

# Zeitschrift für angewandte Chemie

38. Jahrgang S. 61—84

Inhaltsverzeichnis Anzeigenteil S. V.

22. Januar 1925, Nr. 4

## Die wirtschaftlichen Aussichten der Torfverwendung.

Von Direktor Ing.-Chem. JOHANNES STEINERT, Hamburg.

(Eingeg. 8.9. 1924.)

Die Ausbeutung der deutschen Torflager ist seit der Zeit der während des Krieges einsetzenden Brennstoffnot Gegenstand erhöhter Aufmerksamkeit von allen interessierten Seiten gewesen. Man beförderte die Ausbeutung der Moore, einerseits, um Brennstoff zu erzeugen, anderseits, um landwirtschaftlich nutzbaren Boden zu bekommen. Nach beiden Richtungen bestand ein erheblicher Anreiz, da es während des Krieges und auch nachher noch sowohl an Brennstoffen als an landwirtschaftlicher Produktionsfläche mangelte. Die Erzeugung von Brenntorf und von andern Torfprodukten (insbesondere Torfstreu) ist demzufolge auf ein Mehrfaches der Vorkriegserzeugung gestiegen. Die Hoffnungen, die zur Gründung der vielen neuen Torfwerke geführt haben, haben sich indessen, von Ausnahmefällen abgesehen, nicht erfüllt, weil in den Jahren nach dem Kriege die Inflation die zum Teil recht hohen Gewinne regelmäßig wieder restlos aufzehrte, so daß die Torfindustrie niemals aus dem Zustand dauernder Kapitalknappheit herauskommen konnte. Die Neuaufrichtung der Goldwährung hat die Lage noch verschlechtert. Fast alle Brennstoffe sind wieder in ausreichenden Mengen und in guter Qualität zu haben, so daß wir uns ungefähr wieder in Vorkriegslage befinden, wo der Torf selbst in unmittelbarer Nähe der Erzeugungsgebiete in schwerster Konkurrenz mit andern Brennstoffen stand.

Ein Überblick über die heutigen Preisverhältnisse möge das erläutern. Die Erzeugungskosten für guten Brenntorf betragen zurzeit in mittleren und kleinen Werken etwa 8 M für 1 t; in großen Werken können sie bei guter Betriebsführung und unter Anwendung modernster Maschinen und Transportmittel auf etwa 5 M für 1 t heruntergedrückt werden. Kurventafel 1 zeigt nun die Preise des Torfes in Mark für 1 t in verschiedenen Entfernung vom erzeugenden Werk. Die errechneten Preise setzen sich ausschließlich zusammen aus dem Preise frei Werk, der mit 5, 6, 7 und 8 M für 1 t eingesetzt ist, sowie aus den Eisenbahnfrachten. Etwa noch notwendige Zwischentransporte sowie die Kosten der Verladung und Entladung sind nicht berücksichtigt. Die gestrichelten Kurven, denen die ermäßigten Frachtsätze für Ladungen von 15 t und mehr zugrunde liegen, kommen kaum in Frage, da es infolge des geringen spezifischen Gewichts des Torfes in der Regel nicht möglich ist, selbst auf einem Waggon von 20 t eine Ladung von 15 t Torf unterzubringen. Die Kurven zeigen sehr deutlich den enormen Einfluß der Transportstrecke auf den Preis des Brenntorfs.

Noch deutlicher zeigt sich dies in Kurventafel 2, die auf Grund der zurzeit geltenden Preise eine vergleichsmäßige Zusammenstellung der Erzeugungskosten von Dampf in verschiedenen Entfernung vom Erzeugungs-

gebiete des Brennstoffes gibt. Die verhältnismäßig starke Belastung des Torfes durch die Fracht liegt in dem vergleichsweise geringen Heizwert (lufttrockener Torf 3200 Cal/kg, Braunkohlenbriketts 4600 Cal/kg, Steinkohle 7200 Cal/kg). Man ersieht aus den Kurven, daß der Torf nur in unmittelbarer Nähe seiner Erzeugungsgebiete mit hochwertigen Brennstoffen in Wettbewerb treten kann, wenn man den normalen Preis von 8 M für 1 t frei Werk zugrunde legt; selbst bei einem Preise von 5 M für 1 t, der eine Wirtschaftlichkeit des Torfbetriebes kaum noch zuläßt, ist der anfängliche Preisvorteil gegenüber Steinkohle bereits auf dem kurzen beiderseitigen Wege von 100 km ausgeglichen.

Eine weitere Verbilligung der Torferzeugung ist nach

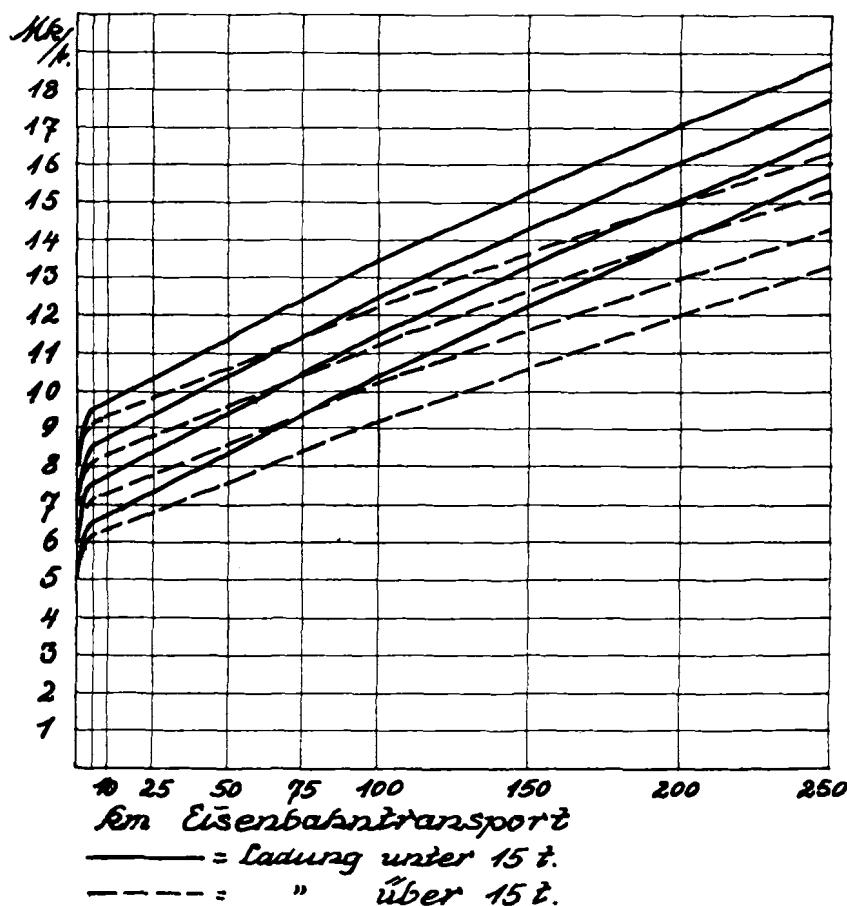


Fig. 1. Preise von Torf in verschiedenen Entfernung vom Erzeugungsort.

