

wurde durch Druckerhitzung bedeutend erhöhte Ausbeute an wasserlöslicher Säure erzielt.

Nach alledem besteht kein Zweifel, daß im Torf beträchtliche Mengen Oxycellulose enthalten sind, und daß aus dieser die Humalsäure (20—30% des Torfs) entsteht. Dieser Befund ist bemerkenswert im Hinblick auf die Lignintheorie. Nach Fischer und Schrader führt nur das im Holz enthaltene Lignin zur Huminsäure- und Kohlenbildung, während die Cellulose durch Bakterien aufgezehrt wird. Aus den vorliegenden Untersuchungen geht jedoch hervor, daß ein beträchtlicher Teil der Cellulose der Bakterieneinwirkung entgeht und sich in Oxycellulose umwandelt. Diese vermag weiterhin unter dem Einfluß von Wasser und Pflanzensäure, also unter biologischen Bedingungen, Huminsäure zu bilden.

Zugunsten ihrer Auffassung haben Fischer und Schrader angeführt, daß in Torflagern mit zunehmender Schichtentiefe der Ligningehalt zunimmt, während die Cellulose in gleichem Maße durch Bakterien zerstört werde. Als Maß für den Ligningehalt dient Fischer und Schrader die Methoxylzahl. So wurde bei Velenér Torf, der von der Oberfläche der Lagerstätte entnommen war, die Methoxylzahl 0,49 gefunden, in 0,9 m Tiefe dagegen der Wert 1,22, in 1,8 m Tiefe der Wert 1,67.

Voraussetzung für die gezogene Schlußfolgerung ist natürlich, daß alle Torfschichten von dem gleichen Pflanzenmaterial herrühren. Tatsächlich werden die Torfmoore von den verschiedensten Pflanzengattungen gebildet.

So sind z. B. in den Thüringer Torfmooren nachgewiesen²⁾:

1. Moose (*Aulaconium palustre*, *Sphagnum rubellum*, *Polytrichum strictum*, *Philonotis fontinalis*).
2. Nadelhölzer (Fichte, Wacholder).
3. Gräser (Wollgras, Seggen, Zittergras, Schmiehe, Schwingel).
4. Sonstige Pflanzen (Haselnuß, Schwarzerle, Faulbaum, Wiesenknöterich, Moosbeere usw.).

Diese mannigfaltigen Pflanzen haben zum Teil stark von einander abweichenden Ligningehalt. Während beispielsweise die Nadelhölzer zu etwa $\frac{1}{3}$ aus Lignin bestehen, sind die Moose fast ligninfrei. Gerade die Moose siedeln sich an der Oberfläche der Torfmoore unter Bildung des Sphagnumtorfes an. Daher ist es ohne weiteres erklärlich, daß die Methoxylzahl an der Oberfläche der Torfmoore nur gering, bei zunehmender Tiefe höher gefunden wird. Aus der Methoxylzahl der Torfe kann man auch deshalb keine weitgehenden Schlüsse ziehen, weil sie nicht nur durch Lignin, sondern auch durch Pektinstoffe bedingt wird.

Daß im Torfmoor noch ein weitgehender bakterieller Abbau der Cellulose stattfindet, ist schon deshalb unwahrscheinlich, weil der Torf in einer Lösung von Huminsäure lagert, welche Bakterienentwicklung nicht aufkommen läßt. Fischer und Schrader führen selbst einen Versuch von E. W. Schmidt an, nach dem sich in einer mit Nährsalzen versehenen Lösung von Cassler Braun, einer natürlichen Huminsäure, weder Azotobakter noch andere Bodenbakterien entwickelten, obwohl Cassler Braun noch eine Gesamtreaktion von 0,82 % hat, d. h. also noch aufzehrbare Polysaccharide enthält.

