

herausgebohrten Spänen einer mikroskopischen Untersuchung mit besonderer Rücksicht auf die eventuell darin vorkommenden Pollenkörner zu unterziehen.

Herr Bille-Gram war so freundlich, in folgender Weise sich hierüber zu äußern (in Übersetzung):

„Die Untersuchung wurde in der Weise vorgenommen, daß das Wachs in Xylol bei schwacher Wärme gelöst wurde (das Glas wurde auf einem mit Asbest bekleideten Heizschrank gestellt). Die aufgeschlämmten Substanzen wurden mittels Zentrifugierens herausgeschleudert und durch eine wiederholte Behandlung gereinigt. In dieser Weise wurde ein kleiner Bodensatz erhalten, worin durch mikroskopische Untersuchung folgende Körper nachgewiesen wurden:

Ganz zerstreut vorkommende Pollenkörner (die Gesamtzahl hiervon überstieg wohl kaum 10 Stück); unter diesen fand sich eine Tetrade, die wahrscheinlich von *Vaccinium vitis idaea* herrührte; denn es kamen im Präparate solche cuticularisierte Deckhaare vor, die man auf den Staubfäden der genannten Pflanze findet, und wodurch diese sich vom Heidekraut unterscheidet; ca. 3–4 Pollenkörner, die von einer *Crucifera* stammten, ein einzelnes, das den ziemlich dickwandigen Pollenkörnern der *Caryophyllaceen* ähnlich war, ein paar von so häufig auftretendem Typus (mittelgroß, dünnwandig, mit 3 Keimporen), daß die Abstammung nicht zu bestimmen ist, und endlich ein einziges Pollenkorn, das vielleicht von Lindenblüten stammt. Das Korn selbst war zusammengefallen, und die Wand gesprengt, aber das Vorhandensein von einem Paar Haarbüscheln, wie diese in den Lindenblüten auftreten, stützt die genannte Annahme. Außer den genannten Pollenkörnern wurden vorgefunden Teilchen von Holzkohle, Borstenhaare vom Körper (oder den Hinterbeinen) der Honigbiene, Spreuepidermis von Gerste, einige Gerstenstärkekörner, ein einziges zusammengesetztes Stärkekorn, das mit denen des Hafers übereinstimmt, einige Teilchen von Coniferenholz und einige Steinzellen. Die letzteren stammen von dem Korkstopfen, womit das Versandglas verschlossen war. Ich nenne das Vorhandensein dieser Zellen, um die Wirkung des Zentrifugierens zu beweisen. Übrigens zeigte auch eine direkte Untersuchung, daß das Wachs nur sehr wenig Pollen enthielt.“

Die geringe Anzahl der Pollenkörner läßt sich möglicherweise übereinstimmend mit der oben ausgeführten Annahme so erklären, daß das Wachs durch trockene Hitze über freiem Feuer ausgeschmolzen ist, wodurch viele der Pollenkörner zerstört sein können. Die gefundenen Pollenkörner gehören ja denselben Pflanzenfamilien an, die heutzutage von unseren Honigbienen besucht werden, unter dem nicht bestimmbar Körper von gewöhnlichem Typus finden sich wohl solche von Klee oder Obst- und Beerenblüten, die auch heute zu unseren gewöhnlichen Honiglieferranten gehören.

Eine andere ebenfalls von der nordischen Wikingerzeit herrührende Wachsprobe wurde gefunden in einem kapselförmigen Silberbrakteat aus der Mitte des 10. Jahrhunderts, der sich in dem 1911 zu Terslev auf Seeland in Dänemark gefundenen großen Silberschatz befand<sup>14)</sup>. Diese Wachsprobe wurde nicht weiter auf ihre chemische Zusammensetzung untersucht. Dagegen wurde auch die von Prof. Bille-Gram<sup>15)</sup> mikroskopisch untersucht. Er fand hierbei außer mehreren Leinenfasern, die darauf deuten, daß das dänische Wachs bei seiner Gewinnung durch ein Leinentuch gesiebt wurde, mehrere Pollenkörner, darunter solche von Heidekraut, Linden, *Convolvulus* und *Crucifera*, ferner solche von gewöhnlichem Typus, die wohl von Obst- und Stachelbeerblüten herrühren können. Außerdem fand sich in der dänischen Wachsprobe die Frucht einer Graminee, die jedoch nicht genau näher zu bestimmen war.