den heute üblichen Gewinnungssystemen kaum möglich. Der Torf wird bekanntlich, nachdem er durch Handstich oder durch halbmaschinelle Elevatormaschinen oder durch vollmaschinelle Bagger aus dem Moore gehoben wird, in der geringen Schichthöhe von 10—12 cm in Ziegelform (Soden) auf der Mooroberfläche ausgelegt. Die Soden müssen, um einen hinreichenden Grad von Trockenheit zu erlangen, mehrfach gewendet und schließlich derart gesammelt werden, daß kleine Haufen entstehen, die man allmählich zu größeren vereinigt. Die Gestehungskosten des Torfes sind also mit der einfachen Förderung und dem Auslegen keineswegs beendet, sondern die nachfolgenden Wende- und Sammelarbeiten erfordern nochmals einen erheblichen Aufwand. Die Gewinnungszeit beträgt in normalen Sommern in Nord-

deutschland etwa 100 Tage und kann nicht verlängert werden, weil der zu früh gestochene Torf, ebenso wie der zu spät gestochene, zerfrieren würde. Durch das Frieren wird infolge der Ausdehnung des Eises das mechanische Gefüge des Torfes zerstört, so daß nach dem Auftauen eine leicht zerfallende Masse zurückbleibt, die den Transport und die weitere Verarbeitung ausschließt.

Verteuernd wirkt auf die Torferzeugung in hohem Maße der außerordentlich langsame Kapitalumsatz. Während auf anderen Gebieten der Brennstoffgewinnung das Betriebskapital im Jahre mehrfach umgesetzt werden kann, weil die Zeit, die zwischen der Förderung, dem Verkauf, dem Eingang der Beträge und daran anschließend neuer Förderung liegt, nur Wochen oder einige Monate beträgt, kann das Betriebskapital eines Torfwerkes infolge der Saisonarbeit und der langen Dauer

rend des ganzen Jahres und durch Abkürzung der Dauer des Trockenprozesses.

3. Umsetzung (Veredlung) des Torfes in Produkte von höherem Wert mit weiterem Verwendungsbereich und besserer Transportfähigkeit.

4. Verwertung des Torfes in unmittelbarer Nähe des Gewinnungsortes, so daß die Frachtbelastung ganz oder zum Teil fortfällt.

Zweck der folgenden Ausführung ist es, zu zeigen, welche technischen Mittel bereits heute zur Lösung der vorgenannten Aufgaben zur Verfügung gestellt werden können.

#### Zu 1:

Die heute gebräuchlichen Torfbagger haben eine Förderleistung von 30—60 cbm Rohmoor in der Stunde. Der Bau größerer Einheiten ist bisher gescheitert an der Ausführung der Ablegevorrichtung. Es ist leicht möglich, die Förderleistung der Bagger auf ein Mehrfaches der heute üblichen zu steigern, indessen lassen sich die Ablegebänder, wie sie zurzeit gebräuchlich sind, nicht für derartige Leistungen bauen. Auch die Länge der Ablegebänder und damit die Breite des Ablegefledes ist begrenzt. Um sie zu vergrößern, kann man das Ablegen beispielsweise mit Hilfe von Seilförderern vornehmen, wobei sich ein Ablegefled von 200 m Breite und mehr erreichen läßt. Der Nachteil dabei wäre allerdings der größere Bedarf an Arbeitern.

Auf dem Gebiete der Torfbagger können sicherlich noch erhebliche Fortschritte gemacht werden, doch geht dies nicht, ohne daß viel Kapital in Versuche hineingesetzt wird; die Scheu davor erklärt sich daraus, daß bisher ein Massenabsatz an Baggern, der solche Aufwendungen gerechtfertigt hätte, nicht vorlag. Bei einem erneuten Aufleben der Torfindustrie, wie es nach der Einführung der weiter unten beschriebenen

Fortschritte mit Bestimmtheit zu erwarten ist, werden auch hier die geschäftlichen Unterlagen sicherer erscheinen.

Ein wesentlicher Fortschritt in der Technik der Torfgewinnung wurde durch das sogenannte Hydro-Torfverfahren gebracht. Das Verfahren arbeitet in der Weise, daß das Rohmoor durch einen Strahl von Druckwasser zerschnitten, aufgeschlemmt und in einen flüssigen Brei verwandelt wird. Dieser wird sodann durch Rohrleitungen und Pumpen transportiert und in gleichmäßiger Schicht auf einem drainierten und geebneten Trockenfeld ausgegossen. Für 1 cbm Rohmoor ist etwa 1 cbm Druckwasser bei 20 Atm. nötig. Die Fördereinheiten nach dem Hydro-Torfverfahren leisten stündlich 200—400 cbm Rohmoor, also bereits ein Vielfaches des normalen Baggers (30—60 cbm). Der Bedarf an Bedienungsmannschaften ist, bezogen auf die Förderleistung, geringer als selbst bei den besten Baggern. Das Hydro-Torfverfahren ist somit geeignet, die Gestehungskosten des Torfes in gewissen Grenzen zu vermindern. Das Verfahren hat außerdem noch den Vorteil, daß der Abbau in zusammenhängenden Flächen vorgenommen werden kann, die sofort der landwirtschaftlichen Nutzung zugänglich gemacht werden können, während beim Baggerbetrieb zunächst lange und schmale Streifen

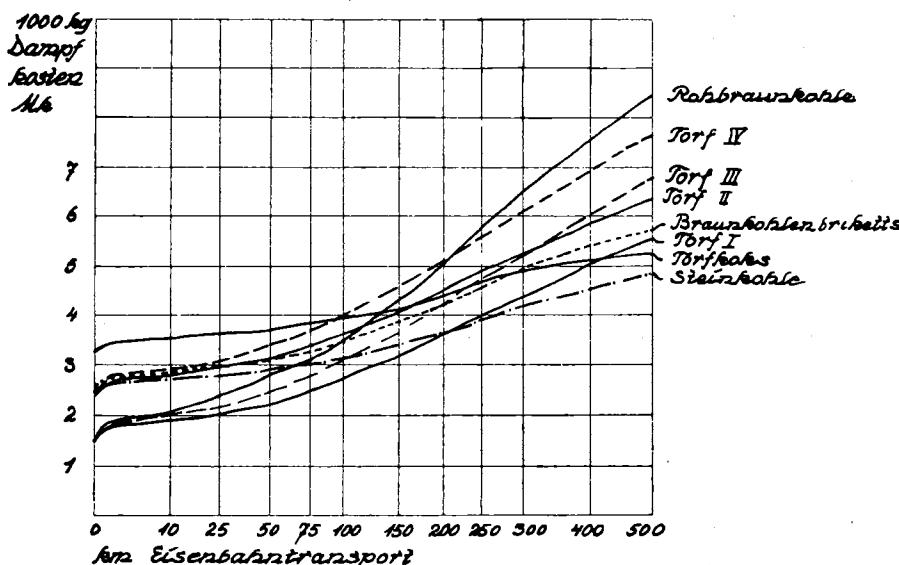


Fig. 2. Herstellungskosten von 1000 kg Dampf mit verschiedenen Brennstoffen.

|  |
|--|
| Torf I: frei Werk Mk 5,—/t; Ladung über 15 t |
| " II: " " " 8,—/t; " 15 t                    |
| " III: " " " 5,—/t; " unter 15 t             |
| " IV: " " " 8,—/t; " 15 t                    |

der Trocknung nur einmal im Jahre umgesetzt werden. Infolgedessen muß das Betriebskapital für einen Umsatz von gegebener Höhe vergleichsweise sehr groß sein, wodurch ein zusätzliche Belastung des Gestehungspreises mit Kapitalzinsen eintritt.

