallen in zwei Schichten, nämlich die in Wasser bei der Destillation sich lösenden und die dickflüssig als Teer sich absetzenden. Aus diesem werden durch Destillation gewonnen: Leichtes Oel bei $+170^{\circ}$, Mittelöl (Karböl und Naphtalin) bei $+235^{\circ}$ und Schweröl (Antracenöl) bei $+270^{\circ}$. Da die besonders fäulniswidrigen Teersäuren hauptsächlich in den leichteren Oelen enthalten sind, so sind sie und die Mittelöle für den Holzschutz besonders wichtig. Andererseits verflüchtigen sich aber die Säuren leicht, z. B. Karbolsäure; daher empfehlen sich doch die schweren, etwa unter $+300^{\circ}$ destillierenden Oele als auf die Dauer wirksamer. Naphtalin wirkt fäulniswidrig; in geringem Prozentsatz vorhanden dringt es mit dem erwärmten Teeröl in die Holzporen ein und kristallisiert, in größeren Mengen hindert es aber das Eindringen des Teeröls. Am besten eignen sich danach Teeröle, die zwischen $+235^{\circ}$ und $+400^{\circ}$ destillieren. Sie enthalten geringe Mengen Teersäuren, sind im Wasser unlöslich, dickflüssig, verstopfen die Poren und verharzen, wodurch sich auch die Härte des Holzes erhöht. (Nach SCHNEIDER). In der Praxis ist das spezifische Gewicht des Teeröls zu prüfen, welches zwischen 1,045 und 1,10 betragen soll; der Grad der Destillation festzustellen, welcher zwischen $+150$ und 400° , bei strengeren Anforderungen zwischen 235° und $+400^{\circ}$ liegen soll, der Gehalt an Teersäuren zu ermitteln, der mindestens 10% an kreosot- oder karbolsäureartigen Oelen betragen soll, und der Gehalt an niedrig siedenden Bestandteilen zu bestimmen. Letzterer darf höchstens 1% an unter $+125^{\circ}$ siedendem Oel ausmachen. Bei $+15^{\circ}$ soll das Teeröl so flüssig sein, daß es auf sauberes Hirnholz gegossen eindringt und nur einen öligen Rückstand hinterläßt.

An ein ideales Imprägnierungsmittel für Hölzer des Hochbaus sind nach heutiger Anschauung folgende Anforderungen zu stellen:

- 1) Es soll keimtötend noch in großer Verdünnung wirken, tunlichst auch Insekten abhalten;
- 2) es darf nicht giftig sein.
- 3) Es darf die Feuergefährlichkeit des Holzes zum mindesten nicht erhöhen.
- 4) Es muß in Wasser so weit löslich sein, wie zur Entfaltung einer desinfizierenden Wirkung nötig, darf aber nur in geringem Grade von Wasser ausgelaugt werden.
- 5) Es soll geruchlos sein.

6) Es darf die technischen Eigenschaften des Holzes nicht verschlechtern; dazu gehören: Farbe, Streichbarkeit, Festigkeit, Elastizität, Nagelbarkeit, Politurfähigkeit, Härte, Zähigkeit, u. s. w.

7) Es soll sich annähernd gleichmäßig durch das ganze Holz verteilen, wenn möglich auch im Kern.

8) Es darf nicht hygroskopisch sein.

9) Es darf die Holzfaser und Eisen auch bei Zutritt von Wasser nicht chemisch angreifen.

10) Es darf nicht zu teuer sein.

Von den verschiedenen Verfahren der Imprägnierung seien zuerst diejenigen besprochen, die sich in Anlehnung an das Boucherie-Prinzip hauptsächlich der Saftwege im Holz zur Einführung der Flüssigkeit bedienen. Die Verfahren am frischen, unentrindeten Stamm wurden bereits erörtert. Für die Ausführung in Tränkanstalten und am entrindeten Holz eignet sich das:

Lebiodasche Verfahren. Die Firma G. Lebioda et Co. in Boulogne sur Seine hat sich durch D. R. P. Nr. 114 277 Klasse 38 h, ausgegeben am 26. X. 1900, unter der Bezeichnung: „Imprägnierung des Holzes in der Masse“ ein Verfahren schützen lassen, bei welchem die Tränkflüssigkeit das Holz einschließlich seiner Kernteile durchdringen soll. Hierzu wird ein Hohlzylinder mit an beiden Enden anschließenden Rohrleitungen verwendet (Fig. 1). Zwischenböden sondern von dem Zylinder einen kürzeren inneren Teil aus, in dem die zu behandelnden Hölzer sich befinden. Jeder Boden hat eine Anzahl kreisförmiger, mit ringförmigen Schneiden umgebener Oeffnungen; die Hirnenden der zu behandelnden Hölzer werden fest an die Schneiden gepreßt. Wird nun Tränkflüssigkeit unter Druck bis an den oberen Zwischenboden geleitet, so fließt sie unter Verdrängung des Zellsaftes oder wenigstens Mischung damit in der Längsrichtung des Holzes durch dessen Hohlräume und tritt unten frei aus. Aus den außerhalb der unteren Ringschneiden liegenden, also zum Mittelteil des Kessels offenen Querschnittsteilen der Hölzer fließt die Lauge zugleich in den Mittelteil des Zylinders, füllt ihn und drängt sich in die außerhalb der oberen Ringschneiden befindlichen Querschnittsteile der Hölzer. Auf diese Art werden auch die äußersten Teile der Hölzer durchtränkt. Eine Umkehrung des Imprägnierungsstromes ist möglich. Dämpfen oder sonstige Vorbehandlung des zu tränckenden Holzes ist nicht nötig, auch kann es völlig frisch sein; Trocknungsrisse werden also vermieden. Die Stärke der Stämme ist beliebig, der Arbeitsvorgang rasch. Zur Tränkung kann eine wasserunlösliche Mischung verwendet werden. Der Grundgedanke des Erfinders war, daß

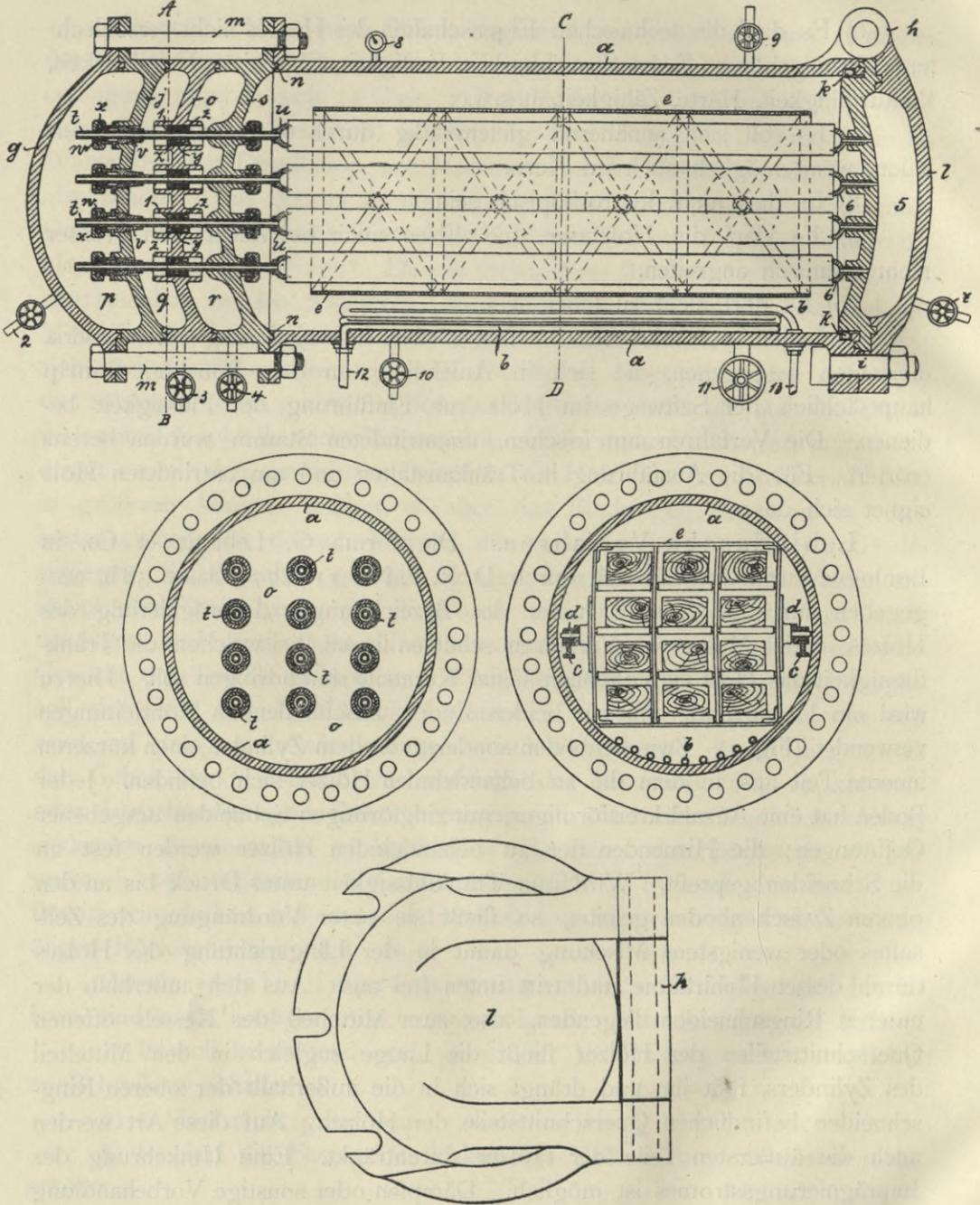


Fig. 1

durch gewaltsames Einpressen der Imprägnierungsflüssigkeit von allen Seiten her mittels hohen Drucks die im Holze enthaltene Luft zuletzt in den innersten Hohlräumen zusammengepreßt werden müsse, der Kern also

immer dem Tränkstoff unerreichbar bleiben werde. Um das zu vermeiden, wollte er den Imprägnierstoff auf den natürlichen Wegen des Saftes einführen. Die schwierige, jedem einzelnen Stamm anzupassende Dichtung an den Enden und die auch sonst jedesmal nach Art und Größe des Stamms zu regelnde Behandlung sind der Anwendung dieses Verfahrens im Großen hinderlich.

Eine genaue Beschreibung der Ausführung des ziemlich verwickelten Apparats gibt der Text des D. R. P. 114277 (Klasse 38h) vom 26. X. 1900 sowie des Zusatzpatentes Nr. 128197 vom 11. II. 1902. Eine ältere Ausführungsform betrifft das D. R. P. 110422 vom 15. V. 1900. Der Patentanspruch erstreckt sich (auszugsweise) auf eine Vorrichtung zum Imprägnieren von Stämmen oder Langhölzern, bestehend in einem liegend zylindrischen allseitig geschlossenen Behälter *a*. Dieser wird an einem Ende geschlossen durch einen scharnierartig aufgehängten doppelten Deckel mit Hohlraum *5*; in seinem inneren Boden befinden sich soviel Durchbohrungen, als Hölzer eingebracht werden sollen; die Röhren darin laufen im Kesselinnern in glockenartige Schneiden aus. Vor dem andern Kesselende befinden sich 3 wie oben gelochte Einsatzböden; in ihnen laufen Röhren mit Glockenschneiden an ihren innern Enden, verschieblich in Stopfbüchsen. Der mittlere der Einsatzböden hat weite Durchbohrungen, in denen kolbenartig zylindrische Verdickungen der Rohre laufen. Wird nun Imprägnierflüssigkeit unter Druck in den mittleren Hohlraum *q* des letzteren Deckels gelassen, so drückt sie die Kolben nach innen und damit die Schneiden in das Hirnholz der Stämme. Wird dann Flüssigkeit in den benachbarten äußersten Hohlraum *p* gedrückt, so durchdringt sie die Rohre und die Hölzer und fließt aus dem Hohlraum des andern Deckels ab. Wird nach beendeter Tränkung Flüssigkeit in den innersten Hohlraum *r* des mehrfachen Deckels gepreßt, so reißt sie die Röhren mit den Schneiden aus den Hölzern. Ebenso lassen sich die Stämme am andern Kesselende durch hydraulischen Druck aus den glockenartigen Schneiden drücken. Beim Zusatzpatent ist jedes Glockenschneidenrohr zur Erleichterung von Ausbesserungen von einem besonderen Rohr umgeben, das dieselben Hohlräume wie früher die mehrfachen Deckel enthält. Alle einander entsprechenden Hohlräume der Hüllenrohre sind mit einander verbunden, so daß der Vorgang derselbe wie nach dem Hauptpatent ist. Die Leitung zum Behälter der Imprägnierflüssigkeit ist in der Drehachse des Deckels angebracht, so daß sie beim Öffnen des Deckels nicht gelöst zu werden braucht.

Auf der Verwendung von Salzen der Schwermetalle, für deren wässrige Lösungen das Zellensystem des Holzes durchlässig ist, be-

ruhen eine ganze Reihe von Verfahren. Das älteste derselben ist das schon 1838 von BURNETT angegebene und nach ihm benannte

Burnettisieren. Zugerichtetes Holz wird in kleinen Wagen auf Schienen in einen großen wagerechten Eisenzylinder gefahren, darin 3 Stunden lang gedämpft oder gedörst und dann einem Vakuum ausgesetzt. Darauf wird eine kalte einprozentige Zinkchloridlösung zugelassen, der Unterdruck aufgehoben und bis zu 8 Atmosphären Ueberdruck gegeben. — Das Verfahren ist billig und sauber, das Tränkmittel verteilt sich leicht und gleichmäßig. Doch wird das Zinkchlorid nach den Erfahrungen der Preussischen Eisenbahnverwaltung im Freien durch Regen u. s. w. bald ausgewaschen, so daß ein dauernder Schutz nicht eintritt. Hauptsächlich diesen Uebelstand will das folgende Verfahren vermeiden.

D. R. P. 118101, Klasse 38 h, ausgegeben am 21. II. 1901 an C. B. Wiese in Hamburg, verwendet eine heiße gesättigte wässrige Lösung von β -naphtalinsulfosaurem Zink, nach seinem Erfinder Wisesalz genannt. Das Auswaschen wird hierbei praktisch aufgehoben, da Wisesalz nur in der Hitze leicht, in der Kälte aber schwer löslich ist. Durch einen Zusatz von Kochsalz kann die Löslichkeit noch weiter herab gedrückt werden. Nach dem Erkalten kristallisiert der größte Teil des Salzes in den Zellen der Hölzer aus. Das Verfahren ist sauber, geruchlos und färbt das Holz nicht.

In ganz ähnlicher Weise verwenden auch Frank und Höttger Salze, die in der Kälte nur in geringem Maasse löslich sind; letzterer beispielsweise Kieselfluornatrium.

Einen anderen Weg zur Verhütung des Auswaschens der Imprägniersalze schlug PAYNE schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ein, indem er nacheinander zwei verschiedene Salzlösungen einführte, die im Holze miteinander unlösliche Verbindungen eingehen sollten. Man nennt dies Verfahren nach seinem Erfinder

Paynesieren oder Metallisieren. Zuerst wird Eisenvitriol, darauf Schwefelbarium unter Hochdruck in das Holz gepreßt. Beim Aufeinandertreffen beider bilden sich durch Wechselersetzung Schwefeleisen und unlöslicher schwefelsaurer Baryt. Es zeigte sich bald, daß gleich beim Beginn des Einpressens der zweiten Lösung der gewünschte Niederschlag sich in der äußersten Holzschicht bildete, nun aber das weitere Eindringen der zweiten Tränkung verhinderte, weshalb das Verfahren aufgegeben werden mußte. Eine Wiederaufnahme des PAYNESchen Gedankens, aus zwei löslichen Salzen im Holz eine unlösliche Verbindung herzustellen, bedeutet das

Hasselmanssche Verfahren. Der bayrische Architekt Dr. Fritz Hasselmann will im Gegensatz zu der bei anderen Verfahren stattfindenden mechanischen Einhüllung oder Durchdringung der Holzteile eine chemische Verbindung zwischen dem Holzstoff und der Imprägnierflüssigkeit herbeiführen. Nach Abschluß der Tränkung soll das Holz leere Hohlräume enthalten, und die eingeführten Stoffe sollen eine in Wasser unlösliche Verbindung mit dem Holze bilden, nachdem der Nährsaft und die harzigen Teile des Holzes entfernt wurden. Behauptet wird, daß die Imprägnierung auch im Kern vor sich geht, und bei einem 1902 zu Schöpfungsfurth vorgenommenen Versuche sind chemische Verbindungen auch im Kern festgestellt worden. Der Vorgang ist nach Verbesserung durch den Erfinder folgender: Ungetrocknetes Holz wird in eisernen Kesseln eine halbe Stunde lang einem Unterdruck bis 650 mm ausgesetzt; dann wird +20° warme Lauge eingelassen und nochmals bis 720 mm evacuiert. Alsdann wird Dampf eingelassen bis $2\frac{1}{2}$ Atmosphären Ueberdruck, also +128° erreicht sind, und dieser eine Stunde lang erhalten. Darauf wird der Druck langsam vermindert, die Hölzer bleiben noch eine Stunde in der heißen Lauge und werden schließlich etwa vier Monate lang in möglichst gedeckten Stapeln gelagert. Während dieser Zeit soll nicht nur ein rißfreies Trocknen, sondern auch die allmähliche Ueberführung der eingeführten löslichen Metallsalze in unlösliche Verbindungen erfolgen. Die Lauge bestand nach einer älteren Mitteilung der „Imprägnierungsgesellschaft System Hasselmann“ für 1 cbm Holz aus etwa: 2,5 kg Eisenvitriol, 2,0 kg schwefelsaure Tonerde, 1,0 kg Kupfervitriol und 1,5 kg Kainit oder dergleichen. An Dampf sollten 150 bis 300 kg/cbm Holz verbraucht werden, an Arbeitslohn 0,40 bis 0,80 Mk. etwa. Nach späterer Angabe wird durch Zugabe von Holzessig die Lösung stets sauer erhalten. Die Gesamtkosten werden zu etwa 8 M/cbm angegeben. Die wiederholt zu verwendende Lauge wird durch kondensierenden Dampf und Abgabe von Salzen rasch verdünnt und muß nach jeder Imprägnierung durch Zusatz neuer Chemikalien auf die vorgeschriebene Stärke gebracht werden. Bei dem vorerwähnten Versuch war das spezifische Gewicht der Lauge $1,035 = 5^{\circ}$ Baumé bei +15° C, und sie enthielt: 30 kg Adlervitriol (Eisenvitriol mit 16% Kupfer auf Eisen berechnet) 20 kg Tonerdesulfat mit 14% Tonerde und 20 kg Kainit.

Gegen das Verfahren wird eingewendet, daß die verwendeten schwefelsauren Salze in der Hitze wenig beständig seien, daher Schwefelsäure abspalten und daß diese die Zellulose chemisch verändere. Auch seien Tonerdesulfat und Eisenvitriol erst in viel größeren als den angewandten Mengen desinfizierend, in geringen Mengen aber geradezu fördernd für das Wachs-

tum von Pilzen. Vom Kupfersulfat scheidet sich das meiste Kupfer an den Kesselwandungen aus. Praktische Versuche hat die Preußische Eisenbahnverwaltung angestellt, indem sie zuerst im Jahre 1898 etwa 1000 kieferne und buchene Schwellen in einer fiskalischen Tränkanstalt unter Beteiligung Hasselmanns imprägnierte und in der Nähe Berlins verlegte. Die Schwellen bewährten sich nicht, an einzelnen Stellen waren nach 4 Jahren schon alle beseitigt. Im August 1902 wurden auf Antrag der Märkischen Imprägnierungswerke, welche HASSELMANN'S Verfahren verwerten und weitergebildet hatten, eine Versuchstränkung an buchenen und kiefernen Schwellen ausgeführt. Die Untersuchung der Lauge nach der Tränkung ergab, daß Kupfervitriol fast daraus verschwunden, auf dem Boden des Kessels aber metallisches Kupfer abgelagert war. Der Gehalt an Eisenvitriol wurde durch die Tränkung fast nicht verringert, ebensowenig der an Kainit; die schwefelsaure Tonerde nahm um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ ab. Nach viermonatlicher Lagerung wurden Proben von Splint und Kern getrennt gekocht; dabei ergab sich, daß Tränkungsstoffe in wasserlöslicher Form nicht vorhanden waren. Die Asche verbrannter Proben betrug bei Kern und Splint rund $0,5\%$ vom Gewicht des trockenen Holzes, während sie bei ungetränkter Kiefer rund $0,12\%$ beträgt. Die Asche bestand in der Hauptsache aus Eisenoxyd, Tonerde und ganz geringen Spuren von Kupferoxyd. Da nun 5% Eisenvitriol und $\frac{3}{4}\%$ Kupfervitriol nötig sind, um Nährboden gegen Schimmelpilze steril zu machen, so läßt sich schließen, daß die bei HASSELMANN'S Verfahren eingeführten unlöslichen Stoffe zu schwach antiseptisch sein werden. Ferner waren trotz Verklammerung die Schwellen, besonders die buchenen, beim Trocknen fast zur Hälfte gerissen, so daß sie nicht verwendet werden konnten. Endlich zeigte sich die Holzfaser, vermutlich durch die hohe Temperatur und die stark sauren Salze, angegriffen. Auch die mit Pilzkulturen an den getränkten Schwellen angestellten Versuche fielen ungünstig aus. Eine Besichtigung der verlegten Schwellen im Oktober 1904 ergab, daß ein großer Teil davon schon angefault war.

Einen Fortschritt gegenüber dem vorigen bedeutet das Wolmannsche Verfahren, D. R. P. 163817, Klasse 38 h, ausgegeben am 10. X. 1905 an Karl Heinrich Wolmann in Idaweiche in Oberschlesien. Sein Patentanspruch lautet: Aus einem oder mehreren Salzen von Mineralsäuren bestehende Imprägnierflüssigkeit für Holz und andere Faserstoffe, gekennzeichnet durch den Zusatz eines Salzes einer schwächeren organischen Säure, zu dem Zweck, die im Holze frei werdende Mineralsäure — durch die an die organische Säure gebundene Base — sofort zu neutralisieren. Als organische Säuren können beispielsweise gewählt werden Ammonium acetat

oder Ammonium formiat, welche flüchtige, leicht verdampfende Essigsäure oder Ameisensäure abgeben. Nunmehr können konzentriertere Lösungen salz- oder schwefelsaurer Salze verwendet werden, da deren Säuren nicht mehr frei werden. Es läßt sich also ein kräftigerer Fäulnisschutz als bei anderen Verfahren erreichen, und auch die Kessel werden mehr geschont. Zur Herstellung des organischen Salzes kann billiger roher Holzessig und roher Ammoniak verwendet werden.

D. R. P. 53691, Klasse 38, ausgegeben am 2. IX. 1890 an die A. G. der Vereinigten Arader und Csanader Eisenbahn in Arad, will aus beliebigen, in wässerigen Lösungen in das Holz gebrachten Schwermetallsalzen durch eine im Holz sich bildende Harzkreosotseife die Metalle als wasserunlösliche Verbindungen fällen. Dazu sind zwei Lösungen nötig, von denen die zweite aus 3 Teilen besteht:

1) In 500 kg Wasser werden 80 kg rohes Buchenholzkreosotöl, 100 kg Aetznatron und 100 kg Harz bis zur Verseifung gekocht und dann mit Wasser verdünnt, bis die Lösung bei $+15^{\circ}$ R 10° Baumé zeigt.

2) a) In 100 l Holzessig wird Eisen, Zink oder Kupfer bis zur Sättigung gelöst, dann noch 100 l Holzessig zugesetzt. b) In 100 l Holzessig wird kohlenaurer Baryt oder Thonerdehydrat oder Witherit bis zur Sättigung gelöst, dann noch 100 l Holzessig zugesetzt. c) In 55 kg Wasser wird Chlorbarium oder Chlormagnesium oder Kupfer-, Zink- oder Eisenchlorid bis zur Sättigung gelöst; dann noch soviel Wasser zugesetzt, bis bei $+15^{\circ}$ R die Lösung 10° B zeigt. Die Lösungen 2 a und 2 b werden vereinigt, 2 c zugesetzt. Das Holz wird erst mit der Seife 1), dann mit Lösung 2) imprägniert. Aus den Salzen werden dabei in der Faser die Metalle als unlösliche Verbindungen gefällt.