Chemisches Laboratorium der landwirtschaftlichen Hochschule  
Aas in Norwegen, Oktober 1913.

[A. 223.]

<sup>14)</sup> Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie. III. R. 2, 203. Kjöbenhavn 1912.

<sup>15)</sup> l. c. S. 262–263.

## Über Holzcellulose.

Von Generaldirektor Dr. ARTHUR KLEIN, Budapest.

Vortrag, gehalten in der Abteilung für ang. Chemie auf der 85. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wien.

(Eingeg. 13./10. 1913.)

Im Verhältnisse zur Bedeutung der Industrie betätigen sich auf dem Gebiete der Zellstoff- und Papierfabrikation die wenigsten Chemiker. Diese Industrie ist eines der Stiefkinder der angewandten chemischen Wissenschaft. Eine der Hauptursachen ist, daß sie auch heute noch auf nur empirisch erforschten Grundlagen ruht, und die reinen Praktiker vom Anfange an vorherrschten. Wegen der großzügigen Entwicklung hat jedoch die chemische Forschung in den letzten Jahren auch an dieser Industrie gesteigertes Interesse gezeigt. Die Papierindustrie ist heute eine Großindustrie. Wie Houston Stewart Chamberlain sagt, ist unsere Zivilisation eine papierene, und nur durch die Buchdruckerkunst und mit Hilfe des billigen Papiers ist das Denken eine Weltmacht geworden. Humboldt hat als Kulturmesser den Verbrauch an Seife angesehen. Heute kann man aus dem Verbräuche an Papier das Bildungsniveau der verschiedenen Länder beurteilen. Chamberlain hat die Erfindung des Hadernpapiers als die folgenschwerste Entdeckung bis zur Erfindung der Lokomotive genannt. Aber die Druckpapiererzeugung in ihrem heutigen Umfange wäre ohne Einführung von Hadernersatzmitteln schon deshalb unmöglich gewesen, weil die Menge des Rohstoffes, der zur Verfügung stand, durchaus nicht genügt. Zu verschiedenen Zeiten herrschte Not an Lumpen. Die verschiedenen Surrogate, die empfohlen wurden, brachten keine Besserung. Erst die Verwertung des Holzes hat billige und genügende Rohstoffe der Papierindustrie gesichert. Für 1907 hat Krawany den Verbrauch an Holz in der Papierindustrie auf 29 Millionen Festmeter geschätzt, während ich für 1913 allein den Verbrauch für Holzcelluloseerzeugung auf 20 Mill. Festmeter schätze, und Snellman ungefähr den Bedarf für Holzschliff auf 13 Mill. und für Karton und Pappen auf weitere 5 Mill. geschätzt hat. Die Papierindustrie verbraucht also rund heuer 38 Mill. Festmeter Holz im Werte von mindestens 600 Mill. K. Für die 6 Jahre 1907/13 ergibt sich eine 30%ige Steigerung und eine durchschnittlich jährliche Steigerung von etwa 5%, während andere Großindustrien im mehrjährigen Durchschnitte nur 2–3% Erzeugungssteigerungen aufweisen. Holz wurde als Baumaterial und für andere Zwecke schon im Altertume verwendet. Aus dieser Zeit stammen auch die Runenstäbe aus dem Norden und von Stein in Mittelasien gefundene über 2000 Jahre alte Anwendungen des Holzes als Zeichenträger. Später sind dünn gehobelte Holzstückchen mit Leim zu Bändern geklebt, geglätteter Baumbast und Palmblätter, Olivenblätter u. a. auch vorübergehend verwendet worden, aber Holz hat als solches oder in mechanisch und chemisch veränderter Form niemals recht zur Geltung kommen können. 1843 hat Keller Papierstoff auf mechanischem Wege aus dem Holze hergestellt. Dieser mechanische Holzstoff oder Holzschliff war ein willkommenes und billiges Rohmaterial der Papierindustrie. Allein damit war auch noch nicht die Möglichkeit für die rasche Entwicklung der Papierindustrie gegeben. Papier ist ein Faserfilz, dessen Eigenschaften nach der Verwendungsart verschiedene sein müssen. Die Verarbeitung zu solch verschiedenen Zwecken von Holzschliff mit Lumpenfasern allein bietet große technische Schwierigkeiten. Eine Vereinfachung und Verbilligung des Betriebes hat erst die Einführung des chemischen Holzstoffes, der Holzcellulose oder auch kurz nur Zellstoff genannt, ermöglicht. 1853 haben Watt und Burgess und 1857 Houghton die erste Holzcellulose durch Aufschließen von Holz mit wässerigen Alkalilösungen erzeugt.