Eine Erschwerung der Torfgewinnung liegt ferner in der Saisonarbeit überhaupt, da es besonders für große Betriebe oft schwierig ist, die nötige Zahl von Arbeitern für die kurze Arbeitszeit zu bekommen.

Man sieht, daß alles in allem die Aussichten der Torfverwertung in der Art, wie sie gegenwärtig ausgeübt wird, recht ungünstig sind, und daß neue Wege beschritten werden müssen, wenn die Torfindustrie den in ihrem eigenen und im Interesse der landwirtschaftlichen Erzeugung liegenden Aufschwung nehmen soll. Die Auswahl der technischen Grundlagen hierfür wird hauptsächlich die folgenden Richtlinien berücksichtigen müssen.

1. Ersparnis von Arbeitskräften durch Entwicklung der Fördergeräte in der Richtung, daß Maschinen mit großen Einzelleistungen und wenig Bedienungsmannschaft zur Anwendung gelangen. Diese Entwicklung muß sich auch auf die Wende- und Sammelarbeiten erstrecken.

2. Schnellerer Geldumlauf und damit Verringerung des Betriebskapitals durch Verlängerung der Gewinnungszeit, im Grenzfall durch kontinuierliches Arbeiten wäh-

entstehen, die als landwirtschaftlicher Boden wertlos sind. Das Hydro-Torfverfahren gestattet ferner, daß auch sehr stuppenreiche Moore maschinell ausgetorft werden können, während Bagger in solchen Fällen versagen. Der erzeugte Hydrotorf zeichnet sich aus durch eine große Gleichmäßigkeit und eine große Dichte, die vor allen Dingen durch die intensive Zerkleinerung durch das Spritzwasser erzielt wird.

Das Hydro-Torfverfahren stellt zurzeit das rationellste durchgeführte Verfahren überhaupt dar. Eine weitere Verbesserung in der Förderung des Torfes läßt sich, wie bereits oben erwähnt, nur dadurch erreichen, daß entweder die Ablegevorrichtungen im gleichen Maße verbessert werden, oder dadurch, daß auf das Ablegen überhaupt verzichtet werden kann, wie es bei den Verfahren mit künstlicher Entwässerung der Fall ist.

#### Zu 2:

Ein kontinuierliches Arbeiten bei der Torfgewinnung ist nur dann möglich, wenn eine künstliche Entwässerung zur Anwendung gelangt. Die künstliche Entwässerung ist auf den verschiedensten Wegen versucht worden; viele Verfahren hatten zwar gute technische Erfolge, waren aber unwirtschaftlich entweder durch den Energiebedarf der Entwässerung oder durch die Höhe der Anlagekosten. Die künstliche Entwässerung durch Wärme ist oftmals versucht und ausgeführt worden, naturgemäß ohne Erfolg, weil der untere Heizwert des Torfes bei einer Feuchtigkeit von etwa 88 % bereits gleich 0 wird, d. h. es ist selbst bei einer Verdampfung des Feuchtigkeitswassers mit dem theoretischen Mindestbedarf an Wärme nicht möglich, Trockentorf im Überschuß zu gewinnen, da das Rohmoor meist eine noch höhere Feuchtigkeit als 88 % aufweist. Die Anwendung des Prinzips der Wärmepumpe, wonach durch Aufwand von mechanischer Arbeit die Kondensationswärme des bereits verdampften Wassers wiederum zum Verdampfen von neuem Wasser nutzbar gemacht wird, scheitert daran, daß die Anlagekosten im Verhältnis zur Durchsatzleistung enorm hoch werden. Außerdem kommen auch hierbei rechnerisch nur Ausbeuten von höchstens 50 % der ursprünglich vorhandenen Trockensubstanz heraus.

Auch die Elektro-Osmose, die auf anderen Gebieten mit Erfolg angewandt wurde, hat man zur Torfentwässerung herangezogen. Es gelingt damit, mit einem Energieaufwand von etwa 50 KW-Stunden 1 t Wasser herauszuziehen, und man erreicht eine Feuchtigkeit von etwa 65 %. Nimmt man dazu noch an, daß dieses Material, um beispielsweise Brennstaub zu gewinnen, noch auf 15 % künstlich mit Wärme nachgetrocknet werden soll, wobei dafür mit dem sehr günstigen Wert von 800 Cal/kg Wasserverdampfung gerechnet werden möge, so bleibt auch hier nur eine Ausbeute von etwa 35 % der vorhandenen Trockensubstanz. Das Verfahren ist überdies gekennzeichnet durch sehr bedeutende Anlagekosten, so daß mit einer guten Wirtschaftlichkeit wohl nicht zu rechnen ist.

Der einzige, bisher mit Erfolg beschrittene Weg ist die Druckentwässerung. Hierbei sind in den letzten Jahren insbesondere zwei Systeme genannt worden, das Madruck-Verfahren und das Maus-Verfahren. Beim Maus-Verfahren ist die Presse fahrbar, arbeitet direkt an der Gewinnungsstelle des Torfes und wird durch einen Elevator wie bei einer normalen Torfpresse mit Rohmaterial versorgt. Die Pressung erfolgt ohne Zusatz von anderen Materialien, und man erreicht bei wenig zersetzt Torf nach Angabe der Bau-firma 65—70 % Feuchtigkeit; bei Schwarztorf, wie er für die Brennstofferzeugung hauptsächlich in Frage kommt,

wird eine Entwässerung bis auf 70 % Feuchtigkeit nicht erreicht. Die Preßkuchen, die die Form von flachen Ringen haben, sollen nach Verlassen der Presse unmittelbar in Haufen gestapelt werden und an der Luft nachtrocknen. Der hauptsächlichste Vorteil dieses Verfahrens soll der sein, daß die Auslege-, Sammel- und Wendearbeit fortfällt und der Betrieb auf einen kleinen Raum konzentriert wird. Es ist indessen fraglich, ob das Stapeln wesentlich billiger wird. Die geringe erreichte Entwässerung ist unwesentlich für die Dauer der Trocknung, denn gerade der erste Teil der Trocknung verläuft sehr schnell. Für große Leistungen kommt das Mausverfahren bisher nicht in Frage, denn die größten bis jetzt hergestellten Maschineneinheiten haben eine Leistung von stündlich 8—10 cbm Rohmoor, was bei jährlich 300 Arbeitstagen und zehnständiger Arbeitszeit einer jährlichen Produktion von etwa 3000 t lufttrocknem Torf entspricht. Für große Torfwerke müssen also eine große Zahl von Maschineneinheiten zur Anwendung gelangen. Das Verfahren bietet auf der anderen Seite den Vorteil, daß die Trocknung in den Stapeln wesentlich unabhängiger von der Witterung ist als auf dem Felde, so daß eher mit einer konstanten Produktion des Betriebes gerechnet werden kann. Praktische Ergebnisse in größerem Umfange sind nicht bekannt geworden.

