

Aufgaben der Chemie im neuen Deutschland*).

XII. Die Biologie in der Lebensmittelkonservierung.

Von Prof. Dr. W. SCHWARTZ.

Botanisches Institut der Techn. Hochschule Karlsruhe.

(Eingeg. 9. August 1935.)

In dem Bestreben, die für die deutsche Volksernährung erforderlichen Lebensmittel im eigenen Lande zu erzeugen, spielt neben den Aufgaben der Produktionssteigerung und Planwirtschaft die Verminderung der Verluste durch Verderben eine sehr bedeutende Rolle. Dem Verderben sind in erster Linie Lebensmittel mit hohem Wassergehalt (Fleisch, Fisch, Obst, Gemüse, Eier, Milch, Molkereiprodukte) ausgesetzt. Die jährlichen Verluste in dieser Gruppe von Lebensmitteln sind ganz erheblich. Ihre sichere zahlenmäßige Erfassung stößt auf große Schwierigkeiten. Die verschiedenen Schätzungen nennen Zahlen von 1,2 bis 1,5 Milliarden RM. bei einem jährlichen Verbrauch im Wert von etwa 14,3 Milliarden RM.

In der Praxis liegen die Ursachen des Verderbens nur ausnahmsweise im Lebensmittel selbst, in Vorgängen des Stoffwechsels oder der Autolyse. Dies ist z. B. der Fall bei den Reifungsvorgängen des Obstes, die für die Konservierung durch Kühlung großes Bedeutung haben.

In der Mehrzahl der Fälle tritt von außen ein Faktor hinzu in Gestalt von Bakterien und Pilzen, die sich auf oder in den Lebensmitteln ansiedeln. Je nach der chemischen Zusammensetzung des Lebensmittels und nach den Konservierungsbedingungen beobachten wir ganz verschiedene Arten von Mikroorganismen. So wird z. B. bei frischen (nicht geräucherten oder getrockneten) Seefischen das Muskeleiweiß durch aerobe und anaerobe Bakterien unter Fäulniserscheinungen abgebaut. Beim Fleisch der Haustiere treten in deutlicher Abhängigkeit von den Lagerungsbedingungen außer eiweißzersetzenden Bakterien auch Schimmelpilze (Mucoraceen, Aspergillaceen, Schwärzepilze) auf. Beim Obst treffen wir außer den bereits erwähnten durch den Stoffwechsel bewirkten Veränderungen auf Abbauerscheinungen an Kohlenhydraten usw., die durch Pilze bewirkt werden. In der Milch werden die mikrobiellen Veränderungen durch eine milchsaure Gärung des Zuckers eingeleitet, später folgen Säureabbau, Zersetzung des Fettes und Eiweißfäulnis.

Pilze und Bakterien sind als lebende Organismen in ihrer Entwicklung von bestimmten Lebensbedingungen abhängig, deren Kenntnis bei der Bearbeitung von Konservierungsfragen vorausgesetzt werden muß. Es kommt noch hinzu, daß die Lebensmittel, um die es sich hier handelt, Körper von kompliziertem biologischem Aufbau sind, deren Eigenschaften bei der Auswahl geeigneter Konservierungsmethoden berücksichtigt werden müssen. Wir sehen also, daß die Biologie in der verschiedensten Weise an den Problemen der Lebensmittelkonservierung grundsätzlich beteiligt ist.

Da eine Infektion der Lebensmittel durch Pilze und Bakterien höchstens herabgesetzt — z. B. durch peinlich sauberes Arbeiten bei der Schlachtung der Haustiere oder beim Fang der Seefische —, jedoch nicht verhindert werden kann, müssen die Bestrebungen dahin gehen, diese Organismen entweder abzutöten oder so stark zu hemmen, daß eine möglichst lange Haltbarkeit erzielt wird. Hier

setzen die verschiedenen Methoden der Lebensmittelkonservierung ein (Tab. 1), die durch Hitze, Kälte, Bakterien- und Pilzgifte oder auf andere Weise eine Bekämpfung der schädlichen Organismen versuchen.