1866 hat Tilghman doppeltchweflige Kalk- oder Magnesialösungen oder Gemische beider zum Aufschließen verwendet, aber für das Fabrikationsverfahren grundlegend waren 1874 Mitscherlichs und später seiner ersten deutschen Konzessionäre Erfahrungen. Wichtige Änderungen des älteren alkalischen, sogenannten Sodaverfahrens hat



1884 Da hl erreicht durch Einführung alkalischer Schwefelverbindungen in die Kochlaugen und damit Einführung des Sulfatverfahrens. 1879 hat K e l l n e r mit Unterstützung des Barons von Ritter ein Sulfatverfahren ausgearbeitet, das vom indirekten Mitscherlichschen Verfahren durch die direkte Dampfheizung sich unterscheidet und als Ritter-Kellner-Verfahren bekannt ist. Außerdem sind andere, neutrale, alkalische und saure Aufschließungsmethoden empfohlen und patentiert worden, ohne daß sie im Großbetriebe sich behauptet hätten. 1913 werden schon über 4 Mill. t Holzcellulose erzeugt, die über 800 Mill. K Wert an der Erzeugungstätte haben. Von dieser Erzeugung werden etwa rund 90% nach dem Sulfatverfahren und der Rest nach den alkalischen Soda- und Sulfatverfahren erzeugt.

Die Vereinigten Staaten stehen an erster Stelle unter den Erzeugungsländern mit 1 500 000 t, dann folgen Schweden mit 740 000, Deutschland 700 000, Norwegen 280 000, Österreich-Ungarn 260 000, Canada 210 000, Finnland und Rußland mit 180 000 und 130 000 t Erzeugung, während die übrigen Länder nur unbedeutende Mengen fabrizieren.

