

auch durch Brenztraubensäure ersetzt werden; deswegen kann die Vergärung der Brenztraubensäure durch die Athiozymase + Co-Carboxylase auch bei anfänglicher Abwesenheit von Acetaldehyd beginnen; durch Zugabe einer für die Glucosevergärung optimalen Aldehydmenge wird die carboxylatische Spaltung sogar etwas gehemmt.

Zu den großen Substanzgruppen, welche in Wachstum und Entwicklung eingreifen, gehören zweifellos auch die durch die klassischen Arbeiten von Willstätter und Hans Fischer so weitgehend bekanntgewordenen Porphyrine, die nicht nur dem Chlorophyll und dem Blutfarbstoff zugrunde liegen, sondern auch in Katalase, Peroxydase, Cytochrom und in Warburgs „sauerstoffübertragendes Ferment der Atmung“ eingehen. —

### 5. Probleme.

Schon diese unvollständige Darstellung zeigt, wie zahlreiche Aktivatoren — außer den Vitaminen — direkt am Wachstum beteiligt sind oder helfen, die zum Wachstum notwendige Energie als Aktivatoren der Atmung und Gärung zu liefern.

Die Frage liegt nahe, in welches Stadium der Entwicklung pflanzlicher und tierischer Individuen die Wachstumsfaktoren zuerst eingreifen. Eine Antwort allgemeinerer Art läßt sich hierauf gegenwärtig nicht geben, aber es ist nicht ohne Interesse, daß Stoffe dieser Art in Organen, welche vorzugsweise die Träger der Entwicklung sind, reichlich vertreten sind, und ich will in dieser Hinsicht nur auf zwei neuere Ergebnisse hinweisen, nämlich auf die Beteiligung der in allen Eiern

vorkommenden Carotinoide der Xanthophyllgruppe [ihr Vorkommen in Vogeleiern ist durch Willstätter und Escher<sup>26)</sup> sowie neuerdings durch Kuhn<sup>27)</sup> nachgewiesen und studiert worden] an der Entwicklung höherer Tiere<sup>28)</sup> und ferner auf die Tatsache, daß Samen (Cotyledonen und Schalen) von Gräsern in den ersten Keimungstagen reich an Wachstumsfaktoren und an Co-Enzym sind, und Xanthophyll enthalten<sup>29)</sup>, während Chlorophyll und dessen unmittelbare Vorgänger (Protochlorophyll u. a.) noch nicht auftreten.

Die Mikrochemie lehrt uns, immer kleinere Stoffmengen zu erkennen, und dadurch lassen sich manche entwicklungschemischen Probleme bereits mit einiger Aussicht auf Erfolg angreifen. So ist die Hoffnung vorhanden, daß das Studium der Entstehung der Vitamine und Aktivatoren eine Brücke zu schlagen hilft zwischen der Chemie und denjenigen biologischen Wissenschaften, die am unmittelbarsten unser menschliches Interesse in Anspruch nehmen, nämlich die Erblichkeitsforschung und die Lehre von der Entwicklung lebender Einheiten.

[A. 7.]

<sup>26)</sup> Willstätter u. Escher, Ztschr. physiol. Chem. 76, 214 [1911].

<sup>27)</sup> Kuhn u. Smakula, ebenda 197, 161 [1931].

<sup>28)</sup> Euler, Karrer u. Rydberg, Helv. chim. Acta 14, 1428 [1931].

<sup>29)</sup> Euler, Burström u. Hellström, Svensk Kem. Tidskr. 44, 23 [1932]. Über den Wachstumsfaktor der Reiskleie siehe auch B. Suzuki, Matsusita u. Asaki, Proceed. Imp. Acad., Tokyo 6 [1930]. Auch hier wie bei unseren Versuchen zeigen sich die nahen Beziehungen zwischen B und BP.

## Studien zur Holzkonservierung. II.

Von Prof. Dr. CARL G. SCHWALBE, Eberswalde.

Holzforschungsinstitut der Forstlichen Hochschule Eberswalde.

(Eingeg. 17. November 1931.)

Über Holzkonservierung wurde im Jahre 1927 berichtet<sup>1)</sup>). Das seinerzeit erwähnte Drucktränkverfahren für „grünes“, waldfeuchtes Holz ist inzwischen weiterentwickelt worden, und einige damit gewonnene Ergebnisse sollen hier mitgeteilt werden.