Wie auf anderen Gebieten der Pilz- und Bakterienbekämpfung spielen auch hier neben den einfachen die kombinierten Verfahren eine wichtige Rolle, bei denen mehrere wirksame Mittel mit verschiedenen Angriffspunkten miteinander verbunden werden¹⁾. So läßt sich

Tabelle 1. Methoden der Lebensmittelkonservierung.

Kälte	Konservierung durch		
	Hitze	chem. Mittel	Gärung
Kaltlagerung	Eindicken	Einzuckern	milchsaure Gärung bei Sauerkraut, Salzgurken
Kaltlagerung kombiniert mit Gaslagerung	Trocknen Pasteurisieren Kochen	Salzen und Pökeln Räuchern	
Gefrierverfahren	Sterilisieren	Zusatz von Pilz- u. Bakteriengiften (Konservierungsmitteln)	

z. B. die Hitzewirkung durch chemische Konservierungsmittel verstärken oder die Haltbarkeit kühlgelagerter Seefische durch Zusatz desinfizierender Stoffe zum Eis verbessern. Auch die Verbindung der Wirkungen von Kälte und von Ozon gibt günstige Resultate.

Ein Überblick über die verschiedenen Methoden der Lebensmittelkonservierung zeigt, daß wir zwei Gruppen zu unterscheiden haben, solche, bei denen die Lebensmittel praktisch unverändert erhalten werden, und andere, bei

Tabelle 2. Anwendungsbereich der wichtigsten Konservierungsverfahren.

	Fleisch	Fisch	Obst	Ge- müse	Eier	Milch
Kaltlagerung	+	+	+	+	+	+
Gefrieren	+	+	(+)*	(+)*	(+)*	+
Sterilisieren und Pasteurisieren	+	+	+	+	—	+
Salzen, Pökeln, Räuchern	+	+	—	(+)*	—	—

*) Die Anwendbarkeit ist insofern beschränkt, als sich nur einzelne Lebensmittel der betreffenden Gruppe eignen oder die Lebensmittel eine stärkere Veränderung erfahren.

denen die Konservierung mit wesentlichen Veränderungen am Lebensmittel erkauft werden muß. Volkswirtschaftliche Bedeutung kommt vor allem der ersten Gruppe zu, da sie die Verwendungsmöglichkeiten der Lebensmittel uneingeschränkt erhält. Zu dieser Gruppe gehört als einziges Konservierungsmittel die Kälte in ihren verschiedenen Anwendungsformen. Ihre Bedeutung wird noch dadurch gesteigert, daß sie allgemein (Tab. 2) und in großem Maßstab angewandt werden kann.

¹⁾ Anwendung kombinierter Verfahren beim chemischen Holzschutz, bei der chemischen Bekämpfung parasitärer Pflanzenkrankheiten, auf dem Gebiet der Chemotherapie.

*) Der vorhergehende Aufsatz dieser Reihe ist erschienen 48, 255 [1935].

Ein absoluter Schutz der Lebensmittel ist nur dann gegeben, wenn sämtliche vorhandenen Keime abgetötet werden, wenn ferner eine Neuinfektion verhütet und die autolytische Zersetzung unterbunden wird. Dies Ziel läßt sich nur durch eine starke, unter Umständen wiederholte Hitzebehandlung erreichen, deren Verwendbarkeit wegen der gleichzeitigen Veränderung der Lebensmittel beschränkt ist. Sämtliche übrigen praktisch durchführbaren Methoden ergeben nur eine begrenzte Haltbarkeit. Das gilt auch für die Kaltlagerung als wichtigstes Mittel der Großkonservierung, und hierin liegt die Begründung für einen stärkeren Ausbau der kombinierten Methoden.

Die Wirksamkeit der Konservierungsverfahren muß sich also sowohl auf die autolytischen Vorgänge wie auf die schädlichen Pilze und Bakterien erstrecken. Der Schutz vor Neuinfektion erfordert besondere Vorkehrungen.

Soweit autolytische Vorgänge in Frage kommen, wird ihre Ausschaltung dadurch erreicht, daß die betreffenden Fermente inaktiviert oder zerstört werden.