Anders als im Torfmoor liegen die Verhältnisse beim ersten Stadium des Vertorfungsprozesses, bei der Vermoderung. Hier findet zweifellos eine Zerstörung von Cellulose statt; sie geht aber nicht so weit wie Fischer

und Schrader annehmen. Fischer hat zur Stütze seiner Theorie Untersuchungen von Bray und Andrews angeführt³⁾. Diese Forscher haben Holzschliff der Einwirkung von Hymenomyceten ausgesetzt, welche die braune Fäulnis des Holzes verursachen. Der Cellulosegehalt der Probe betrug ursprünglich 60%, er war nach sechsmonatlicher Einwirkung der Bakterien auf 26,8%, nach einem Jahre auf 10% und nach drei Jahren auf 6,05% herabgegangen. Aus diesen Versuchen schließt Fischer, daß die Cellulose während des Vermoderungsprozesses praktisch vollkommen von Bakterien aufgezehrt wird. In Wirklichkeit liegen aber die Verhältnisse bei der Vermoderung anders als bei der Versuchsanordnung von Bray und Andrews. Die Versuche wurden nämlich in geschlossenen Gläsern, also ohne Luftzutritt, ausgeführt, während die natürliche Vermoderung in Gegenwart von Luftsauerstoff erfolgt, der Bildung von Oxycellulose bedingt. Letztere ist offenbar gegen Bakterien widerstandsfähiger als Cellulose. Tatsächlich entgehen erhebliche Mengen von Polysacchariden, insbesondere Oxycellulose, der Vermoderung und finden sich, bis zu 57%, im Torf vor.

Daß Huminsäuren in der Natur nicht nur aus Lignin, sondern auch aus Kohlehydraten entstehen, lehrt die Untersuchung des Sphagnumtorfes. Die Sphagnum sind, wie bereits erwähnt, fast ligninfrei. So hat Sphagnum medium die Methoxylzahl 0,3⁴⁾, Sphagnum cuspidatum fast Null, während die Methoxylzahl des Holzlignins 15 ist. Um so überraschender war die Beobachtung, daß aus einem reifen Sphagnumtorf des Kedingers Moores 41% (bezogen auf wasser- und aschefreien Torf) Huminsäuren durch 10%ige Natronlauge ausziehbar waren, deren Bildung sich durch Anreicherung des winzigen Ligningehalts der Sphagnum unmöglich erklären läßt.

Der Nachweis, daß die Furanstruktur aufweisende Cellulose über Oxycellulose unter biologischen Bedingungen in Huminsäure überzugehen vermag, bildet eine neue Stütze für die von mir längst verfochtene These, daß die Huminsäure den Furankern enthält. [A. 18.]

Die neuere Entwicklung des Krause-Trocknungs-Verfahrens.

Von Dr.-Ing. OETKEN und Dr. phil. HAUSER, Frankfurt a. M.

(Eingeg. 22./11. 1924.)

Mit der Verfeinerung der chemischen Technik sind auch die Ansprüche an die Arbeitsverfahren gesteigert worden. Dies gilt im besonderen für die Trocknungstechnik, wo vor allem der Erhaltung der Qualität der Produkte mehr Aufmerksamkeit gewidmet wurde als bisher. Unter den verschiedenen modernen Trocknungsverfahren nimmt nun wieder die Zerstäubungstrocknung von Lösungen eine besondere Stellung ein.

Das Hauptkennzeichen der Zerstäubungstrocknung ist die Zerteilung der Flüssigkeit durch mechanische Hilfsmittel verschiedener Art in einer Atmosphäre von erhitzter Luft oder Gas, wobei der Wassergehalt der Flüssigkeit unter gleichzeitiger Temperaturverminderung des Luft- bzw. Gasstromes an diesen abgegeben und die Trockensubstanz der Flüssigkeit in fein verteilter Form gewonnen wird. Der Vorteil dieser Trockenmethode besteht nicht nur in der schnellen Durchführung des Prozesses, wodurch bei richtiger Arbeitsweise unerwünschte Veränderungen des Trockenstoffes vermieden werden, sondern auch in der außerordentlich feinen Zerteilung des er-

³⁾ Brennst.-Ch. 5, 132 [1924].

⁴⁾ Vgl. Fischer und Schrader, Brennst.-Ch. 2, 142 [1921].