Die vorzügliche Eignung des **Teeröls** zur Erhöhung der Haltbarkeit von Holz benutzte schon BETHELL im Jahre 1838; er evakuierte lufttrocknes Holz und drückte warmes schweres Teeröl mit einem Ueberdruck von 8 Atmosphären hinein. Die Teerölimprägnierung ist das heute am häufigsten angewendete Verfahren, für welches im Laufe der Jahre zahlreiche Aenderungen der Ausführungsform, besonders zum Zweck der Verbilligung, erdacht worden sind:

Imprägnierung mit erhitztem karbolsäurehaltigem Teeröl nach Julius Rütgers. Für die Preußische Eisenbahnverwaltung galten im Jahre 1900 folgende Vorschriften: 1) Trocknen des Holzes. In dem luftdicht verschlossenen Kessel mit dem Holz wird eine Luftverdünnung von mindestens 60 cm Quecksilberstand erzeugt und 10 Minuten erhalten. Dann

wird vorgewärmtes Teeröl unter anhaltender Luftverdünnung so hoch in den Kessel gelassen, daß es nicht übergesogen werden kann. Während der Füllung beginnt die auf mindestens 3 Stunden zu bemessende Erhitzung des Oels auf wenigstens $+105^{\circ}$ höchstens $+115^{\circ}$. Die erreichte Temperatur ist mindestens eine Stunde zu halten. Vom Beginn der Füllung an wird der Kessel mit einem Röhrenkühler verbunden, der alle aus dem Holz entweichenden Dämpfe verdichtet und in ein Meßgefäß leitet. 2) Das Eindrücken des Teeröls. Nach Beendigung der Trocknung wird der Kessel vollends gefüllt und mittels Pumpe ein Ueberdruck von mindestens 7 Atmosphären erzeugt, der für Buchen 30, für Eichen 60 Minuten erhalten bleibt, sofern die verlangte Aufnahme nicht längeres Drücken nötig macht.

Die Erhöhung der antiseptischen Wirksamkeit des Teeröls erstrebt D. R. P. 139843, Klasse 38 h, ausgegeben am 18. III. 1903 an Michael Frank in Köln. Völlig entsäuertes Steinkohlenteeröl wird mit bis zu 10% Schwefel so lange erhitzt, bis die Schwefelwasserstoffentwicklung aufhört. Das Ergebnis ist eine tiefbraune, dickflüssige, schwer verdunstende und gut emulgierbare Masse, welche keine in Wasser löslichen Stoffe enthält. Sie enthält nach Angabe des Erfinders neue, dem Teeröl sonst nicht eigene Verbindungen, die seine keimtötende Kraft erhöhen, und hat sich bei Kulturversuchen als stark desinfizierend erwiesen.

Die Sparverfahren beabsichtigen durch mechanische Mittel trotz Verwendung geringerer Mengen von Tränkstoff die gleiche Sicherung des Holzes wie bei Volltränkungen zu erzielen. Zu ihnen gehören das Evakuierungsverfahren, die Emulsionstränkungen, die Verwendung der Tränkungs-mittel in Gas- oder sogenannter Nebelform, die mechanischen Verteilungs-verfahren von zunächst oberflächlich eingepreßten Tränkstoffen und die RÜPINGSche Hohlprägung.

Das Evakuierungs- oder Northeimer Verfahren, D. R. P. 212911, Klasse 38 h, Gruppe 2, ausgegeben am 4. X. 1909 an Hülsberg & Cie. in Charlottenburg, besteht darin, daß eine etwas größere als die endgültig gewünschte Flüssigkeitsmenge in das Holz unter Druck eingepreßt wird. Nach einiger Zeit wird der Druck aufgehoben und durch Vakuum ein Teil des Eingedrungenen wieder abgesaugt. Sehr viel von dem eingepreßten Tränkstoff läßt sich auf diese Art nicht wieder gewinnen, da die Expansion der ursprünglich unter gewöhnlichem Atmosphärendruck stehenden Zellenluft des Holzes bei der späteren Druckverminderung nur mäßig ist. Um ein noch gutes Verhältnis zwischen der austreibenden Kraft und der eingepreßten Menge zu erhalten, darf der Imprägnierungsdruck nur mäßig gewählt

werden. Der Patentanspruch lautet: Ein Verfahren zum Imprägnieren, bei welchem der Luft- oder Gasdruck innerhalb der Zellen, Poren und Hohlräume des zu imprägnierenden Körpers vor der Imprägnation höher ist als nach beendeter Imprägnierung zufolge der Aufhebung des Drucks; dadurch gekennzeichnet, daß man die zum Herausbefördern der Imprägnierungsflüssigkeit notwendige Differenz des Gas- oder Luftdrucks lediglich durch die Anwendung eines Vakuums nach dem Imprägnierprozeß unter Wegfall einer vorhergehenden Druckluftbehandlung und unter Innehaltung eines 3 Atmosphären nicht überschreitenden Imprägnierungsdrucks erzeugt.

Eine Verbilligung des Verfahrens durch Ausnutzen von Abgasen und zugleich das Schonen der Holzfaser durch Einhalten niedriger Temperatur erstrebt

D. R. P. 189232, Klasse 38 h, ausgegeben am 9. IX. 1907 an die Berlin-Anhaltische Maschinenbau Aktiengesellschaft in Berlin. Die bei der Leuchtgasdarstellung, der Holz- und Torfdestillation, Verkokung u. s. w. entstehenden teeröhlhaltigen Gase werden nach Durchgang durch die Teervorlage in den mit Holz gefüllten Imprägnierkessel geleitet, gegebenen Falls unter Anwendung von Druck oder Vakuum. Die Gase haben dabei eine Temperatur von + 50 bis + 90° C, meist noch beträchtlichen Gehalt an Teerölen und etwa 50% Wasserstoffgehalt; der Wasserstoff eignet sich wegen seiner hohen Molekulargeschwindigkeit besonders und besser als Dampf zum Träger des Tränkmittels. Nach Bedarf werden die Gase erhitzt oder abgekühlt, etwa zu teerölarmer Gase durch Verdampfen oder Zerstäuben von flüssigem Teeröl (bei + 250°) oder anderen Stoffen angereichert. Als Vorteile werden angegeben die Ersparnis an Brennstoff zum Erwärmen der schon warmen Abgase, deren weitgehende Ausnutzung, die niedere Temperatur, welcher das Holz nur ausgesetzt wird und das Auskleiden der Zellen mit einer nur dünnen Teerölschicht.

Ein ähnliches Verfahren derselben Gesellschaft, wobei ein nicht bestimmtes bezeichnetes Imprägniermittel in Nebelform verwendet wird, ist das D. R. P. 195878, Klasse 38 h, Gruppe 2, ausgegeben am 24. II. 1908 an die BAMAG in Berlin. Hierbei wird das Imprägniermittel innerhalb des Imprägnierkessels durch Zerstäuberdrüsen in feinen Nebel übergeführt. Nach Passieren des Holzes läuft das Imprägniermittel einerseits gasförmig zusammen mit der zum Zerstäuben benutzten Luft oder dem dazu verwendeten Gase, andererseits getrennt davon niedergeschlagen und flüssig, über einen Kompressor bzw. eine Flüssigkeitspumpe zurück zum Imprägnierkessel. Zum Zerstäuben können Abgase dienen, die Abgase des Imprägnier-

kessels können vor dem Weiterlauf wieder erhitzt werden, und das Imprägniermittel kann vor dem Wiedereintritt in den Kessel nochmals erwärmt werden.

Zerstäubungsverfahren von John Blythe in Bordeaux. D. R. P. 10423, Klasse 38, ausgegeben am 4. VIII. 1880. Hierbei wird Dampf überhitzt, saugt mittelst Ejektors flüssigen Teer, Oel oder dergleichen an, zerstäubt und erhitzt es und führt es mit zu einem zweiten Ejektor; dieser zerteilt das Oel feiner, erhitzt es weiter und führt es oben in einen mit Holz beschickten Zylinder als Schaum ein. Der Schaum durchdringt unter Druck das Holz, mischt sich abfließend mit dem Holzsaft, der ausgetrieben wird, fließt in den Oelkessel zurück und zirkuliert wiederholt. — Nach diesem Verfahren hat besonders die französische Nordbahn seit 1882 mit gutem Erfolge Rot- und Weißbuchenschwellen mit Kreosotöl imprägniert. Die Stämme wurden im November bis Ende März gefällt, die Lieferung nur tadelloser entrindeter Schwellen erfolgte im April. Die Hölzer wurden an der Luft getrocknet, bis ihr spezifisches Gewicht höchstens 0,75 betrug, bearbeitet und dann in Eisenblechzylindern bis zur Aufnahme der vorgeschriebenen Menge Kreosot imprägniert bei einer Temperatur von + 60°. Der Kessel füllt sich mit der kondensierten Flüssigkeit, der eine gewisse Menge rohes Karbolöl zugesetzt wird; dann wurden 5 Atmosphären Druck auf den Kessel ausgeübt, bis etwa 110 kg Kreosotöl pro Kubikmeter aufgenommen waren.

Eine Vereinigung der Billigkeit der Chlorzinkimprägnierung mit der Unauslaugbarkeit der Teerölimprägnierung bezweckt die

Mischungsimprägnierung mit Chlorzink und karbolsäurehaltigem Teeröl nach Julius Rütgers. Für die Preußische Eisenbahnverwaltung galten im Jahre 1900 folgende Vorschriften: 1.) Dämpfen des Holzes. Um das Holz möglichst aufnahmefähig zu machen, zu reinigen, sowie den hauptsächlich an den Stirnseiten festsetzenden, mit Sand und Staub vermengten Pflanzenschleim aufzuweichen und zu entfernen, wird in den luftdicht verschlossenen Kessel mit dem Holz Dampf von 1½ Atmosphären Ueberdruck gelassen. Luft und Kondenswasser werden abgelassen. Der Druck bleibt bei Eichen und Kiefern mindestens 30 Minuten, bei frischem Holz zur Erhöhung der Aufnahmefähigkeit 60 Minuten, bei Buchen (um den leicht gährenden Saft auch im innersten Kern zum Sieden zu bringen) 4 Stunden lang bestehen; dann wird der Dampf abgelassen. Es folgt in dem mit Holz gefüllten Kessel: 2) Luftverdünnung von mindestens 60 cm Quecksilbersäule während 10 Minuten. Danach Füllen mit Tränkflüssigkeit von mindestens + 65° ohne Verminderung der Luftver

dünnung. Nach erfolgter Füllung beginnt die 3) Anwendung der Druckpumpe, mittels deren die Tränkungsflüssigkeit unter 7 Atmosphären Ueberdruck in das Holz gepreßt wird; der Druck bleibt mindestens 30 Minuten erhalten, nach Bedarf länger bis zur Erreichung der vorgeschriebenen Aufnahme. Dann wird die Flüssigkeit abgelassen. Zur Feststellung der Menge der aufgenommenen Stoffe wird das Holz vor dem Einfahren in den Tränkungskessel und nach dem Ausfahren daraus gewogen.

Um mit geringeren Mengen des teuren Teeröls durch besonders feine und gleichmäßige Verteilung doch noch eine ausreichende Sicherung zu erzielen, verwendet man statt reinen Teeröls

Teerölemulsionen. Anfangs versuchte man Ersparnisse an dem Teeröl durch Verdünnen desselben, beispielsweise Auflösung in Benzin, Benzol oder anderen Kohlen-Wasserstoffen. Aber da es sich als unmöglich herausstellte, diese Lösungsmittel durch Erhitzen des getränkten Holzes wieder zu gewinnen, so verteuerte dieses Vorgehen die Imprägnierung nur und erhöhte überdies die Feuergefährlichkeit der Hölzer.

Einen Fortschritt bedeutete das Verfahren nach dem D. R. P. 117263, Klasse 38h, ausgegeben am 23. I. 1901 an das Berliner Holz-Comptoir in Charlottenburg. Sein Patentanspruch lautet: Verfahren zur Tränkung von Holz mit einer beliebig zu bestimmenden Menge von Teeröl, gekennzeichnet durch Behandlung des Holzes mit einer Teerölemulsion, welche durch Einrühren einer Teerölseifenlösung in Wasser erhalten wird. — Diese neue Anwendungsform des Teeröls beruht auf der bekannten Tatsache, daß Teeröl sich in starken wässerigen Seifenlösungen gut und reichlich löst. Wird solche Seifenteeröllösung in viel Wasser gegossen, so entsteht eine sehr feine Emulsion, deren Oeltröpfchen etwa $\frac{1}{1000}$ mm Durchmesser haben, beim Filtrieren durch Fließpapier nicht ausgeschieden werden und sich lange Zeit nicht absetzen. Die Seifenlösung ist ohne erhebliche Bedeutung für den Schutz des Holzes, vielmehr nur Träger des Teeröls und Mittel zu seiner feinen Verteilung, wegen deren die Menge des Oels geringer als sonst bei gleicher Wirksamkeit sein kann. Als weitere Vorteile werden sauberes und somit gesunderes Arbeiten, vor allem aber das Vermeiden des Vergeudens von Teeröl angegeben: denn man kann durch Wahl des Konzentrationsgrades die Menge des einzuführenden Teeröls bestimmen, ohne ungleichmäßige Verteilung in Kauf nehmen zu brauchen. Bei Hölzern, die voraussichtlich einer baldigen mechanischen Zerstörung unterliegen werden, wird man also keine für einen Fäulnisschutz auf lange Zeit berechnete Oelmenge einpressen, sondern eine entsprechend geringere. Das Verfahren kann verschiedenartig ausgeführt werden: beispielsweise werden nach

der Patentschrift 100 Gewichtsteile Harz mit Aetznatron verseift, durch Wasser auf 750 bis 1000 Teile gebracht und schwach erwärmt; dahinein werden 750 bis 1000 Teile Teeröl gerührt, wodurch eine dicke trübe Lösung entsteht. Diese wird langsam in 10000 Teile Wasser gerührt zu einer milchigen Emulsion. Nach anderer Vorschrift werden 22,5 kg Harz und 3 kg Natron in Wasser gelöst, unter Einleiten von Dampf auf 450 Liter gebracht und mit 450 kg entsäuertem Teeröl gemischt; darauf wird Wasser bis zu der gewünschten Verdünnung zugesetzt. Ein drittes Rezept schreibt vor, in 250 kg Teeröl mit beliebigem Gehalt an sauren Bestandteilen 100 kg Harz zu lösen und bei $+60^{\circ}\text{C}$ durch 20 Liter Natronlauge von 1,125 spezifischem Gewicht zu verseifen. Mit Wasser zerrührt gibt diese Seife eine etwas weniger feine Emulsion. Da sie außerdem viel Harz erfordert, so empfiehlt sich dies Verfahren wohl weniger.

Das Verfahren ist von der Preußischen Eisenbahnverwaltung eingehend erprobt worden; man war bedenklich wegen der durch die Holzzellen zu erwartenden Filtration der aufgeschwemmten Oelteilchen. Eine solche findet auch statt: bei Kiefern-Schwellen und Verwendung 15% Emulsion fanden sich in den äußersten Schichten, nämlich 1 bis 2 cm tief, 20 bis 40% Oel; die nächste Schicht enthielt noch 10 bis 30% Oel, die tiefste 5 bis 15% vom Holzgewicht. Da theoretisch 0,3% als nötig zur Sterilisierung ermittelt waren, ergab sich also noch reichliche Sicherheit. In gewissem Sinne wirkt die Filtration sogar günstig, weil in den am stärksten durchsetzten äußersten Schichten mit Verdunstung des Oels gerechnet werden muß. Um dem Erstarren des Teeröls in der Kälte vorzubeugen, wurde eine Dämpfung des Holzes bei geringem Ueberdruck vor der Behandlung angeordnet. Die mehrjährigen praktischen Versuche führten zum Aufgeben des Verfahrens, weil es für Eichen- und Kiefernswellen keine Ersparnis ermöglichte und bei Buchenschwellen infolge starker Filtration in der Mitte nur Seife abgelagert wurde.

Aehnliche Verfahren zur Mischung mit billigeren Stoffen oder Aufschwemmung von Teeröl behufs sparsamer Verteilung desselben im Holz sind:

D. R. P. 139441, Klasse 22 g, ausgegeben am 25. II. 1903 an das Berliner Holz-Komptoir in Charlottenburg. Eine längere Zeit haltbare Emulsion aus wässriger Chlorzinklösung und Teeröl soll dadurch hergestellt werden, daß dem Teeröl Holzteer zugemischt und durch die mit Chlorzinklösung versetzte Mischung bei Kochhitze längere Zeit Luft durchgeleitet wird. Der Zusatz an Holzteer schwankt in weiten Grenzen, näm-

lich von 5 bis 50⁰/₀; durch Oxydation einzelner Bestandteile desselben soll die Mischung Haltbarkeit erlangen.

D. R. P. 117565, Klasse 38 h, ausgegeben am 23. I. 1901 an Julius Rütgers in Berlin, betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer emulsionsartig mit Wasser in jedem Verhältnis mischbaren oder darin löslichen Imprägnierflüssigkeit für Holz. Dazu wird Harzöl mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt, wobei nach Angabe der Patentschrift harzester-schwefelsaures Alkali entsteht; hierin wird Teeröl gelöst, und es ergibt sich eine emulsierfähige Lösung, die wegen ihres Gehalts an Estersäuren auch verdünnt noch antiseptisch wirken soll. Um die Bildung schwefelsaurer Alkalisalze, die nachteilig auf die Teeröllösung wirken würden, zu verhüten, muß die Lösung neutralisiert werden.

D. R. P. 151020, Klasse 38 h, ausgegeben am 2. V. 1904 an Guido Rütgers in Wien. Zum Imprägnieren wird eine Teerölharzseifen-Emulsion benutzt, die ganz oder hauptsächlich mittels Ammoniak oder geeigneter Ammonsalze als Verseifungsmittel hergestellt ist. Beispielsweise wird schweres Steinkohlenteeröl mit einem Drittel Kolophonium zusammengesmolzen, abgekühlt, unter Rühren die Ammoniakflüssigkeit allmählich zugesetzt und weiter verrührt, dann in Wasser aufgelöst. Die Emulsion soll sich nach erfolgter Einführung in den Gefäßen des Holzes zersetzen und nach Verdunstung von Wasser und Ammoniak nur einen dauerhaften harzreichen Teerölrückstand hinterlassen; denn in Harz gelöst ist Teeröl dem Auslaugen nicht ausgesetzt.

D. R. P. 186530, Klasse 38 h Gruppe 2, ausgegeben am 29. VI. 1907 an Guido Rütgers Kommanditgesellschaft in Wien, will die in üblicher Weise in das Holz gebrachte Tränkflüssigkeit durch Druckluft gleichmäßig verteilen. Bezweckt wird Ersparnis am Tränkmittel durch Leerlassen der Hohlräume des Holzes. Zunächst tränkt oder besser imprägniert man das Holz mit soviel Teeröl (beispielsweise) wie gewünscht; dann füllt das Oel die äußerste Holzschicht völlig an. Nun wird mäßig heiße Luft unter Druck in den von Oel entleerten Kessel geleitet, welche das Oel in das Innere des Holzes treibt.

D. R. P. 154901, Klasse 38 h, ausgegeben am 10. XI. 1904 an Ottokar Heise in Berlin, will in bekannter Weise eingeführtes Teeröl durch eine Flüssigkeit, die weder das Holz noch das Teeröl chemisch verändert noch das letztere löst, tiefer und gleichmäßig in das Holz pressen. Zweck ist das Ersparen von Teeröl und saubereres Aeußeres der fertigen Hölzer. Als Druckflüssigkeit wird heißes Wasser verwendet.

D. R. P. 174678, Klasse 38h, Gruppe 2, ausgegeben am 7. IX. 1906 an O. Heise in Berlin, gleicht den beiden vorigen bis auf das in Dampf bestehende Druckmittel. Es hat sich ergeben, daß der Dampf bei hohem Druck zu heiß für die Holzfaser ist, sie zersetzt und das Holz zum Reißen bringt; auch kondensiert er im Holz, durchnäßt es dabei und verursacht großen Brennstoffverbrauch. — Ein Zusatzpatent zu diesem ist:

D. R. P. 182408, Klasse 38h, Gruppe 2, ausgegeben am 14. III. 1907 an obigen; es will auch heiße Druckgase benutzen, die zugleich trocknend wirken sollen.

Eine der verbreitetsten Imprägnierungsarten ist heute das sogenannte Rüpingsche Sparverfahren. Es beruht auf dem D. R. P. 138933, Klasse 38h, ausgegeben am 7. II. 1903 an Curt Wassermann in Berlin. Der Patentanspruch lautet: Verfahren zum Imprägnieren, dadurch gekennzeichnet, daß man die zu imprägnierenden Stoffe, ehe man sie mit der Imprägnierungsflüssigkeit behandelt, einem starken Luft- oder Gasdruck aussetzt, welcher auch bei der darauf folgenden Behandlung mit der Imprägnierungsflüssigkeit aufrecht gehalten oder noch weiter gesteigert wird, so daß die Zellen, Poren und Hohlräume während der Imprägnierungsarbeiten stetig mit stark gespannten Gasen durchsetzt sind, aber nach beendeter Imprägnierung zufolge der Aufhebung des Drucks und eventueller Anwendung des Vakuums von dem Ueberschuß der Imprägnierungsflüssigkeit befreit werden. — Dies Verfahren, auch Hohlimprägnierung genannt, ist auf alle porösen Körper anwendbar; es ist an keinen bestimmten Tränkstoff gebunden und bezweckt nicht eine Verstärkung der Schutzwirkung, sondern eine Verbilligung, um die zwar als wirksam bekannten, aber wegen ihres hohen Preises oft nicht anwendbaren Schutzmittel, insbesondere Teeröl, marktfähig zu machen. Dabei ergeben sich als weitere Vorteile rasches Austrocknen des behandelten Holzes, größere Sauberkeit seiner Außenseite und Vermeiden seines Schwitzens in der Sonne; auch ermöglichen die leeren Hohlräume, alsbald eine etwa gewünschte zweite Imprägnierung vorzunehmen. Der Preis stellt sich bei Verwendung von Teeröl zurzeit ungefähr auf 7 M./cbm. Die Ausführung ist etwa wie folgt üblich: Das lufttrockne, also höchstens 20% Wasser enthaltende Holz wird auf eisernen Wagen und Schienen in einen liegend zylindrischen eisernen druckfesten Kessel von meist ca. 17 m Länge und 2 m Durchmesser eingefahren. Nach Verschließen des Deckels wird ein Luftdruck von 2 bis 3 Atmosphären im Kessel erzeugt und etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde gehalten; dabei füllen sich alle Poren des Holzes mit Druckluft. Nunmehr läßt man aus einem Behälter ungefähr 60° warme Imprägnierungs-

flüssigkeit unter etwas gesteigertem Druck (5 Atmosphären) in den Arbeitskessel, aus dem gleichzeitig oben etwas Luft — aber ohne Druckverminderung — abgelassen wird, um Raum zu schaffen für die einströmende Flüssigkeit. Ist das Holz im Kessel ganz mit Imprägnierflüssigkeit bedeckt, so wird der Druck bis auf etwa 8 Atmosphären gesteigert und gleichzeitig die Temperatur im Kessel durch Dampfheizschlangen zwischen den Schienen am Boden des Kessels erhöht. Die genauen Druck-, Wärme- und Zeitverhältnisse richten sich nach Art und Menge des Holzes, seinem Wassergehalt, der gewünschten Menge des aufzunehmenden Imprägnierstoffes u. s. w. Unter dem Hochdruck dringt die Tränkflüssigkeit an den Wänden der Holzzellen entlang bis in alle überhaupt imprägnierbaren Teile des Holzes ein, preßt die in seinen Hohlräumen enthaltene Druckluft noch weiter zusammen und umhüllt sie. Nachdem der hohe Druck einige Zeit gehalten wurde, hebt man ihn auf und läßt das Tränkmittel ablaufen. Hierbei treibt die in den Zellen eingeschlossene Druckluft alle nicht in oder an den Zellwänden haftenden, also alle in Hohlräumen befindlichen Flüssigkeitsteile durch ihre Expansion mit großer Kraft heraus. Die Wirkung der Expansion läßt sich durch nachträgliche Herstellung eines Vakuums noch etwas steigern. Da ein Auffüllen der Hohlräume mit Imprägniermasse ohne Nutzen wäre, so wird also jede Vergeudung vermieden. Die Ersparnis an Material gegenüber der Vollimprägnierung wird bei Teeröl bedeutend, da 1 cbm Holz (Buche) bei Volltränkung etwa 325 kg, bei Hohlprägnierung 145 kg, Eiche bei Volltränkung 100 kg, bei Hohltränkung 45 kg, Kiefer voll 310 kg, hohl 63 kg aufnimmt.

Eine Vereinfachung des vorstehenden Verfahrens bezweckt ein Zusatzpatent zum vorbeschriebenem: D. R. P. 211042, Klasse 38 h, Gruppe 2, ausgegeben am 19. VI. 1909 an Hülsberg & Cie., G. m. b. H. in Charlottenburg. Danach soll vor Einführung der Imprägnierflüssigkeit der auf dem Holz lastende Druck ganz oder teilweise wieder aufgehoben werden. Erfahrungsgemäß entweicht nämlich bei Aufhebung des Drucks in dem mit Holz gefüllten Behälter die Spannung der Luft nur aus dem Splintholz schnell, während sich der Druck im Kern nur langsam vermindert. Die Imprägnierflüssigkeit läßt sich also mit gleichem Druck wie der ursprüngliche einpressen, da im Splint kein Gegendruck vorhanden ist. Die Möglichkeit, geringeren Druck zu verwenden, gestattet eine einfachere leichtere Bauart der Apparate und erspart Kraft.