Bei den Mikroorganismen sind die Angriffspunkte in dem außerordentlich komplizierten physikalisch-chemischen System von Eiweißkörpern, Lipoiden, Salzen usw. zu suchen, aus dem der lebende Zellinhalt (Protoplasma) besteht. Hier erfolgen die chemischen und physikalischen Veränderungen, die schließlich zu einer dauernden oder wenigstens längere oder kürzere Zeit anhaltenden Ernährungsstörung der Zelle und dadurch zu einer Beeinflussung der Vermehrungsvorgänge führen, wobei zu beachten ist, daß Vermehrung und Wachstum der Mikroorganismen gleichbedeutend mit fortschreitender Zerstörung des Lebensmittels ist.

Da in der Empfindlichkeit gegenüber Wasserentzug, Giften, hohen und niederen Temperaturen bei den einzelnen Gruppen von Mikroorganismen, in manchen Fällen sogar bei verschiedenen Entwicklungsstadien derselben Organismenart²⁾ große Unterschiede vorhanden sind, da ferner die verschiedenen Lebensmittel stets durch bestimmte Gruppen von Mikroorganismen zerstört werden, ergeben sich aus der Kenntnis dieser Zusammenhänge wichtige Anhaltspunkte für Auswahl und Durchführung von Konservierungsverfahren.

So verhalten sich z. B. Pilze und Bakterien ganz verschieden gegenüber niederen relativen Luftfeuchtigkeiten und hohen osmotischen Drucken. Während Schimmelpilze aus der Familie der Aspergillaceen erst bei relativen Feuchtigkeiten von $\varphi = 85\%$ gehemmt werden, stellen die meisten Bakterien bereits bei relativen Feuchtigkeiten oberhalb 90% ihr Wachstum ein³⁾. Der für das Wachstum optimale osmotische Druck beträgt z. B. für *Penicillium flavoglaucum*, einer auf Fleisch vorkommenden Art, etwa 8 at, für einen ebenfalls an der Fleischzersetzung beteiligten *Micrococcus* dagegen etwa 2,6 at, was relativen Luftfeuchtigkeiten von $\varphi = 99,4$ bzw. 99,8% entspricht. Diese Beziehungen sind so wesentlich, daß dadurch die sonst meist vorhandene Bevorzugung saurer bis neutraler kohlenhydratreicher Substrate durch Schimmelpilze und neutraler bis alkalischer stickstoffreicher Substrate durch Bakterien vollkommen überlagert werden kann⁴⁾.

Auf den Einfluß geringer Luftfeuchtigkeit und die dadurch bewirkte Erhöhung der Wasserverdunstung aus dem Substrat ist es zurückzuführen, daß selbst auf kühlgelagertem Fleisch Schimmelpilze als Schädlinge auftreten können. Ihr Vorherrschen auf Gefrierfleisch beruht neben

²⁾ Bakteriensporen und andere Dauerzustände sind widerstandsfähiger als die im Wachstum befindlichen Stadien.

³⁾ Eine genaue Angabe der Grenzwerte ist noch nicht möglich.

⁴⁾ Nach Untersuchungen von *Bender, Kaeß, Loeser, Schmid, Schwartz* (1).

einer vielleicht vorhandenen geringeren Empfindlichkeit des Wachstums gegenüber niederen Temperaturen ebenfalls auf der Hemmung der Bakterien durch Wassermangel, der hier durch den mit dem Gefriervorgang verbundenen Wasserentzug aus den Geweben hervorgerufen wird. Wie stark der Gefriervorgang auf Bakterien wirkt, geht aus Versuchen über das Bakterienwachstum hervor, die bei gleichen Temperaturen an unterkühltem und gefrorenem Fleisch (2) und Fisch (3) ausgeführt wurden (Abb. 1).

Bei der gleichzeitigen Kontrolle von Temperatur und relativer Feuchtigkeit der Luft im Kühlraum handelt es sich eigentlich auch schon um eine kombinierte Methode, bei der die hemmende Wirkung der Temperatursenkung dadurch unterstützt wird, daß die Luftfeuchtigkeit $\varphi = 90\%$ nicht übersteigt⁴⁾.