²⁾ Vgl. H. Claus, Braunkohlen- u. Brikett-Ind. 18, 2 [1925].

zeugten Trockenproduktes, die eine leichte Wiederauflösung gewährleistet. Praktisch hat erst die Zerstäubungstrocknung für viele Stoffe eine erfolgreiche Trocknung ermöglicht, da bei anderen Trockenverfahren eine Veränderung der Substanz nicht zu vermeiden war (Verlust an Geruch- und Geschmackstoffen; Gerinnungserscheinungen, Verfärbung usw.).

Mannigfache Methoden für die Durchführung des neuen Trockenverfahrens sind angewendet worden. Neben der Verschiedenheit der Gesamtanordnung einer derartigen Anlage wurde in erster Linie den Einrichtungen für die Zerteilung der Flüssigkeit Aufmerksamkeit gewidmet. Dieser Teil des Prozesses, die „Zerstäubung“, erfolgt bei manchen Systemen in der Weise, daß

Scheibe i, die durch eine Dampfturbine oder einen Elektromotor mit hoher Umdrehungszahl angetrieben wird, so daß sie eine Umfangsgeschwindigkeit von etwa 100–140 m/sek. erreicht. Die zu trocknende Flüssigkeit wird der Scheibe durch eine Leitung t mit Regelorgan s zugeführt und unter dem Einfluß der verschiedenen bei der Rotation zur Wirkung gelangenden Kräfte zerstäubt bzw. vernebelt. Durch den Flüssigkeitsnebel saugt oder drückt ein Ventilator a filtrierte erhitzte Luft, die der Flüssigkeit das Wasser entzieht. Das Trockengut fällt in Form eines feinen Pulvers teilweise auf den Boden des Trockenturms, zum Teil wird es vom Luftstrom mitgeführt und in einer Filteranlage o mit mechanischer Entstaubung p zurückgehalten. Das Pulver aus dem Trocken-