Bei der Druckentwässerung System Madruck ist die Presse ortsfest aufgestellt. Der Rohtorf wird durch Bagger mit hoher Einzelleistung, z. B. Greifbagger, gefördert und zur Presse transportiert. Vor der Druckentwässerung wird der Rohtorf mit feinzerkleinertem Torf von etwa 30 % Feuchtigkeit in einer Menge von etwa ein Zehntel seines Gewichtes intensiv gemischt; dadurch werden innerhalb der Preßkuchen Kanäle zum Abfluß des Wassers offen gehalten und man erreicht, nach Angabe der Firma, eine Feuchtigkeit des Preßgutes bis 50 %, was einer Feuchtigkeit von etwa 59 %, bezogen auf den unvermischten Rohtorf, entspricht. Die Art des verwendeten Rohmaterials bei diesem Entwässerungsgrade ist leider nicht bekannt; der Erfolg einer Druckentwässerung hängt, wie bereits oben erwähnt, wesentlich von dem Zersetzungsgarde des Rohmaterials ab. Das Madruck-Verfahren hat den Vorteil, daß sich, da die Anlagen stationär sind, große Einheiten herstellen lassen. Über die Wirtschaftlichkeit ist wenig bekannt, es scheint indessen, daß der Nutzeffekt durch den starken Kraftverbrauch für die Presse, sowie den Wärmeverbrauch für die Trocknung des Zusatztorfes und für eine eventuelle Nachtrocknung des Preßgutes nicht besonders günstig wird. Immerhin ist zu erwarten, daß das Madruck-Verfahren hinsichtlich des Eigenverbrauchs an Energie noch Verbesserungen erfährt. Im Prinzip ist das Verfahren wärmewirtschaftlich sehr günstig, da die Abwärme der Maschinen im vollen Umfang für die Trocknung herangezogen werden kann. Das Madruck-Verfahren erscheint zurzeit als das aussichtsreichste Verfahren für die künstliche Entwässerung.

Die Sicherung der Erzeugung und der schnellere Umsatz des Betriebskapitals kann somit durch Anwendung der Druckentwässerung in weiten Grenzen erreicht werden, während die Frage der Erzeugung großer Massen von Brenntorf auf diesem Wege zurzeit noch nicht gelöst ist.

#### Zu 3:

Die Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Brennstoffen kann auch auf dem Wege gesteigert werden, daß an Stelle von normalem Brenntorf hochwertigere Produkte erzeugt werden. Der normale Brenntorf des Handels hat durchschnittlich eine Feuchtigkeit von 30 % bei

einem Heizwert von 3100—3700 Cal/kg; 1 cbm enthält geschüttelt im Mittel 250—350 kg, also 900 000 bis 1 200 000 Cal. Eine weitere Trocknung des Torfes müßte künstlich erfolgen, da sie unter normalen Verhältnissen an der Luft innerhalb einer Gewinnungsperiode nur sehr selten erzielt werden kann. Der Wert einer weiteren Trocknung ist indessen gering, wenn nicht gleichzeitig eine Verdichtung von solchem Grade bewirkt wird, daß Lager- und Transportfähigkeit wesentlich verbessert werden. Man gelangte so zur Brikettierung des Torfes. Es ist gelungen, *Torf briketts* mit einem Heizwert von 4100—4500 Cal/kg bei einer Feuchtigkeit von etwa 50 % und einem Schüttgewicht von etwa 800 kg auf 1 cbm herzustellen. Auf 1 cbm entfallen somit 3 500 000—4 000 000 Cal. Gegenüber dem Sodentorf ist also bereits eine räumliche Verdichtung der Wärme auf etwa ein Viertel erreicht, und der Heizwert ist um etwa 20 % gesteigert. Nach dem Brikettierungssystem des Verfassers ist es gelungen, bei Verwendung von 50%igem Torf als Ausgangsmaterial etwa 78 % der ursprünglichen Trockensubstanz in Brikettform zu erhalten. Die *Torf brikettierung* bietet in Deutschland infolge der Konkurrenz der Braunkohlenbriketts sowie der anderen *Torfveredelungsverfahren* zurzeit wenig wirtschaftliche Aussichten, wird aber voraussichtlich in den nordosteuropäischen Ländern, die über große Vorräte, besonders von leichten Torfsorten, dagegen über wenig andere Brennstoffe verfügen, noch von großer Bedeutung werden.

Der zweite Weg zur Herstellung von hochwertigen Produkten aus Torf, der zurzeit in Deutschland die größten Aussichten bietet, ist die *Torfverkokung*. Die aschenfreie Trockensubstanz des Torfes ergibt durchschnittlich folgende Elementaranalyse:

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| Kohlenstoff . . . . . | 58 %  |
| Wasserstoff . . . . . | 5,5 % |
| Sauerstoff . . . . .  | 35 %  |
| Stickstoff . . . . .  | 1,5 % |

Bei der Verkokung wird nur die Hauptmenge des Sauerstoffes in Form von Wasser und Kohlensäure abgespalten, so daß der feste Rückstand wesentlich konzentrierter an brennbaren Bestandteilen wird. Bei der Destillation bilden sich außerdem brennbare Gase im Teer, und zwar, bezogen auf Trockentorf, 9—14 % Teer, bezogen auf lufttrockenen Torf, 7—11 %. Die Ausbeute an festem Rückstand beträgt bei mittleren Endtemperaturen der Destillation (500—600 °) etwa 40 %, bei hohen Temperaturen (1000 °) etwa 32 %, bezogen auf Trockensubstanz. Der *Torfkoks* hat einen Heizwert von 6500 bis 7500 Cal/kg. Der Kohlenstoffgehalt beträgt je nach der Erzeugungstemperatur 70—85 %. Der bei der Verkokung anfallende Teer ist nach Menge und Art bei den praktisch gebräuchlichen Schwelverfahren in weiten Grenzen verschieden.

Die Vorzüge des *Torfkokses* hinsichtlich der Transportfähigkeit auf große Entfernungen gehen aus der entsprechenden Linie in Kurventafel 2 klar hervor. Man wird aber wohl wenigstens in Europa den *Torfkoks* kaum für Zwecke der normalen Heizung verwenden, da er sich durch hohe Verbrennlichkeit, geringen und gutartigen Aschengehalt und sehr geringen Gehalt an Schwefel und Phosphor besonders für die Verwendung zu metallurgischen Zwecken eignet. Es sei hier besonders auf die Verwendung von *Torfkoks* an Stelle von Holzkohle bei der Herstellung hochwertiger Eisensorten hingewiesen. Die leichte Verbrennlichkeit und der geringe Aschengehalt bedingen ferner eine vorzügliche Eignung des *Torfkokses* für die Vergasung. Insbesondere haben praktische Versuche bewiesen, daß *Torfkoks* in Sauggasgeneratoren

für Fahrzeuge, wie sie jetzt von verschiedenen Seiten ausgeführt werden, bessere Leistungen ergibt als Holzkohle. Diese und andere Verwendungsmöglichkeiten werden, wenn sich der *Torfkoks* erst einmal eingeführt hat, ihm einen praktisch unbegrenzten Absatzmarkt sichern.