Das Drucktränkverfahren ist eine Weiterentwicklung des alten Boucherie-Verfahrens, bei welchem die grünen Stämme von der Stammbasis aus in die Hirnfläche hinein mit Lösungen von Kupfervitriol imprägniert wurden. Die Imprägnierung geschieht unter dem Druck von 1 at, den man durch Aufstellung des Vorrats-

vornehmen und sie so vor dem Pilzfraß bewahren. Bei den in ihrem Ergebnis nachstehend beschriebenen Versuchen wurde Kohlensäuredruck angewendet, als Tränkflüssigkeit diente 1%ige Fluornatriumlösung. Fast unmittelbar nach Beginn der Druckpressung tropft an dem der Eintrittsstelle entgegengesetzten Ende des Stamms der Holzsaft heraus. Je nach der Länge des Stamms ist in 12 bis 24 h die Durchtränkung vollendet mit einem Aufwand von 7 bis 10 l Tränkflüssigkeit je laufenden Meter Stammlänge.

Die durchtränkten Stämme sind unmittelbar nach der Tränkung, aber auch nach einer Lagerdauer von drei Jahren mit folgenden Ergebnissen untersucht worden:

**Die Zusammensetzung der Abtropfflüssigkeiten:** Bei der Durchtränkung wird der Holzsaft aus den Gefäßbahnen herausgetrieben und allmählich durch Fluornatriumlösung ersetzt. Bei mittlerer Stammlänge von 5 bis 10 m müssen durchschnittlich 20 bis 30 l Holzsaft abtropfen, bevor Fluornatrium in den Abtropfflüssigkeiten nachweisbar wird. Die Menge des Fluornatriums steigert sich mit der Menge der eingepreßten Flüssigkeit, bis sie bei großen Flüssigkeitsmengen, z. B. 80 l auf einen 5-m-Stamm oder 200 l auf einen 9-m-Stamm, die hohe Fluornatriumkonzentration von 0,9 und 0,7% in der Abtropfflüssigkeit erreicht. Diese enthält außer Fluornatrium von Anfang an kleine Mengen von organischer Substanz, welche den Höchstbetrag von 0,44% nicht übersteigt. Der Mineralstoffgehalt des Holzsaftes ist auch nur sehr gering, wie das aus der Zahlenstafel hervorgeht; er übersteigt 0,14% nicht. Normalerweise ist der Gehalt selten höher als

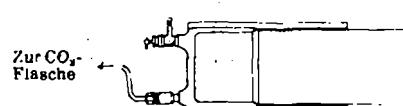


Abb. 1.

gefäßes für die Kupfervitriollösung in der Höhe von 12 m über dem Erdboden erhalten kann. Bei der jetzigen Ausführungsform wird die Tränkflüssigkeit aus einem tragbaren Druckgefäß durch Preßluft oder Kohlensäuredruck in den Stamm getrieben. Die Verbindung zwischen Druckgefäß und Stamm wird durch eine Verschlußkappe bewirkt, welche in Metall und Gummi konstruiert ist und einen Arbeitsdruck von 2 bis 4 at gestattet (Abb. 1). Wählt man zum Einpressen der Tränkflüssigkeit die Kohlensäure, so kann man bei der guten Transportfähigkeit der mit flüssiger Kohlensäure gefüllten Stahlflaschen selbst im unwegsamen Walddickicht die Tränkung frisch geschlagener, noch in voller Rinde befindlicher Stämme

<sup>1)</sup> Ztschr. angew. Chem. 40, 105—110 [1927].

Tabelle 1. Untersuchung der Abtropfflüssigkeiten.