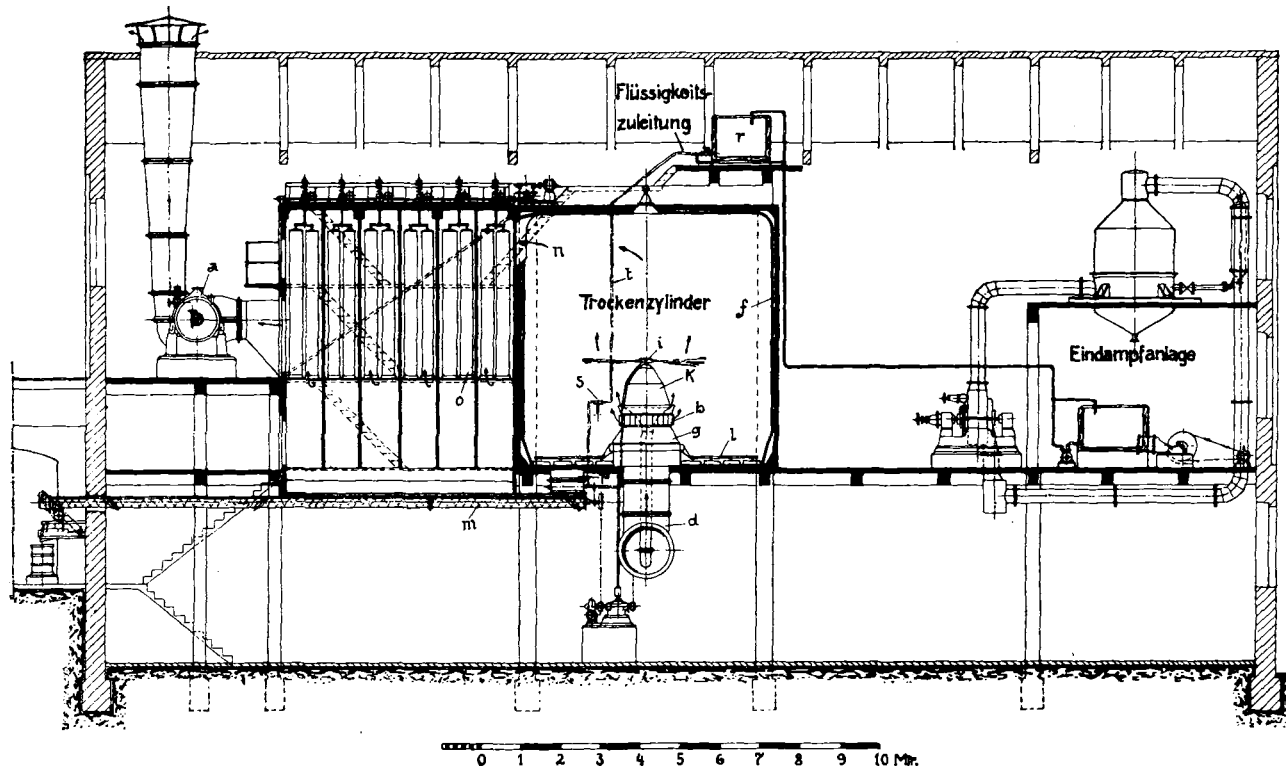


Fig. 1.

die Flüssigkeit unter hohem Druck (etwa 100 Atm.) durch eine enge Öffnung gepreßt wird. Bei anderen wird die Zerstäubung unter dem Einfluß von Preßluft geringerer Spannung (3–10 Atm.) vorgenommen. Eine weitere Methode besteht darin, die Flüssigkeit auf eine rasch rotierende Scheibe zu bringen, abzuschleudern und unter dem Einfluß der Fliehkraft zu zerteilen. Von dieser Methode, die im Krauseverfahren weitgehendste Ausbildung erfahren hat, soll im folgenden die Rede sein.

Die Berechtigung, gerade dieses Verfahren besonders eingehend zu würdigen, kann aus der großen praktischen Anwendung hergeleitet werden. Gestützt auf richtige Grundgedanken und eine sorgfältige technische Durchführung, hat gerade das Krauseverfahren nicht nur in der Gruppe der Zerstäubungstrockner, sondern auch allgemein im Rahmen der Trocknungstechnik eine führende Stellung erlangt. Das Verfahren ist bereits in dieser Zeitschrift¹⁾ beschrieben worden. Hier soll daher nur die neuere Entwicklung geschildert werden. Zum allgemeinen Verständnis werden einige Worte über den Aufbau einer Anlage nach dem Krauseverfahren vorweggenommen (vgl. Fig. 1).

In einem runden Trockenzylinder f ist eine Zerstäubereinrichtung k in stehender oder hängender Anordnung untergebracht. Der Zerstäuber besteht aus einer

turm und dem Filter wird durch gemeinsame Räumereinrichtungen l, m aus der Anlage automatisch fortgeleitet. Ein Bild von dem Aufbau einer größeren Krauseanlage gibt Fig. 2.

Die Bevorzugung des Krauseverfahrens gegenüber anderen Zerstäubungstrocknern stützt sich auf folgende Grundlagen:

a) Die Art des Zerstäubungsmechanismus gestattet eine erheblich universellere Anwendung für die verschiedenartigsten Stoffe, als das bei den entsprechenden Einrichtungen der Düsenzerstäuber der Fall ist. Es können, von einzelnen Sonderfällen abgesehen, Lösungen jeder Art bis zu schlammartigen Suspensionen oder Emulsionen, sofern sie noch gerade fließend sind, getrocknet werden. Ebenso lassen sich kolloidale Lösungen ohne Veränderung ihrer kolloidalen Eigenschaften in trockene, wieder lösliche Form überführen.

b) Die Trocknung von viscosen Lösungen ist nach dem Krauseverfahren ohne Schwierigkeiten durchführbar.

c) Betriebsunterbrechungen sind infolge der zur Anwendung gelangenden Zerstäuberkonstruktion selten. Düsenzerstäubungsanlagen müssen zur Erreichung eines gleichen Effekts vor allem bei größeren Leistungen mit einer großen Zahl von Düsen arbeiten, da die Leistung der Einzeldüse durch die vorgeschriebene Zerstäubungsfineinheit beschränkt ist. Naturgemäß sind Verstopfungen

¹⁾ Vgl. Z. ang. Ch., 35, 533 [1922].

der feinen Düsen im praktischen Betriebe, wo mit Verunreinigungen zu rechnen ist, häufig.