Holz besteht der Hauptsache nach aus Cellulose. Die Holzcellulosen sind von anderen Cellulosen charakterisiert durch das prozentuelle Verhältnis der Kohlenstoffatome zu Sauerstoffatomen C: 43,0–43,5%, O: 51,0% und durch die Furfurolausbeute beim Kochen mit verdünnter Salzsäure: 3–6%. Cellulose ist als festes gelatiniertes Kolloid anzusehen, hat amphoteren Charakter und reagiert gleichzeitig wie eine schwache Säure und noch schwächere Base. Bei Berührung mit wässrigen Lösungen spaltet sie gleichzeitig OH: H-Ionen ab, und als Rest bleibt ein zusammengesetztes, nicht dissoziierbares Molekül. Dieser nicht dissoziierte Teil ist als Lösungsmittel anzusehen, und bei bestimmten Verhältnissen stehen die drei Teile dieses variablen Aggregates im Gleichgewichte. Pflanzen bauen sich im allgemeinen aus Kohlensäure der Luft auf, aus der dann Stärke und durch Polymerisation und intramolekulare Umlagerung Cellulose entsteht. Nachdem in den Pflanzengeweben die kolloiden Cellulosehydrogele sich gebildet, dienen diese als chemisch indifferente Oberflächenkörper, deren Verholzung bei manchen Pflanzen durch Adsorption und Gelhautbildung aus den kolloiden Procambiumstoffen des Cambialsaftes stattfindet. Dieser Holzkörper, das Lignin, ist als ein wechselndes Gemenge aus dem Saftstrom ausgechiedener Kolloide anzusehen, das aus Oxydationsstoffen von Pentosanen oder Hexosanen besteht und zum Teile reversibel, zum Teile irreversibel an Cellulose adsorbiert ist. Lignin ist charakterisiert durch den Gehalt von Methoxylgruppen, die bei Destillation des Holzes Methylalkohol und Essigsäure bilden. Ferner ist charakteristisch die leichte hydrolytische Zersetzbarkeit und die direkte Addierung von Halogenen, wodurch Lignin sich als ungesättigte Verbindung zeigt. Bei Fabrikation der Cellulose, dem Aufschließen vom Holze ist der Zweck: Entfernung des Lignins mit möglichstster Schonung der Cellulosefaser. Ob nun durch alkalische, saure oder neutrale Aufschließungsmittel dies erfolgt, muß jeder Kochprozeß so aufgefaßt werden, daß primär die adsorbierte Holzsubstanz abgespalten wird und sekundär dann in lösliche Verbindungen oder Produkte überführt wird, wobei wahrscheinlich teilweiser hydrolytischer Abbau stattfindet, jedoch Oxydation oder Deshydratation dieser gebildeten löslichen Körper vermieden werden muß. Tritt solche ein, ist das Verfahren technisch unbrauchbar.

Bei allen Celluloseverfahren wird Holz zerkleinert in Stücken von etwa 4 cm Länge, 2 bis 3 cm Breite und  $\frac{1}{2}$ – $\frac{3}{4}$  cm Dicke im Kocher gefüllt. Sulfatkocher werden bis 350 cbm Inhalt gebaut, wobei eine Kochung über 26 tons trockenen Holzzellstoff ergibt. Solche Kocher sind zum Schutze gegen die sauren Kochlaugen innen mit Säureschutz versehen. Die Kochlaugen enthalten  $\frac{3}{2}$ – $4\frac{1}{2}$ % gesamtter schwefliger Säure, wovon 60–70% frei ist, der Rest an Kalk oder Magnesia gebunden. Die Reaktion beginnt bei etwa 106°. Höchstdruck ist nicht über 6 Atm. Höchsttemperatur etwa 140°. Der Kocherinhalt wird entweder indirekt mit Dampf geheizt (Mitscherlich-Verfahren) oder direkt (Ritter-Kellner).

Bei Verwendung alkalischer Kochlaugen werden entweder solche benutzt, die keine Schwefelverbindungen ent-

halten mit 6–14° Bé. Stärke, wobei 75–85% der Natronsalze kaustisch, der Rest als Carbonat enthalten (Sodaverfahren) oder es werden auch alkalische Schwefelverbindungen mit benutzt (Sulfatverfahren). Laugenzusammensetzung z. B. 1,5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 6,2% NaOH, 2,2% Na<sub>2</sub>S, 0,4% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,3% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.

Beim alkalischen Aufschließen ist möglichst schwache Lauge erwünscht, wobei natürlich der Druck und die Temperatur höher sind und bis 10 Atm. und 160° steigen. Geheizt wird selten durch direkte Befuerung, meist direkt durch Dampfeinführung. Die Kocher der alkalischen Verfahren, die verwendet werden, sind nicht größer als 45 cbm.