Die Herstellung von *Torfkoks* ist bereits vor langen Zeiten in Meilern und in den verschiedensten Ofenkonstruktionen versucht worden. Die Meiler gestatten keine Gewinnung von Nebenprodukten und ergeben geringe Ausbeuten an Koks. Man ist daher von dieser Herstellungsart vollkommen abgekommen. Die früher angewandten Ofenkonstruktionen arbeiteten mit äußerer Beheizung, d. h. der Torf wurde in geschlossenen Behältern durch Wärmeleitungen durch die Wand hindurch erhitzt und damit entschwelt. Die Durchsatzeleistungen solcher Anlagen sind infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit des Torfes vergleichsweise klein, und das Verfahren der Außenbeheizung hat überdies noch den Nachteil, daß sich die Teerdämpfe an den glühenden Wänden der Retorten zum großen Teil zersetzen, so daß man bei Außenbeheizten Anlagen nur Teerausbeuten von 2—4 % erhält.

Einen entscheidenden Anstoß zur Weiterentwicklung erhielt die *Torfverkokung* durch Anwendung des Prinzips der *Innenbeheizung mit inertem Gasen*. Vom Verfasser sind bereits auf diesem Gebiete seit 1919 umfassende Versuche an Groß-Apparaturen angestellt worden, über deren Ergebnis bereits teilweise in der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker 1922 berichtet wurde. Die inzwischen weitergeführten Arbeiten bezogen sich in der Hauptsache auf Vervollkommenung der Apparatur, wobei darauf geachtet wurde, den Wärmebedarf nicht durch Verbrennung von fixem Kohlenstoff, sondern durch Verbrennung des anfallenden, sehr heizwertarmen Mischgases (500—700 Cal/cbm) zu decken. Die Lösung dieser Frage ist inzwischen restlos gelungen, dadurch, daß die Gase durch Überleitung über einen glühenden Katalysator verbrannt werden. Die Durchsatzeleistung derartiger Anlagen wird dadurch enorm gesteigert, daß der Wärmebedarf der Entschwelung durch eine weitgehende Vortrocknung im obersten Teil desselben Schachtes sehr verringert wird. Es ergibt sich dabei von selbst der weitere Vorteil, daß die Schwelprodukte durch die vorherige Entfernung der größten Wassermenge bedeutend konzentrierter anfallen, wodurch auch die nötigen Kondensationsanlagen sehr viel kleiner und billiger werden, und der Bedarf an Kühlwasser gleichfalls vermindert wird. Bei 1 qm Schachtquerschnitt werden stündlich etwa 300 kg Durchsatz erreicht. Die Anordnung des Vortrockners gestattet ferner, Torf mit Feuchtigkeiten bis zu 50 % anstandslos zu verarbeiten. Dadurch, daß die Teerdämpfe infolge der Anwesenheit der inertnen Gase bereits bei einem viel geringeren Partialdruck, also bei wesentlich geringerer Temperatur austreten, sowie dadurch, daß sie von dem Gasstrom sofort ohne Überhitzung in kühlere Zonen getragen werden, sind die Ausbeuten an Teer 80—90 % der Laboratoriumswerte. Ebenso ist die Koksausbeute mit etwa 95 % der im Laboratorium erhaltenen Werte außerordentlich hoch. Wird bis zu mittleren Temperaturen (500—600 °) entschwelt, so genügt bei lufttrockenem Torf das anfallende Schwelgas zur Durchführung des Prozesses.

Abb. 3 (vgl. S. 65) zeigt chematisch die Anordnung einer solchen Anlage.

Der Ofen ist ein vertikaler Schacht, der in eine Trockenzone 1, eine neutrale Zone 2, eine Verkokungszone 3 und eine Kühlzone 4 unterteilt ist, und die das

durchgesetzte Material, das durch den Füllschacht 5 eintritt und die Schleuse 6 austritt, der Reihe nach passiert. Das bei 7 aus der Verkokungs- und Schwelzone abgezogene Gas passiert der Reihe nach den Staubabscheider 8, den Kühler 9 und den rotierenden Teerabscheider 10. Von dort aus verteilt es sich; ein Teil geht durch das Rohr 11 in die Kühlzone und nimmt dort die Wärme des Torfkokses in solchem Maße auf, daß der selbe handwarm abgezogen werden kann. Ein anderer Teil geht durch das Rohr 12 in die Spezialfeuerung 13, wo es ohne Luftüberschluß verbrannt wird. Das heiße

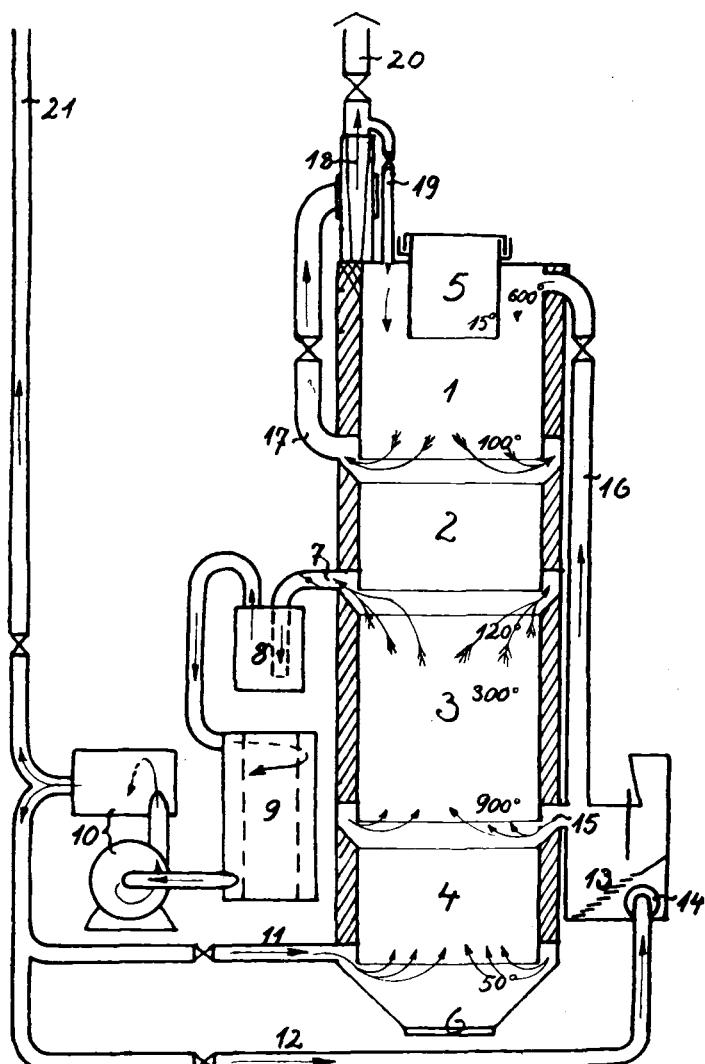


Fig. 3. Schema des Verkokungsofens System Steinert.