d) Das Krauseverfahren ermöglicht die Trocknung von Suspensionen und die Überführung in gebrauchsfertige Pulver in einem Arbeitsgange. Hierin liegt ein besonderer Vorteil gegenüber den heute meist gebräuchlichen Arbeitsverfahren, da jegliche Nachbehandlung, wie Mahlen u. dgl. wegfällt.

e) Das Krauseverfahren gestattet, Mischungen ohne jede Entmischung in völlig gleichmäßiger Verteilung zu trocknen. Dabei kann es sich sowohl um homogene Lösungen verschiedener Stoffe handeln, als um Suspensionen oder Emulsionen eines unlöslichen Stoffes in einer Lösung.

f) Der einzelne Apparat, mit einer einzigen darin eingebauten Zerstäubungsapparatur ist für sehr große Stundenleistungen verwendbar, ein Vorteil, der besonders bei Lösungen mit geringem Wassergehalt von ausschlaggebender Bedeutung ist.

g) Die völlige Mechanisierung des Krauseverfahrens gewährleistet die Durchführung des Trocknungsprozesses mit geringem Bedienungspersonal in einem Minimum von Zeit, bei ständig einheitlicher Qualität der erzeugten Produkte.

Die vorstehenden Gesichtspunkte erklären die vielfache Anwendung des Krauseverfahrens. Es soll betont werden, daß sie nicht eine grundsätzliche Kritik der Düsenzerstäubungsanlagen bedeuten, die, wie die Praxis zeigt, für einfachere Fälle ihren Zweck vollständig erfüllen.

Die ständig fortschreitende Entwicklung des Krauseverfahrens hat eine Reihe von Verbesserungen gebracht, über welche hier kurz berichtet werden soll. Diese Verbesserungen lassen sich in folgende Gruppen gliedern:

1. Vervollkommnung des Prozesses in apparativer Hinsicht, verbunden mit einer Verbesserung der Produkte.

2. Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.
3. Erschließung neuer Anwendungsgebiete.

1. Vervollkommnung des Prozesses.

Um die Grundsätze des Verfahrens voll zu verwirklichen, war eine restlose Mechanisierung des Betriebes notwendig. Diese ist, von einzelnen Spezialfällen und den Kleinapparaten abgesehen, zur Durchführung gelangt: Die zu trocknende Flüssigkeit tritt an einer Stelle der Anlage ein, während das Trockenprodukt an einer anderen Stelle die Anlage ohne Zwischenbehandlung verläßt. Stauungen des flüssigen und festen Materials oder unzulässige Ansammlungen werden vermieden. Besondere Sorgfalt wurde auf die Betriebskontrolle verwendet, d. h. auf die laufende Beobachtung der Temperaturen, Drucke und Luftsättigung von einer zentralen Bedienungsstelle aus, in besonderen Fällen unter Anwendung von selbstregistrierenden Instrumenten. Regelorgane und automatische Ausschaltung der Zerstäuberanlage bei Betriebsstörungen ergänzen diese Einrichtungen, so daß die präzise Durchführung des Trocknungsvorganges in jeder Weise sichergestellt ist. Bei den neueren Anlagen wurden ferner Fortschritte hinsichtlich der Verringerung der Druck- und Temperaturverluste erzielt durch Vereinfachung der Luftführung und Verkleinerung der strahlenden Fläche. Für Sonderfälle erwiesen sich konstruktive Änderungen der Zerstäubungs-

apparatur als notwendig. Die hiervorliegenden Aufgaben der Zerstäubung von Mischungen aus Stoffen mit stark abweichendem spezifischem Gewicht und von viscosen Flüssigkeiten sind in der Mehrzahl der Fälle restlos gelöst worden.

Während das Verfahren in den meisten Anwendungsfällen zur Trocknung bei niedriger Temperatur dient (bei vielen organischen Produkten wird für das Trockengut eine maximale Temperatur von 60° und weniger vorgeschrieben), wurde in der neueren Entwicklung mehrfach die Aufgabe gestellt, den Trockenprozeß bei höherer Temperatur mit hochoverhitzter Luft oder einem Gemisch von Verbrennungsgasen durchzuführen. Über die wirtschaftliche Bedeutung dieser Methoden wird noch gesprochen werden. Hier möge der Hinweis genügen, daß das Verfahren auch für diese Aufgaben durchgebildet worden ist.