Bezeichnung	Länge des Stammes m	Menge der Tränkflüssigkeit l	Nr. der Fraktion	Durchtränkungszeit Stunden	Literzahl der Fraktionen	Acidität	Org. Subst. %	Asche %	NaF %	
Fichte Nr. 1 Winterfällung 1926 . .	9	60	{ I II III IV	11 12 9 12	12,5 2,0 10,5 5,5	nicht untersucht schw. sauer schw. sauer neutral	0,07 0,08 0,02 0,15	0,02 0,02 0,04 0,04	nicht unters. — — 0,09	
Fichte Nr. 2 Winterfällung 1926 . .	5,1	80	{ I II III	5 12 8	9,0 19,0 26,5	neutral neutral neutral	0,02 0,01 0,23	0,02 0,04 0,08	— — 0,91	
Kiefer Nr. 1 Winterfällung 1926 . .	9	212	{ I II III IV V	6 12 9 12 8	15,0 25,0 23,5 21,5 20,5	schw. sauer schw. sauer neutral neutral neutral	0,19 0,18 0,11 0,38 0,44	0,01 0,01 0,01 0,13 0,14	— — — 0,19 0,72	
Kiefer Nr. 2 Winterfällung 1927 . .	5	60	{ I II III	1 2½ 4	6,0 17,0 19,5	neutral neutral neutral	0,05 0,33 0,15	0,01 0,06 0,06	— — 0,35	

0,1%. Die Reaktion der Abtropfflüssigkeit ist meist neutral oder ganz schwach sauer (Tabelle 1).

Verteilung des Fluornatriums in der Längsrichtung des Stammes: Die Konzentration des imprägnierten Holzes an Fluornatrium wird natürlich am höchsten an der Eintrittsstelle sein. Man beobachtete aber (Tabelle 2) beträchtliche Überkonzentrationen, so daß wohl von einer Adsorption von Fluornatrium an die Zellmembran gesprochen werden muß. Diese ist ziemlich beträchtlich. Sie kann bis auf 1,4% ansteigen und ist jedenfalls weit höher als sie bei bloßem Eintrocknen der Imprägnierflüssigkeit zu erwarten wäre, wie die nachstehende Überschlagsberechnung ergibt. Nimmt man an, daß ein Drittel des Holzes aus nicht oder schwach aufnahmefähigem Kernholz besteht, so werden von 100 kg waldfeuchter (grüner) Holzsubstanz 33 kg in Abzug zu bringen sein, die bei der Aufnahme von Absorptionsflüssigkeit keine wesentliche Rolle spielen. Von den verbleibenden 66 kg, die durchschnittlich 50% Wasser mit sich führen, kann man in Rücksicht auf das Porenvolumen des Holzes als Rauminhalt der Gefäßbahnen etwa 22 kg Gefäßwasser rechnen. Es entfallen also bei Ersetzung des Gefäßwassers durch Fluornatrium (1%-Lösung) 220 g Fluornatrium auf 33 kg völlig trockne Holzsubstanz. Auf 100 kg völlig trockne Holzsubstanz also 660 g oder 0,66%. Macht man die Annahme, daß durch die Drucktränkung auch das Wasser der Membranen durch Fluornatriumlösung ersetzt wird, so kommen auf 100 kg trockne Holzsubstanz 990 g oder 0,99% Fluornatrium. Da nun Werte von 1,4 gefunden worden sind, muß eine Absorption des Fluornatriums an der Membran stattgefunden haben.

Aus der Tabelle 1 ist ersichtlich, daß bei Kiefer Nr. 1, bei welcher auf 9 m Stammlänge 212 l durchgepreßt

wurden, die Fluornatriumkonzentration an der Eintrittsstelle 1,42%, am Stammende aber nur 0,41% beträgt. Da sehr große, sogar überschüssige Mengen an Tränkflüssigkeit eingepreßt sind, müssen auf dem Wege von der Eintrittsstelle zur Abtropfstelle dauernd Adsorptionen stattfinden. In vertikaler Richtung ist also die Verteilung des Fluornatriums im Stamm verhältnismäßig ungleich. Doch genügt die kleinste Konzentration von 0,3 und 0,4% voll auf, um das Holz pilzsicher zu machen (s. u.). Der Kern absorbiert bei der Imprägnierung zunächst kaum Fluornatrium. Laut Tabelle 2 werden nur Konzentrationen von 0,02 bzw. 0,06% erreicht. Es entspricht das der allgemein bekannten Widerstandsfähigkeit des Kerns gegen die Aufnahme von Imprägnierflüssigkeit. Er besitzt ja auch einen durchaus anderen Wassergehalt als der Splint, nämlich durchschnittlich nur 25% gegen 50 bis 60% im Splint (Tabelle 2).