Gas gelangt zum Teil durch den Kanal 15 in die Verkokungszone; durch seinen Wärmeinhalt bewirkt es dort die Entschwelung und tritt, mit den neuerzeugten Schwelgasen und den Wasser- und Teerdämpfen, bei 7 wieder aus. Ein anderer Teil gelangt durch den Kanal 16 oben in die Trocknungszone, wird mit einem Teil der durch 19 zurückgeleiteten feuchten Schwaden gemischt und trocknet, das Material im Gleichstrom durchziehend, bis auf 5—15 % Feuchtigkeit herunter. Die Schwaden, die eine Temperatur von etwa 100° haben, werden durch das Rohr 17 und den Ventilator 18 abgesaugt und ins Freie geblasen.

Nach dem neuen System des Verfassers sind bereits mehrere Anlagen im In- und Ausland im Bau und Betrieb; es hat sich dabei gezeigt, daß die Wirtschaftlichkeit des Betriebs die Vorausberechnungen noch übertroffen hat.

Die weitere Ausbreitung der Torfverkokung wird in Deutschland zurzeit durch den bestehenden Kapitalmangel erschwert, indessen wird auf die Dauer die Einführung der Verkokung dadurch nicht gehindert werden.

Andere Verfahren, den Heizwert des Torfes zu konzentrieren, wie beispielsweise die Nassverkohlung durch Behandlung des Torfes im feuchten Zustande bei Temperaturen von 130—200°, oder auch die diversen Gärungsverfahren (Müller, Reutter) haben noch keine technische Anwendung im großen Maßstabe gefunden. Die Heizwerterhöhung, die dadurch erreicht wird, ist auch nicht sehr groß (einige 100 Cal für 1 kg). Die Verfahren haben auch hauptsächlich den Zweck, die Druckentwässerung des Torfes vorzubereiten.

#### Zu 4:

Die Verwendung des Torfes in unmittelbarer Nähe der Erzeugungsgebiete ist in letzter Zeit von den verschiedensten Seiten diskutiert worden. Die Vorschläge lassen sich wesentlich nach Kraft- und nach Wärmeerzeugung unterscheiden.

Die Verwertung des Torfes in Kraftwerken kann entweder auf dem Wege über Dampf oder über Gas erfolgen. In beiden Fällen zeigt es sich, daß gerade der Torf für reine Kraftwerke ein sehr geeigneter Brennstoff ist, weil der Feuchtigkeitsgehalt die Möglichkeit bietet, die in der Abwärme vorhandenen niedrigen Temperaturgefälle für die Vertrocknung des Materials nutzbringend zu verwerten, ohne daß der Betrieb durch Heranziehung anderer Wärmeverbraucher kompliziert wird. Durch zweckmäßige Abdampfverwertung können bis zu 50 % der gesamten Wärme zurückgewonnen werden. Es folgt daraus, daß der Kraftwerksbetrieb von der Torfgewinnung in ziemlich weiten Grenzen unabhängig gemacht werden kann, da die Abwärmeverwertung in schlechten Trocknungsjahren eine Nachtrocknung des Torfes auch bei hohem Feuchtigkeitsgehalt gestattet<sup>1)</sup>.

Eingehende Rechnungen zeigen, daß sich die Herstellungskosten einer KW-Stunde in einem rationell eingerichteten Moorkraftwerk zurzeit um 3 Pfennig herum bewegen; damit ist aber die Rentabilität der Anlage ohne weiteres gesichert. Daß man bisher in derartigen Betrieben von der Möglichkeit der Abwärmeverwertung keinen Gebrauch mache, lag daran, daß die entsprechenden Verfahren noch nicht genügend durchgebildet waren. Heute können die dabei aufgetauchten Schwierigkeiten als überwunden gelten.

An dieser Stelle muß noch auf einen anderen Umstand hingewiesen werden, der gleichfalls die Wirtschaftlichkeit eines Torfkraftwerkes entscheidend beeinflussen kann: es ist der der Teergewinnung. Die anliegende Kurventafel 4 zeigt, welche bedeutenden Ersparnisse sich durch eine Gewinnung des im Torf enthaltenen Teeres machen lassen. Da es heute sowohl in Generatoren als auch in Spezialfeuerungen möglich ist, einen guten Urteer zu gewinnen, muß aus wirtschaftlichen Gründen von dieser Möglichkeit stets Gebrauch gemacht werden.

Unter Berücksichtigung der Abwärmeverwertung zeigt es sich, daß Dampfkraftwerke, besonders bei größeren Maschineneinheiten, mit derselben Wirtschaftlichkeit arbeiten können, wie Gaskraftwerke; danach kommen Gaskraftanlagen nur noch für kleinere Leistungen.

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu: J. Steinert u. M. Göldner, Zur Frage der Moorkraftwerke in Dänemark (Deutsche Torfindustriezeitung, 6. Okt. 1923), und J. Steinert, Kritische Betrachtungen zur Trocknung der Rohbraunkohle (Braunkohle 1924, Nr. 8/9).

gen bis zu einigen 100 PS in Frage. Für größere Leistungen wird man stets Dampfkraftwerke verwenden.

Die Verwendung des Torfes zu Heizzwecken in der Nähe der Erzeugungsstelle wird, abgesehen vom Hausbrand, hauptsächlich auf dem Wege über die Vergasung erfolgen. Für die Vergasung ist Torf in ganz hervorragender Weise geeignet. Der Wirkungsgrad von Torfgasgeneratoren ist sehr hoch, weil die fühlbare Wärme des gebildeten Generatorgases im Generator selbst für die Trocknung des Brennstoffes ausgenutzt wird, so daß in der Vergasungszone ein wesentlich erhöhter, nahezu der obere Heizwert zur Wirkung

steht. Die Beschaffung derart großer Wassermengen wird bei vielen Anlagen nicht einfach sein und erfordert wiederum durch Brunnen, Abflußgraben usw. einen erheblichen Aufwand. Der hohe Wassergehalt des Gases bedingt außerdem, daß ein großer Teil der Teere in Form von „Teerseifen“ anfällt, deren Aufarbeitung erhebliche Schwierigkeiten bereitet.

Durch die Beimischung der Schwelgase ergibt der Torf ein verhältnismäßig heizkräftiges Generatorgas (1100—1300 Cal/cbm), das in der Regel auch einen ziemlich hohen Wasserstoffgehalt aufweist und somit gut brennbar ist. Die Urteergewinnung gelingt im Schwelgenerator mit guter Ausbeute (etwa 85 % der Laboratoriumswerte) bei einer Feuchtigkeit des Torfes bis zu 30 %. Bei höherem Feuchtigkeitsgehalt ist es unvermeidlich, daß ein Teil der Teere zersetzt wird. Bei Feuchtigkeit von 40 % und mehr reicht die Bildungswärme des Kohlenoxyds in der Vergasungszone nicht mehr aus, um den Wärmebedarf für Entschwelung und Trocknung zu decken. In diesem Falle wird das Gas durch Bildung von Kohlensäure geringerwertig, und zwar mit steigender Feuchtigkeit sehr schnell.