Doppel-Rüpingverfahren wird eine für Schwellen der Preußischen Eisenbahnverwaltung angewendete Imprägnierungsart genannt, bei der das Verfahren des Patents 138933 einschließlich Evakuierung nochmals mit

einer dreistündigen Hochdruckperiode wiederholt wird, wie die schematische Darstellung zeigt (Fig. 2).

Die Ausbildung der Imprägnierungsverfahren ist zur Zeit keineswegs abgeschlossen. Unter anderen ist ein Verfahren in der Ausarbeitung be-

Graphische Darstellung der Tränkung von buchenen Hölzern nach dem Doppel-Rüping-Verfahren.

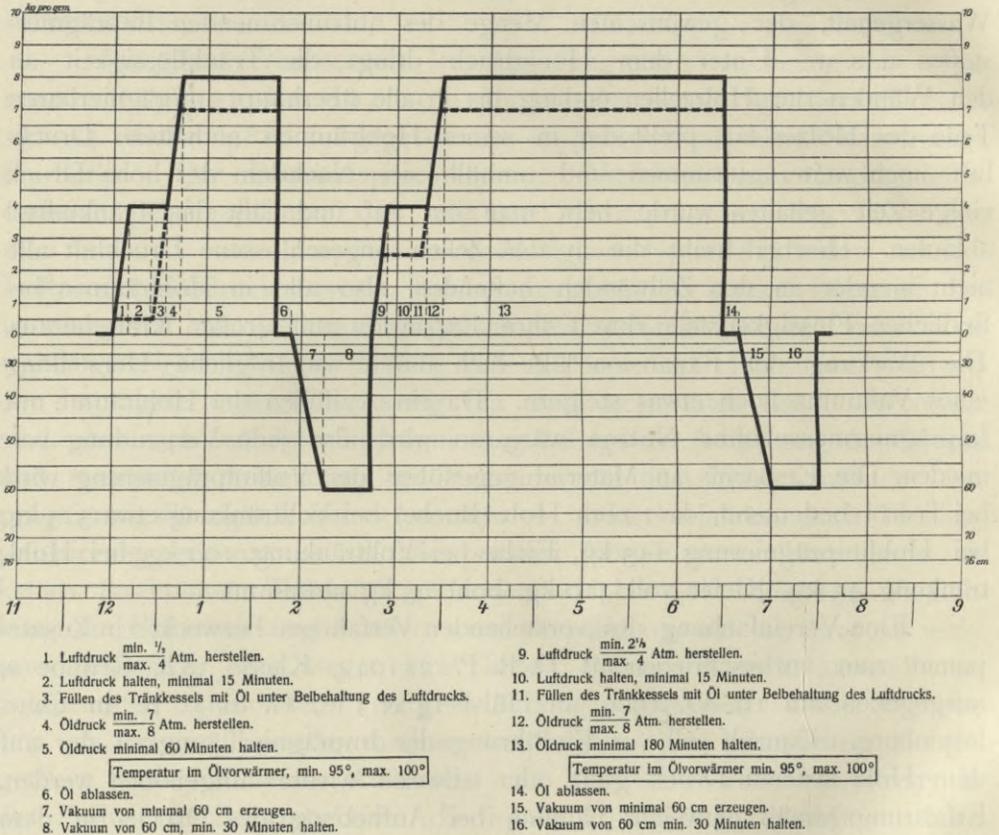


Fig. 2.

griffen, bei welchem die Auswaschbarkeit des Chlorzinks durch Zusätze vermindert werden soll. Ein anderes will die Teerölimprägnierung verbilligen durch Anwendung eines sogenannten zweiphasigen umgekehrten Nebels, in dem sich Wassertröpfchen mit Teerölmhüllung bilden sollen. — Die Anpassung der gegen Pilzbildungen gerichteten Imprägnierungsverfahren an die Verhältnisse der Hochbauten ist erst seit kurzem in Angriff genommen. Hier ist vor allem die Rütgerswerke-Aktiengesellschaft

im Begriff, durch Imprägnierung unverarbeiteter Hölzer auf Vorrat die Verwendung geschützten Holzes für Häuser in die Praxis einzuführen. Sofern es sich nur um Schutz gegen Pilze handelt, verwendet die Gesellschaft Kieselfluornatrium und Wiesesalz; sie beabsichtigt aber, die Sicherung gegen Pilze mit der gegen Entflammbarkeit zu verbinden und dazu den vorgenannten Stoffen gegebenenfalls noch Salze zuzufügen, welche die Brennbarkeit des Holzes herabsetzen.

Die Sicherung des Holzwerks der Neubauten gegen Pilzbildung

von

Professor **H. Chr. Nußbaum.**

Das in die Neubauten verbrachte Holzwerk, namentlich das der Gebälke und des Dachstuhls nebst den Sparren, besitzt in der Mehrzahl der Fälle noch erhebliche Saftmengen, also Flüssigkeit, die das Pilzleben ermöglicht und begünstigt. Ziemlich allgemein wird allerdings beansprucht, daß ausschließlich lang abgelagertes „lufttrockenes“ Holz für Bauzwecke Verwendung finden soll. Aber die langjährige Lagerung verteuert das Holz, und in Zeiten reger Bautätigkeit pflegen die Vorräte rasch erschöpft zu werden. Die Erfüllung jenes Anspruchs ist daher dann kaum möglich, wenn Gebäude mit dem denkbar niedrigsten Kostenaufwande errichtet werden müssen, z. B. die Häuser für Kleinwohnungen, und sie ist ausgeschlossen, wenn die Vorräte abgelagerten Holzes verbraucht sind. Endlich ist es noch eine offene Frage, ob dieses auf technische Erfahrungen gestützte Verlangen volkswirtschaftlich berechtigt ist. Denn nicht immer haben die „technischen Erfahrungen“ sich auf scharfsinnige Beobachtungen begründet erwiesen. Vielmehr ist von Technikern bisweilen die nächstliegende Versäumnis als die Ursache von Schädigungen angegeben, während letztere von ganz anderer, weniger leicht zu erkennender Stelle ausgegangen waren. Jedenfalls stimmen meine eigenen langjährigen Untersuchungen und Beobachtungen mit jener Erfahrung nicht ganz überein. Stets fand ich die Luft der im Bau begriffenen und der eben fertig gestellten Häuser reich an Wasserdampf. Wurde vollständig ausgetrocknetes Holzwerk, z. B. Eichenholzriemen oder Parkett, in solche Gebäude gebracht, dann sättigten sich ihre Fasern binnen 2 bis 20 Tagen mit Feuchtigkeit, und zwar um so rascher, je weniger dicht das betreffende Holz war. Diese Befunde stimmen vollständig überein mit den Untersuchungen von Dr. RUD. HILDEBRAND, der auf Anregung und unter Ueberwachung von Dr. FRITZ KOHLRAUSCH, seinerzeitigen Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, den

Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf den Längenzustand von Hölzern mit wissenschaftlicher Genauigkeit prüfte¹⁾. Vollkommen trockene Stücke der verschiedensten Holzarten erreichten, in mit Wasserdampf gesättigte Luft gebracht, das Höchstmaß ihrer Ausdehnung in der Längsrichtung der Faser (die Querrichtung blieb unberücksichtigt) binnen kurzer Frist: Fichte, Kiefer und Linde in etwa 2 Tagen; Erle in 3 Tagen; Weißbuche in 3 bis 5 Tagen; Eiche, Mahagoni, Nußholz und andere Harthölzer in wenigen Wochen. Dieses Ausmaß änderte sich durch Sättigen der Hölzer in Flüssigkeiten nicht mehr, obgleich das Gewicht noch zunahm. Auch die Erfahrung lehrt, daß vollkommen trockene Eichenriemen, die sofort nach ihrem Verbringen in Neubauten verlegt werden, nachträglich durch Quellen ihrer Fasern aufstehen. Verlegt man die Riemen dagegen erst, nachdem sie einige Wochen im Neubau gelagert haben, dann zeigt der fertige Boden nach der vollständigen Austrocknung des Hauses sichtbare Fugen.

Meine Untersuchungen hatten das weitere Ergebnis, daß die mit Wasserdampf aus der Luft angereicherte Holzfasern Flüssigkeiten weit leichter, ja gelegentlich begierig, aufnimmt als die lufttrockene Faser. So kam es, daß das Holzwerk der Neubauten auf eine Tiefe bis zu zwei Zentimetern sich in regenreicher Zeit so vollständig mit Wasser gesättigt zeigte, daß eine weitere Gewichtszunahme auch dann nicht mehr stattfand, wenn die aus den Gebälken entnommenen Stücke unter Wasser gebracht wurden.

Sämtliche Untersuchungen des Holzes der Gebälke, die ich während und unmittelbar nach der Eindeckung des Daches vornahm, zeigten, daß die Holzfasern der oberen Schichten das Höchstmaß ihrer Ausdehnungsfähigkeit erreicht hatten. War die Zeit zwischen dem Verlegen der Gebälke und der Dacheindeckung regenreich, dann erwiesen sich die entnommenen Stücke auch dem Gewicht nach bald gesättigt, bald der Sättigungsgrenze nahe. Es geht hieraus hervor, daß gerade das wenig widerstandsfähige Splintholz der Gebälke in Neubauten diejenigen Wassermengen aufnimmt, die als Lebensbedingung der Pilze erforderlich sind. Daher erscheint es mir fragwürdig, ob durch jahrelanges Austrocknen der für Gebälke bestimmten Hölzer überhaupt ein Schutz gegen das Vermorschen durch Pilze geboten werden kann. Daß die für eine solche Austrocknung erforderlichen Geldmittel besonders zweckmäßig verwendet seien, will mir infolgedessen nicht einleuchten. Vielmehr vertrete ich den Standpunkt, daß es wichtiger ist, die Gebälke und Dachgespärre möglichst rasch den Einflüssen der Niederschläge

1) WIEDEMANN'S Annalen der Physik und Chemie 1888, S. 361 ff.

zu entziehen, ihnen im eingedeckten Rohbau Gelegenheit zur vollständigen Austrocknung zu bieten und ihre dauernde Trockenerhaltung innerhalb der fertigen bewohnten Gebäude sicher zu stellen.

Dem Einfluß der Niederschläge vermag man jene Hölzer dadurch frühzeitig zu entziehen, daß man nach dem Einbau der ersten Balkenlage, also in der Regel nach der Fertigstellung des Erdgeschosses, das Hochführen der Bauten und die Eindeckung des Daches beschleunigt.

Werden rasch und hoch erhärtende Mörtel für das Mauerwerk verwendet, dann sind nachteilige Folgen aus diesem Vorgehen nicht zu gewärtigen, da dem stark belasteten Mauerwerk des Kellers und des Erdgeschosses zuvor Zeit zur vollständigen Erhärtung des Mörtels gelassen werden kann. In Wien, wo ich, mit kurzen Unterbrechungen, von 1879 bis 1884 als „Bauleiter“ tätig war, ging man mit bestem Erfolge in dieser Weise vor. Es war dort für „Zinshäuser“ üblich, in jeder Woche ein Obergeschoß zu vollenden. Trotz der erheblichen Höhe und Ausdehnung dieser Gebäude vergingen daher nach dem Einbau der ersten Balkenlage meist nur 6 Wochen bis zur Vollendung der Dacheindeckung. Die hierdurch gewonnene Zeit kam in der Mehrzahl der Fälle der Austrocknung des Hauses zugute, trotzdem die in Wien damals bereits sehr hohen Werte der Grundstücke zu rascher Vollendung der Häuser und zu frühzeitigem Vermieten ihrer Räume, namentlich der Schauläden, Veranlassung gaben.

Dem Eindringen von Niederschlägen in den Rohbau sollte ferner dadurch gewehrt werden, daß man die nach Wetterseiten gelegenen Oeffnungen gegen das Eindringen der Niederschläge sichert, sobald die Dacheindeckung vollendet ist. Die Verschlüsse werden zweckmäßig so angeordnet, daß sich übergreifende Bretter ausreichend breite Spalten für die Durchlüftung belassen. Denn für die rasche Austrocknung der Neubauten ist Gegenzug ein Erfordernis. Muß der Neubau überwintern, dann ist meist ein solcher Schutz für sämtliche Oeffnungen notwendig, um dem Eindringen der Schneeflocken zu wehren.

Zur Verkürzung der Frist, in der eine Uebertragung von Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk auf die Gebälke stattfindet, und zwar sowohl die unmittelbare Uebertragung wie die mittelbare durch die Luft, trägt die Verwendung großzelliger Steine und stark durchlässiger Mörtelarten ganz wesentlich bei, weil sie ein rasches Austrocknen des Mauerwerks hervorrufen.

Feinporige Sandsteine und ähnliche Naturgesteine zeigen in dieser

Beziehung das allerungünstigste Verhalten. Außerdem besitzen sie die nachteilige Eigenschaft, die Niederschläge zwar langsam, aber in ihrer vollen Tiefe in das Mauerwerk zu führen. Auf Sandsteinbindern von rund 1 m Tiefe, die bis zum Innenputz reichten, sah ich einige Zeit nach jedem Regenwetter feuchte Flecke entstehen, während der übrige Innenputz sich lufttrocken erwies. Derartige tief eingreifende Binder sollten daher keine Verwendung finden, vielmehr feinporige Sandsteine und ihnen ähnliche Gesteine ausschließlich zu Verblendungen von möglichst geringer Stärke dienen. Das Holzwerk der Gebälke darf sie überhaupt nicht berühren, und die Hintermauerung sollte von ihnen durch einen für Flüssigkeiten undurchlässigen, für Luft und Wasserdampf aber durchgängigen Mörtel getrennt werden.¹⁾

Die Mehrzahl der Kalkgesteine, der Dolomite, der Brescien u. dergl. hat sich für Verblendungen besser bewährt als der Sandstein. Ganz besonders sind aber die großzelligen Kalktuffe für sie wie zur Wandherstellung geeignet, da sie rasch austrocknen und die Niederschläge nur in eine geringe Tiefe eindringen lassen.

Die Kunststeine, namentlich die Rhein. Schwemmsteine, die Ziegel- und die Kalksandsteine mit ausreichend hohem Sandgehalt, trocknen ebenfalls rasch aus und führen das Wasser umsoweniger tief, je größer ihre Zellen sind.

Für diese Kunststeine und die großzelligen Naturgesteine kommt der Wahl des Mörtels eine ausschlaggebende Bedeutung zu. Je sandreicher und dadurch durchlässiger er gemacht wird, um so rascher erfolgt die Austrocknung des aus jenen Steinen hergestellten Mauerwerks. Denn sämtliche mit wissenschaftlicher Genauigkeit ausgeführten Untersuchungen über den Austrocknungsgang der Gebäude haben mit Sicherheit ergeben, daß der Mörtel weit langsamer austrocknet als jene Steine, und das Wasser tiefer eindringen läßt als sie.

Es würde sich daher empfehlen, künftig ausschließlich Mörtel mit hohem Sandgehalt zu verwenden. Doch setzen die Ansprüche an die Festigkeit des Mauerwerks diesem Verlangen eine bestimmte Grenze. Denn mit dem Sandgehalt des Mörtels nimmt dessen Festigkeit ab, mag sein Bindemittel wie immer geartet sein. Aber man erzielt für die Mehrzahl der Bauten eine ausreichend hohe Festigkeit mit sandreichem Mörtel, sobald Bindemittel gewählt werden, die rasch und hoch erhärten.

Den höchsten Sandreichtum läßt der Zement zu, sobald der Sand frei von tonigen Bestandteilen ist. Einzelne Wasserkalke stehen dem Zement

1) Traßmörtel und Käsekitt haben sich hierfür und zum Versetzen von Naturgestein am besten bewährt. Auch Magnesiumzement dürfte geeignet sein, doch fehlt für ihn die Erfahrung.

in dieser Hinsicht nahe, während die Mehrzahl der Wasserkalke nicht wesentlich mehr Sand zuläßt als der Aetzkalk (den die Technik mit „Weißkalk“ zu bezeichnen pflegt). Die Dolomitkalke lassen ebenfalls meist nur mittlere Sandmengen zu, wenn ihre Festigkeit nicht Einbuße erleiden soll. Der Aetzkalk läßt sich auch in dieser Hinsicht durch Zuschläge von Zement, Traß- oder Hochofenschlackenmehl u. a. wesentlich verbessern; d. h. seine Festigkeit wird höher und in kürzerer Frist erzielt, sodaß eine mäßige Bereicherung an Sand ohne Nachteil möglich ist. Diese Zuschläge wirken weit ausgiebiger, wenn man zu ihrer Lösung die hohen Wärmegrade ausnützt, die beim Löschen des gebrannten Kalks entstehen. Die billigeren Formen des Traß, z. B. der Traß aus dem Bayerischen Ried und der Bergtraß, bieten treffliche Zuschläge, wenn sie dem hoch erhitzten Aetzkalkbrei zugefügt werden, während kalter Aetzkalkbrei sie ungenügend aufschließt, sodaß dem Bergtraß dann nur geringer, dem bayerischen Traß nur mäßiger Wert zukommt.

Gips ist das für die Austrocknung und die Trockenerhaltung des Hauses ungünstigste Bindemittel. Da er feine Zuschläge teils gar nicht, teils schlecht verträgt, so bleibt der Gipsmörtel stets ungemein feinzellig und verhält sich deshalb gegenüber der Austrocknung wie in Hinsicht der Wasserführung gleich ungünstig wie feinkörniger Sandstein.

Von den Kunststeinen zeigt der Rheinische Schwemmstein nach beiden Richtungen das günstigste Verhalten. Er trocknet ungemein rasch aus, besitzt eine lebhafte Wasserverdunstung und läßt die Niederschläge nur in eine geringe Tiefe vordringen. Ihm nahe steht der großzellige Ziegel, der durch Zusatz von Kohlengrus u. dergl. zum Lehm gewonnen wird, indem der Grus beim Brennen vergeht und die aus ihm sich bildenden Gase weite Zellen bilden. Dagegen ist der Wert der Hohlziegel ein zweifelhafter, auch dann, wenn ihre Wandungen großzellig sind, weil letztere zu dünn sind, um Wärmeschutz bieten zu können, die Luft in den großen Hohlräumen aber in lebhafte Bewegung gerät, sobald wesentliche Wärmeunterschiede zwischen den äußeren und den inneren Wandungen auftreten. Die Luft überträgt daher dann die Wärme, während die in den rauhen Zellen der Vollziegel eingeschlossene Luft sich so langsam bewegt, daß sie als „ruhend“ im Sinne der Wärmewirtschaft betrachtet werden darf.

Soweit die Belastung es zuläßt, sollte daher von den großzelligen Kunststeinen mehr Gebrauch gemacht werden, als es bislang der Fall war. Für niedere Häuser und für die Obergeschosse hoher Gebäude pflegen sie in der Mehrzahl der Fälle geeignet zu sein. Für die letzteren liegt ein weiterer Vorzug in der geringen Eigenlast des aus diesen Steinen herge-

stellten Mauerwerks. Denn man kommt — je nach der Geschoßhöhe — für das nächste oder die beiden nächsten Untergeschosse mit der gleichen, für das ganze untere Haus also mit geringeren Wandstärken aus. Hierdurch wird nicht nur ein wesentlicher wirtschaftlicher Vorzug erzielt, sondern auch eine erheblich raschere Austrocknung der Gebäude. Denn der Austrocknungsgang der Neubauten steht nach meinen Untersuchungen in annähernd geometrischem Verhältnis zur Wandstärke.

Die von mir beanspruchte beschleunigte Austrocknung der Neubauten und ihr Schutz gegen Niederschläge ist um so bedeutungsvoller, als wir zur Verhütung der Infektion ihres Holzwerks durch den Hausschwamm und seine Verwandten nur ein einziges Mittel besitzen, dessen Anwendung erst in Zukunft allgemeiner werden dürfte. Es besteht in der Imprägnierung des sämtlichen für Bauzwecke dienenden Holzwerks mit pilzwidrigen Flüssigkeiten.

Da das Suchen nach hierzu in jeder Beziehung geeigneten Flüssigkeiten noch nicht abgeschlossen ist, vielmehr Hoffnung besteht, daß demnächst wesentlich wirksamere Stoffe zur Verfügung gestellt werden können, als wir sie bislang verwendet haben, so ist diese Behandlung der Bauhölzer gewissermaßen noch eine Zukunftsfrage, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, weil sie gegenwärtig nicht „spruchreif“ ist. Vielmehr muß man für die Gegenwart mit der Möglichkeit der Infektion rechnen.

Denn die zahlreichen und sehr verschiedenartigen Erreger der „Trockenfäule“ gedeihen sowohl in den Wäldern wie auf den Holzlager- und Trockenplätzen. Ihr zartes, nur unter dem Mikroskop nachweisbares Mycel wird daher den Hölzern häufig anhaften, wenn sie in die Bauten verbracht werden, ohne daß es bemerkt wird. Zu seiner Weiterentwicklung findet dieses Mycel aber erfahrungsgemäß in den Neubauten so lange Gelegenheit, bis sie in allen ihren Teilen lufttrocken geworden sind. Außerdem wird der echte Hausschwamm gelegentlich ebenfalls in Neubauten eindringen, weil die Zimmerleute sein Mycel oder seine Sporen in die Neubauten an ihren Kleidern und Werkzeugen von Orten verschleppen, in denen sie Wiederherstellungsarbeiten an Holzwerk ausgeführt haben, das vom Hausschwamm ergriffen ist. Ferner vermag der Wind die leichten Sporen des Hausschwamms und seiner Verwandten auf weite Strecken fortzutragen und zu verbreiten. Zu ihrer Entwicklung sind aber in Neubauten sämtliche Grundbedingungen geboten.

Der Austrocknungsgang der Neubauten erfährt leider recht häufig unliebsame Unterbrechungen durch diejenigen Niederschlagsmengen, welche die Außenflächen ihrer Umfassungswände treffen.

Der Schlagregen dringt in sie um so tiefer ein, je feinzelliger die Steine und der Mörtel gewählt wurden; ein bis anderthalb Stein starke Wände aus feinzelligen Ziegeln in üblichen Mörtelgemengen werden häufig in ihrer ganzen Tiefe vom Schlagregen durchdrungen und durch ihn mit Wasser gesättigt. Bei wochenlang andauerndem Regen ist dieser Mißstand auch für stärkere Wände zu gewärtigen.

Diese Vorgänge machen nicht nur die sorgfältigsten Maßnahmen zu nichts, die für die rasche und gründliche Austrocknung der Neubauten getroffen werden, sondern benachteiligen das fertige Haus dauernd und gefährden die Dauerhaftigkeit seines Holzwerks, da sie die zum Pilzleben erforderlichen Wassermengen immer wieder dem Gebäude zuführen.

Es ist daher auffallend, daß die neuzeitige Baukunst sich verhältnismäßig selten bestrebt zeigt, das Eindringen des Schlagregens zu verhindern, obgleich — abgesehen von den Küstengebieten — nur die nach westlichen Richtungen gelegenen Außenflächen des Wetterschutzes zu bedürfen pflegen, und die verschiedenartigsten Formen desselben zur Verfügung stehen. Daher bin ich der Ansicht, daß die Bauordnungen den Wetterschutz der vom Schlagregen bedrohten Flächen fordern sollten.

Die in jeder Hinsicht beste Art des Wetterschutzes besteht in dem Bekleiden der Außenflächen mit kleinen, sich etwas übergreifenden Tafeln aus Körpern, die entweder für Flüssigkeiten undurchlässig sind oder sie infolge ihrer nahezu senkrechten Lage wenig eindringen lassen. Schiefer, Dachziegel aller Art und Schindeln haben sich für diesen Zweck bewährt. Die neuerdings zur Anwendung gelangten Blechtafeln sind weniger empfehlenswert, da der anschlagende Regen starkes Geräusch verursacht, ihre Haltbarkeit gering ist und der von ihnen gebotene Wärmeschutz sehr niedrig ausfällt, während die Ziegel und besonders die Schindeln ihn gewähren. Diese Körper verhindern das Eindringen der Niederschläge in die Wand, während sie der Luft durch ihre Fugen ausreichenden Eingang und Austritt gestatten. Leider ist diese Schutzart nicht allgemein verwendbar, oder jedenfalls für die Straßenseite großstädtischer Häuser nicht üblich. Für ihre Dachgeschosse und etwa freistehende Giebelwandteile läßt er sich jedoch in reizvoller Weise durchführen. Die älteren Bauwerke Hildesheims zeigen dies für den Dachziegel, diejenigen Goslars für den Schiefer in vorbildlicher Weise. In Mitteldeutschland, in Bayern und in den Alpenländern findet man ebenfalls eine feinfühlig, das Auge erfreuende Anwendung dieser Wandbekleidungsarten für Land- und Stadthäuser.