Verteilung des Fluornatriums im Stammquerschnitt: Werden die imprägnierten Hölzer senkrecht zur Längsrichtung aufgeteilt und Stammscheiben herausgeschnitten, so ergibt sich bezüglich der Verteilung des Fluornatriums ein wechselndes Bild, je nach der Individualität der Stämme. Aus Zahlen-tafel 3 ist ersichtlich, daß Fichte Nr. 2 in den Einzelzonen des Querschnittes einen verhältnismäßig gleichmäßigen Gehalt an Fluornatrium aufweist, nämlich 0,27 bis 0,32%. Bei einer anderen Fichte finden sich die Gehalte von 0,64 bis 0,75%. Bei einer dritten Fichte (Nr. 4) ist der Gehalt sehr schwankend, indem er außen nur 0,2 bzw. 0,4, im dritten Splintring 0,76 bzw. 0,46, im vierten 0,36 und 0,14 beträgt. Die verschiedenartigen Zahlen ergeben sich einmal durch die verschiedenen Entnahmestellen der Stammscheiben, dann aber auch durch die verschiedene Adsorptionskraft der Einzelzonen. Auffällig

Tabelle 2. Verteilung des Natriumfluorids im Stamm.

Bezeichnung	Länge des Stammes m	Menge der Tränkflüssigkeit l	Eintrittsstelle der Tränkflüssigkeit	Analysen	Splint			Kern		
					Stammbasis %	Mitte %	Zopf %	Stammbasis %	Mitte %	Zopf %
Fichte Nr. 1 Winterfällung 1926 . .	9	60	Stammbasis	{ Asche: NaF:	1,03	1,33	1,27	0,68	0,62	0,81
					0,97	0,34	0,32	—	—	—
Fichte Nr. 2 Winterfällung 1926 . .	5,1	80	Zopf	{ Asche: NaF:	1,16	—	1,20	0,57	—	0,82
					0,33	—	1,05	—	—	0,06
Kiefer Nr. 1 Winterfällung 1926 . .	9	212	Zopf	{ Asche: NaF:	1,43	1,25	1,11	0,53	0,69	1,17
					0,41	0,83	1,42	—	—	0,02
Kiefer Nr. 2 Winterfällung 1927 . .	5	60	Zopf	{ Asche: NaF:	0,92	—	—	0,42	—	—
					0,31	—	—	—	—	—

Tabelle 3. Verteilung des Natriumfluorids in Einzelzonen\*) des Stammquerschnittes.

Bezeichnung	Länge des Stammes m	Menge der Tränkflüssigkeit l	Eintrittsstelle der Tränkflüssigkeit	Stelle der Entnahme	Analysen	I. Splint-ring %	II. Splint-ring %	III. Splint-ring %	IV. Splint-ring %	I. Kernring %	Kernzentrum %
Fichte Nr. 2 Winterfällung 1926	5,2	80	Zopf	Stammbasis	Asche: NaF:	0,59 0,27	0,58 0,32	0,53 0,30	0,58 0,30	—	—
Fichte Nr. 3 Herbstfällung 1927	6,7	140	Zopf	Stammbasis	Asche: NaF:	1,84 0,64	1,50 0,71	0,88 0,75	—	—	—
Fichte Nr. 4a Sommerfällung 1927	8,15	150	Stammbasis	5 cm Abstand vom Zopf	Asche: NaF:	0,64 0,20	0,72 0,52	0,76 0,76	0,56 0,36	—	—
Fichte Nr. 4b	8,15	150	Stammbasis	40 cm Abstand vom Zopf	Asche: NaF:	0,72 0,40	0,80 0,38	0,77 0,46	0,52 0,14	—	—
Kiefer Nr. 5a Sommerfällung 1927	7,5	152	Zopf	5 cm Abstand v. d. Stammbas.	Asche: NaF:	0,68 0,32	0,64 0,28	0,60 0,25	—	—	—
Kiefer Nr. 5b	7,5	152	Zopf	40 cm Abstand v. d. Stammbas.	Asche: NaF:	0,92 0,62	0,71 0,41	0,59 0,27	—	—	—

\*) 1 cm starke Ringe, von außen gerechnet.