Die praktischen Erfahrungen haben gezeigt, daß trotzdem allein durch Kontrolle des Luftzustandes im Kühlraum nur eine zeitlich begrenzte Haltbarkeit erreicht wird (vgl. Abb. 1). Die Ursache liegt vor allem darin, daß bei einer Raumfeuchtigkeit von $\varphi = 90\%$ unmittelbar an der Oberfläche des eingelagerten Fleisches eine erheblich

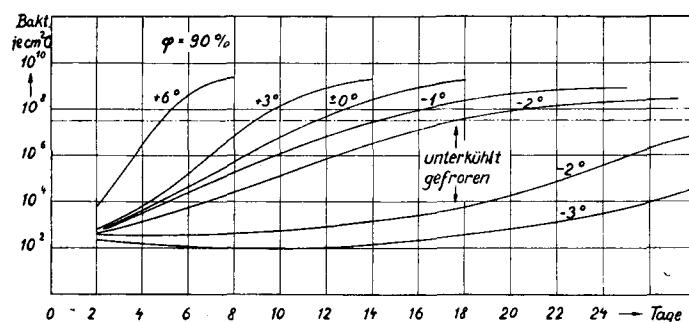


Abb. 1. Verlauf des Bakterienwachstums auf gekühltem Fleisch bei $\varphi = 90\%$ nach *Bender* (2). (Abszisse: Lagerdauer, Ordinate: Zahl der lebenden Bakterien je cm^2 Oberfläche). Die Grenze der Haltbarkeit ist erreicht, wenn die Bakterienzahl einen in der Praxis ermittelten Wert überschreitet, der zwischen 10^7 und 10^8 liegt (strichpunktierte Linie). Die Kurven lassen die Temperaturabhängigkeit des Bakterienwachstums klar erkennen. Ein Vergleich der beiden Kurven bei -2° zeigt den unmittelbaren Einfluß des Gefrierens.

höhere Luftfeuchtigkeit herrscht. Eine so starke Absenkung der relativen Feuchtigkeit, daß dadurch in Verbindung mit der niederen Temperatur die Entwicklung von Mikroorganismen vollkommen unterdrückt werden könnte, ist wegen der gleichzeitigen starken Gewichtsverluste und anderer Veränderungen des Kühlgutes nicht möglich.

Auch hier ist eine Verbesserung also nur durch Einbeziehung eines weiteren, die Entwicklung der Mikroorganismen hemmenden Faktors zu erreichen. Als solcher kommt Ozon in Betracht. Die Verbindung von Kaltlagerung und Ozonisierung bei der Fleischkonservierung ist nach den sorgfältigen Untersuchungen von *Kaeß* (2) vor allem dadurch wirksam, daß durch eine vor Beginn der Kaltlagerung eingeschaltete Ozonisierung der Anfangskeimgehalt des Fleisches herabgesetzt und durch wiederholte Ozonisierung die Entwicklung der überlebenden Keime verzögert wird. Die kurvenmäßige Erfassung des Bakterienwachstums ergibt, daß durch diese Maßnahme die Haltbarkeit des Fleisches bei sonst gleichen Bedingungen um 25 bis 30% verlängert werden kann.

Da die Höhe des Anfangskeimgehaltes und die Wachstums- bzw. Teilungsgeschwindigkeiten der Pilze und Bakterien die Haltbarkeit des Fleisches bestimmen (Abb. 2), wäre es sehr wichtig, wenn wir über Methoden verfügen würden, die an Wirksamkeit das Ozonisierungsverfahren noch übertreffen. Nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse müssen wir dabei in erster Linie an die An-

wendung gasförmiger Mittel denken, von denen jedoch gleichzeitig verlangt werden muß, daß sie keinerlei schädliche Nebenwirkungen auf das Lebensmittel selbst ausüben. Erfolge auf diesem Gebiet, die in England mit Kohlensäurebegasung bei Fleisch und Fisch erzielt worden sind (4), regen zu eingehenden mikrobiologischen Untersuchungen an.

Bei der Kaltlagerung von Fleisch und Fisch werden Reifungsvorgänge und Autolyse von den mikrobiologischen Vorgängen überlagert. Dagegen stehen bei Obst die Reifungsvorgänge und ihre Beeinflussung durch die Lagerungsbedingungen im Vordergrund (Tab. 3).