Alle die obenerwähnten Schwierigkeiten haben den Verfasser zu einer neuartigen Konstruktion von Generatoren für feuchte Brennstoffe, also auch für Torf, geführt, bei der ein Vortrockner wie beim Verkokungsofen (s. oben) zur Anwendung kommt. Danach wird der oberste Teil des Generatorschachtes zur Trocknung in der Weise verwendet, daß ein kleiner Teil des Generatorgases verbrannt wird und nach Beimischung eines Teiles der am untersten Ende des Trockners abgezogenen feuchten Schwaden von oben nach unten im Gleichstrom durch das Trockengut geführt. Man erreicht dadurch leicht, daß das Material selbst bei der Ausgangsfeuchtigkeit von 50 % mit höchstens 15 % in den eigentlichen Generator gelangt. Der Generator hat dadurch vergrößerte Durchsatzeistung, hohe Teerausbeute und ein verhältnismäßig trockenes Gas. Dieser letzte Umstand ist besonders von Wert bei der Verwendung des Gases in Kraftmaschinen oder in solchen Feuerungsanlagen, die ein hinreichend trockenes Gas erfordern, z. B. Ziegelbrennöfen, Glasfabriken, Stahlwerke u. a. Der Wirkungsgrad der Generatoren beträgt 85—88 %.

Die Kosten einer derartigen Anlage werden im Vergleich mit den bisher üblichen Ausführungen allein dadurch wesentlich geringer, daß eine sehr viel kleinere Kondensationsanlage für die im Gas enthaltene Feuchtigkeit vorgesehen werden kann; der größte Teil der Feuchtigkeit geht mit den Schwaden der Trocknungszone direkt ins Freie und braucht also nicht kondensiert zu werden. Die Anordnung der Vortrockners hat den weiteren Vorteil, daß Unterschiede in der Feuchtigkeit der Beschickung, die im praktischen Betriebe besonders bei der Vergasung von Torf unvermeidlich sind, bereits im Trockner fast restlos ausgeglichen werden, so daß die Vergasung wesentlich gleichmäßiger verläuft. Dieser Umstand ist insbesondere für die Verwendung des Gases in Motoren von ausschlaggebender Bedeutung. Da ferner die fühlbare Wärme des Gases nicht mehr in dem sonst nötigen Umfang für die Trocknung benötigt wird, kann die Bildungswärme des Kohlenoxydes in viel höherem Maße zur Durchführung der Wassergasreaktion herangezogen werden durch Einblasen von feuchter Luft in das Brennstoffbett. Das Gas wird dadurch sehr viel heizkräftiger.

In solchen Fällen, wo das Generatorgas nicht mehr alle Ansprüche an die Leistung der Feuerungsanlage, besonders hinsichtlich der Erzeugung hoher Temperaturen, befriedigen kann, kann ein neues Verfahren zur

% Ersparnis an Brennstoffkosten

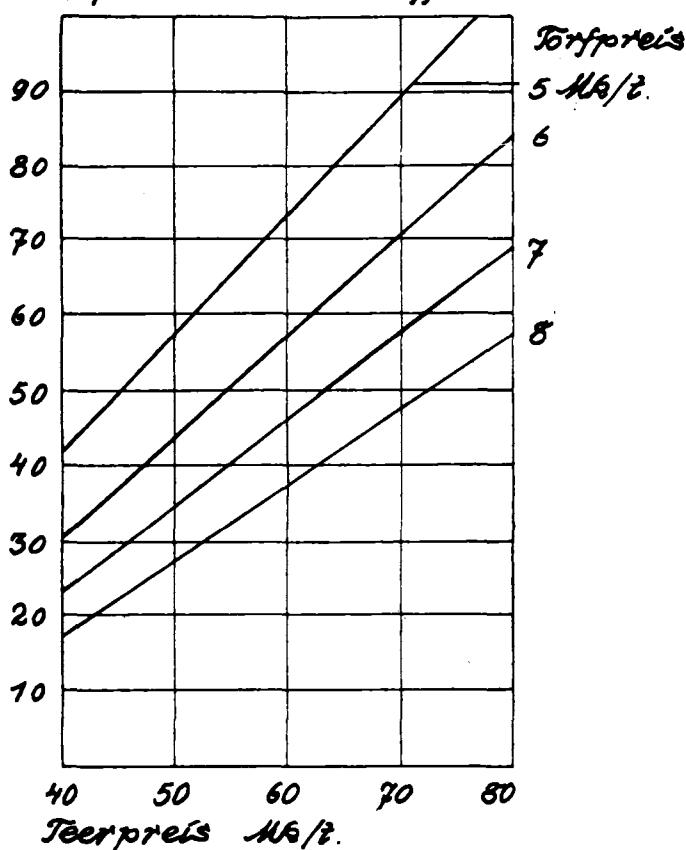


Fig. 4. Ersparnis an Brennstoffkosten durch Teergewinnung.

gelangt. Die für Koks und Steinkohle üblichen Generatorkonstruktionen sind für die Vergasung ungeeignet, wenn auf eine hohe Teerausbeute Wert gelegt wird, denn bei Torf müssen Trocknung und Entschwelung hinreichend langsam verlaufen. Man hat aus diesem Grunde bei Torf „Schwelgeneratoren“ verwandt, die eine sehr hohe Brennstoffschüttung aufweisen. Indessen bieten auch diese Konstruktionen noch keine endgültige Lösung, denn das abziehende Gas ist außer mit dem Schwelwasser noch mit dem gesamten Feuchtigkeitswasser beladen. Da es im Interesse der Erreichung hoher Verbrennungstemperaturen in den meisten Fällen nötig ist, das Gas durch Kühlung zu trocknen, werden dafür recht umfangreiche Anlagen gebraucht, durch die die Gaserzeugung wesentlich verteuert wird. Verwendet man z. B. einen Torf von 35 % Feuchtigkeit, so sind pro Kilogramm Durchsatz einschließlich des Schwelwassers rund 500 g Wasser aus dem Gas niederzuschlagen, wenn dieses trocken sein soll. Da man aber zur Kondensation von 1 kg Dampf in Gaskühllanlagen etwa 10 kg Wasser braucht, müssen pro Kilogramm Durchsatz 5 kg Wasser zur Verfügung

Anwendung gelangen, nämlich die kontinuierliche Erzeugung von Wassergas aus feuchten Brennstoffen nach dem System Hillebrand. Das Verfahren arbeitet in der Weise, daß die in einem besonderen Vortrockner freigemachte Brennstofffeuchtigkeit hoch überhitzt und kontinuierlich in den Generator eingeblasen wird, wobei auf Kosten der fühlbaren Wärme des Gases die Wassergasreaktion stattfindet. Zur Erhitzung werden Regeneratoren oder Rekuperatoren verwendet. Die Temperatur der eingeblasenen Gase kann genau innegehalten werden, so daß man stets unter dem Schmelzpunkt der Asche des Brennstoffes bleiben kann; ein Verschlacken wird dadurch vollkommen vermieden, so daß die häufigen Betriebsstörungen durch Verschlacken und die damit verbundenen umständlichen Reinigungsarbeiten und Betriebsstörungen restlos vermieden werden. Da die Reaktion im Generator endotherm, also auf Kosten der fühlbaren Wärme des eingeblasenen Gemisches erfolgt, kann dessen Temperatur an keiner Stelle des Brennstoffbettes überschritten werden.