Das zweite, für die Hauptgeschosse und Untergeschosse der Straßenseiten des Großstadthauses mehr geeignete Verfahren besteht darin, die

Außenflächen der Wetterseiten von vornherein aus Körpern zu bilden, die entweder Flüssigkeiten abweisen oder für sie undurchdringlich sind. Je nach der hierdurch erzielten Dichte der Außenfläche haftet dieser Schutzart der bald mehr bald minder scharf hervortretende Mißstand an, daß die Wasserverdunstung verringert wird und infolgedessen das im Gebäudeinnern gelegentlich oder ständig sich bildende Schwitzwasser nicht rasch genug zu entweichen vermag. Es dürfte sich daher empfehlen, ausschließlich solche Dichtungsarten zu verwenden, die eine für Wasserdampf und Luft hinreichende Durchlässigkeit besitzen. Ferner ist der technische Anspruch zu stellen, daß sie eine der Gebäudeart entsprechende Haltbarkeit aufweisen.

Manche Kalkgesteine und Dolomite, namentlich aber die besseren Verblendziegel zeigen diese Eigenschaften, während es nicht leicht ist, dem Verputzmörtel die eben ausreichende Dichte zu geben und ihn zugleich vor Haarrißbildungen zu bewahren. Am besten hat der Traßmörtel sich für diesen Zweck bewährt, während der Zementmörtel zur Haarrißbildung und zur Auswitterung neigt. Der aus ihm gebildete glatte Verputz läßt ferner häufig den Ziegelverband „durchschimmern“, da der glatte Verputz infolge der raschen Austrocknung über den Ziegeln eine andere Färbung zeigt, als über den Mörtelbändern, und er erschwert die farbige Gestaltung der Außenflächen oder nimmt jedenfalls der Farbe die Frische. Allerdings läßt sich mäßig dichter Zementputz durch Anstrich (der eben fertiggestellten Flächen) mit Kali-Wasserglas ausreichend dicht stellen und zur farbigen Behandlung geeignet machen¹⁾. Die neuerdings stark in Aufnahme kommenden Feinmörtelüberzüge nehmen dem Zementputz jene Fehler und rufen eine schöne, den Werksteinverblendungen ähnelnde Wirkung hervor.

Die Dichtstellung der Wandflächen durch ihre Behandlung mit Fluaten, Testalin und dergl. weist eine begrenzte Haltbarkeit auf, die je nach dem Ortsklima wechselt, aber durchschnittlich 5 bis 6 Jahre nicht überdauert.

Gewöhnlicher Anstrich mit Oelfarbe, Wachsfarbe und dergl. pflegt nur 1 bis 2 Jahre Schutz zu gewähren. Dagegen vermag eine Dichtung der Zellen der Steine und des Mörtels durch Anstrich mit einer nahezu gesättigten Lösung von Erdwachs (Ceresin) in Benzin viele Jahre Schutz zu gewähren, da das Erdwachs weder von den Alkalien des Mörtels noch von den Säuren der Luft erheblich angegriffen wird. Eine zusammenhängende Haut soll dagegen das Erdwachs nicht bilden, da sie zum Abblättern neigt.

1) Natron-Wasserglas hat sich dagegen hierfür nicht bewährt.

Die Ausführung des Anstrichs muß daher auf einer vorgewärmten Wand stattfinden. Es ist dies dadurch zu erzielen, daß man die Wand in der warmen Jahreszeit während ihrer Besonnung streicht.

Das dritte Verfahren geht von einem völlig entgegengesetzten Gesichtspunkte aus. Man wählt für die Außenfläche oder für die ganze Wand großzellige Steine und Mörtelgemenge. Denn die Untersuchungen und Beobachtungen haben ergeben, daß die Niederschläge in großzellige Körper nicht tief eindringen, während die an und in ihnen stattfindende lebhafte Wasserverdunstung die zeitweilig aus Niederschlägen oder Schwitzwasser aufgenommenen Flüssigkeitsmengen rasch wieder verschwinden läßt. Die Kalktuffe und der Rheinische Schwemmstein haben sich nach dieser Richtung gleich günstig erwiesen. Die großzelligen Ziegel kommen ihnen nicht ganz gleich, aber doch sehr nahe.

Die von mir an Häusern, deren Wände aus Rheinischen Schwemmsteinen in Trierer Kalkmörtel gebräuchlicher Dichte hergestellt sind, angestellten Untersuchungen hatten ein unerwartet günstiges Ergebnis. Wände von $1\frac{1}{2}$ Stein und 1 Stein Stärke ließen überhaupt keine Niederschläge nach der Innenfläche gelangen und zeigten sich in ihrer Mitte fast dauernd lufttrocken, während $\frac{1}{2}$ Stein starke mit Schwemmsteinen ausgemauerte Fachwerkwände erst nach wochenlang anhaltender Einwirkung des Schlagregens 1 bis 2 v. H. Wasser im Mörtel des Innenputzes auftreten ließen. Eine Wassersättigung findet auch in den Außenteilen dieser Steine niemals statt, und die Wasserverdunstung ist so lebhaft, daß die zeitweilig aufgenommenen Wassermengen nach wenigen Tagen trockner Witterung wieder verschwunden sind. Die Einwirkungen des Schwitzwassers bleiben auch in stark besetzten Arbeiterwohnungen ohne jede Spur übler Einwirkung, und die Wasserverdunstung ist an warmen sonnigen Tagen so lebhaft, daß sie den Wärmeüberschuß aufzehrt.

Diesen Vorzügen gesellt sich der weitere Vorteil, daß großzelliges Mauerwerk den wirksamsten Schutz der Gebälke gegen Schwitzwasserbildung gewährt. Denn es vermag große Mengen von Wasserdampf aufzunehmen, ohne sich mit Feuchtigkeit zu sättigen, führt sie rasch nach außen und wieder zur Verdampfung, sobald Besonnung der Außenflächen stattfindet oder die Luft im Freien eine Bereicherung an Wasserdampf zuläßt. Die lebhafteste Wasserverdunstung erzielt man, wenn großzellige Wände außen ungeputzt bleiben. Doch verringert ein dünner rauher Bewurf aus durchlässigem Mörtel die Verdunstung nur unerheblich, er vermehrt dagegen die Wetterbeständigkeit der Außenflächen. Da die rauhen Flächen großzelliger Körper dem Putzmörtel einen wesentlich besseren Halt gewähren als glatte

Maschinenziegel es tun, so kommt das Loslösen des Putzes von ihnen nicht vor. Mit den Flächen der Rheinischen Schwemmsteine geht Kalkputz außerdem eine chemische Verbindung ein, indem er geringe Mengen ihres Gehaltes an Kieselsäure löst und sich mit ihr zu kieselsaurem Kalk verbindet.

Für dünne Wände aus großzelligen Körpern ist nach den Wetterseiten selbstverständlich der oben besprochene Schutz durch ihre Bekleidung mit Schiefer, Dachziegeln und dergl. von Wert, da er das Eindringen von Niederschlägen verhindert, die Wasserverdunstung nur unerheblich herabsetzt. Namentlich für Fachwerk und die oft dünnen Wandteile der Dachgeschosse ist dieser Schutz am Platze.

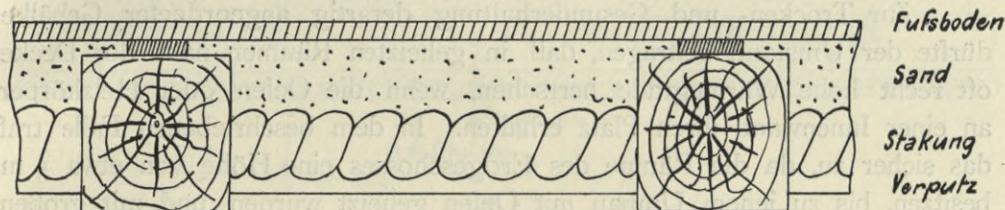


Fig. 1.

Im Uebrigen muß bei der Bauart der Zwischendecken dafür gesorgt werden, daß sowohl die rasche Trockenstellung wie die dauernde Trockenerhaltung der Gebälke keinen Schwierigkeiten begegnet. Im Mittelalter ist diese Aufgabe gelöst. Sowohl die Zwischendecken des Bauernhauses und des bescheidenen Bürgerhauses (Fig. 1) wie die des vornehmen Patrizierhauses und der Burgen (Fig. 2) ließen an der Untersicht der Decken die Balken zu etwa ein Drittel frei von jeder Umhüllung, also dem Einfluß der Luft offen.

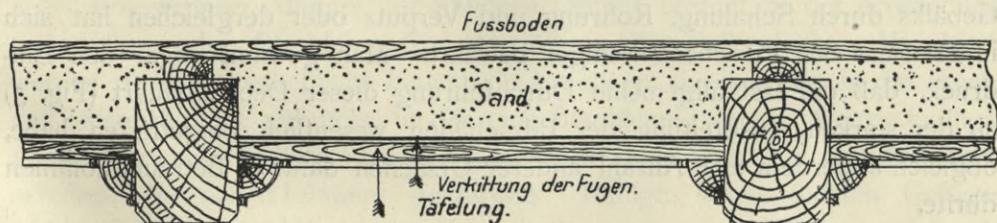


Fig. 2.

Solche Decken findet man gegenwärtig noch vielfach in bestem Zustande erhalten, und es ist mir — trotz eifrigen Nachforschens — kein einziger Fall bekannt, in dem derartig angeordnetes Gebälk vom Hauschwamm oder seinen Verwandten ergriffen worden wäre.

Einige Decken, die in der Art von Abbildung 2 über dem Erdgeschoß eines im gothischen Geschmack gehaltenen vornehmen Wohnhauses

an der Tiergartenstraße zu Hannover um das Jahr 1870 ausgeführt worden sind, fand ich etwa 25 Jahre später bei einer sorgfältigen Untersuchung auf Schwamm vollständig gesund, obgleich in allen übrigen Teilen des Gebäudes der echte Hausschwamm sich inzwischen eingenistet hatte und hinter den Holzbekleidungen der Fenster unmittelbar über jenen Gebälken in üppigster Weise wucherte¹⁾. Der Schwamm ist dann unter meiner Leitung beseitigt und meines Wissens nicht wieder aufgetreten.

Jedenfalls fand ich vor etwa zwei Jahren die Decken des Erdgeschosses bei einer Besichtigung tadellos erhalten, obgleich sie von jenen Arbeiten unberührt gelassen worden waren.

Zur Trocken- und Gesunderhaltung derartig angeordneter Gebälke dürfte der Umstand beitragen, daß in geheizten Räumen nahe der Decke oft recht hohe Wärmegrade herrschen, wenn die Oefen oder Heizkörper an einer Innenwand ihren Platz erhalten. In dem beschriebenen Falle traf das sicher zu, da die Räume des Erdgeschosses eine Höhe von etwa 5 m besitzen, bis zu jenem Umbau mit Oefen geheizt wurden und mit großen Fenstern versehen sind. Sollte daher nahe dem Fußboden ein angemessener Wärmegrad erzielt werden, dann mußte bei hartem Frostwetter sehr stark geheizt werden, wobei nach meiner Beobachtung nahe der Decke Temperaturen von mehr als 40° C entstanden.

Allerdings war das Haus vor jenem Umbau ein oder zwei Winter ungeheizt geblieben, da es nicht bewohnt wurde. Trotzdem hatte der hierdurch zu üppigstem Wachstum gelangte Hausschwamm jene Gebälke verschont; immerhin ein Zeichen für die Trefflichkeit ihrer Anordnung.

Die gegenwärtig üblichste Decke mit dem unteren Abschluß des Gebälks durch Schalung, Rohrung und Verputz oder dergleichen hat sich in Hinsicht des Pilzlebens weniger bewährt. Man gewinnt sogar den Eindruck, daß die fast allgemeine Durchführung dieser Deckenbauart (Fig. 3) zu der starken Ausbreitung der Pilzschäden wesentlich beigetragen habe, obgleich außerdem eine Anzahl anderer Ursachen dafür in Betracht kommen dürfte.

Dieser untere Abschluß der Zwischendecken wird in der Regel zu einer Zeit hergestellt, in der sowohl das Mauerwerk wie das Gebälk der Neubauten noch erhebliche Feuchtigkeitsmengen enthalten. Er verhindert dann das unmittelbare Herantreten lebhaft bewegter Luft an die Balken, verlangsamt infolgedessen ihren Austrocknungsgang und schafft innerhalb

1) Durch eine ringsum angeordnete tiefe Verblendung der Außenwände mit Sandsteinen wurde dem Hause viel Feuchtigkeit zugeführt.

der Zwischendecken ein Klima, das dem Pilzleben günstig ist. Außerdem hat die Erfahrung gelehrt, daß die Mehrzahl der Erkrankungen der Gebälke durch diejenigen Pilze, welche in unseren Wäldern heimisch sind, in die Zeit fällt, welche zwischen der Fertigstellung der Decken und der vollständigen Austrocknung des Neubaues liegt. Der echte Hausschwamm siedelt sich ebenfalls während dieses Zeitraumes besonders häufig an.

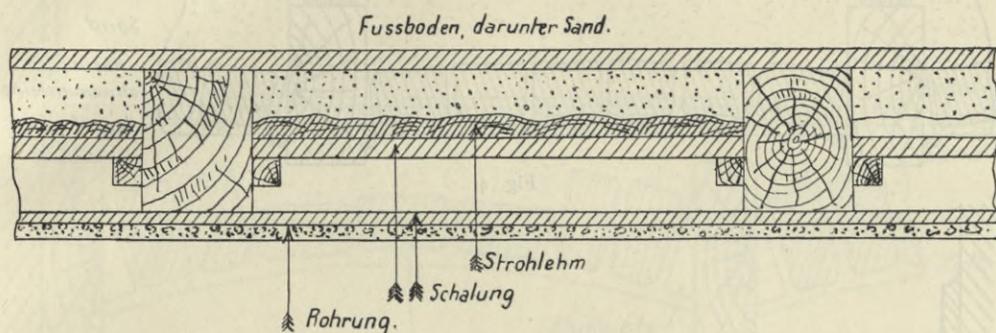


Fig. 3.

Aus diesen Gründen ist von mir seit etwa fünfzehn Jahren der Vorschlag ausgegangen, soweit wie irgend möglich jenen Vorzug der mittelalterlichen Deckenbauweise für die neuzeitige Bauart zurückzugewinnen, dort aber Steindecken und imprägniertes Holz zu verwenden, wo ein wagerechter Abschluß unterhalb der Gebälke verlangt wird oder aus Gründen der Feuer-sicherheit am Platze erscheint. Für alle diejenigen Decken habe ich die letztere Bauweise ebenfalls empfohlen, die häufig oder dauernd der Zuführung von Feuchtigkeit ausgesetzt sind.

Ein weiterer Mangel der üblichen Decken besteht in der Anwendung von Lehm oder Strohlehm zur Ausfüllung der Balkenfache. Hierdurch werden nicht nur erhebliche Feuchtigkeitsmengen zu einer Zeit in das Innere der Zwischendecke gebracht, in der eine Beschleunigung des Austrocknungs-ganges dringend geboten erscheint, sondern der Lehm hat einige Eigen-schaften, die das Holzwerk gefährden. Infolge seines dichten Gefüges trocknet der Lehmschlag ungemein langsam aus, saugt das ihn erreichende Wasser begierig auf und führt es mehrere Meter weit fort. Da der Lehmschlag der Zwischendecken diejenigen Wände unmittelbar berührt, in denen die Balkenköpfe stecken, so bleibt deren sorgfältigste Sicherung gegen die Wandfeuchtigkeit meist nutzlos, weil der Lehmschlag die Mauerfeuch-tigkeit aufnimmt und dem Gebälk zuführt. An ungeschützt gelassenen Wetterseiten ist dieses Verhalten des Lehms besonders gefährlich. In einer Reihe von Fällen konnte ich mit Sicherheit feststellen, daß die Ursache

einer starken Vermorschung der Gebälke auf die Wasserzuführung durch den Lehmschlag zurückzuführen war. Die Vermorschung war zumeist zwei bis zweieinhalb Meter tief von der Wetterwand in das Innere der Räume vorgedrungen, hörte hier aber vollständig auf, weil die Wasserführung des Lehms nicht weiter gereicht hatte.

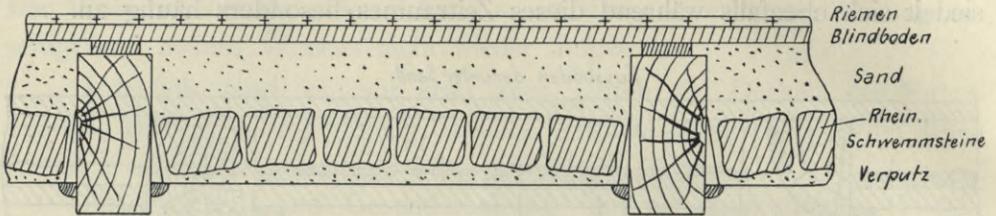


Fig. 4.

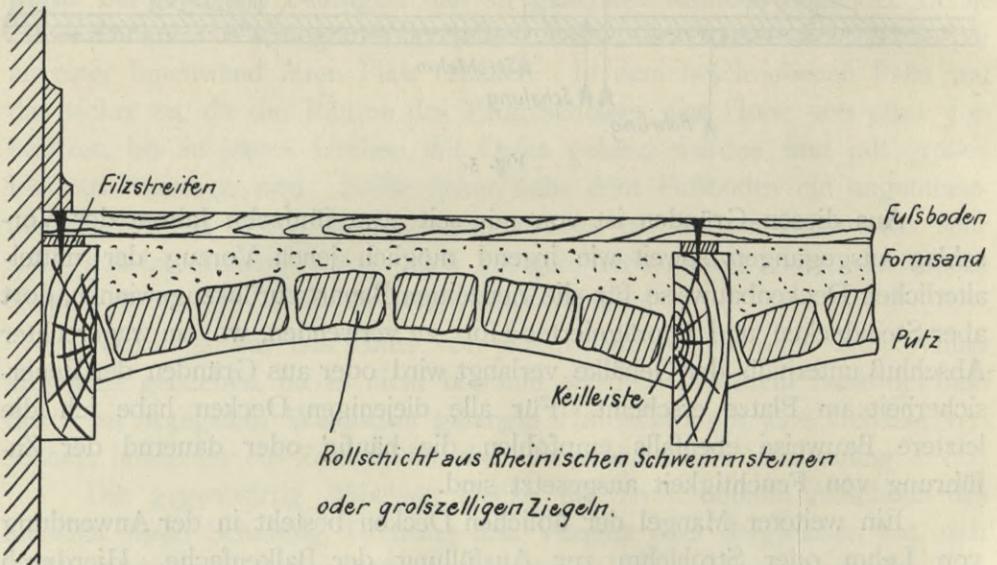
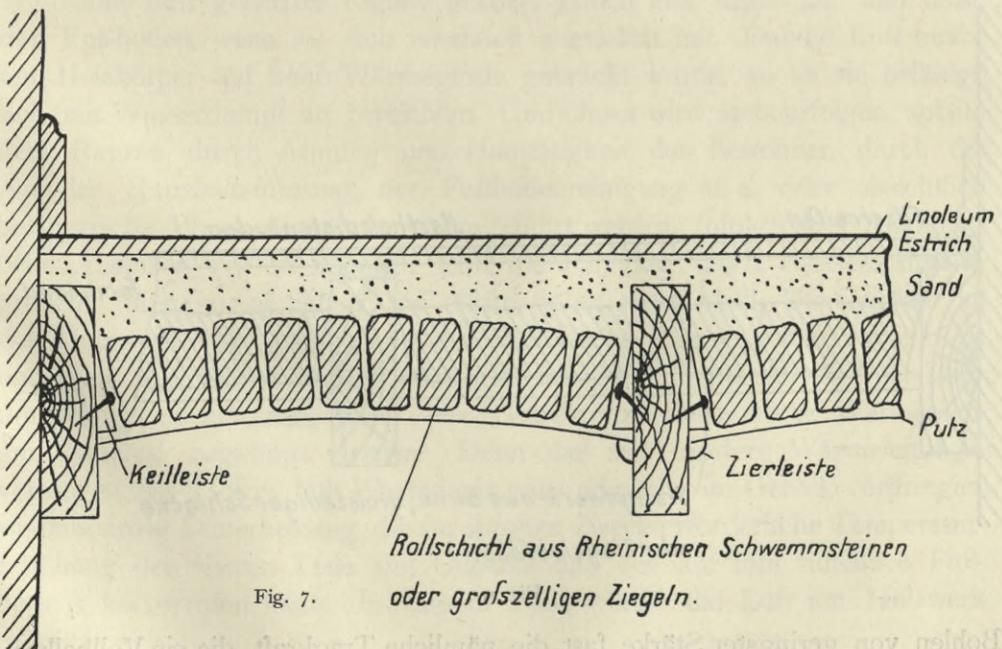
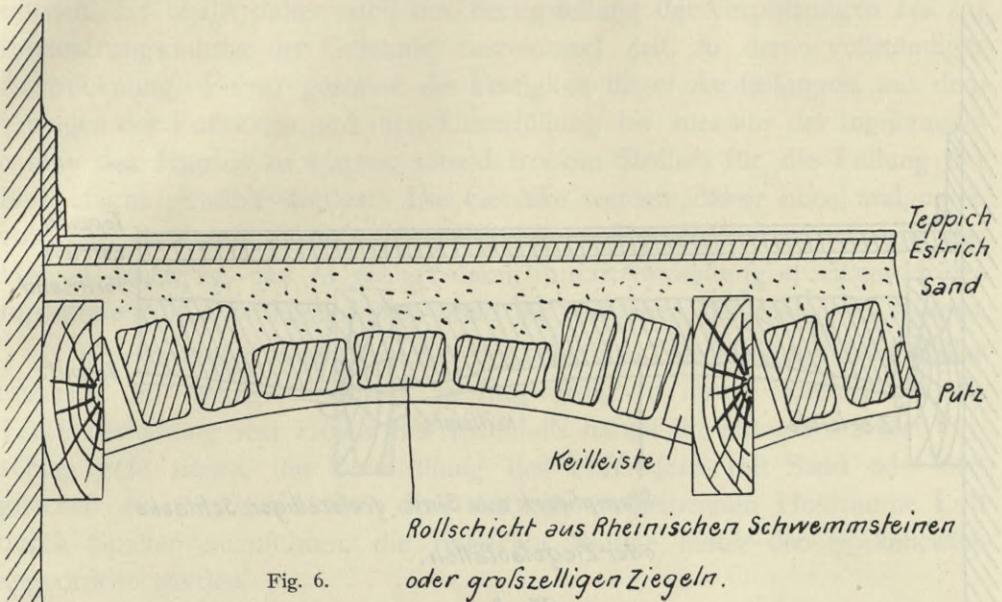


Fig. 5.

Durch diese Erfahrungen veranlaßt, habe ich eine Deckenbauweise in Vorschlag gebracht, die in den Abbildungen 4 bis 9 in verschiedenen Formen wiedergegeben ist. Zum Tragen der Füllstoffe dient eine Rollschicht aus Schwemmsteinen oder leichten großzelligen Vollziegeln oder aus Stampfwerk, die durch Keilleisten den erforderlichen Halt am Gebälk auch dann findet, wenn dieses infolge der Austrocknung in der Querrichtung schrumpft. Die Unterfläche der Rollschicht dient als Putzträger, während das untere Drittel oder Viertel des Gebälks frei von jeder Umhüllung bleibt, also von der Raumluft unmittelbar umspielt wird und die hohen Wärmegrade annimmt, die in geheizten Zimmern nahe der Decke zu herrschen pflegen. Für die Austrocknung und dauernde Trockenerhaltung des Gebälks bietet diese

Bauart also die denkbar günstigsten Verhältnisse, während die großzelligen Körper der Balkenfachausfüllung die Wandfeuchtigkeit nicht weit führen und durch lebhafte Verdunstung rasch wieder abgeben.



Um die Kosten derartiger Decken nicht höher ausfallen zu lassen als die der üblichen Balkendecken und um das Schrumpfen der Gebälke

in der Querrichtung auf ein Mindestmaß zu beschränken, empfiehlt es sich, Bohlen oder Halbbalken für sie zu verwenden. Die kraftvolle Versteifung der Hölzer durch die gewölbartige Anordnung der Rollschichten gibt selbst

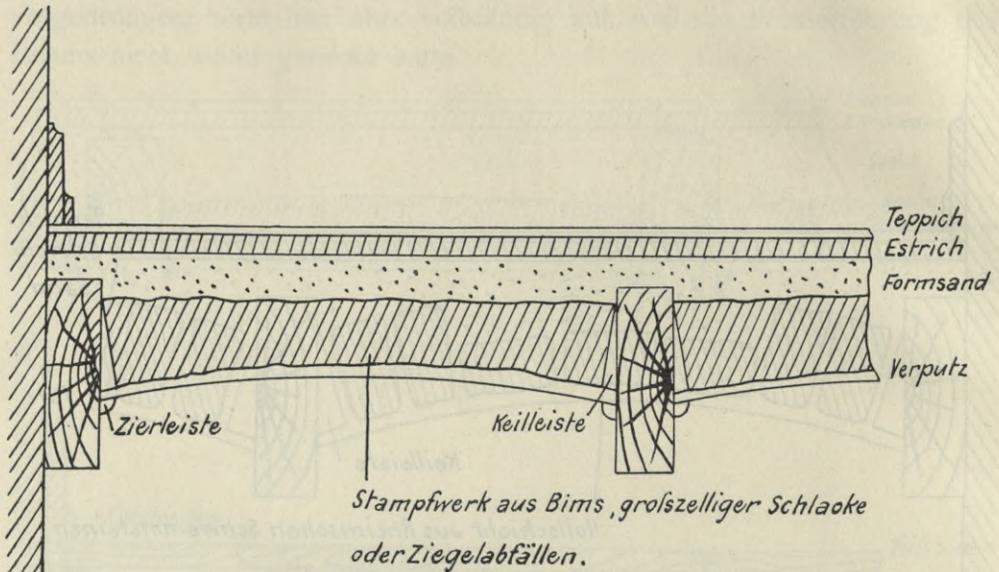


Fig. 8.