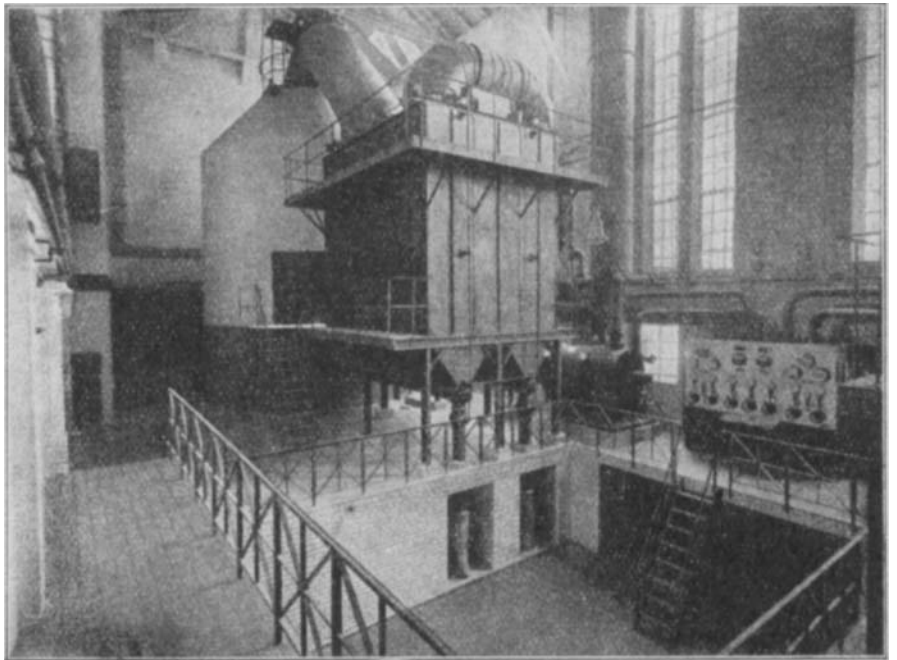


Fig. 2.

Ebenso wurde die Anwendung der Luftumwälzung, d. h. der mehrfachen Verwendung der Trockenluft in den Aufgabenkreis einbezogen. Für empfindliche Stoffe, wie Milch für Ernährungszwecke u. a., konnte dieser Weg nicht in Frage kommen, wenn ein erstklassiges Produkt verlangt wurde, wohl aber für eine Reihe von anderen Stoffen, wie Gerbextrakt und manche anorganischen Produkte. In den meisten Fällen werden hier Verbrennungsgase vermisch mit Luft für die Trocknung verwendet, welche nach Abgabe des mitgeführten Trockengutes vor dem Wiedereintritt in die Apparatur durch Zumischung von neuem Verbrennungsgas wieder aufgeheizt werden.

Die Entwicklung des Verfahrens stellte in vieler Beziehung neue Aufgaben an die Filtrierung der Abluft bzw. der Abgase. Bei den meisten der zur Aufstellung gelangten Anlagen sind Schlauchfilter verwendet worden. Die üblichen Konstruktionen ließen hinsichtlich der Güte der Abreinigung zu wünschen übrig, so daß neue, wirksamere Schüttelvorrichtungen für die Entfernung des Staubes aus den Schläuchen zur Anwendung gelangten. Frühzeitig schon wurden ferner Versuche mit der elektrischen Entstaubung nach dem „Cottrell-Möller-Verfahren“ vorgenommen. Dieses Verfahren eignet sich infolge seiner günstigen Anpassungsfähigkeit, einfachen Bedienung und geringen Betriebskosten ganz besonders für die vorliegende Aufgabe. Trotzdem ist die

Anwendung der elektrischen Entstaubung auf das Krause-Verfahren der neuesten Entwicklung vorbehalten geblieben (s. Fig. 3).

2. Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.