Da es sich bei Obst und anderen Früchten um lebende Gewebe handelt, ist der Einfluß der Lagerungsbedingungen viel stärker als bei Fleisch, bei dem die Reifung durch enzymatische Prozesse in absterbenden oder bereits toten Geweben hervorgerufen wird. Während bei Fleisch der Einfluß niedriger Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes auf diese Prozesse praktisch gering ist, ergibt sich bei Obst durch Senkung der Reaktionsgeschwindigkeiten eine Verzögerung der Stoffwechselvorgänge, was zu einer wesentlichen Verlängerung der Lebensdauer führt.

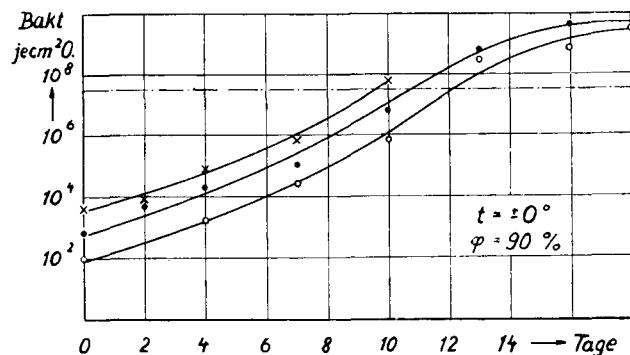


Abb. 2. Ein verschieden hoher Anfangskeimgehalt (Beginn der Kurven) gleicht sich erst aus, nachdem die Haltbarkeitsgrenze (strichpunktierter Linie) überschritten ist. Herabsetzung des Anfangskeimgehaltes verbessert also die Haltbarkeit. Nach Versuchen von Bender (2).

Dabei werden die Gewichtsverluste gegenüber der gewöhnlichen Kellerlagerung erheblich verringert. Der Säureabbau, auf den die allmähliche Beeinträchtigung des Geschmackes zurückzuführen ist, wird verzögert. Aussehen, Geruch, Geschmack, Beschaffenheit des Fruchtfleisches zeigen auch nach monatelanger Lagerung erst geringe Veränderungen.

Auch hier lassen sich die Ergebnisse durch ein kombiniertes Verfahren, dessen Wirtschaftlichkeit in diesem

Fall allerdings noch nicht erwiesen ist, verbessern: Man verbindet die Kaltlagerung mit der Gaslagerung in einem Luftgemisch mit erhöhtem CO₂- und verminderem O₂-Gehalt (Abb. 3). Die Verlängerung der Lebensdauer,

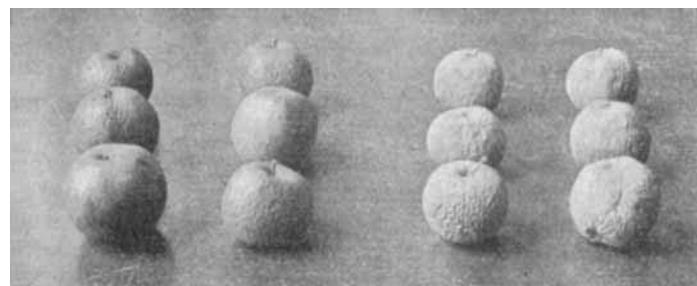


Abb. 3. Ergebnis eines Lagerungsversuches von Seiler (2) mit der Apfelsorte „Goldreinette Frh. v. Berlepsch“. Links: Gaskaltlagerung bei $t = +3^\circ$ in einem Luftgemisch mit 15 % CO₂ und 10 % O₂. Rechts: Gewöhnliche Kellerlagerung bei wechselnder, der Jahreszeit entsprechender Temperatur. Die umfangreiche chemische Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen.

die bei der Kaltlagerung und besonders bei der Gas-Kaltlagerung erzielt wird, kommt auch in einer Erhöhung der Resistenz gegenüber Pilzen zum Ausdruck: Seiler (2) hatte bei Versuchen mit der Sorte Goldreinette Freiherr von Berlepsch nach 23 Wochen bei gewöhnlicher Kellerlagerung 93, bei Kaltlagerung etwa 66 und bei Gas-Kaltlagerung 33—37 % Verluste durch Lagerfäulen.