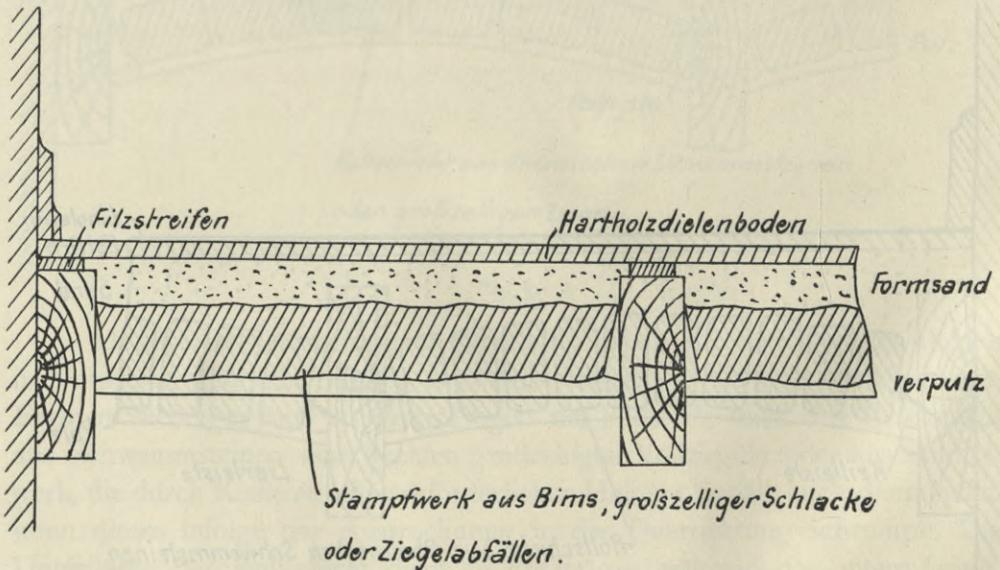


Fig. 9.

Bohlen von geringster Stärke fast die nämliche Tragkraft, die ein Vollbalken gleicher Höhe aufweist. Durch eine geringe Höhenvermehrung kann man den Bohlen die Tragkraft der Vollbalken verleihen.

Diese Deckenbauweisen bieten den weiteren Vözug, daß man die Ausfüllung der Balkenfache und sämtliche Innenverputzungen frühzeitig herstellen darf, ohne nachteilige Wirkungen auf die Gebälke befürchten zu müssen. Es bleibt daher nach der Fertigstellung der Verputzungen bis zur Inbenutzungsnahme der Gebäude ausreichend Zeit zu deren vollständiger Austrocknung. Ferner gestattet die Festigkeit dieser Ausfüllungen, mit dem Verlegen der Fußböden und ihrer Unterfüllung bis kurz vor der Ingebrauchnahme des Hauses zu warten, sobald trockne Stoffe¹⁾ für die Füllung der Balkenfache gewählt werden. Die Gebälke werden daher oben und unten von der Raumluft lebhaft umspült, bis vollständige Austrocknung des Hauses erzielt ist, und es gelingt dann, durch Anwendung trocknen Holzes fugenfreie Fußböden herzustellen, ohne ihr Aufstehen befürchten zu müssen.

Eine mitunter empfohlene Art der ständigen Durchlüftung des Gebälks erscheint mir weniger wirksam, ja fragwürdig in ihrem Einfluß auf die Trockenerhaltung des Holzwerks. Jedenfalls haften ihr Mängel an. Der Vorschlag geht dahin, die Unterfüllung des Fußbodens mit Sand oder dergleichen zu unterlassen und dem dadurch verbleibenden Hohlraume Luft durch Spalten zuzuführen, die rings im Raume hinter den Sockelleisten angeordnet werden.

Die Luft geheizter Räume gelangt jedoch erst dann auf und unter den Fußboden, wenn sie sich erheblich abgekühlt hat. Da die Luft zuvor am Heizkörper auf hohe Wärmegrade gebracht wurde, so ist sie befähigt, sich mit Wasserdampf zu bereichern. Und dieses wird stets erfolgen, sobald dem Raume durch Atmung und Hauttätigkeit der Bewohner, durch die Art der Haushaltsführung, der Fußbodenreinigung u. a. oder absichtlich belangreiche Wasserdampfmengen zugeführt werden. Infolge ihrer Abkühlung beim Absinken verliert aber die Luft die Fähigkeit rasch, Wasserdampf in größeren Mengen zu halten. Sie dürfte daher recht häufig Feuchtigkeit an das Holzwerk der Gebälke und des Fußbodens abgeben, statt sie ihm zu entziehen. Nur dann ist eine austrocknende Wirkung dieser Art der Luftumspülung zu erwarten, wenn dem Gebälk von unten reiche Wärmemengen dauernd zugeführt werden. Denn das sehr niedere Wärmeleitungsvermögen des Holzes läßt Wärme nur ganz allmählig im Gebälk vordringen, so daß einzig Dauerheizung die für unseren Zweck erforderliche Temperaturerhöhung der oberen Teile des Gebälks und des auf ihm ruhenden Fußbodens hervorrufen kann. In diesem Falle würde die Luft am Holzwerk

1) Der beste Stoff ist der gebrauchte Formsand der Gießereien. Nützlich ist es, ihn in noch heißem Zustande einzubringen.

sich erwärmen und dadurch befähigt werden, ihm Feuchtigkeit zu entziehen. Doch bin ich der Ansicht, daß dies ein Ausnahmefall bleiben würde. Denn meine Messungen haben ergeben, daß im allgemeinen die Abkühlung der an den Außenwänden absinkenden Zimmerluft eine erhebliche ist. Der Fußboden wird durch die über ihn zum Heizkörper streichende Luft infolgedessen auch dann kühl erhalten, wenn das unter ihm befindliche Zimmer dauernd geheizt wird; selbstverständlich aber nicht so kühl wie über ungeheizten Räumen. Sinkt dieser Luftstrom unter den Fußboden, so wird eine abkühlende Wirkung auch auf die von ihm berührten Gebäktheile eintreten.

Die austrocknende Wirkung dieser Art der Durchlüftung des Gebäkks dürfte also teils ganz ausfallen, teils das Gegenteil, nämlich Schwitzwasserzuführung, hervorrufen.

Ausnahmen von dieser Regel bilden die Fälle, in denen die Heizkörper an den Außenwänden, z. B. in den Fensternischen, ihren Platz erhalten. Diese Stellung hat den Erfolg, daß der Unterschied der Wärme zwischen Zimmerdecke und Fußboden gering wird. Er betrug nach meinen Messungen nur etwa $\frac{1}{10}$ des Unterschiedes in Räumen, deren Heizkörper an Innenwänden stehen. Der Wärmegrad der unter den Fußboden sinkenden Luft dürfte daher in jenen Fällen noch 14 bis 16° C betragen. Allerdings fällt dann die Erwärmung des Gebäkks von unten wesentlich geringer aus als bei der umgekehrten Stellung der Heizkörper.

Ferner ist durch unabhängig von einander ausgeführte Untersuchungen verschiedener Forscher der Nachweis erbracht, daß sämtliche unter durchlässigen Fußböden belassene Hohlräume im Laufe der Jahre sich mit Staub und Unrat füllen, und daß sie jeglicher Art des Ungeziefers willkommenen Schlupfwinkel bieten. Sodann wird der Schall durch solche Hohlräume verstärkt, während eine dichte Unterbettung des Fußbodens mit feinem Sand, z. B. Formsand, ihn wesentlich mildert. Endlich machen sich unter den oder hinter den Fußboden gelangende Flüssigkeiten in weit ungünstigerer Art geltend, wenn sie in Hohlräume gelangen, als wenn sie in Sand oder andere Füllstoffe versickern.

Dieser Durchlüftungsart des Gebäkks dürften daher ebenso große Mängel als Vorzüge anhaften.

Die dritte Art der Durchlüftung des Gebäkks ist ebenfalls bisher nicht von vollem Erfolg gekrönt worden. Sie besteht in der Luftzuführung zu den Balkenköpfen. Durch dieses Verfahren dürfte ebenfalls ebenso oft Schwitzwasserbildung wie eine austrocknende Wirkung zu stande kommen. Daher stehe ich auf dem Standpunkte, daß die Balkenköpfe auf trockenem

Wege in trockne großzellige Kunststeine so zu verlegen sind, daß die Kopfscheibe selbst frei liegt, während solche großzellige oder andere, Wärme besonders schlecht leitende Körper sie von der Außenluft in so dicker Schicht trennen, wie der Wärmeschutz unter den klimatischen Verhältnissen des Ortes es erheischt. Nur dadurch können die Balkenköpfe vor Schwitzwasserbildung nach Möglichkeit bewahrt werden, während die lebhafte Wasserverdunstung großzelliger Körper die Austrocknung der Gebälke fördert, und durch sie ausreichend Luft an die Balkenköpfe herantritt.

Die von mir eben geschilderte Freilage des unteren Drittels der Gebälke dürfte jedenfalls den verhältnismäßig sichersten Schutz gegen ihre Vermorschung durch Pilze bieten. Trotzdem erscheint er dort nicht als vollkommen ausreichend, wo gelegentlich, häufig oder ständig erhebliche Flüssigkeitsmengen in das Innere der Zwischendecken gelangen. Es ist dieses überall zu gewärtigen, wo Ausgüsse, oder Zapfstellen der Wasserleitung sich befinden; ferner in Waschküchen, Badestuben und Aborten.

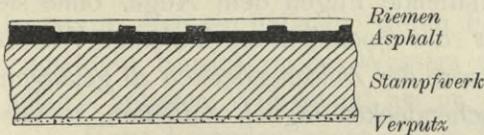


Fig. 10.



Fig. 11.

Sodann ist der Fußboden des Erdgeschosses ständig einer so erheblichen Feuchtigkeitszuführung aus dem Erdreich oder dem Keller ausgesetzt, daß Pilzleben selbst dann zu gewärtigen ist, wenn eine gewisse Durchlüftung der Fußbodenlager und der Deckenunterkanten erzielt werden kann.¹⁾ Sämtliches Holzwerk des Kellers ist ebenfalls gefährdet, weil der Keller durch Schwitzwasserbildung aus warmer Luft, die auf seine kühlen Innenflächen gelangt, besonders im Sommer, die für das Pilzleben ausreichenden Wassermengen selbst dann zugeführt erhält, wenn er gegen das Eindringen der Erdfeuchtigkeit in vollkommener Weise gesichert wurde — ein Fall der gegenwärtig immer noch als Ausnahme bezeichnet werden kann.

Daher erscheint es geboten, Holzwerk an den genannten Stellen entweder nicht zu verwenden oder es zuvor imprägnieren zu lassen. Im allgemeinen sind Steindecken oberhalb und unterhalb jener Räume in jeder Hinsicht den Holzdecken vorzuziehen. Soll über ihnen ein Holzfußboden Verwendung finden, dann kann einzig der in Asphalt verlegte Riemenboden (Figur 10 und 11),

1) Eine lebhafte Durchlüftung pflegt die Wärmeverhältnisse des Erdgeschoßfußbodens ungünstig zu beeinflussen.

in Betracht kommen, falls man nicht vorzieht, imprägniertes Holz für ihn zu benutzen.

Die Anwendung von Dielenböden aus Fichtenholz oder anderem Holz mit erheblichem Schwindmaß hat nach meinen langjährigen Beobachtungen überhaupt Bedenken.

Die Dielenböden werden in der Regel täglich einmal feucht aufgenommen, und es dienen hierfür nicht selten recht erhebliche Wassermengen, die nicht immer mit der erforderlichen Vorsicht auf den Fußboden gebracht werden. Je höher die Inanspruchnahme des Fußbodens ist, um so mehr pflegen die zu seiner Reinigung dienenden Wassermengen zu wachsen, während die sofortige Wiederfortnahme mit gut ausgedrücktem Scheuertuch nicht immer mit derjenigen Sorgfalt erfolgt, die zur Trockenhaltung der Zwischendecke erforderlich wäre. Vielmehr pflegen in zahlreichen Fällen erhebliche Wassermengen teils in die Dielenfugen zu versickern, teils unter die Sockelleisten zu geraten. Die letzteren bilden gegenwärtig aber nichts weniger als einen wasserdichten Abschluß, sondern verdecken, namentlich an den Hirnenden der Dielen, weite klaffende Fugen dem Auge, ohne sie irgendwie zu verschließen. Das unter die Sockelleisten laufende Wasser pflügt daher ohne Hindernis in das Innere der Zwischendecken zu gelangen. Da diese Flüssigkeitsmengen den Zwischendecken täglich zufließen, so vermag unter Umständen selbst die luftigste Lage des Gebälks zu seiner Sicherung gegen Pilzleben nicht mehr auszureichen. In den üblichen Balkendecken mit unterem Abschluß sah ich in einer Reihe von Fällen sowohl zwischen klaffenden Fugen der Dielen wie hinter und unter den Sockelleisten Pilzleben entstehen. Namentlich fand ich hier häufig den Ausgangspunkt für die Entwicklung des echten Hausschwamms. Da diese weiten Fugen den Pilzsporen freien Zutritt gewähren, so bin ich geneigt, aus diesen Befunden die Folgerung zu ziehen, daß jene täglich stattfindende Befeuchtung des Holzwerks ausreicht, um das Auskeimen der Sporen des echten Hausschwammes zu ermöglichen, obgleich der streng wissenschaftliche Nachweis über das Vorkommen dieses Auskeimens der Sporen noch nicht erbracht ist.

Jedenfalls dürfte es sich empfehlen, für Dielenböden ausschließlich Hölzer mit geringem Schwindmaß zu verwenden und die Breite der Dielen auf das wirtschaftlich noch durchführbare Mindestmaß zu beschränken, um die Weite der Fugen tunlichst gering ausfallen zu lassen. Außerdem ist ein möglichst spätes Verlegen der Dielenböden unter Benutzung lufttrocknen Holzes für sie von Nutzen.

Die Anwendung von Hölzern mit geringem Schwindmaß führt allerdings eine Verteuerung der Dielenböden herbei. Doch wird hierdurch nicht nur ihre Dauerhaftigkeit ganz erheblich vermehrt, sondern es fällt

auch die ständig wiederkehrende Ausgabe für das Streichen der Fußböden fort. Denn die Oberfläche der Fichtendielen unterliegt einer raschen Abnutzung, Lasuren halten sich daher nur wenige Jahre, während der Anstrich aus Oelfarben oder Lackfarben auf stark in Anspruch genommenen Fußböden nach wenigen Monaten bereits Fehlstellen aufweist.



Fig. 12.



Fig. 13.

Stets sollten Dielen mit der Kernseite nach unten verlegt werden, damit bei etwaigem Werfen jede Diele eine Mulde bildet (Fig. 12), in der das zum Reinigen dienende Wasser sich sammelt, um teils wieder aufgenommen zu werden, teils zu verdunsten, ohne in die Tiefe der Diele oder in die Zwischendecke zu gelangen. Verlegt man die Dielen mit der Kernseite nach oben, dann bildet jede Diele beim Werfen einen Buckel (Fig. 13), von dem das auf ihn gelangende Wasser sofort der Fuge zufließt. Wie die Abbildungen 12 und 13 zeigen, leistet im ersteren Falle die durch Feder geschlossene Fuge dem Einsickern des Wassers ebenfalls einen erheblich höheren Widerstand als im letzteren Falle.

Ganz besonders wichtig ist es ferner, den Wandsockel so auszubilden, daß er das Einsickern von Flüssigkeiten verhindert. In Figur 14 ist eine zweckmäßige Anordnung der Sockelleisten dargestellt. Wo sie zu teuer erscheint, sollte wenigstens vor dem Anbringen der Sockelleisten eine Dichtstellung des Fußbodenanschlusses an das Mauerwerk durch Asphaltkitt, Käsekitt, Magnesiazement oder dergleichen erfolgen.

Für Riemenböden und Parkettböden ist es geraten, rings an den Wänden ein Rahmenholz entweder in derartigen Kitt verlegen oder wenigstens fest gegen die Wände treiben zu lassen, um die weiten Fugen zu vermeiden, die sonst an den Hirnenden der Riemen verbleiben. Eine Verteuerung der Böden findet hierdurch nicht statt¹⁾.



Fig. 14.

1) Für Riemenböden in Asphalt ist diese Vornahme kein Erfordernis, da sie einen vollkommen dichten Abschluß bilden.

Für das Dachgespärre läßt eine ständige Durchlüftung dort sich leicht erzielen, wo ein besonderer Wärmeschutz kein Erfordernis bildet. Die Eindeckungsweisen aus kleinen Schiefertafeln oder Ziegeln auf Latten bieten meist durch ihre Fugen, die Ziegel häufig auch durch ihre Zellen einen lebhaften Luftaustausch. Wo eine dichtere Eindeckungsweise erfolgt, ist es nur notwendig, den Dachboden mit Luken oder mit Oeffnungen zu versehen, die mittels Stabläden verschlossen werden, also auch im letzteren Zustande einen gewissen Luftaustausch gewähren. Vorteilhaft werden alle derartigen Oeffnungen so angeordnet, daß ständig Gegenzug stattfindet.

Sobald aber Wärmeschutz erforderlich wird, stellt sich dieselbe Schwierigkeit für die Durchlüftung des Holzwerks ein, wie sie für die Gebälke geschildert wurde. Ein unterer Abschluß der Sparren sollte keinesfalls für diesen Zweck angeordnet werden, mag er aus Holzschalung, Gipsdielen, Korktafeln, Verputz auf Schalung oder Latten oder was immer bestehen. Denn er hebt die Durchlüftung auf oder macht besondere Anordnungen für die Luftzuführung zu jedem Sparrenfelde erforderlich, die den Wärmeschutz meist erheblich beeinträchtigen.

Vielmehr dürfte es sich empfehlen, die Sparrenfelder in der gleichen Weise durch Rollschichten aus leichten großzelligen Vollsteinen abzuschließen, wie es für die Gebälke oben dargestellt wurde. Die natürliche Lüftung durch großzellige Ziegel und Rhein. Schwemmsteine reicht aus, um die über ihnen gelegenen Latten oder Schalungen trocken zu erhalten, während das Freibleiben des unteren Teils der Sparren diesen den erforderlichen Schutz gewährt. Jene Rollschichten bieten dem Holzwerk des Daches zugleich einen hinreichenden Schutz gegen Schwitzwasserbildung. Sie findet im Dach meist in erheblichem Maße statt, wenn die aus dem geheizten Hause aufsteigende Luft dem Dachboden zufließt, weil diese Luft unterhalb der Eindeckung bei Frostwetter eine ganz wesentliche Abkühlung erfährt. Die Rollschicht aus großzelligen Kunststeinen vermindert die Abkühlung in hohem Grade und vermag im Erfordernisfalle große Mengen von Schwitzwasser aufzunehmen, ohne sich zu sättigen, und sie in verhältnismäßig kurzer Frist wieder zu Verdunstung zu führen, falls die Eindeckung luftdurchlässig ist oder Entlüftungsrohre in der Eindeckung angeordnet werden.

Ein solcher Wärmeschutz wird in erster Linie über den bewohnten Teilen des Daches, also für das Kehlgebälk und die unter ihm gelegenen Dachflächen erforderlich sein; in offenen Dachböden meist nur dann, wenn Hydranten dort Aufstellung finden, deren Einfrieren verhindert werden

muß, oder das Ortsklima einen Schutz des ganzen Daches gegen Zuführung oder Ableitung von Wärme erfordert.

In allen diesen Fällen ist es geraten, auch sämtliche Wände des Dachgeschosses und des Dachbodens aus jenen leichten großzelligen Kunststeinen herstellen zu lassen, um einen tunlichst hohen Wärmeschutz mit einer lebhaften natürlichen Lüftung vereint zu erzielen. Beides trägt zur dauernden Trockenerhaltung der Dachhölzer ganz wesentlich bei, da es die Schwitzwasserbildung verringert, die Wasserverdunstung beschleunigt.

Die Bedeutung der Kondenswasserbildung für die Zerstörung der Balkenköpfe in Außenwänden durch holzerstörende Pilze.

Von Dr.-Ing. **R. Niemann**, Königsberg i. Pr.

Die durch die wirtschaftlichen Verhältnisse unserer Zeit bedingte schnelle Aufführung der Gebäude hat naturgemäß ihre Schattenseiten, die jedoch im allgemeinen gegenüber den Vorteilen, die der frühzeitige Schutz gegen mancherlei Witterungseinflüsse, insbesondere gegen den Zutritt atmosphärischer Niederschläge¹⁾ bietet, zu sehr betont werden. Wenn auch zweifellos die Forderung nach billiger Bauweise und möglichst frühzeitiger Nutzbarmachung des investierten Kapitals sehr häufig dazu verleitet, im Interesse einer beschleunigten Fertigstellung von Bauten Maßnahmen und Anordnungen zu treffen, die alles andere als einen Schutz gegen das Auftreten von Schwammerkrankungen bedeuten, so weist doch der Umstand, daß letztere auch bei größter Vorsicht, bei Verwendung nur bester Materialien und durchaus nicht „sparsamer“ oder überhasteter Bauweise in überaus zahlreichen Fällen auftreten, deutlich genug darauf hin, daß die bisher zum Schutz gegen das Auftreten von Schwammerkrankungen bekannten speziellen Maßnahmen nicht ausreichend sind. Es erscheint daher auch völlig zwecklos, den wirtschaftlichen Verhältnissen die Schuld an dem Auftreten der Schwammerkrankungen zuzuschreiben, weil dadurch in keiner Weise etwas geändert werden kann. Vielmehr ist es Aufgabe der Technik, den Verhältnissen Rechnung zu tragen und Mittel zu schaffen, welche die Schädigungen verhindern, ohne in Widerspruch mit berechtigten wirtschaftlichen Forderungen zu geraten.

1) Der Umfang der durch atmosphärische Niederschläge einem Neubau zugeführten Wassermenge ist erheblich größer, als gewöhnlich angenommen wird. Für einen Bau von 300 qm Grundfläche beträgt bei einer Bauzeit von 3 Monaten (vor der Dachendeckung) und einer jährlichen Niederschlagshöhe von 600 mm, die dem Gebäude zugeführte Niederschlagsmenge i. M. 45 cbm. In ungünstiger Jahreszeit kann sie jedoch ganz wesentlich größer sein.

Geeignete Mittel zur vorbeugenden Bekämpfung der holzerstörenden Pilze können jedoch erst geschaffen werden, wenn die bauphysikalischen Erscheinungen und Vorgänge mehr als bisher erforscht sind. Das gilt insbesondere in bezug auf die Feuchtigkeitsbewegungen innerhalb von Bauten, sowie hinsichtlich der Ursachen der Feuchtigkeitsansammlungen an einzelnen Bauteilen, die durch holzerstörende Pilze erfahrungsgemäß am stärksten gefährdet sind.

Da eine erste Lebensbedingung der holzerstörenden Pilze im Vorhandensein übernormaler Feuchtigkeitsgrade besteht, so wird die Schaffung normaler Feuchtigkeitsverhältnisse für jeden Wohnhausbau anzustreben und schon allein aus hygienischen Gründen als unerlässlich zu erachten sein.

Um in einem Gebäude von vornherein einen so hohen Grad von Trockenheit zu erzielen, wie er zur sicheren Verhinderung der Schwamm-erkrankungen erforderlich ist, sind die zur Zeit üblichen künstlichen Trocknungsverfahren keineswegs allein ausreichend. Es kann aber auf ihre Anwendung, besonders bei Neubauten, unter gewöhnlichen Umständen nicht verzichtet werden, da es sich meistens um die Entfernung sehr erheblicher Wassermengen handelt. Zur Schaffung ausreichender Trockenheitsgrade bedarf es daher stets noch einer natürlichen Austrocknung, deren längere oder kürzere, immer aber mindestens mehrjährige Dauer wesentlich von der Wirksamkeit der zur Vermeidung neuen Feuchtigkeitszutritts getroffenen Maßnahmen abhängt.