Von etwa 55% Cellulose, die im Holze enthalten sind, gewinnt man ungefähr beim Sulfatverfahren 80–85%, beim Sulfatverfahren 65–70%, beim Sodaverfahren 60–65%. Der Rest geht durch chemische Veränderung oder mechanisch verloren.

Die häufigste Anwendung von Holzcellulose ist für Zwecke der Papierindustrie, wo sie für alle Sorten mit Ausnahme einiger sehr teurer Spezialpapiere verwendet wird. Außerdem wird Holzcellulose in neuerer Zeit für Zwecke der Textilindustrie verwendet.

Die Vorschläge und Verfahren, die früher schon in Amerika und in den letzten Jahrzehnten in Europa durch Industrieanlagen auf Grundlage der Türkschen, Kellnerschen und Kronschen Patente ausgeführt wurden, konnten keine lohnende Fabrikation begründen. Die meisten Anlagen wurden überhaupt stillgelegt.

Die Emil Claviezsche Kunstweberei hat ein Patent für das sogenannte Textiloseverfahren, wobei mit Baumwollfasern bevliestes Papier (Kraftcellulosepapier) verwendet wird, und wobei vollwertiger Juteersatz erzeugt werden soll. Die Ansichten über die Aussichten des Verfahrens sind noch geteilt.

Außerdem wird Holzcellulose auch nach chemischer Veränderung als Viscoseseide im Textilgewerbe verarbeitet. Dieses Verfahren beruht auf Erfindungen des Amerikaners S t e a r n s.

Auch für mechanische Zwecke als Filtermaterial usw. ist Holzcellulose verwendet worden. Es blieben jedoch alle Verwendungsarten mit Ausnahme für Zwecke der Papiererzeugung verhältnismäßig unbedeutend.

Die Angst, daß die Holzcellulosefabriken überhaupt Mangel an Rohstoff haben werden, scheint unbegründet. Jetzt werden sehr wenig Laubhölzer, zumeist nur Nadelhölzer und auch von den etwa 340 Arten der Taxineen fast nur die Abietineen verwendet. In Europa verwendet man meist nur Fichte oder Rottanne (Pinus abies), Weiß- oder Edeltanne (Pinus picea), Kiefer (Pinus sylvestris), daneben aber auch seltener einige Buchenarten (Fagus), Pappeln (Populus alba und italica) u. a. In Amerika wird spruce (Picea nigra), hemlock (Tsuga Canadensis) white und gray pine (Pinus Canadensis) und weniger poplar und aspen (Populus grandidentata und tremuloides) neben anderen sehr wenig benutzten Holzarten verwendet.

Unter Berücksichtigung dessen, daß in Deutschland bei 60jährigem Turnus für Fichte und Tanne 5–6 Festmeter und für Kiefer 3–4 $\frac{1}{2}$  Festmeter pro Hektar jährlich zu wachsen, verbraucht man, auf solcher Grundlage berechnet, insgesamt für Zwecke der Papierindustrie nicht nur für Holzcellulose allein, heuer den Jahresertrag von etwa 80 000 qkm Waldfläche. Europa hat von etwa  $9\frac{3}{4}$  Mill. qkm Landfläche etwa 25% mit Wald bedeckt. Wenn heute noch unbenutzte Hölzer später auch verwendet werden, wird auf absehbare Zeit trotz der Konkurrenz, besonders der Bauindustrie das Holz doch wohl zu schaffen sein, und alles spitzt sich auf die Preisfrage zu. Eine Verschiebung der Celluloseerzeugung nach walddreicheren Gegenden ist wahrscheinlich, doch muß die Zu- und Abfuhrmöglichkeit nach und von den Fabriken dabei mitbestimmend wirken, weil für je 100 kg erzeugter Cellulose etwa 500–600 kg Gütertransporte zu rechnen sind. Heute verursacht demnach die Celluloseindustrie auch schon eine jährliche Güterbewegung von über 20 Mill. t.