Der Wirkungsgrad einer solchen Anlage ist wesentlich höher als der von Wassergasanlagen nach dem üblichen System. Durch das Wassergas lassen sich auch die hochwertigsten Brennstoffe im vollen Umfange ersetzen.

Im vorstehenden wurde ein Überblick gegeben über die zurzeit bestehenden Verwertungsmöglichkeiten für den Torf. Es wurden dabei insbesondere diejenigen Verfahren ausführlicher behandelt, die in ihren wissenschaftlichen Grundlagen und in ihrer technischen Durchbildung soweit gediehen sind, daß sie als brauchbare Basis für ein weiteres Fortschreiten der Torfverwertung angesehen werden können. Es sei zum Schluß nochmals darauf hingewiesen, daß wenigstens für Deutschland die *V e r k o k u n g* unbedingt als das aussichtsreichste Verfahren anzusehen ist. Die Verwendung des *T e e r e s* ist zurzeit ebenfalls auf Grund neuerer Verfahren, die durch *H y d r i e r u n g* die Umsetzung in Leichtbrennstoffe bewirken, gesichert, so daß für alle Produkte der Torfverkokung ein sicherer Absatz besteht. [A. 211.]

## Zur Bewertung der Fungizität eines Stoffes.

Von Dr. E. W. SCHMIDT, Hannover.

(Eingeg. 18./9. 1924.)

Hinsichtlich des Giftwertes einer Substanz unterscheidet man [vgl. Benecke<sup>1)</sup>, Reichelt<sup>2)</sup>] den Tötungswert oder antiseptischen Wert und den Hemmungswert oder desinfizierenden Wert. Den Hemmungswert unterteilt man noch in absoluten Hemmungswert [mykozider Wert Falcks<sup>3)</sup>] und den relativen Hemmungswert (germizider Wert Falcks). Man könnte auch von Kardinalpunkten der Giftwirkung sprechen und als Minimaldosis eines Giftes das Minimum der Konzentration bezeichnen, bei der die Keimung (Aktion) ausgeschaltet wird, die Keimfähigkeit (Potenz) aber erhalten bleibt; und als maximale Dosis die Konzentration, bei der auch die Keimfähigkeit (Potenz) vernichtet wird. Diese Werte stehen nun für die einzelnen Gifte keineswegs fest, sondern verschieben sich nach oben oder unten,

<sup>1)</sup> Benecke, Giftwirkungen. Lafars Handbuch der Techn. Mykologie 1, 482 [1904].

<sup>2)</sup> Reichelt, Entkeimung. Handbuch der mikrobiolog. Technik 1, 437 [1922].

<sup>3)</sup> Falck, Über die Bewertung von Holz- u. Pflanzenschutzmitteln im Laboratorium und über ein neues Spritzmittel für den Pflanzenschutz. Z. ang. Bot. 1, 177 [1919].

je nach der Art der Versuchsanstellung und nach der Natur der gebotenen Nährstoffe. Außerdem fallen die Giftwerte verschieden aus, je nachdem was für ein Organismus zur Prüfung der Giftigkeit eines Stoffes herangezogen wird.

So sind im engeren, je nach der Wahl der Nährstoffe und der Pilzart die Hemmwerte für Kupferverbindungen verschieden. Ganz besonders trifft dieses zu für die Angaben der Autoren hinsichtlich des Hemmungswertes des Kupfersulfates und des Kupferhydroxydes, selbst für den gleichen Pilz. Um nur ein Beispiel anzuführen: Falck (l. c. S. 239) gibt an, daß Kupferhydroxyd in reinem Agar bei 0,4 % *Botrytis* absolut hemmt, fügte er aber Ammoniumnitrat hinzu, so wurde eine absolute Hemmung schon bei einem Gehalte von 0,006 % Kupferhydroxyd erzielt. Löste er dagegen Kupferhydroxyd in Bierwürze, so wirkten erst 0,8 % absolut hemmend, alkaliserte er dieses Nährsubstrat mit Calciumhydroxyd, so sank jetzt die zur Erzielung einer absoluten Hemmung benötigte Giftmenge auf 0,00012 %. Für Kupfersulfat in 1%igem Bierwürzeagar liegt nach Falck die Konzentrationsgrenze bei 0,8 %. Schon aus diesen Angaben, die sich aus der überaus umfangreichen Literatur leicht vermehren ließen, ist zu ersehen, wie relativ sämtliche Angaben über den Giftwert von Kupferverbindungen wie im allgemeinen über den Giftwert überhaupt sind. Prüft man aber die Ergebnisse der Autoren auch noch hinsichtlich der Temperatur, bei der die Versuche angestellt wurden, ferner in Rücksicht auf den physikalischen Zustand des Mediums (flüssig oder fest), das zur Verwendung kam, und schließlich als besonders wichtig, in bezug auf die angewandte Menge der Sporen für die einzelnen Versuche, so erhöht sich noch die Relativität all der erzielten Ergebnisse um ein Beträchtliches.

Es ist deshalb notwendig, will man zu vergleichbaren Werten über die Fungizität eines Stoffes kommen, sich zunächst einmal auf bestimmte Methoden und festliegende Normalnährsubstrate zu einigen. Bezuglich der Testobjekte ist es eine Idealforderung, sämtliche in Frage kommenden Organismen, in unserem Falle Pilze, auf ihre Resistenz Giften gegenüber zu prüfen. Ehe diese Arbeit aber geleistet ist, dürfte es immerhin zweckmäßig sein, sich über den Giftwert der zu prüfenden Gifte einem bestimmten Testobjekt gegenüber zu orientieren. Für mykologische Zwecke scheint dazu *Botrytis cinerea* am geeignetsten, sofern es sich um behäutete Sporen handelt. Dieser Pilz ist auch sonst schon für derartige Untersuchungen verwendet worden, so noch letzthin von Falck (l. c.). Der Pilz ist jederzeit leicht zu erhalten, er ist wenig oder gar nicht variabel, gut kultivierbar, bildet reichliche Mengen Sporen, die groß sind, so daß sie mit schwachen Vergrößerungen ausgezählt und hinsichtlich ihrer Keimfähigkeit mikroskopisch verfolgt werden können. Zudem ist *Botrytis cinerea* ein fakultativer Parasit, so daß die ermittelten Giftwerte einer an diesem Pilz gemessenen Substanz auch Rückschlüsse zulassen auf die erst noch im besonderen zu prüfende Möglichkeit einer Verwendung für die Zwecke des Pflanzenschutzes, welche Verwendungsmöglichkeit dieses Pilzes für solche Zwecke von mir in einer besonderen Arbeit niedergelegt ist<sup>4)</sup>. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei, was ja auch, so sollte ich meinen, deutlich aus meiner angezogenen Arbeit hervorgeht, ausdrücklich betont, daß dem gewählten Pilze nicht im geringsten hiermit etwa der Wert eines Standardtestobjektes eingeräumt werden soll. Sonder es soll nur damit hingewiesen werden auf einen für die gewählte Versuchsanordnung recht brauchbaren

<sup>4)</sup> Vgl. Z. ang. Ch. 19, 267 [1924].