In den früheren Veröffentlichungen über das Krause-Verfahren ist dies als ausgesprochenes Qualitätsverfahren gekennzeichnet worden; das würde bedeuten, daß bei dem hohen Preis der zu trocknenden Produkte die Herstellungskosten von nebensächlicher Bedeutung wären. Diese Auffassung kann zu Irrtümern Veranlassung geben. Zweifellos hat das Verfahren zum Teil seine Verbreitung der Möglichkeit der Erzeugung von qualitativ hochwertigen

nungsgeschwindigkeit und hoher Trockengrad verlangt werden. Von den Interessenten des Krauseverfahrens ist z. B. bisher meist ein Endwassergehalt von weniger als 2–3%, in einigen Fällen sogar von höchstens 0,2 bis 0,5% verlangt worden. Große Trocknungsgeschwindigkeit und hoher Trockengrad sind aber nur dann einzuhalten, wenn ein großer Spannungsunterschied zwischen dem Dampfdruck besteht, welcher sich in den einzelnen zur Trocknung kommenden Flüssigkeitsteilchen entwickelt, und dem Partialdampfdruck der sich mit Wasserdampf sättigenden Trocknungsluft. Praktisch bedeutet dies, daß man erfolgreich nur dann trocknen kann, wenn die Sättigung der Abluft gering gehalten wird. Tatsächlich liegt

die erreichbare Sättigung der Abluft meist unter 20%. Diese ungünstige Zahl wäre das Todesurteil des Krauseverfahrens, wenn es nicht schon längst gelungen wäre, durch Ausnutzung des Abdampfes der Zerstäubungsantriebsmaschine und des Ventilators den größten Teil des Wärmebedarfs für die Lufterhitzung zu decken. Durch diese Kupplung von Kraft- und Wärmeanlage ist es gelungen, bei den großen Krauseanlagen mit günstigem Ausnutzungsgrad den Dampfverbrauch pro 1 kg Wasserverdampfung auf 2,5–3 kg Dampf herunterzusetzen. Indessen wird auch diese Zahl von vielen Betrieben als viel zu hoch bezeichnet.

Wenn man sich mit einer einmaligen Ausnutzung der Luft begnügen und ferner mit Rücksicht auf das zu trocknende Material niedrige Anfangstemperaturen einhalten muß und auf einem geringen Endwassergehalt besteht, so ist die obengenannte Zahl bei dem eigentlichen Trocknungsprozeß kaum zu unterscheiden. Von solchen Fällen, wo man den Kraftbedarf aus einer elektrischen Kraftquelle deckt, und der Wärmeaufwand durch Abfallwärme gedeckt wird, soll hier abgesehen werden. Trotzdem hat sich eine wesentliche Verbes-

serung in der Mehrzahl der bisher praktisch durchgeführten Fälle durch Anwendung eines passenden Vorkonzentrationsverfahrens erreichen lassen. Durch die Kombination einer geeigneten Eindampfanlage mit dem Krauseverfahren konnte der Gesamtdampfverbrauch pro kg zu verdampfenden Wassers auf 1 kg und weniger herabgesetzt werden. Während für eine Reihe von Stoffen in den Mehrfacheffekteindampfanlagen eine geeignete Konzentrationsapparatur zur Verfügung stand, mußte diese für andere, temperaturempfindliche Stoffe erst durchgebildet werden. Hier scheidet mit Rücksicht auf die geringe zulässige Höchsttemperatur eine mehrstufige Eindampfanlage aus. Durch die Ausbildung von Eindampfanlagen mit Wärmepumpe nach dem System „Gensecke“ wurde die Frage befriedigend gelöst. Die zu trocknende Flüssigkeit wird mit geringem Wärmeaufwand in schonender Weise im Verhältnis 1 : 3 oder 1 : 4 unter Vakuum vorkonzentriert und in diesem Zustande der Krauseanlage zugeführt. In neuerer Zeit hat die Wärmepumpe eine weitere Ausbildung erfahren. Sie kann heute z. B. auch für anorganische Stoffe unter bestimmten Verhältnissen eine erhebliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bringen.