Bei der einfachen und kombinierten Kaltlagerung kann es zu nicht parasitären Erkrankungen („Lagerkrankheiten“) kommen, deren Kenntnis für die praktische Durchführung der Kaltlagerung außerordentlich wichtig ist. Die äußeren Krankheitssymptome bestehen in verschiedenen Arten der Braunfärbung und im Mehligwerden des Fruchtfleisches, wodurch das Obst entwertet wird. Die Verbreitung bei den verschiedenen Fruchtarten läßt sich heute noch nicht überblicken. Was wir bis jetzt über diese Krankheiten wissen, geht in der Hauptsache auf Arbeiten englischer Forscher (5) an Äpfeln zurück. Die Ursachen sind jedoch noch nicht aufgeklärt. Es kann sich um Alterserscheinungen handeln, die nur deshalb bis jetzt der Beobachtung entgangen sind, weil die Äpfel bei der gewöhnlichen Kellerlagerung dieses Stadium meist nicht erreichen. Es wäre auch möglich, daß Stoffwechselstörungen (Anhäufung von Zwischenprodukten der Atmung wie Acetaldehyd, Alkohol oder Esterbildung), die durch Kaltlagerung verursacht werden, beteiligt sind, wenn nicht diese Symptome auch erst Wirkungen anderer, vorausgegangener Zellschädigungen sind.

Tabelle 3. Reifungsvorgänge und Zersetzung durch Mikroorganismen bei der Konservierung durch Kälte.

	Fleisch	Fisch	Obst
Reifung	Besteht in der Hauptsache in einem enzymatischen Abbau des Muskelzuckers und Glykogens zu Milchsäure. Dadurch werden pH des Fleischsaftes und physikalisch-chemische Beschaffenheit der Eiweißkörper im Muskel verändert. Verläuft bei Kühlhaustemperatur in einigen Tagen.	Verläuft vermutlich ähnlich wie bei Fleisch, nur erheblich rascher.	Die Reifung dehnt sich über Wochen oder Monate aus. Sie beginnt bereits während der Entwicklung der Frucht und besteht aus Veränderungen an Kohlenhydraten, organischen Säuren, Pektin, Gerbstoffen. Die Reifungsvorgänge setzen sich während der Lagerung fort und gehen über das Stadium der „Überreife“ allmählich in eine autolytische Zersetzung der Frucht über.
Zersetzung durch Bakterien	Die Bakterienentwicklung beginnt sofort nach der Schlachtung, sie verläuft neben der Reifung und überlagert die Autolyse, die praktisch ohne Bedeutung ist.		Primäre Bakterieninfektionen scheinen an gelagertem Obst nicht vorzukommen.
Zersetzung durch Pilze	Pilze treten nur dann in Erscheinung, wenn die Bakterienentwicklung durch die Konservierungsbedingungen unterdrückt oder gehemmt wird.	Saprophytische Pilze fehlen auf frischen See- und Süßwasserfischen.	Bei sorgfältiger Behandlung der Früchte treten „Lagerfäulen“ in größerem Ausmaß erst dann auf, wenn das Stadium der Überreife erreicht ist.

Während sich die Verbindungen zwischen Chemie und Lebensmittelkonservierung früher in erster Linie auf die Anwendung chemischer Konservierungsmittel erstreckten, führen die höheren Anforderungen, die man heute an den Erhaltungszustand der Lebensmittel stellt, zu einer stärkeren Entwicklung der Kältekonservierung und zu dem Bestreben, die Verwendung chemischer Konservierungsmittel einzuschränken. Für die Chemie haben sich hierdurch nur die Aufgaben geändert, ihre Mitarbeit ist nach wie vor unentbehrlich.

Was *Plank* (6), der auf dem Gebiet der Kältekonservierung in Europa führend ist, wiederholt ausgesprochen hat, soll auch hier betont werden: Die Lebensmittelkonservierung ist ein Gebiet, auf dem sich nur dann wirt-

schaftliche Erfolge erzielen lassen, wenn sich Technik, Landwirtschaft, Biologie und Chemie zu gemeinsamer Arbeit verbinden.

[A. 96.]

Literatur.