In dieser Hinsicht muß eine besondere Aufmerksamkeit den Außenmauern zugewendet werden, da es bekannt ist, daß von dem gesamten, zur Herstellung der Holzbalkendecken zur Verwendung gelangenden, konstruktivem Holzwerk, vorwiegend die in die Außenmauern gelagerten Balkenköpfe, sowie die neben die Außenwände gelagerten Ortbalcken starken Schädigungen durch holzerstörende Pilze ausgesetzt sind. Allerdings treten in den ersten Jahren nach Fertigstellung eines Neubaues Schwammerkrankungen relativ häufig in der Nähe von balkentragenden Innenmauern auf; sie nehmen jedoch nur dann einen größeren Umfang an, wenn noch lokale Sonderursachen, wie z. B. dauernd wiederholte Feuchtigkeitszuführungen in der Nähe von Wasserleitungen mitsprechen. Gewöhnlich sterben in der Umgebung der Innenmauern die Schwamm-Mycelien beim Eintritt normaler Feuchtigkeitsverhältnisse ab, während sie innerhalb und in der Nähe der Außenmauern stets längere Zeit und insbesondere bei ungünstiger Lage der Außenmauern nicht selten dauernd und bis zur vollständigen Vermorschung des befallenen Holzes ihr Zerstörungswerk verrichten. Diese

Erscheinung ist um so auffälliger, als in den ersten Jahren nach Fertigstellung eines Neubaus die Innenmauern einen höheren Feuchtigkeitsgrad zeigen als die Außenmauern, aus denen aus naheliegenden Gründen die Baufeuchtigkeit erheblich leichter zu beseitigen ist, und sie ist nur dadurch zu erklären, daß die Außenmauern in weit höherem Maße als die Innenmauern stets wiederholten Neudurchfeuchtungen ausgesetzt sind.

Als Hauptursache derartiger Neudurchfeuchtungen von Außenwänden wird ganz allgemein der dem Mauerwerk durch auftreffende starke Winde zugeführte Schlagregen angenommen. Das ist zweifellos in sehr vielen Fällen berechtigt und auch bei der Verwendung von wasserdichtem Außenputz insofern nicht von der Hand zu weisen, als die im Putz stets infolge der mannigfach wechselnden Witterungseinflüsse frühzeitig entstehenden Haarrisse wohl einen Zutritt des Regenwassers zum Mauerwerk zulassen, während dagegen eine Wiederverdunstung des eingedrungenen und infolge der Kapillarwirkung im Mauerwerk verteilten Wassers stark beeinträchtigt ist, da durch die Haarrisse nur ein geringer Luftwechsel stattfinden kann, bzw. nur eine geringfügige Verdunstungsfläche vorhanden ist.

Sehr bemerkenswert ist nun aber der Umstand, daß die starken Zerstörungen der Balkenköpfe in Außenwänden durchaus nicht etwa auf diejenigen Gebäudeseiten beschränkt bleiben, die dem Schlagregen in erster Linie ausgesetzt sind. Am stärksten treten gewöhnlich die Zerstörungen der Balkenköpfe an den nach Nordwesten, Norden und Nordosten gerichteten Seiten auf, während als eigentliche Wetterseiten, wenigstens im gesamten Flachlande Deutschlands — in gebirgigen Gegenden sprechen meist lokale Verhältnisse mit — nur die Südwest-, West- und Nordwestseite in Frage kommen. Wenn für einen gleichmäßig guten und sicheren Schutz der Wetterseiten, z. B. durch Verschieferungen oder Verkleidungen mittels Dachziegeln, Metalltafeln und dergleichen mehr, Sorge getragen ist, bleibt in der Regel gegenüber der Südwestseite eine unverkennbar stärkere Gefährdung der Nordwestseite vorhanden. Auch die meist noch weniger als die Südseite dem Schlagregen ausgesetzten Ost- und Südostseiten scheinen in bezug auf Schwammerkrankungen gefährdeter zu sein, als die erstere. Im östlichen Deutschland ist die Ostseite eines Gebäudes sogar noch mehr gefährdet, als die Nordwestseite. Zweifellos müssen bei solchen Zuständen Einflüsse vorliegen, die einerseits in der ungleichmäßigen Erwärmung des Mauerwerks sowohl von innen, entsprechend der Art der Benutzung der in Frage kommenden Räume, als auch von außen durch Sonnenbestrahlung, andererseits in der Abkühlung der betreffenden Gebäudeaußenseiten, insbesondere durch auftreffende, kalte Winde, ihren Ursprung haben und die im Zusammen-

hang stehen mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft in den Räumen, die unter den von Schwammerkrankungen betroffenen Decken liegen.

Dieser Zusammenhang ist darin zu erkennen, daß die die Holzbalkendecke durchdringende, erwärmte und daher in absolutem Sinne eine verhältnismäßig große Feuchtigkeitsmenge enthaltende Zimmerluft auf ihrem Wege durch die Decke zum großen Teil die Hohlräume, welche sich neben den in Außenwänden gelagerten Balkenköpfen befinden, durchströmt und hier in Zeiten niedriger Außentemperaturen zu umfangreichen Kondenswasserbildungen besonders dann Veranlassung gibt, wenn die betreffenden Außenmauern infolge ungünstiger Lage starken Abkühlungen, dagegen keiner oder nur geringer gelegentlicher Erwärmung, z. B. durch Sonnenbestrahlung, ausgesetzt sind.

Die Möglichkeit eines derartigen Vorganges ist bisher nicht beachtet infolge der Annahme, daß bei allen Heizmethoden, vielleicht mit alleiniger Ausnahme der Luftheizung, schon wegen der Saugwirkung der Heizungs- und Lüftungsrohre Unterdruck vorhanden sei. Die Folgerung, daß bei Unterdruck in einem Raume stets ein Ansaugen von Luft aus sämtlichen umgebenden Räumen stattfinden muß, eine Kondenswasserbildung also nicht stattfinden kann, trägt jedoch den tatsächlich maßgebenden Verhältnissen zu wenig Rechnung, wie folgende Ueberlegung zeigen mag.

Wenn in zwei übereinander liegenden Räumen gleiche Temperaturen und jeweils entsprechend gleichmäßig abnehmender Luftdruck herrscht, so daß z. B. Temperaturen von 12°C dicht über den Dielungen und von 28°C dicht unter den Decken bei einem Luftdruck von etwa 758—757 mm vorhanden sind, so wird die unterhalb der trennenden Decke befindliche Luft infolge der bei Erwärmung eintretenden Ausdehnung und ihres demzufolge geringeren Gewichts das Bestreben haben, die Decke zu durchdringen und in den oberen Raum einzutreten, ganz einerlei, ob außerhalb des Gebäudes ein Luftdruck von 760 oder 755 mm herrscht. In Räumen mit weißem Deckenputz in denen häufig geraucht wird, kann man gewöhnlich sehr bald die Lage und Richtung der Fugen der Deckenunterschaltung an deutlich wahrnehmbaren gelblich braunen Streifen erkennen, eine Erscheinung, die nur durch die Annahme erklärt werden kann, daß an diesen Stellen ein nicht unerheblicher Durchtritt von Zimmerluft stattfindet. Erleichtert wird der Eintritt der Zimmerluft in die Decke durch die starken (gewöhnlich 1 bis 2 cm breiten) Fugen der Unterschaltung und durch Risse im Putz, die meistens auf das Arbeiten des zu den Deckenkonstruktionen verwendeten Holzes zurückzuführen sind.

Wie bereits oben erwähnt, bedarf es, auch wenn eine künstliche Trocknung stattgefunden hat, zur Schaffung normaler Feuchtigkeitsverhält-

nisse innerhalb einer Holzbalkendecke bekanntlich stets noch einer mehrjährigen, natürlichen Austrocknung. Diese ist, abgesehen von verschiedenen wichtigen Nebenumständen (Stärke und Homogenität, Kapillarität und hygroskopische Eigenschaften der Materialien, Temperaturverhältnisse und Feuchtigkeitsgehalt der Luft) im Wesentlichen abhängig von dem Grade der Erneuerung der die feuchte Holzsubstanz berührenden Luft, also von dem Umfange des Luftwechsels, da eine Verdunstung des Wassers erst ermöglicht wird, wenn es mit atmosphärischer, nicht wassergesättigter Luft in Berührung steht.

Die den Feuchtigkeitstransport aus der Decke vermittelnde Luftbewegung durch die Decke kann keinesfalls unerheblich sein, wenn das Eintreten eines lufttrockenen Zustandes der Holzbalken nach Verlauf von etwa 3 Jahren angenommen wird und die Fertigstellung der Decke, wie dies gewöhnlich geschieht, bereits zu einer Zeit erfolgt ist, während die Balken noch eine Feuchtigkeitsmenge enthielten, die etwa derjenigen der Balken im waldfrischen Zustande entspricht. Ein kieferner Balken vom Querschnitt 20/26 cm enthält bei 5,50 m Länge im frischen Zustande an Feuchtigkeit mehr als im lufttrockenen über 50 l. Rechnet man — ohne den Feuchtigkeitsgehalt der übrigen Deckenkonstruktionsmaterialien zu berücksichtigen — für einen derartigen Balken etwa 5 qm Deckenfläche und die ständig gleichmäßige Aufnahmefähigkeit der die Decke ununterbrochen mit gleichem Druck durchdringenden Luft¹⁾ auf 4 ccm Wasser pro Kubikmeter Luft, was, wie weiter unten gezeigt werden wird, weitaus zu günstig angenommen ist und in diesem Umfange keinesfalls dauernd zutreffen kann, so ergibt sich, daß in den etwa 8 cm hohen Hohlräumen der Balkenfache die Luft dauernd in je einer Stunde etwa zweimal erneuert werden muß. Tatsächlich muß jedoch, wie sich aus den nachstehenden Ausführungen ergibt, zeitweise eine mehrfach verstärkte Luftbewegung durch die Decke vorhanden sein.

Dafür, daß eine sehr erhebliche Luftbewegung durch die Decke stattfindet, spricht auch die bekannte, auf Wärmeleitung allein unmöglich zurück-

1) 1 cbm Luft vermag an Wasserdampf aufzunehmen:

bei —10 ⁰	2,1 g Wasser	bei + 6 ⁰	7,3 g Wasser	bei +20 ⁰	17,3 g Wasser
„ — 6 ⁰	3,0 g „	„ + 8 ⁰	8,3 g „	„ +22 ⁰	19,4 g „
„ — 4 ⁰	3,6 g „	„ +10 ⁰	9,4 g „	„ +24 ⁰	21,8 g „
„ — 2 ⁰	4,2 g „	„ +12 ⁰	10,7 g „	„ +26 ⁰	24,5 g „
„ — 0 ⁰	4,9 g „	„ +14 ⁰	12,1 g „	„ +28 ⁰	27,3 g „
„ + 2 ⁰	5,6 g „	„ +16 ⁰	13,7 g „	„ +30 ⁰	30,4 g „
„ + 4 ⁰	6,4 g „	„ +18 ⁰	15,4 g „		

zuführende Erscheinung, daß Räume über ungeheizten Zimmern auch bei Verwendung termisch gut isolierender Materialien zur Herstellung der Fußbodenkonstruktionen immer fußkalt sind, während sie über geheizten, Räumen als fußwarm empfunden werden. Diesbezügliche Messungen in einem geheizten Zimmer, das über einem ungeheizten Raum lag, ergaben dicht über dem Fußboden dauernd Temperaturen von 10—12° C; genau die gleichen Temperaturen wurden aber auch festgestellt während einer sechstägigen Beobachtungszeit, in welcher der untere Raum geheizt war, der obere dagegen nicht. Die Außentemperaturen schwankten dabei zwischen — 2 und + 3° C. Der Luftdurchtritt findet nun in verstärktem Maße statt, wenn in dem unteren Raume die Rauch- und Lüftungsrohre ständig soweit geschlossen sind, daß gegenüber der Außenluft kein erheblicher Unterdruck entsteht, dagegen in dem oberen Raume geöffnet bleiben, sodaß hier ein nicht unerheblicher Unterdruck sich bemerkbar macht. Für die Kraft, mit welcher ein Durchdringen der Decke angestrebt wird, muß alsdann, außer dem bereits vorerwähnten Auftrieb, ein Druck maßgebend sein, dessen Größe dem Druckunterschied entspricht¹⁾. Das gleiche gilt, wenn in einem mit Luftheizung versehenen Raume Ueberdruck, in dem darüber befindlichen Raume jedoch Normaldruck vorhanden ist. Besonderer Wert muß jedoch auf die Feststellung gelegt werden, daß, selbst wenn in beiden in Frage kommenden Räumen, z. B. infolge von Undichtigkeiten der Türen und Fenster, ein bemerkenswerter Unterdruck gegenüber dem außerhalb des Gebäudes vorhandenen Luftdruck nicht auftritt, der durch die künstliche Erwärmung bedingte Auftrieb der Zimmerluft für sich allein völlig ausreicht, um ein Durchdringen der Decke mit warmer Luft zu verursachen.

Beim Durchdringen der Decke durchströmt die Luft zum größten Teile unter Zirkulationserscheinungen die an den Balkenköpfen vorhandenen

1) Nach der „Hütte“ (20. Aufl., Berlin 1908) Bd. II. S. 76: „Zug der Schornsteine“ berechnet sich die Größe des Unterdrucks (h_0), der durch einen Schornstein (H_r) von 12 m Höhe der Schornsteinmündung über dem Rost bei einem mittleren Durchmesser (d_0) von 14 cm ausgeübt wird, bei einer Außentemperatur (T_0) von —10° je nach der mittleren Temperatur (T_1) des Schornsteins aus der Formel:

$$h_0 = (H_r - 6d_0) \cdot \frac{1000}{2,93} \cdot \left(\frac{1}{273 + T_0} - \frac{1}{273 + T_1} \right)$$

auf 2 bis 7 mm Wassersäule, wobei jedoch die eventuelle Saugwirkung des Windes, die an gewöhnlichen Hausschornsteinen ohne Saugköpfe häufig stärker als 20 mm Wassersäule gemessen werden kann, nicht berücksichtigt ist. Es kann daher unter Umständen die Kraft, mit welcher eine Luftbewegung durch die Decke angestrebt wird, annähernd dem in Leuchtgasleitungen vorhandenen mittleren Druck, der etwa 30—40 mm Wassersäule beträgt, gleich werden.

Hohlräume (vergl. Fig. 1), da sie von hier aus einerseits das Füllmaterial leichter als auf dem direkten Wege durchdringen kann, andererseits durch die Fugen zwischen Scheuerleiste, Dielung und Wand in den oberen Raum bequemer als auf dem direkten Wege durch die Decke einzutreten vermag. Selbst wenn ein völlig dichter Abschluß des Hohlraumes nach dem Füllmaterial und der Scheuerleiste zu vorhanden sein sollte, muß beim Vorhandensein von Temperaturunterschieden notwendigerweise eine lokale Luftzirkulation an den Balkenköpfen (vergl. Fig. 2) erfolgen. In beiden Fällen

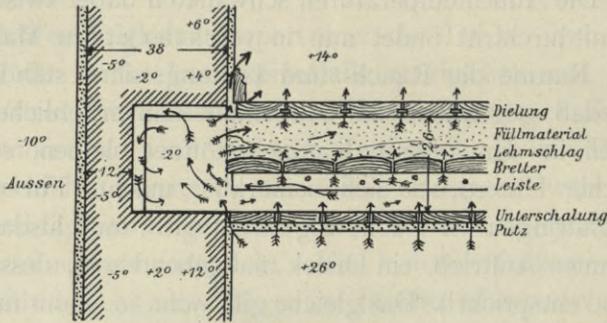


Fig. 1.

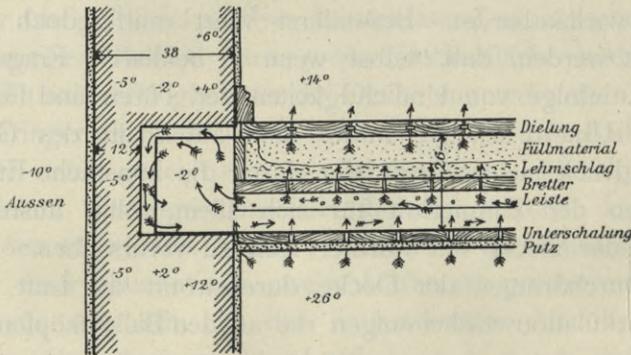


Fig. 2.

wird bei niedriger Außentemperatur fraglos zu einer ausgedehnten Schwitzwasserbildung Veranlassung gegeben, da an den Balkenköpfen wegen der Schwächung des Mauerquerschnitts nur ein geringer termischer Schutz vorhanden ist, und infolgedessen ein starker Wärmedurchgang stattfindet. Dem vor der Stirnfläche der Balkenköpfe verbleibenden, besonders durch auftreffende, starke Winde gelegentlich bis weit unter 0° abgekühlten Mauerwerk kann eine Temperaturerhöhung naturgemäß nur unter gleichzeitiger, entsprechender Temperaturerniedrigung der zirkulierenden Luft mitgeteilt werden. Da die mittlere Wärmemenge, durch welche 1 kg Mauerwerk um 1° C erwärmt wird (0,22 W.E.) etwa gleich derjenigen ist, durch welche

0,75 cbm Luft um 1° C erwärmt wird, bleibt die zirkulierende Luft in ihrer Menge verhältnismäßig viel zu gering, um eine so weitgehende Erwärmung des Mauerwerks herbeiführen zu können, daß die Temperatur an der Innenfläche des Mauerwerks dauernd höher liegt, als der Taupunkt der zirkulierenden Luft. Mit dem Beginn der Schwitzwasserbildung tritt allerdings eine nicht unerheblich erhöhte Wärmeabgabe infolge des Kondensvorganges (rund 0,54 W. E. pro cbm Kondenswasser) ein, die um so größer ist, je umfangreicher die Schwitzwasserbildung wird, und die außer von der Menge der die Hohlräume an den Balkenköpfen durchströmenden Luft abhängt von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, da der Beginn der Schwitzwasserbildung um so früher eintritt, je höher der Taupunkt liegt.

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung des Umfanges der Schwitzwasserbildung an den Balkenköpfen in Außenwänden ist nun der Umstand, daß die in der Nähe der Zimmerdecken befindliche Luft (gegenüber der im unteren Teile des Raumes vorhandenen) in der Raumeinheit nicht nur stets eine absolut höhere Wassermenge enthält, sondern daß sie nicht selten einen auch relativ wesentlich höheren Feuchtigkeitsgehalt aufweist. In geradezu auffälliger Weise ist dies der Fall, wenn eine künstliche Befeuchtung der Zimmerluft vorgenommen wird. Obwohl von namhaften Hygienikern auf die Ueberflüssigkeit, Zwecklosigkeit, ja unter Umständen geradezu gesundheitsschädliche Wirkung dieser Maßnahme oft genug nachdrücklich hingewiesen worden ist, wird eine künstliche Luftbefeuchtung ganz allgemein im Winter noch immer in ausgedehntester Weise vorgenommen¹⁾, weil die Zimmerluft in dieser Zeit durchweg einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt besitzt als im Sommer. Der Grund dieser Erscheinung liegt in dem Umstande, daß die im Winter an relativer Feuchtigkeit fast immer hochprozentige Frischluft doch an absoluter Feuchtigkeit nur ein geringes Quantum trägt, während die im allgemeinen im Sommer relativ verhältnismäßig trockene Frischluft absolut eine meistens bedeutend größere Feuchtigkeitsmenge enthält und die den Wohnräumen zugeführte Frischluft im Winter stark erwärmt, im Sommer dagegen zuweilen nicht unerheblich abgekühlt wird. Der zur Atmung geeignete

1) Nach RIETSCHEL, Leidfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen, Berlin 1909. I. Teil. S. 9 (vergl. auch S. 33 ff.) ist auf eine künstliche Anfeuchtung der Luft insoweit Bedacht zu nehmen, daß in geschlossenen Räumen im Winter — ohne Berücksichtigung der Wasserverdunstung der Anwesenden — bei vollem Lüftungsbetriebe ein Feuchtigkeitsgehalt von 50 Prozent der absoluten Sättigung zu erreichen ist.

Feuchtigkeitsgehalt von 30 bis 60 Prozent wird in Wohnräumen jedoch auch ohne künstliche Feuchtigkeitszuführung selbst bei strenger Kälte fast nie unterschritten, da infolge von Verdunstung, Ausatmung und Ausdünstung, sowie durch Verbrennungsvorgänge (s. w. u.) der Luft reichliche Mengen von Feuchtigkeit zugeführt werden.

In bezug auf die Feuchtigkeitsverteilung innerhalb der Zimmerluft sind nun die bestimmenden Umstände und ihre überaus zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten von so mannigfaltiger Wirksamkeit, daß auch unter scheinbar ganz gleichartigen Verhältnissen völlig übereinstimmende Beobachtungsergebnisse kaum erzielt werden können. Trotzdem erscheinen die letzteren doch so auffallend und von so großer Bedeutung für die Kondenswasserbildung innerhalb der Decke, daß sie hier nicht übergangen werden dürfen.

Die Resultate zahlreicher, vom Verfasser z. T. bereits im Jahre 1908 angestellten Messungen und Beobachtungen¹⁾, die naturgemäß nur von einem verallgemeinernden Standpunkte aus betrachtet werden dürfen, haben gezeigt, daß die Luft, ohne daß Feuchtigkeit künstlich zugeführt wurde, 6 bis 8 und zuweilen noch eine erheblich höhere Zahl von Feuchtigkeitsprozenten mehr unter der Decke enthielt als am Fußboden und zwar besonders dann, wenn lokale Luftströmungen nur in geringem Maße auftraten und Wirbelungen der Luft möglichst hintangehalten wurden, so daß ein nahezu stationärer Zustand herbeigeführt werden konnte. In anderen Fällen, beispielsweise bei beginnender Erwärmung des betreffenden Raumes (durch Ofenheizung) wurden den veränderten Verhältnissen entsprechend zeitweilig allerdings auch abweichende Beobachtungsergebnisse erzielt.

Bei künstlicher Luftbefeuchtung wurden in einem 3,1 m hohen Raume von 2,6 m Breite und 4,6 m Länge die in der nachstehend mitgeteilten Tabelle wiedergegebenen Resultate festgestellt. Die Werte bilden die arithmetischen Mittel aus den nahezu übereinstimmenden Angaben eines Haarygrometers und eines Augustschen Psychrometers und wurden in fast gleichen Zwischenräumen während der 3½ stündigen Dauer der Beobachtungen abgelesen. Die Außentemperatur betrug -12°C bei 85 Prozent Luftfeuchtigkeit. Der Raum hatte eine (2,6 m breite) Außenwand mit einem gut abgedichteten, mit gemeinsamen festen Pfosten und Kämpfer versehenen Doppelfenster, von dem jedoch ein unterer, innerer Flügel abgenommen war, so daß hier an dem Außenfenster eine starke Schwitzwasserbildung eintrat.

1) Vergl. NIEMANN, „Die Grundlagen und Mittel der vorbeugenden Hausschwammbekämpfung auf konstruktivem Wege“, erschienen bei A. Hoffmann, Leipzig 1909.

Die Heizung des Raumes, der durch zwei dicht schließende Türen zugänglich war, erfolgte durch einen Kachelofen.

Nahe dem Fußboden:		Nahe der Decke:	
Temperatur:	Feuchtigkeit:	Temperatur:	Feuchtigkeit:
12,0° C	34 %	27,0° C	41 %
11,5° C	36 %	27,0° C	45 %
11,5° C	39 %	27,0° C	50 %
11,0° C	47 %	27,5° C	64 %
11,5° C	50 %	27,5° C	75 %
11,0° C	58 %	27,0° C	84 %

Während der Dauer der Beobachtungen gelangten etwa 650 g Wasser zur Verdampfung; die Zunahme der in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit betrug nach überschläglicher Berechnung absolut insgesamt rund 230 g; die überschüssige Dampfmenge wurde durch Kondensierung wieder ausgeschieden, an hygroskopische Körper abgegeben oder mit entweichender Luft abgeführt. Die Bedeutung dieser Beobachtungen erhellt, wenn man für allgemeine Verhältnisse der rechnerischen Feststellung der anwesenden absoluten Feuchtigkeitsmengen eine Temperatur von 14° und einen Feuchtigkeitsgehalt von 38 Prozent am Fußboden und eine Temperatur von 26° und einen Feuchtigkeitsgehalt von 48 Prozent an der Decke zu Grunde legt, Zahlen, die nach den obigen Feststellungen nicht als extrem angesehen werden dürfen.

Da bei völliger Sättigung 1 cbm Luft bei 14° C 12,1 g, bei 26° C 24,5 g Wasser enthält, sind im ersten Falle bei 38 Prozent Feuchtigkeitsgehalt $\sim 4,6$ g, im zweiten Falle bei 48 Prozent Feuchtigkeitsgehalt $\sim 11,8$ g Wasser in der genannten Raumeinheit enthalten.

Bis zum Erreichen des Taupunktes müßte im ersten Falle die Temperatur der Luft auf -1° C, also um $14 - (-1) = 15^{\circ}$, im zweiten Falle auf $13,5^{\circ}$ C, also um $26 - 13,5 = 12,5^{\circ}$ erniedrigt werden¹⁾. Würde 1 cbm Luft von 26° C nur 4,6 g Wasser enthalten, so würde dies einem Feuchtigkeitsgehalt von ~ 19 Prozent entsprechen und es müßte bis zum Erreichen des Taupunktes eine Temperaturerniedrigung um $26 - (-1) = 27^{\circ}$ C erfolgen.