ist, daß nicht etwa die äußerste, jüngste Holzzone die größte Adsorptionskraft für Fluornatrium bei der Fichte besitzt. Bei der Kiefer ist dies der Fall: der äußerste, jüngste Ring zeigt die stärkste Fluornatriumaufnahme. Vermutlich hängen diese Unterschiede zusammen mit dem Quellungszustand der verschiedenen Einzelzonen des Querschnittes. Allerdings ist es erstaunlich, daß bei der Fichte in dem älteren Holz eine stärkere Quellung vorhanden sein soll als in dem jungen Holz. Vermutlich spielen hier auch rein morphologische Gründe mit, indem vielleicht das Holz der inneren Ringe schwammiger und gefäßreicher gewesen sein kann als das Holz der äußeren Zone. Deshalb wird man aus dieser Verteilung des Fluornatriums im Stammquerschnitt keine weittragenden Schlüsse ziehen dürfen.

Bei der Analyse auf Fluornatrium ist nur das in der Asche enthaltene wasserlösliche Fluornatrium bestimmt worden. Berücksichtigt man den Gesamt-Fluornatriumgehalt, wie das bei der Verwendung der Methode von Penfield der Fall ist, so erhält man zuweilen weit höhere Mengen von Fluornatrium. Der als wasserlöslich nicht nachweisbare Anteil des Salzes ist gewissermaßen durch Umsatz mit löslichen Kalksalzen verschwunden, wodurch unlösliches Fluorcalcium entsteht, das sich vorzugsweise in den innersten Rinden- und in den äußersten Cambialholzschichten findet. So erklären sich die zum Teil sehr hohen Aschegehalte der einzelnen Ringe (Tabelle 3).

Fluornatrium-Gehalt imprägnierter Fichten- und Kiefernstämmen nach dreijähriger Lagerung: Aus den bisher mitgeteilten Zahlen ergibt sich, daß eine Kernimprägnierung im frischen Zustand nur in seltenen Fällen nachweisbar ist. Überraschenderweise ergeben sich jedoch erhebliche Fluornatriumgehalte für das Kernholz, wenn die imprägnierten Stämme längere Lagerdauer hinter sich haben. Von Stämmen, welche im Jahre 1927 imprägniert wur-

den, hat man im Jahre 1930 festgestellt, daß inzwischen der Kern fluornatriumhaltig geworden ist (Tabelle 4). Das Fluornatrium ist sogar bis in das Kernzentrum vorgedrungen. Man erreicht also den sehr großen Vorteil der nachträglichen Imprägnierung des für undurchtränkbar gehaltenen Kerns, wenn man das Holz im frischen, waldfeuchten, grünen Zustand imprägniert. Bei der Imprägnierung lufttrockenen Holzes nach dem sogenannten Kesseldruckverfahren sind Kernimprägnierungen bisher nicht beobachtet worden.

Verhalten der imprägnierten Hölzer gegen Pilzangriffe: Die mykologische Prüfung der imprägnierten Stämme auf Pilzsicherheit hat Herr Privatdozent Prof. Dr. Liese von der hiesigen Forstlichen Hochschule durchgeführt. Es sei ihm auch an dieser Stelle bestens für die sehr mühevollen und umfangreichen Untersuchungen gedankt. Die Prüfung, die hier nicht im einzelnen beschrieben werden soll — es sind die offiziellen Methoden für Pilzangriffsprüfung verwendet worden —, hat sehr günstige Grade von Pilzsicherheit erkennen lassen. Es ist dies um so bemerkenswerter, als man die sonst üblichen Mengen Fluornatrium bei diesen Drucktränkungen nicht anwandte. Durch die Drucktränkung im grünen Zustand kann also eine innigere Durchflutung der Membranen mit dem Pilzgift erreicht werden als durch Drucktränkung nach dem Kesseldruckverfahren an lufttrockenem Holz. Die für Pilzschutz als notwendig gehaltene Menge von Fluornatrium beträgt 10 kg Fluornatrium je Kubikmeter. Rechnet man auf den Kubikmeter Holz 5 Stämme, so ergibt sich, daß 500 kg Holz, trocken gedacht = 5 Stämme, 10 kg Fluornatrium enthalten, also 100 Teile Holz 2% Fluornatrium in sich bergen müssen, damit sie als pilzsicher gelten können. In den beigegebenen Zahlentafeln sind jedoch vielfach weit geringere Konzentrationen aufgeführt, die demnach, ent-

Tabelle 4. Fluornatriumgehalt von Fichte und Kiefer nach dreijähriger Lagerung.  
(Verteilung des Natriumfluorids in Einzelzonen\*) des Stammquerschnitts.)