- (1) Arbeiten von *Schwartz* u. Mitarbeitern im Mikrobiologischen Archiv 2, 568 [1931]; 5, 157, 443 [1934]; 6, 208 [1935] und im Zbl. Bakteriol., Parasitenkunde Infektionskrankh. Abt. II 91, 395 [1935]. Die Untersuchungen von *Bender* sind noch nicht veröffentlicht. — (2) Noch nicht veröffentlicht. — (3) *M. M. Stewart*, Rep. of the Food Investigation Board, London 1930, S. 180. — (4) Arbeiten von *Moran, Smith, Tomkins, Coyne* im J. Soc. chem. Ind., Chem. & Ind. 51, [1932]. — (5) Arbeiten in den Annual Rep. of the Food Investigation Board, London. — (6) *R. Plank*, Z. Ver. dtsch. Ing. 74, 1497 [1930].

Moornutzung und Torfverkokung¹⁾.

Von Dr. W. WIELANDT, Elisabethfehn i. Oldenburg.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Brennstoff- und Mineralölchemie auf der 48. Hauptversammlung des V. d. Ch. in Königsberg am 4. Juli 1935.

(Eingeg. 28. Juni 1935)

Drei Gesichtspunkte drängen zur Auseinandersetzung mit den bisher vernachlässigten Torfmooren. Erstens die Notwendigkeit, den landwirtschaftlich nutzbaren Boden auf das äußerste zu vermehren, zweitens der Zwang, die deutschen Bodenschätze besser als bisher zu heben, drittens die Frage der Verbringung von Menschen und Industrien aufs Land und die Verbindung der Menschen mit der heimischen Scholle.

Über 17 000 km² deutschen Bodens bestehen noch aus unkultiviertem Torfmoor mit einem geschätzten Vorrat von über 7 Milliarden t Torf (lufttrocken gerechnet). Wenn auch nur ein Viertel dieses Bodens als abbauwürdiges Hochmoor angenommen wird, beträgt die Menge an wirtschaftlich förderbarem Torf 1,9 Milliarden t mit 3500 cal je kg entsprechend nahezu 1 Milliarde t Steinkohlen, und dieser Torf hat nach seiner Hebung einen Marktwert von über 20 Milliarden Goldmark. Daß dieser Materialwert nicht einfach unter einer landwirtschaftlichen Decke begraben werden sollte, wie dies vielfach durch die bisherige Oberflächenkultivierung geschehen ist, wird augenfällig schon aus dem Vergleich, daß der Handelswert des aus einem Hektar 2^{1/2}—3 m tiefen Moores gewinnbaren Torfes durchschnittlich rund 30 000 RM. beträgt, während der Verkaufswert als landwirtschaftlicher Boden vor der Düngung und Urbarmachung weniger als 1000 RM. beträgt und selbst nach der Düngung und Kultivierung der etwa mögliche Bruttoertrag kaum einige hundert Mark jährlich erreicht.

Am wichtigsten jedoch ist die Frage der Torfmoorverwertung in ihrem Zusammenhang mit dem Siedlungsproblem. Eine rationelle Torfindustrie vermag über die Finanzierungsschwierigkeiten der Urbarmachung der Moore hinwegzuhelpen. Für Entwässerung, erste Düngung und Überstehung der unvermeidlichen ersten Mißernten muß ein Beitrag von mindestens 500—800 RM. je Hektar gerechnet werden, was für sämtliche deutschen Torfmoore mehr als eine Milliarde ausmachen würde. Dagegen bringt die Hebung des Torfwertes, wenn sie auch nur einen Betriebsüberschuß von 5% des Marktwertes der Erzeugung abwerfen sollte, schon einen Gewinn von 1500 RM. je Hektar, der mithin den Geldbedarf der Kultivierung vollkommen deckt.

Alles drängt also dahin, die großzügige industrielle Abtorfung der Moore beschleunigt zu betreiben.