1) Bei dieser Berechnung, sowie bei den weiterhin durchgeführten rechnerischen Nachweisen ist im Interesse der Uebersichtlichkeit und Klarheit der Ausführungen darauf verzichtet, die Volumänderungen der Raumeinheit bei Temperaturschwankungen zu berücksichtigen, obwohl dadurch die Bedeutung der Kondensationsvorgänge im Sinne der Ausführungen noch erhöht wird. Desgleichen ist auf den Einfluß der Luftdruckänderung auf die Kondenswasserbildung nicht besonders Bezug genommen.

Bei gleichem relativen Feuchtigkeitsgehalt von beispielsweise $\frac{38+48}{2}$ = 43 Prozent würden in 1 cbm Luft enthalten sein, oben: 10,54 g, unten: 5,2 g Wasser. Dementsprechend müßten sich auch die weiterhin errechneten Werte verschieben und zwar würde der Taupunkt oben bei + 11,8°, unten bei + 1° liegen. Eine Abkühlung von 26° auf 11,8° würde eine Temperaturerniedrigung um ~ 40 Prozent bedeuten und gleich sein einer unteren Abkühlung um 9,6°, also von 14° auf 4,4° C. Würden sich die Feuchtigkeitsverhältnisse weiterhin verschieben, so daß unten ein mehr und mehr erhöhter Feuchtigkeitsgehalt einträte, so würde, auch wenn ein Abwärts-sinken der abgekühlten oberen Luft nicht erfolgte, die Schwitzwasserbildung schließlich unten früher eintreten müssen, als oben. Bei den in Rede stehenden Verhältnissen würde dieser Zustand eintreten, sobald die relative Feuchtigkeit unten 50 Prozent (gegenüber oberen 43 Prozent) überschritte.

Bei einer angenommenen Außentemperatur von -10° muß nun aber eine Abkühlung von 26° auf 13,5° ungleich schneller erfolgen, als eine solche von 14° auf -1° , und zwar nicht allein wegen der im zweiten Falle absolut größeren Temperaturerniedrigung, sondern weil im ersten Falle eine erheblich größere Differenz der Innen- und Außentemperaturen in Frage kommt. Gleichartige Verhältnisse, z. B. in Bezug auf Beschaffenheit der Wandflächen, vorausgesetzt, würde in diesem Falle eine Abkühlung von 26° auf 13,5° eine prozentuale Temperaturerniedrigung um $\frac{26-13,5}{26+10} \cdot 100$ = ~ 35 Prozent bedeuten; dadurch könnte bei + 14° aber nur eine Abkühlung um $(14+10) \cdot 0,35 = 8,4 = \sim 8,5^{\circ}$ erzielt und dementsprechend eine Temperaturerniedrigung von 14° auf $14-8,5 = 5,5^{\circ}$ verursacht werden, wodurch nur eine Heraufsetzung des relativen Feuchtigkeitsgehaltes auf ~ 65 Prozent erreicht wird. Daraus allein erklärt sich jedoch noch nicht ohne weiteres die wohl allgemein bekannte und in der fachtechnischen Literatur gelegentlich erwähnte Erscheinung, daß Kondenswasserniederschläge an den Innenflächen von Außenwänden¹⁾ immer nur in einem

1) Dieselben können am besten an Außenwänden, die von Fenstern nicht unterbrochen sind, beobachtet werden, und machen sich auch in solchen Fällen, in denen Feuchtigkeitsstreifen nicht besonders augenfällig werden, durch das Loslösen der Tapeten von den Wänden bemerkbar. — Bemerkenswert ist noch, daß, wenn z. B. durch Regenfallrohre, die in die Außenwand verlegt sind, der Querschnitt und somit auch der termische Schutz des Mauerwerks verringert wird, auch senkrechte Streifen sichtbar auftretenden Kondenswassers gebildet werden können.

nahezu gleichmäßig breiten, horizontalen Streifen unter der Decke auftreten¹⁾).

Die unter der Decke bis zur Schwitzwasserbildung abgekühlte Luft ist fraglos wassergesättigt und müßte natürlich, da sie infolge ihrer durch die Abkühlung bedingten, größeren Schwere an der Wand herabsinkt und hier immer niedrigere Temperaturen vorfindet, auch auf dem gesamten übrigen Teile der betreffenden Wand Kondenswasser ausscheiden, außerdem aber auch im unteren Teil des ganzen Raumes einen relativ hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft verursachen.

Für den physikalischen Vorgang beim Eintritt der Kondenswasserbildung und für die Geschwindigkeit der Abwärtsbewegung der Luft an der Innenwandfläche der Außenwand ist nun zunächst von besonderer Wichtigkeit die Tatsache, daß die Raumeinheit wassergesättigter Luft bei gleicher Temperatur und gleichem Luftdruck leichter ist als trockene Luft und zwar für 1 cbm (bezogen auf 1 at = 735,5 mm Luftdruck) bei -10° um 1 g, bei 0° um 3 g, bei 14° um 7 g, bei 26° um 15 g u. s. f. (vgl. „Hütte“, 20. Aufl., Berlin 1908, S. 322 flg.). Die Gewichtsvermehrung der Luft, die bei gleichbleibendem Druck für die Raumeinheit infolge der Temperaturerniedrigung bis zum Taupunkt (bezogen auf die Raumeinheit) eintritt, ist jedoch größer als die Gewichtsverminderung infolge Erhöhung des Sättigungsgrades, so daß während der Abkühlung von Luft (bei gleichbleibendem Druck) unter allen Umständen eine Erhöhung des Gewichts der Raumeinheit und infolgedessen ein Herabsinken der abgekühlten Luft an der Innenfläche des Außenmauerwerks stattfinden muß.

Die Tatsache, daß trotz dieses Vorganges eine Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes der dicht über dem Fußboden befindlichen Luft nicht eintritt, sondern daß nach wie vor die Luft unter der Decke in der Raumeinheit einen auch relativ höheren Feuchtigkeitsgehalt aufweist, dürfte ihre Erklärung darin finden, daß der mit der Luft ein Gasgemenge bildende Wasserdampf infolge seines geringeren spezifischen Gewichts (bezogen auf Luft 0,6223) eine aufsteigende Tendenz und somit eine Eigenbewegung zeigt, die durch die Diffusion keineswegs aufgehoben wird und sich um so

1) Bei aufmerksamer Beobachtung kann man an balkentragenden Außenwänden zuweilen erkennen, daß der Kondenswasserstreifen an denjenigen Stellen, die unter Balken liegen, deutliche Ausbuchtungen nach unten zeigt. Daraus ist zu schließen, daß infolge der Kondenswasserbildung an Balkenköpfen innerhalb der Wand das Auftreten des Feuchtigkeitsstreifens unter der Decke durch das im Mauerwerk herabsinkende Kondenswasser verstärkt wird, oder auch, daß das letztere, besonders bei stärkeren Außenwänden, möglicherweise für sich allein die genannte Erscheinung hervorruft.

kräftiger bemerkbar macht, je ruhiger die Luft und je höher ihr Sättigungsgrad ist.

Da nun die Bewegung der an kalten Außenwänden herabsinkenden Luft wegen des geringeren Wärmeausgleichs ganz erheblich langsamer ist als an Fensterscheiben, findet der Wasserdampf im ersten Falle Zeit, wieder aufzusteigen, während er im zweiten Falle durch die heftigere Luftbewegung mitgerissen wird; dadurch wird es auch erklärlich, daß Kondenswasserbildungen nur auf dem oberen Teile der Innenflächen von Außenwänden auftreten, an Fensterscheiben sich dagegen auf der ganzen Fläche Wasser niederschlägt, und zwar am unteren Teile derselben in stärkerem Maße als am oberen.

Infolge der unverkennbaren, in aufsteigender Richtung erfolgenden Eigenbewegung des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes ist ferner auch darauf zu schließen, daß aus dem dicht unter der Decke vorhandenen Gasgemisch der Wasserdampf in die Decke prozentual in höherem Grade eintritt, als aus den Ergebnissen der Messungen betreffend die Zusammensetzung des Gasgemenges dicht unter der Decke geschlossen werden kann. Aber selbst, wenn man eine derartige Möglichkeit unberücksichtigt läßt, ist aus der Lage des nach der vorstehenden Berechnung auf $+13,5^{\circ}$ C festgestellten Taupunktes der Luft auf eine bemerkenswerte Kondenswasserbildung nicht nur an den Balkenköpfen, sondern in der gesamten Decke zu schließen, sobald der über der Decke liegende Raum nicht geheizt ist und somit dicht über dem Fußboden desselben Temperaturen von 12° bis 10° C und weniger, also Temperaturen, die unter dem Taupunkt der die Decke durchdringenden Luft liegen, auftreten. Daraus erklärt sich auch das Auftreten von Wassertropfen unter den Dielungen, das zuweilen beobachtet werden kann, wenn dieselben während der kalten Jahreszeit gelegentlich aufgenommen werden.¹⁾

Weiterhin gibt dieser Vorgang auch Aufschluß über die Ursache der mitunter überaus starken Zerstörung der Balkenlage über dem obersten Wohngeschoß. Eine Schwammerkrankung dieser Balkenlage tritt in gewissem Umfange fast stets ein, wenn der Dachbodenraum besonders kalt liegt, und es kann mit vollkommener Sicherheit nachgewiesen werden, daß in solchen Fällen die Schwammzerstörungen um so stärker werden, je poröser die Deckenunterfläche und je dichter der über den Balken liegende

1) Vielleicht wird durch diesen Vorgang auch die Tränenbildung, die durchaus nicht für den *Merulius domesticus* allein charakteristisch ist, und die nur in sehr feuchter Luft auftritt, beeinflusst.

Fußboden gestaltet wird.¹⁾ Schwammerkrankungen dieser Balkenlage zeigen sich am wenigsten, wenn die Deckenunterfläche sehr dicht gestaltet wird und die über der Balkenlage verlegte Dielung starke Fugen aufweist, da dann der Umfang der Kondenswasserbildung geringer wird und infolge der im Sommer im Dachbodenraum herrschenden sehr hohen Temperatur auch eine gründliche Trocknung der Decke vermittelt wird.²⁾

In Bezug auf die Feuchtigkeitzuführung zu den Deckenkonstruktionsmaterialien ist außer dem bisher Gesagten noch zu beachten, daß eine nicht unerhebliche Wasserabgabe aus der die Decke durchdringenden Luft an die hygroskopischen Baumaterialien bereits stattfinden kann, ehe eine Abkühlung bis zum völligen Erreichen des Taupunktes eingetreten ist.

Bei der Beurteilung dieser Vorgänge darf allerdings nicht außer Acht gelassen werden, daß durch die die Decke durchströmende Luft auch eine austrocknende Wirkung ausgeübt werden kann, wenn sie auf ihrem Wege eine Wärmezunahme erfährt, wie dies z. B. in der Nähe von Öfen und Rauchrohren geschehen kann, oder wenn sie einen so geringen Feuchtigkeitsgehalt besitzt, daß die eintretende Abkühlung nicht ausreicht, um ihren Feuchtigkeitsgehalt relativ soweit zu erhöhen, daß eine Feuchtigkeitsabgabe möglich wird. Die Austrocknung kann jedoch immer nur verhältnismäßig langsam vor sich gehen, da das in die Baumaterialien eingedrungene und in denselben verteilte Wasser nur an den Stellen wieder aufgenommen wird, an denen die Luft aufnahmefähig ist und Luftwechsel auftritt. Daher kann eine allgemeine Verringerung des Wassergehaltes der Baumaterialien auch erst entsprechend der Größe der Kraft, mit welcher ein Ausgleich der eintretenden lokalen Unterschiede angestrebt wird, stattfinden und ist ferner abhängig von der Zeit, die für eine entsprechende Feuchtigkeitswanderung innerhalb der Baustoffe bis zu den betreffenden, von der Luft berührten Oberflächen erforderlich bleibt. Noch dazu ist wegen der hygroskopischen Eigenschaften der in Betracht kommenden Baumaterialien die austrocknende Wirkung der Luft verhältnismäßig gering und nimmt bei trockener werdenden Materialien, wie auch bei zunehmendem Eigenfeuchtigkeitsgehalt

1) Derartige Balkendecken sind z. B. über Schulräumen, in denen bekanntlich die Luft zeitweise einen sehr hohen relativen Feuchtigkeitsgehalt aufweist, besonders dann sehr schnell und vollständig zerstört worden, wenn über der Balkenlage ein Fußboden aus Gipsestrich, Steinholz oder dergleichen hergestellt war.

2) Aus dem Verhalten dieser Balkendecke können naturgemäß Folgerungen für eine zweckmäßige Gestaltung der übrigen Holzbalkendecken, die zwischen Wohnräumen liegen, nicht geschlossen werden, da über den letzteren weder so niedrige Temperaturen im Winter, noch so hohe Temperaturen im Sommer vorkommen, die erstgenannte Decke also gewissermaßen eine Sonderstellung einnimmt.

(der Luft) so schnell ab, daß sie als überhaupt vorhanden nur solange angenommen werden kann, als der Wassergehalt der die Decke durchströmenden Luft bei stark feuchten Materialien nicht ~ 85 Prozent, bei mäßig feuchten Materialien nicht ~ 70 Prozent überschritten hat. Derartige Feuchtigkeitsgrade sind jedoch stets zu erwarten, solange eine nennenswerte Abkühlung der Luft während ihrer Bewegung durch die Decke eintritt und das ist im Allgemeinen immer dann der Fall, wenn durch die Temperaturverhältnisse eine kräftig aufsteigende Bewegung der Luft bedingt ist.

Das Charakteristische und Bedeutungsvolle der besprochenen Vorgänge liegt, kurz zusammengefaßt, darin:

daß im Wesentlichen nur diejenigen Faktoren, die für die Kondenswasserbildung in Decken und Mauern in erster Linie in Frage kommen, eine lebhafte Luftbewegung durch die Decke verursachen; sobald ihre Werte sich jedoch soweit verschoben haben, daß eine Feuchtigkeitsabgabe nicht mehr eintreten kann, findet im Allgemeinen auch nur noch eine geringe Luftbewegung durch die Decke statt, und es ist demzufolge auf eine immer nur verhältnismäßig geringe und langsame Austrocknung zu schließen.

Um nun Mittel und Wege für zweckmäßige Konstruktionen zur Verbesserung der Austrocknung einer Holzbalkendecke und zur Verhinderung der Kondenswasserbildung an den Balkenköpfen zu finden, ist es von ganz besonderer Wichtigkeit die Feuchtigkeitswanderung innerhalb einer Holzbalkendecke, den Umfang der Kondenswasserbildung an den Balkenköpfen in Außenwänden, sowie den Trocknungsvorgang genauen Untersuchungen zu unterziehen.

Bei der außerordentlichen Vielgestalt der maßgebenden Verhältnisse dürfen naturgemäß genau zutreffende Rechnungsergebnisse nicht erwartet werden. Immerhin ist es möglich ein allgemeines und durchaus charakteristisches Bild der in Frage kommenden Vorgänge zu gewinnen.

In dem Folgenden sollen bezügliche Betrachtungen für je einen nach Norden und einen nach Süden gelegenen und der Sonnenbestrahlung ausgesetzten Raum durchgeführt und auf je einen über der Mitte des betreffenden Raumes liegenden Balken bezogen werden, dessen eines Ende in die (38 cm starke) Außenwand gelagert ist und für den die Annahmen in Bezug auf die Abmessungen, Deckenfläche, Feuchtigkeit u. s. w., die für das auf Seite 74 erwähnte Beispiel angegeben sind, übernommen werden. Dabei sind die Jahreszeiten insofern gegliedert, als die Zeit, in welcher ganz allgemein nicht geheizt wird, also die Zeit von Mitte April bis Mitte Oktober, insgesamt 6 Monate, als Zeitperiode I, die Zeit, in welcher bereits geheizt wird aber noch mäßige Außentemperaturen herrschen, also die Zeit von

Mitte Oktober bis Mitte Dezember und von Mitte Februar bis Mitte April, insgesamt 4 Monate, als Zeitperiode II und die Zeit, in welcher stets geheizt wird und die niedrigsten Außentemperaturen herrschen, also die Zeit von Mitte Dezember bis Mitte Februar, insgesamt 2 Monate, als Zeitperiode III bezeichnet wird. Des Weiteren sind als Grundlagen für die Berechnung die — soweit zugänglich nach Messungen, im übrigen nach vorsichtigen Schätzungen — in der nachstehenden Tabelle wiedergegebenen Werte in bezug auf die in Frage kommenden Temperaturen, sowie für die der Größe der Kraft, mit welcher eine Durchdringung der Decke mit Luft angestrebt wird, entsprechend in Rechnung zu stellenden Koeffizienten festgestellt worden.

Zeitperiode	Temperatur unter der Decke	Temperatur am Balkenkopf	Temperatur über der Decke	Durchdringungs-koeffizient
für das südlich gelegene Zimmer				
I	22 ⁰	20 ⁰	18 ⁰	1
II	24 ⁰	8 ⁰	16 ⁰	2
III	26 ⁰	2 ⁰	14 ⁰	3
für das nördlich gelegene Zimmer				
I	20 ⁰	16 ⁰	16 ⁰	0,7
II	23 ⁰	5 ⁰	15 ⁰	1,7
III	26 ⁰	0 ⁰	14 ⁰	3

Unter Zugrundelegung der Annahme, daß der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft beim Eintritt in die Decke 45 Prozent, beim Verlassen der Decke 85 Prozent beträgt, ergeben sich für die Feuchtigkeitsaufnahmefähigkeit und daraus für die mögliche Feuchtigkeitsaufnahme durch je 1 cbm der die Decke durchdringenden Luft die in der folgenden Tabelle wiedergegebenen Werte:

In der Zeitperiode	I	II	III
über dem südlichen Raume			
absolute Feuchtigkeitsmenge in 1 cbm Luft:			
beim Verlassen der Decke	13,1 g	11,5 g	10,3 g
beim Eintritt in die Decke	8,7 g	9,8 g	11,0 g
Feuchtigkeitsaufnahme	4,4 g	1,7 g	-0,7 g
über dem nördlichen Raume			
absolute Feuchtigkeitsmenge in 1 cbm Luft:			
beim Verlassen der Decke	11,6 g	10,9 g	10,3 g
beim Eintritt in die Decke	7,8 g	9,3 g	11,0 g
Feuchtigkeitsaufnahme	3,8 g	1,6 g	-0,7 g

Hiernach findet während der Zeitperiode III bereits eine Wasserabgabe statt; dieselbe soll jedoch nicht berücksichtigt werden, da der Taupunkt noch nicht erreicht ist. Eine Feuchtigkeitsabgabe soll in dem Folgendem allgemein nur soweit in Betracht gezogen werden, als der Taupunkt unterschritten wird 1).

Wenn man nun annimmt, daß die über dem südlich gelegenen Raume befindliche Decke in zwei und die über dem nördlich gelegenen Raume vorhandene Decke in drei Jahren ausgetrocknet sein soll, so ergibt sich — unter Berücksichtigung der in den obigen Tabellen festgestellten Werte und unter der Annahme, daß jeder Balken pro lfd. m (also auch pro qm Deckenfläche und zwar ohne Einrechnung der in den übrigen Deckenkonstruktionsmaterialien vorhandenen, überschüssigen Feuchtigkeit) noch $10\text{ l} = 10000\text{ ccm}$ bzw. g übernormaler Feuchtigkeit (s. w. o.) enthält — die Anzahl (x) der cbm Luft, die im Laufe eines Monats (beim Durchdringungskoeffizienten 1) die Decke durchdringen muß aus der Gleichung:

1) für den südlich gelegenen Raum:

$$2 \cdot 6 \cdot x \cdot 4,4 + 2 \cdot 4 \cdot 2 \cdot x \cdot 1,7 = 52,8x + 27,2x = 80x = 10000.$$

2) für den nördlich gelegenen Raum:

$$3 \cdot 6 \cdot 0,7 \cdot x \cdot 3,8 + 3 \cdot 4 \cdot 1,7 \cdot x \cdot 1,6 = 47,9x + 32,6x = 80,5x = 10000.$$

Beide Gleichungen ergeben fast genau den gleichen Wert; abgerundet ist anzunehmen $x = 120\text{ cbm}$. Es tritt danach eine Durchdringung mit Luft pro qm Deckenfläche ein:

	Zeitperiode	pro Monat in cbm	pro Tag in cbm	pro Stunde in cbm
des südlich gelegenen Raumes	I	120	4	$\frac{1}{6}$
	II	240	8	$\frac{1}{3}$
	III	360	12	$\frac{1}{2}$
des nördlich gelegenen Raumes	I	85	2,8	$\frac{2}{17}$
	II	205	6,8	$\frac{2}{7}$
	III	360	12	$\frac{1}{2}$

1) Selbstverständlich kann einerseits an sehr nassen Materialien eine Sättigung der berührenden Luft bis über 85 Prozent erfolgen, dagegen muß, wie bereits erwähnt, andererseits eine nicht unerhebliche Feuchtigkeitsabgabe an die hygroskopischen Materialien erfolgen, ehe der Sättigungspunkt vollkommen erreicht ist. Von Einfluß ist dabei die Geschwindigkeit der Bewegung der Luft. Die verschiedenartigen Zustände ergeben nun aber sovieler Kombinationsmöglichkeiten bei einer verhältnismäßig geringfügigen resultierenden Wirkung, daß es zur Ermöglichung einer ausreichend klaren und übersichtlichen Rechnung zweckmäßig erscheint, die bis auf über 85 Prozent gesättigte Luft für die Feuchtigkeitsaufnahme, sowie die noch nicht bis auf 100 Prozent gesättigte Luft für die Feuchtigkeitsabgabe außer Betracht zu lassen.

Für die Beurteilung des weiteren Vorganges ist nun anzunehmen, daß von der in die Decke eindringenden Luft etwa ein Drittel die Hohlräume an den in Außenwände gelagerten Balkenköpfen durchströmen wird. Dann tritt eine besonders zu beachtende, innerhalb der Decke stattfindende Verschiebung der Feuchtigkeitsverhältnisse, die sehr wohl von den Vorgängen nach Eintritt normaler Feuchtigkeitsverhältnisse unterschieden werden muß, besonders stark im Laufe des ersten Jahres nach Fertigstellung des Neubaus ein.

In dieser ersten Zeit, wenn das Balkenholz noch überall einen starken Feuchtigkeitsgehalt besitzt, reichert sich die in die Decke eindringende Luft sogleich mit Feuchtigkeit hochgradig an und ist beim Zutritt zu den Balkenköpfen mit Wasser nahezu gesättigt. Wenn man annimmt, daß sie beim Zutritt zu den Balkenköpfen an relativer Feuchtigkeit 85 Prozent enthält, so stellt sich für die Zeitperiode III rechnerisch (bei 5,00 m freier Balkenlänge und einer dementsprechend auf $5 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \sim 0,8$ cbm anzunehmenden, den Balkenkopf im Laufe einer Stunde umspülenden Luftmenge) die ausgeschiedene Kondenswassermenge für einen in die südliche Außenwand eingelagerten Balkenkopf auf $0,8 \cdot (20,8 - 5,6) = 0,8 \cdot 15,2 = \sim 12,2$ g pro Stunde = ~ 290 g pro Tag = $\sim 8,7$ l pro Monat, für einen in die nördliche Außenwand eingelagerten Balkenkopf auf $0,8 \cdot (20,8 - 4,9) = 0,8 \cdot 15,9 = \sim 12,7$ g pro Stunde = ~ 305 g pro Tag = $\sim 9,2$ l pro Monat.

Auch während der Zeitperiode II findet ein erheblicher Feuchtigkeitstransport nach den Balkenköpfen zu statt, der rechnerisch in gleicher Weise auf 5,8 bzw. 6,4 l für den Balkenkopf im Monat festzustellen ist. Während der Zeitperiode I kommt ein nennenswerter Transport von Deckenfeuchtigkeit nach den Balkenköpfen zu auch an der Nordwand nicht in Frage, dagegen ist aber auch eine bemerkenswerte Austrocknung der Balkenköpfe während der Sommermonate des ersten Jahres höchstens bei den in die Südwand eingelagerten Balkenköpfen zu Zeiten starker Sonnenbestrahlung der Wand anzunehmen, im übrigen aber nicht zu erwarten, da die zutretende Luft sich bereits, ehe sie die Balkenköpfe erreicht, an den feuchten Deckenkonstruktionsmaterialien hochgradig gesättigt hat.

Auch die die Decke in vertikaler Richtung direkt durchdringende Luft besitzt einen austrocknenden Wert in der ersten Zeit ebenfalls nur für den unteren Teil der Decke. Solange sie sich hier hochgradig mit Feuchtigkeit sättigen kann, d. h. solange der untere Teil der Decke nicht stark ausgetrocknet worden ist, wird eine Trocknung des oberen Teiles der Decke nicht eingeleitet werden können; im Gegenteil ist zeitweise insbesondere

während der Zeitperioden II und III eine Wiederabgabe eines Teiles der von der die Decke durchdringenden Luft im unteren Teile der Decke aufgenommenen Feuchtigkeit zu erwarten, da die Temperatur über der Decke und dementsprechend in ihrem obersten Teile erheblich tiefer liegt als diejenige unter der Decke und demnach auch in ihrem unteren Teile.