Bezeichnung	Länge des Stammes m	Menge der Tränkflüssigkeit l	Eintrittsstelle der Tränkflüssigkeit	Stelle der Entnahme	Analysen	Außenring %	Innerer Splint-ring %	Außenring %	Kernzentrum %
Fichte Nr. 5 Winterfällung 1927	5,9	80	Zopf	Stammbasis	Asche: NaF:	0,49 0,16	0,36 0,23	0,35 0,20	0,36 0,04
Kiefer Nr. 5 Sommerfällung 1927	7,5	152	Zopf	Stammbasis	Asche: NaF:	0,57 0,57	0,38 0,46	0,20 0,15	0,38

\*) 1 cm starke Ringe, von außen gerechnet.

gegen den bisherigen Erfahrungen, als völlig hinreichend bezeichnet werden müssen. Wahrscheinlich ist Fluornatrium nicht nur Pilzgift als solches, sondern wirkt auch konservierend dadurch, daß die im kolloiden Zustand befindlichen Holzmembranen durch die Salzlösung eine Koagulation erfahren, die bei späterer Feuchtigkeitsaufnahme nicht mehr völlig rückgängig gemacht wird, so daß die Quellung erschwert, zum mindesten aber verzögert wird. Es wird also bei der mit Fluornatrium imprägnierten Holzmembran das Optimum an Quellung für den Pilzangriff gar nicht oder wenigstens nicht so rasch erreicht, daher möglicherweise der bessere Schutz des Holzes trotz geringer Giftmenge.

**Festigkeitszunahme bei druckimprägnierten Hölzern:** Bei der Drucktränkung kann es vorkommen, daß durch einen zu hohen Druck über 5 at hinaus der Stamm der Längsrichtung nach aufplatzt — weshalb auch, wie eingangs erwähnt, nur mit einem durchschnittlichen Druck von 2 at, höchstens aber mit 4 at gearbeitet wird —. Daraus folgt eine ziemlich erhebliche Beanspruchung des Holzkörpers. Um so überraschender ist, daß die mit Fluornatrium durchtränkten Hölzer nach der Trocknung eine deutliche Festigkeitsvermehrung aufweisen. Auch hier kann die Vorstellung einer Koagulation durch die Salzlösung, eine bleibende Schrumpfung, als Hilfsvorstellung für diese Festigkeitszunahme herangezogen werden. Die Zunahme der Festigkeit ergibt sich aus nachstehenden Mittelwerten für Druckproben an je einer imprägnierten Kiefer und Fichte, bei welchen das Holz des gleichen Stammes auch in nicht imprägniertem Zustand der entsprechenden Untersuchung unterzogen worden ist.

Fichte 20b		Fichte 20e		Fichte 21b		Fichte 21e	
Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
453	443	530	444	405	427	492	340

Die in üblicher Weise durchgeführten Druckproben ergaben, wie ersichtlich, als Mittel aus zehn Beobachtungen für den nicht imprägnierten Splint 453 kg, für den imprägnierten Splint 530 kg. Bei der Kiefer stieg die Festigkeit durch die Imprägnierung von 405 kg auf den Wert von 492 kg.

Bezüglich der Kernfestigkeit ergeben sich keinerlei bemerkenswerte Unterschiede. Es entspricht dies der zunächst geringen Durchtränkung des Kerns. Bei der untersuchten Kiefer hat sogar eine Abnahme der Kernfestigkeit stattgefunden. Dies kann aber auf individuelle Eigenschaften des betreffenden Stammstückes zurückgeführt werden.

#### Zusammenfassung:

1. Der Kern von Fichten- und Kiefernholz wird bei der Druckimprägnierung mit Fluornatrium zunächst nicht durchtränkt. Beim Lagern der Stämme findet jedoch eine erhebliche Einwanderung von Fluornatrium bis in das Kernzentrum hinein statt.

2. Durch die Drucktränkung wird bei grünen Fichten- und Kiefernstämmen ein genügender Pilzschutz mit weit geringerer Fluornatriummenge erreicht als bei der Druckimprägnierung lufttrockener Stämme nach dem Kesseldruckverfahren.