Zufolge der in den letzten 5–6 Jahren eingetretenen Stabilisierung der Preise ist wahrscheinlich, daß die Abwärtsbewegung von etwa 36 M per 100 kg Anfang der



80er Jahre bis zu 18 M jetzt zum Stillstande kam, und mit steigendem Preise ist Zellstofffabrikation auch schon in holzarmen Ländern möglicherweise rentabel, wenn die Hilfsstoffe billig sind, gute Arbeitskräfte oder entsprechender Zollschatz vorhanden ist. Das beweist Deutschland, das mehr als die Hälfte seines Holzbedarfes durch Einfuhr deckt. Abwandern der Erzeugung nach anderen Ländern würde auch den Arbeitsmarkt beeinflussen, denn die Statistik zeigt für Deutschland, daß pro 1000 tons Jahreserzeugung ungefähr 25 Arbeiter mit ungefähr 27 000 M Jahreslöhnen benötigt werden. In anderen Ländern, wo noch größere Leutenot herrscht, versucht man, mit weniger Leuten durchzukommen und behilft sich mit mehr mechanischen Einrichtungen, aber die Jahreslohnsommen sind auch dort nicht sehr unähnlich der deutschen, wie es Ermittlungen der nordamerikanischen Bundesbehörden zeigten. Jede Wanderung der Zellstoffindustrie ist deshalb auch für das Erwerbsleben der betreffenden Länder von großer Bedeutung.

## Erfahrungen aus der Praxis der Holzimprägnierung mit Fluoriden.

Von ROBERT NOWOTNY, Oberbaurat, Wien.

(Eingeg. 8./10. 1913.)

Die Erkenntnis, daß mit der Konservierung des Holzes gegen Fäulnis bedeutende wirtschaftliche Erfolge verknüpft seien, hat namentlich in den letzten Jahrzehnten zahlreiche

Vorschläge gezeitigt, die auf eine möglichst lange Erhaltung des Holzes hinielten. Aus der Überfülle der Schutzverfahren haben sich allerdings nur wenige den Anforderungen einer größeren Haltbarkeit des Holzes gewachsen gezeigt, das ist die kleine Zahl der altbekannten und erprobten Verfahren, die heute in größerem Maße zur Konservierung des Holzes Verwendung finden. Seitdem nun namentlich in den letzten zwei Jahrzehnten die wissenschaftlichen Grundlagen der Holzimprägnierung näher untersucht wurden, erfolgen auch die Vorschläge von neuen Holzschutzmitteln nicht mehr planlos wie ehemals, man bemüht sich, doch zumeist nur Verfahren anzuempfehlen, die nach dem heutigen Stande der Imprägniertechnik einen Erfolg versprechen.

Zu solchen Imprägniermitteln gehören die Fluoride, die vermöge ihrer stark antiseptischen Eigenschaften von vornherein als brauchbar und wirksam angesehen werden können. Ihre Verwendung zur Immunisierung von Holz reicht mehr als ein Jahrzehnt zurück. Namentlich früh wurden fluorhaltige Verbindungen in Österreich als Schutzmittel gegen holzerstörende Pilze benutzt; so hat die österreichische Heeresverwaltung bereits vom Jahre 1900 an Fluoride mit bestem Erfolge zum Schutze von Bauhölzern gegen Hausschwammangriffe zur Anwendung gebracht<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Siehe R. Nowotny, „Die Verwendung von Fluoriden zur Bekämpfung des Hausschwammes.“ Chem.-Ztg. Cöthen 1911, Nr. 61, S. 546.