Eine bescheidene Ausnutzung betreiben bisher die kleinen Kolonisten, die Handstichtorf herstellen. Solcher kommt jedoch, da er keine Festigkeit hat und deshalb keine langen Transporte verträgt, im übrigen wegen seiner Lockerheit auch nur eine unwirtschaftliche Verbrennung erlaubt, nur auf den Moorgebieten selbst für den eigenen Gebrauch in Betracht. Weiter wird bei jungen Torfmooren die Oberschicht von durchschnittlich etwa 1 m, die wenig zersetzt und noch faserreich ist, industriell auf Torfstreu und Torfmull aufgearbeitet.

¹⁾ Vgl. hierzu auch *Boye*, „Probleme der Torfverwertung“, diese Ztschr. 48, 347 [1935].

Der Absatz hierin ist im Steigen, da diese wertvolle Streu jetzt nach vieljährigen Bemühungen wieder mehr gewürdigt wird als früher. Es bleibt jedoch bei dieser Verwertung die 2—3 m betragende Unterschicht des Moores, die hierfür nicht geeignet ist, unangetastet, so daß durch diese Industrie keine Moorflächen zur Kolonialisierung frei werden.

Diese Unterschicht kann nur auf Brenntorf verarbeitet werden: Sie wird mit Torfbaggern oder in wurzelreichen Gegenen mit handbeschickten Elevatoren oder durch Abspritzung gehoben, in Mischwerken zerrissen, gemischt und geformt, maschinell auf dem benachbarten Trockenfeld ausgebreitet und der Lufttrocknung überlassen und so zu Brenntorf umgestaltet. Guter Torf ist zwar so hart wie Holz und zerfällt auch nicht im Feuer, ist jedoch zerreiblich und hat keine glatte Oberfläche, hat ferner nur ein Schüttgewicht von etwa 300—350 kg je m³ und infolge seiner normalen Feuchtigkeit von 25—30% Wassergehalt nur 3500—4000 cal je kg. Er ist daher allgemein nur in einem Umkreis von höchstens 50—80 km konkurrenzfähig gegen Braunkohlenbriketts. Die Fabrikation solchen Brenntorfes ist daher nach einer ungesunden Blüte während des Ruhrkampfes stark zurückgegangen und beträgt heute in ganz Deutschland weniger als 1 Million t jährlich.

Um die bei diesem Verfahren der Lufttrocknung benötigte Trockenzeit von 4—8 Wochen abzukürzen, versucht man in Rußland, das Moor in dünnen Schichten von einigen Zentimetern abzufräsen, und läßt solchen Krümelmoor innerhalb 1—3 Tagen auf dem Moore liegend zu einem behaupteten Wassergehalt von 50—60% trocknen, und verbrennt ihn in diesem Zustand unter Spezialkesseln. Da diese Art der Trocknung jedoch ebenfalls höchstens 5—6 Monate betrieben werden kann, die einzelnen Brocken auch nur ungleichmäßig im Wassergehalt sein können und die Kesselfeuerung diesem Brennstoff erst noch angepaßt sein muß, verspricht auch diese neue Methode keine vollkommene Lösung der Trocknungsfrage. Günstige Rentabilitätszahlen sind nicht bekanntgeworden.

Um einen höherwertigen gleichmäßigen Brennstoff aus dem Torf zu machen, hat man Torfbriketts hergestellt.

Diese Bemühungen reichen schon 80 Jahre zurück, und sie sind auch das Vorbild gewesen für die Brikettierung von Braunkohle. Leider war der Torfbrikettierung, trotzdem sie an fast unzähligen Stellen zum Teil auch mit großen Mitteln versucht worden ist, bis jetzt nicht der Erfolg beschieden, der die jüngere Braunkohlenbrikettierung zu einer Weltindustrie machte. Die hauptsächlichsten Schwierigkeiten bestehen darin, daß die Moormasse an ihrer Lagerstätte nur durchschnittlich 10% Trockensubstanz hat, daß selbst der Heizwert dieser Trockensubstanz infolge des hohen Sauerstoffgehaltes wesentlich geringer ist als der der Braunkohle, und daß die Moormasse durchschnittlich nur 2—4 m Mächtigkeit hat, so daß auf dem gleichen Gebiete sich nur ein Bruchteil von wenigen Prozent des Wärmewertes befindet, der bei Braunkohlenfeldern gewonnen werden kann. Es kommen zudem von vornherein auf den Mooren nicht solche Riesen-