3. Die Imprägnierung von waldfeuchten Fichten- und Kiefernstämmen mit Fluornatrium ist von günstigem Einfluß auf die Festigkeit des Holzes. [A. 203.]

### Analytisch-technische Untersuchungen

#### Einfache Methode zur quantitativen Bestimmung von Ozon in ozonisierter Luft.

Von Prof. Dr. P. KRAIS und Dr.-Ing. H. MARKERT,  
Deutsches Forschungsinstitut für Textilindustrie in Dresden.

In neuerer Zeit werden von der Industrie Apparate in den Handel gebracht, welche Ozon erzeugen und die zur Verbesserung der Luft, zur Beseitigung von Gerüchen, zur Bleicherei von Textilien u. a. m. dienen sollen.

Es ist nun wichtig, zu wissen, wieviel Ozon der betreffende Apparat in der Zeiteinheit liefert, wie hoch die Konzentration an Ozon im Wirkungsraum ist, wie schnell die Ozonkonzentration abnimmt u. a. m.

Zur quantitativen Bestimmung von Ozon in Gasgemischen (speziell Sauerstoff) sind zahlreiche Methoden bekannt. Neben der von Soret und Thénard<sup>1)</sup>, die zur Absorption des Ozons gelöste arsenige Säure verwenden, hat sich als genaueste Methode die mit Kaliumjodid und Thiosulfat bewährt. Bei dieser Methode ist nur zu beachten, daß das Ozon auf eine neutrale Jodkaliumlösung einwirkt (in saurer Lösung wird ein zu hoher Ozonwert gefunden) und daß Jodkalium stets im Überschuß vorhanden ist. Um diese Methode im wissenschaftlichen Laboratorium ausführen zu können, bedient man sich ziemlich komplizierter Apparaturen, welche für die Schnellanalyse der Praxis wenig geeignet sind.

Zweck dieser Mitteilung ist nun, ein für die Praxis geeignetes Verfahren vorzuschlagen.

Schönbeins Methode ist für die Bestimmung von Ozon in Sauerstoff ausgearbeitet worden. Da bei den in

<sup>1)</sup> Compt. rend. Acad. Sciences 38, 445 [1854] u. 75, 174 [1872]. <sup>2)</sup> Vgl. Treadwell, Anal. Chem. II, 1919, 574.

der Praxis eingeführten Apparaten das Ozon durch stille Entladung erzeugt wird, treten bei der Bestimmung des Ozons in Luft neben Ozon noch geringe Mengen von Stickoxyden auf. Der hierdurch entstehende Analysenfehler ist aber sehr klein und kann vernachlässigt werden.

Zur Ausführung der Methode sind erforderlich: 2 ineinander eingeschliffene Erlenmeyerkolben: 1 großer von etwa 2 l Inhalt, 1 kleiner von etwa 500 ccm Inhalt; 1 Luftzu- und -ableitungsrohr, welches auf den 2-l-Erlenmeyerkolben eingeschliffen ist; 1 Apparat zur Erzeugung einer konstanten Luftströmungsgeschwindigkeit (Druckpumpe, Gasometer u. a.); 1 Ozonerzeugungsapparat. Dieser muß mit Gaszu- und -ableitung versehen und luftdicht sein. Die Verbindungen werden mit durchlochtem Korken hergestellt, da Gummischläuche in kurzer Zeit undicht werden. Als Reagenzien dienen: 0,1%ige Kaliumjodidlösung, 1%ige Lösung von löslicher Stärke,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

**Ausführung einer Ozonbestimmung.** Ein bestimmter konstanter Luftstrom wird durch den Ozonapparat geleitet und durchströmt dann den mit Zu- und Ableitung versehenen, trockenen 2-l-Erlenmeyer. Die Dauer der Durchströmung der Apparatur richtet sich nach der Strömungsgeschwindigkeit der Luft. Es wurde z. B. gefunden, daß bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 3 l/min in 10 min der Ozongehalt im Erlenmeyervolumen sich ganz dem Ozongehalt des Luftstroms angeglichen hatte. Inzwischen werden in den 500-cm<sup>3</sup>-Erlenmeyer<sup>2)</sup> z. B. 40 cm<sup>3</sup> 0,1%ige Jodkaliumlösung (die Menge Jodkalium richtet sich nach dem Ozongehalt der Luft,