Es erfolgt daher während der ersten Zeit nach Fertigstellung eines Neubaus innerhalb der Decken vorzugsweise eine Feuchtigkeitswanderung und zwar aus denjenigen Teilen der Decke, die gleiche oder nahezu gleiche Temperaturen wie die nahe unter der Decke befindliche Luft haben, nach den Konstruktionsteilen hin, die geringere Temperaturen aufweisen, also einerseits, und zwar in geringem Umfange, nach dem oberen Teile der Decke zu, andererseits sehr stark nach denjenigen Konstruktionsteilen hin, die in nächster Nähe und vor allen Dingen innerhalb der Außenwände liegen. An diesen letzteren Teilen kommt dann außerdem noch als Kondenswasser ein Teil derjenigen Feuchtigkeit mit in Betracht, die von der in die Decke eindringenden Luft in diese hineingetragen wird und die ganz allein für sich betrachtet werden muß, sobald diejenigen Konstruktionsmaterialien, die von der den Balkenköpfen zuströmenden Luft berührt werden, einen normalen Feuchtigkeitsgehalt angenommen haben.

Es ist anzunehmen, daß, abgesehen von den Holzteilen in der Nähe der Außenwände, das übrige konstruktive Holzwerk, soweit es die unteren Deckenhohlräume berührt, sehr bald — etwa nach Verlauf eines Jahres — einen normalen Feuchtigkeitsgehalt aufweist. Mit zunehmender Trockenheit dieses Holzwerks gelangt auch die die Decke durchdringende Luft zu den infolge der Feuchtigkeitswanderung noch besonders befeuchteten Stellen mit einem immer weniger hohen relativen Feuchtigkeitsgehalt, und es kommt schließlich, sobald in dem größten Teile der unteren Decke normale Feuchtigkeitsverhältnisse eingetreten sind, für eine Feuchtigkeitszuführung zu den besonders ungünstig gelegenen Konstruktionsteilen, insbesondere zu den Balkenköpfen in Außenwänden, im wesentlichen nur noch die Feuchtigkeit in Frage, die bereits in der in die Decke von unten eintretenden Luft enthalten ist und durch den Kondensierungsgang aus derselben ausgeschieden wird. Ueber den Umfang dieser Feuchtigkeitszuführung läßt sich an Hand der vorstehend gemachten Annahmen und Berechnungen folgendes Bild gewinnen:

Während der Zeitperiode III durchströmen die Hohlräume an den Balkenköpfen in der südlichen Außenwand $\sim 0,8$ cbm Luft pro Stunde = ~ 20 cbm pro Tag, die von 26° (bei 45 Prozent relativer Feuchtigkeit) auf $+2^{\circ}$ abgekühlt werden und die $20 \cdot (11,0 - 5,6) = 20 \cdot 5,4 = \sim 110$ ccm pro Tag

= $\sim 3,3$ l pro Monat an Kondenswasser abgeben. Der stärkeren Abkühlung an den Balkenköpfen in der nördlichen Außenwand (auf 0°) entspricht eine Feuchtigkeitsabgabe von ~ 122 ccm pro Tag = $\sim 3,7$ l pro Monat. Während der Zeitperiode II sind zu rechnen für je einen Balkenkopf: in der Süd- wand $0,55$ cbm Luft pro Stunde = ~ 13 cbm pro Tag, die von 24° auf 8° abgekühlt werden und ~ 20 ccm pro Tag = $\sim 0,6$ l pro Monat an Kondens- wasser abgeben, in der Nordwand $0,47$ cbm Luft pro Stunde = ~ 11 cbm pro Tag, die von 23° auf 5° abgekühlt werden und ~ 28 ccm pro Tag = $\sim 0,84$ l an Kondenswasser ausscheiden. Die Kondenswasserausscheidung ist danach in beiden Zeitperioden zusammengerechnet an einem Balken- kopfe: in der Südwand = $2 \cdot 3,3 + 4 \cdot 0,6 = 9$ l, in der Nordwand = $2 \cdot 3,7 + 4 \cdot 0,84 = \sim 10,8$ l, also nicht sehr verschieden. Ihre Bedeutung erhellt jedoch, sobald man den Umfang der Wiederaustrocknung in gleicher Weise berechnet.

Die Balkenköpfe in der Südwand werden umspült von je $0,28$ cbm Luft pro Stunde = $\sim 6,7$ cbm pro Tag. Die Luft dringt in die Decke ein mit 22° und 45 Prozent relativem Feuchtigkeitsgehalt und sättigt sich an den Balkenköpfen bis auf 85 Prozent bei 20° . Sie nimmt danach auf ~ 40 ccm pro Tag = $\sim 1,2$ l pro Monat. Die Balkenköpfe in der Nordwand da- gegen werden umspült von $\sim 0,20$ cbm Luft pro Stunde = $\sim 4,8$ cbm pro Tag. Die Luft dringt in die Decke ein mit 20° bei 45 Prozent relativem Feuchtigkeitsgehalt und sättigt sich an den Balkenköpfen bis auf 85 Prozent bei 16° . Sie nimmt danach auf $\sim 18,2$ ccm pro Tag = $\sim 0,54$ l pro Monat. Es können also während der gesamten Zeitperiode III durch vorbeiströmende Luft wieder aufgenommen werden an einem Balkenkopfe: in der Südwand $7,2$ l, in der Nordwand $3,2$ l, das sind im ersten Falle 80 Prozent, im zweiten Falle 30 Prozent der während der beiden anderen Zeitperioden aus- geschiedenen Kondenswassermengen.

Für den gesamten Vorgang der Feuchtigkeitszu- und -fortführung ist nun zu beachten, daß naturgemäß nur ein Teil des Kondenswassers an die Holzmaterialien übergeht, während ein anderer Teil von dem Mauerwerk aufgenommen wird. Bei Beurteilung der ganzen Sachlage und unter Be- rücksichtigung der verschieden starken hygroskopischen Eigenschaften von Holz und Mauerwerk darf man mit einiger Sicherheit schließen, daß etwa die Hälfte des gebildeten Kondenswassers an das konstruktive Holzwerk übergeht.

Infolge der Kapillarwirkung wird nun das letztere innerhalb des Balkenholzes nach der Balkenmitte hin befördert und zwar vorzugsweise in der Faserrichtung, wobei sich jedoch, insbesondere bei größeren Feuchtig- keitsmengen die Wirkung der Schwere des Wassers unverkennbar bemerk-

bar macht. Während seiner kapillaren Bewegungen wird nun dieses Kondenswasser an den Balkenoberflächen, und zwar in erster Linie an denjenigen Flächen, die die unteren Deckenhohlräume begrenzen, von der in die Decke von unten eindringenden Luft wieder aufgenommen, sodaß es sich in den äußeren Holzlamellen nur zeitweise bis auf kurze Entfernungen von den Balkenköpfen zeigt, während es dagegen im Balkeninneren verhältnismäßig weit nach der Balkenmitte hin vorzudringen vermag. An dieser Stelle mag darauf aufmerksam gemacht sein, daß mit den hier nachgewiesenen Feuchtigkeitwanderungen die in der Praxis am häufigsten zu beobachtenden Zerstörungen in geradezu auffälliger Weise übereinstimmen.

Das während der kapillaren Feuchtigkeitwanderung von der berührenden Luft aufgenommene Wasser wird nun zum kleinen Teile direkt durch die Decke abgeführt, zum größeren Teile jedoch mit der den Hohlräumen an den Balkenköpfen zuströmenden Luft diesen wieder zugeführt und durch Kondensierung wieder ausgeschieden, wobei etwa die Hälfte an das Holzwerk zurück-, die andere Hälfte an das Mauerwerk abgegeben wird¹⁾. Dieser Kreislauf wiederholt sich insbesondere während der Zeitperioden II und III ständig, während er in der Zeitperiode I nur unter ungünstigen Umständen einzutreten vermag, da im Allgemeinen eine Kondenswasserausscheidung während dieser Zeitperiode nicht eintreten wird.

Bezüglich des während der Zeitperiode I stattfindenden Trocknungsvorganges ist noch zu bemerken, daß die rechnerisch als dauernd gleichmäßig

1) Eine Wiederaufnahme des vom Mauerwerk aufgenommenen Kondenswassers durch die die Hohlräume an den Balkenköpfen durchströmende Luft, braucht nicht berücksichtigt zu werden, da dasselbe infolge der Kapillarwirkung des Mauerwerks und unterstützt von seiner Schwere sich herabsinkend schnell im Mauerwerk verteilt und an den vorhandenen Verdunstungsflächen desselben, an denen noch dazu ein sehr lebhafter Luftwechsel stattfindet, von der berührenden Luft aufgenommen und fortgeführt wird. Eine allgemeine und dauernde Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes des Außenmauerwerks infolge der Kondenswasserbildung tritt ebenfalls nicht ein, da die im Laufe von Monaten in das Mauerwerk übertretenden 5 bis 6 l Wasser pro Balkenkopf sich bei 38 cm starken Mauern, die von Fenstern unterbrochen angenommen sind, immerhin noch auf etwa 0,8 bis 0,9 cbm Mauerwerk verteilen, wodurch — falls nicht durch gleichzeitige Verdunstung eine Verringerung des Feuchtigkeitsgehaltes stattfinden würde — eine Erhöhung der Mauerfeuchtigkeit um etwa 0,4 bis 0,6 Gewichtsprozent im Laufe der sechs kälteren Monate hervorgerufen werden kann. Die bei Außenmauern in den Wintermonaten tatsächlich stets zu beobachtende Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes um 0,5 bis annähernd 1,0 Prozent hat aller Wahrscheinlichkeit nach auch noch andere Ursachen (direkte Kondenswasserbildung aus der Zimmerluft, hygroscopische Eigenschaften des Mauerwerks, u. s. w.), oder es muß die an den Balkenköpfen eintretende Kondenswasserbildung noch erheblich stärker sein, als nach den vorstehenden Rechnungen zu schließen ist.

angenommene Entfernung des Kondenswassers von den Balkenköpfen tatsächlich nur in ständig verlangsamter, also wesentlich ungünstigerer Weise vor sich gehen kann und es wird daraus erklärlich, daß auch in den günstig, z. B. nach Süden, gelegenen Außenwänden eine vollkommene Austrocknung der Balkenköpfe während des Sommers nicht mit völliger Sicherheit zu erwarten ist; es geht daraus aber auch, des Weiteren noch hervor, daß höchstwahrscheinlich zeitweise noch eine weit stärkere Luftbewegung durch die Decke eintreten muß, als durch die vorstehenden Berechnungen festgestellt worden ist.

Der weiter oben durchgeführte rechnerische Nachweis über den Umfang der Kondenswasserbildungen an den Balkenköpfen in Außenwänden würde nun nicht vollständig sein, wenn nicht gleichzeitig nachgewiesen werden könnte, daß die der Luft eines Raumes zugeführte Feuchtigkeitsmenge dauernd mindestens so groß ist, als diejenige, die während der ungünstigsten Zeit, d. i. während der Zeit der stärksten Kondenswasserbildungen, also während der Zeitperiode III, mit der die Decke durchdringenden bzw. anderweitig entweichenden Luft (der obigen Rechnung entsprechend) abgeführt wird.

Während der genannten Zeitperiode ist nach den obigen Feststellungen pro qm Deckenfläche mit einer die Decke durchdringenden Luftmenge von 0,5 cbm pro Stunde zu rechnen; das ergibt für einen Raum von 20 qm Grundfläche täglich eine Luftmenge von 240 cbm, deren Feuchtigkeitsgehalt entsprechend den anfangs mitgeteilten Messungsergebnissen auf 48 Prozent bei 26° anzunehmen ist. Die durch Tür- und Fensterritzen, sowie beim Öffnen von Türen und Fenstern entweichende Luftmenge kann schätzungsweise auf etwa 360 cbm pro Tag bei 43 Prozent relativen Feuchtigkeitsgehaltes und 20° angenommen werden. Es ergibt sich danach eine täglich fortgeführte absolute Feuchtigkeitsmenge von $24,5 \cdot 0,48 \cdot 240 + 17,3 \cdot 0,43 \cdot 360 = 2822 + 2678 = 5500 \text{ ccm} = 5,5 \text{ l}$.

Die in den Raum neu eintretende Luft kommt in einem Umfange von 240 cbm aus dem unter dem betreffenden Zimmer liegenden Raum und enthält etwa 80 Prozent relative Feuchtigkeit bei 10°¹⁾, zu zwei Dritteln des Restes von Außen mit 80 Prozent relativer Feuchtigkeit bei — 2° und im

1) Bei dieser sehr ungünstigen Annahme würde die durch den Fußboden zutretende Luft pro Tag an Feuchtigkeit weniger als die in gleicher Menge durch die Decke entweichende Luft enthalten: $2822 - 1805 = 1017 \text{ ccm}$, während nach der für den Kondensierungsvorgang innerhalb der nördlichen Außenwand errechneten Kondenswasserausscheidung die entsprechende Feuchtigkeitsmenge bei 5 Balkenköpfen nur $\sim 600 \text{ ccm}$ pro Tag betragen würde.

übrigen aus anderen Räumen des Hausinneren mit 40 Prozent relativer Feuchtigkeit bei 12°. Sie enthält insgesamt an absoluter Feuchtigkeit $9,4 \cdot 0,80 \cdot 2,40 + 4,2 \cdot 0,80 \cdot 2,40 + 10,7 \cdot 0,40 \cdot 1,20 = 1805 + 806 + 514 = 3125 \text{ ccm} = \sim 3,1 \text{ l}$. Es ist also ein Feuchtigkeitsdefizit von $5500 - 3100 = 2400 \text{ ccm} = 2,4 \text{ l}$ vorhanden, das durch die Feuchtigkeitsneuzuführung gedeckt werden muß.

Dafür kommen in Frage: die Wasserabgabe von Menschen durch Ausdünstung und Atmung, die nach Versuchen von PETIENKOFER und VOIT innerhalb einer Stunde bei Ruhe und mittlerer Kost auf 0,04, bei körperlicher Arbeit auf 0,08 kg für erwachsene Männer festgestellt worden ist, ferner Verbrennungsprodukte, die für 1 cbm Leuchtgas (ausreichend zur Speisung einer Gasglühlichtflamme für 6 bis 7 Stunden) 800 g und für 1 kg Petroleum (ausreichend zur Speisung einer größeren Lampe für etwa 4 bis 5 Stunden) 1200 g betragen und außerdem: die Verdunstung von zufällig anwesenden Flüssigkeiten und feuchten Körpern (Speisen, Getränken, Aufwaschwasser usw.).

Es beträgt demnach die Wasserabgabe in einem Raum von 20 qm Grundfläche: bei einem je zehnstündigen Aufenthalt zweier erwachsener Menschen bei mittlerer Tätigkeit 1200 ccm, durch eine sechs- bis siebenstündige Gasglühlichtbeleuchtung 800 ccm und infolge sonstiger Verdunstung 500 ccm insgesamt also 2500 ccm, oder: bei einem zehnstündigen Aufenthalt eines erwachsenen Menschen bei mittlerer Tätigkeit 600 ccm, durch eine größere Petroleumlampe bei etwa fünfstündiger Brenndauer 1200 ccm und infolge sonstiger Verdunstung 500 ccm, insgesamt 2300 ccm. Da bei fast allen mittleren und kleineren Wohnungen die Benutzungsverhältnisse der in Frage kommenden Räume noch weit ungünstiger liegen und in den gerechneten Beispielen die Feuchtigkeitsabführung verhältnismäßig hoch, die Feuchtigkeitszuführung dagegen verhältnismäßig gering angenommen ist, erscheint es zweifellos, daß das festgestellte Feuchtigkeitsdefizit von 2400 ccm in weit mehr als ausreichender Weise gedeckt wird.

Die bei der Berechnung des Umfanges der Kondenswasserbildung zu Grunde gelegten, niedrigen Annahmen in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt der die Decke durchdringenden Luft, lassen es ohne weiteres als erklärlich erscheinen, daß einer derartigen Kondenswasserbildung durch eine künstliche Verhinderung der Feuchtigkeitszuführung zu der Zimmerluft nicht in nennenswertem Umfange vorgebeugt werden kann. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß die schon allein aus hygienischen Gründen wünschenswerte Verhinderung einer zu starken Anreicherung der Atemluft mit Feuchtigkeit mit der aus den gleichen und aus bautechnischen Gründen anzustrebenden Verminderung der Kondenswasserbildung innerhalb der Decken und des angrenzenden Mauerwerks zusammenfällt. Den bautechnischen

Interessen ist jedoch lediglich mit einer Verminderung des Umfanges der Kondenswasserbildung an den Balkenköpfen in Außenwänden allein noch keineswegs in ausreichender Weise gedient.

Bekanntlich wird die Zerstörung der Balkenköpfe in Außenwänden verhältnismäßig selten durch den echten Hausschwamm, sondern meistens durch *Polyporus vaporarius* verursacht, und das ist zweifellos auf den Umstand zurückzuführen, daß der echte Hausschwamm gegen zu starke Feuchtigkeit sehr empfindlich ist, da er auf nassem Holze sehr schnell durch Schimmelpilze angegriffen wird und verfault. Dagegen vermag der gegen Trockenheit sehr empfindliche *Polyporus vaporarius* auf stark feuchtem Holze sehr wohl zu gedeihen und schnell weitgehende Zerstörungen hervorzurufen.

Lediglich durch eine Verringerung der Kondenswasserbildungen an den Balkenköpfen können daher vielleicht für den *Polyporus vaporarius* die Entwicklungs- und Wachstumsbedingungen beseitigt werden; in Bezug auf den echten Hausschwamm würden dieselben jedoch nur insofern beeinflusst werden, als einer kürzeren Zeit der Feuchtigkeitszuführung eine verlängerte und verbesserte Austrocknungsmöglichkeit gegenüberstände. Es ist daraus zu folgern, daß unter allen Umständen eine vollkommene Verhinderung der Kondenswasserbildung angestrebt werden muß.

Sobald dies erreicht wird, werden die in die Außenmauern gelagerten Balkenköpfe durch die Angriffe holzerstörender Pilze ungleich weniger stark gefährdet sein, als alle anderen inneren Teile der Holzbalkendecken, da dann auch eine Feuchtigkeitswanderung nach den Balkenköpfen hin nicht mehr eintreten kann und die hohle Lagerung der Balkenköpfe eine schnelle, gründliche und dauernde Austrocknung um so besser gewährleistet, als die hier besonders lebhaft zirkulierende und dem oberen Raum zuströmende Luft das Balkenholz von allen Seiten zu berühren vermag. Mit der vollkommenen Verhinderung der Kondenswasserbildung an den Balkenköpfen dürfte außerdem auch der gesamte Zustand einer Balkendecke insofern in der günstigsten Weise beeinflusst werden, als damit auch gleichzeitig die kapillare Feuchtigkeitswanderung im Balkeninnern von den Balkenköpfen nach der Deckenmitte zu unterbunden wird.

Zur Erreichung dieses Zieles stehen grundsätzlich zwei Wege offen. Entweder müssen die Unterflächen der Decken völlig luftdicht gestaltet werden, sodaß ein Eindringen von Luft in die Decke aus dem unteren Raume ausgeschlossen wird, oder es müssen die Balkenköpfe in den Außenwänden gegen so weitgehende Temperaturerniedrigungen, daß Kondenswasserbildungen eintreten können, geschützt werden.

Der erste Weg ist, vielleicht abgesehen von der Decke über dem obersten Wohngeschoß (s. w. o.), nicht gangbar, da die völlig luftdichte Gestaltung der Deckenunterflächen neben großen Schwierigkeiten und Kosten notwendigerweise den Nachteil mit sich bringen müßte, daß auch die natürliche Austrocknung der Deckenkonstruktionsmaterialien völlig unterbunden würde. Das wäre aber gleichbedeutend mit einer Auslieferung des gesamten Holzmaterials an die holzzerstörenden Pilze.

Der zweite Weg bietet dagegen verhältnismäßig geringe Schwierigkeiten, da das vor den Stirnflächen der Balken verbleibende Mauerwerk selbst bei schwachen Außenmauern stets noch stark genug bleibt, um den Einbau von Isolierungen gegen die Uebertragung äußerer Temperaturschwankungen zu gestatten. Derartige termische Isolierungen können ausgeführt werden je entsprechend der mehr oder weniger günstigen Lage der Mauern und je nach ihrer Stärke entweder durch Anordnung einer oder mehrerer neben einander stehender und von dem verbleibenden Mauerwerk, sowie unter sich und von dem Balkenholze durch Luftschichten getrennter Platten aus schlecht wärmeleitenden Materialien, die die Stirnfläche der Balkenköpfe nach allen Seiten, vorzugsweise jedoch nach oben und nach den Seiten, entsprechend überragen müssen (vergl. Fig. 3). Bei besonders ungünstiger Lage der Mauern,

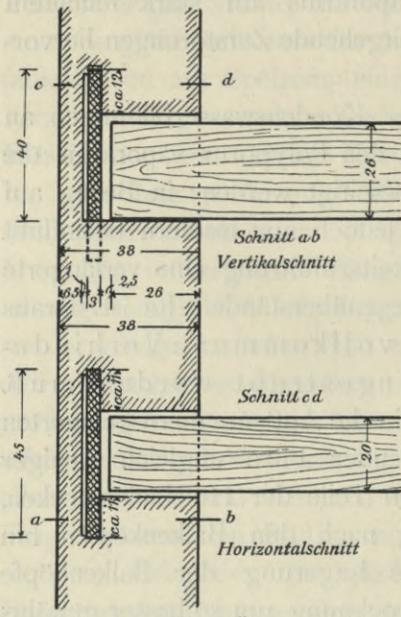


Fig. 3¹⁾.

sowie an Gebäudeecken ist außerdem noch eine Wärmeisolierung über und neben den Balkenköpfen ratsam.

Von besonderer Wichtigkeit ist dabei auch die Ausführung der Verankerungen. Es muß unter allen Umständen vermieden werden, daß die Anker bis zu den äußeren Gebäudeflächen durchgeführt werden. Die Anordnung von Zierankern an der Gebäudeaußenseite, sowie die Lagerung der Ankerstöcke im Außenputz oder dicht unter demselben begünstigt infolge der guten Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens zweifellos die Kondenswasserbildung an den Balkenköpfen bei niedrigen Außentemperaturen ganz erheblich. Für den Zweck der Verankerungen genügt es vollständig, wenn

1) Die Konstruktion ist zum patentamtlichen Schutz angemeldet worden.

die Ankerstöcke mit der Stirnfläche der Balkenköpfe bündig angeordnet werden, wodurch ihre in bezug auf die Beeinflussung der Kondenswasserbildung ungünstige Wirkung erheblich vermindert wird. Eine derartige Konstruktion kann auch ohne Schwierigkeiten neben der vorbeschriebenen termischen Isolierung ausgeführt werden.

Für die weitere Ausbildung der Konstruktionen zum Schutze des konstruktiven Holzwerks dürfte es jedenfalls von nicht zu unterschätzendem Werte sein, wenn die physikalischen Vorgänge innerhalb der Decken genaueren Beobachtungen und Untersuchungen als bisher unterzogen werden würden. Insbesondere bieten ein weites Feld genauere Untersuchungen über die hygroskopischen und kapillaren Eigenschaften der einzelnen Holzarten, da gerade diese mit der Feuchtigkeitswanderung innerhalb der Balkendecken in nahem Zusammenhange stehen und höchstwahrscheinlich von großem Einfluß auf das Verhalten der einzelnen Holzarten und ihre größere oder geringere Widerstandsfähigkeit gegen die Angriffe der holzerstörenden Pilze sind.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

die Aesthetik mit der Stille der Hallen die blinde Begierde
 werden, wohnt hier in dem auf die Besinnung der Klänge
 Bildung ungenügende Wirkung, welche verbunden wird, eine
 Konstruktion kann auch ohne Schwierigkeiten nach der
 Konstruktion Lösung ausbleibt werden, als die gewöhnliche
 Konstruktion der Konstruktion zum Schutze der
 Konstruktion Holzer's dürfte es jedweden über die
 Werke, wenn die physikalischen Vorgänge innerhalb der
 Natur Beobachtungen nach Untersuchungen die über
 wüsten, Untersuchungen um welche Feld gewisser
 über die physikalischen und kognitiven Eigenschaften der
 sind, die gerade die mit der Feinheit der Veränderung
 doch im Rahmen der Zusammenhänge stehen und
 großen Erfolg auf den Verstand der einzelnen
 der geringen Widerstandigkeit gegen die
 den Fische sind.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle), Jena. — 3986

BIBLIOTHEK FÜR DEN
 KRAUW

30 ✓

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

ΒΙΒΛΙΟΤΗΚΑ ΣΕΪΩΝΙΑ

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



L.

III-306627

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298898