Tabelle I

über das Verhalten der mit Fluoriden zubereiteten Holzstangen in der Telegraphenstrecke Brünn—Nezamislitz (Mähren).

| Fortlaufende Nr. | Imprägniermittel   | Imprägnierverfahren            | Nähere Angaben über das Imprägnierverfahren   | Holzgattung     | Flüssigkeitsaufnahme per cbm Holz | Aufnahme des antiseptisch wirksamen Stoffes in kg per cbm Holz | Antiseptische Kraft | Jahr des Einbaues | Jahr der Beobachtung | Dauer der Beobachtung in Jahren | Stück                  | Ergebnis der im Jahre 1912 vorgenommenen Holzuntersuchung                          |                       |                     |                                 |
|------------------|--------------------|--------------------------------|---|-----------------|-----------------------------------|--|---------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|--|-----------------------|---------------------|---------------------------------|
|                  |                    |                                |   |                 |                                   |  |                     |                   |                      |                                 |                        | Holz ganz gesund   | Schwacher Holzangriff | Starker Holzangriff | Stange muß ausgewechselt werden |
|                  |                    |                                |   |                 |                                   |  |                     |                   |                      |                                 |                        | bei Stück  |                       |                     |                                 |
| 1                | Saures Zinkfluorid | Tränkung am Fußende (2 m hoch) | 2½—8½ Tage eingestellt in wässrige Zinkfluoridlösung (etwas freie HF vorhanden)                       | Kiefer          | 40—60 kg im Stammende             | ZnF₂ · 2 HF<br>3—4,8 kg  | 3—4,8               | 1905              | 1912                 | 7                               | 50                     | 27   | 3                     | 16                  | 4 (8%)                          |
| 2                | dto.               | dto.                           | dto.<br>8—9 Tage Tränkungsdauer   | Kiefer          | ca. 60 kg im Stammende            | ZnF₂ · 2 HF<br>4,8 kg  | 4,8                 | 1906              | 1912                 | 6                               | 44                     | 44   | —                     | —                   | —                               |
| 3                | dto.               | dto.                           | dto.<br>13—14 Tage getränkt   | Kiefer          | ca. 75 kg im Stammende            | ZnF₂ · 2 HF<br>6 kg  | 6                   | 1906              | 1912                 | 6                               | 46                     | —  | 7                     | 36                  | 3 (6,5%)                        |
| 4                | dto.               | dto.                           | dto.<br>2¼—4½ Tage getränkt   | Lärche          | 40—50 kg im Stammende             | ZnF₂ · 2 HF<br>3—4 kg  | 3—4                 | 1905              | 1912                 | 7                               | 52                     | 46   | —                     | —                   | 6 (11,5%)                       |
| 5                | Saures Zinkfluorid | Tränkung des ganzen Stammes    | Wässrige Zinkfluoridlösung ca. 10° Bé. (6,5% Salzgehalt), 24 Stunden kalt getränkt                    | Kiefer          | 25 kg                             | ZnF₂ · 2 HF<br>1,6 kg  | 1,6                 | 1908              | 1912                 | 4                               | 12                     | 12   | —                     | —                   | —                               |
| 6                | dto.               | à la Boucherie                 | Wässrige Zinkfluoridlösung von 3,5—4° Bé. (2,4—2,7% ZnF₂ · 2 HF mit hydrostatischem Druck eingepreßt) | Kiefer          | 300 kg                            | ZnF₂ · 2 HF<br>8,1 kg  | 8,1                 | 1908              | 1912                 | 4                               | 14                     | 13   | 1                     | —                   | —                               |
| 7                | Zinkchlorid        | dto.                           | ZnCl₂-Lösung von 4—4,2° Bé.   | Kiefer          | 300 kg                            | ZnCl₂<br>9,3   | 2,7                 | 1908              | 1912                 | 4                               | 46                     | 44   | —                     | 2                   | —                               |
| 8                | Kupfervitriol      | dto.                           | Einpressen von 1,5% CuSO₄-Lösung mit hydrostatischem Druck  | Kiefern Fichten | 300 kg                            | CuSO₄<br>4,5   | 1,3                 | 1906              | 1906 bis 1912        | 6                               | Gesamt-<br>abfall nach | 1 Jahre 2,7%<br>2 Jahren 10,6%<br>3 " 23,9%<br>4 " 30,1%<br>5 " 35,4%<br>6 " 38,4% |                       |                     |                                 |