Neben dem vorerwähnten Gedanken, die Belastung

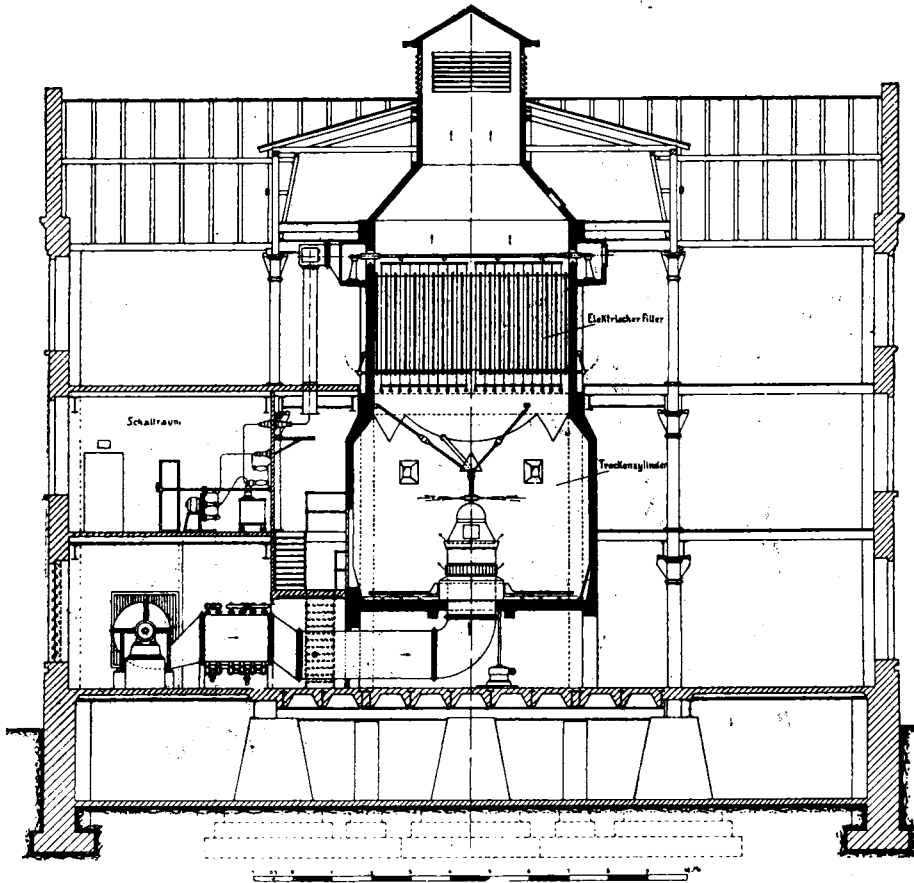


Fig. 3.

Produkten zu verdanken. Auf der anderen Seite werden aber auf Krauseapparaten Massengüter verarbeitet, bei denen der Preis hohe Trocknungskosten nicht zu rechtfertigen vermag. Schon frühzeitig trat daher der Gedanke der Verringerung des Wärme- und Kraftaufwandes hervor. Heute ist diese Tendenz um so mehr gerechtfertigt, als sich viele Gebiete, für die das Verfahren denkbar günstig ist, nur bei niedrigen Produktionskosten erschließen lassen. Dieses Ziel ist auf verschiedenen Wegen zu erreichen.

Einige Worte über die Wirtschaftlichkeit der Trocknung bei Zerstäubungsverfahren im allgemeinen sollen der Vollständigkeit halber vorweg genommen werden. Das Krauseverfahren gehört in die Gruppe der Lufttrockner, die stets einen verhältnismäßig hohen Wärmeaufwand erfordern. Allgemein gibt die Literatur für Lufttrockner pro 1 kg Wasserverdampfung einen Bedarf von 2–3 kg Dampf an. Durch Anwendung des Umwälzverfahrens läßt sich diese Zahl verbessern; sie wird aber stets ungünstiger sein als die Verbrauchsziffer der Kontakttrockner, wenn die Trocknungsbedingungen die gleichen sind. Bei Zerstäubungstrocknern liegen nun die Verhältnisse insofern noch ungünstiger, als große Trock-

der Anlage zu verringern, hat die neuere Entwicklung zwei andere Wege in den Kreis der Betrachtungen gezogen:

Die Wiederverwendung der Trocknungsluft und die Trocknung bei höheren Temperaturen. Bei der ersten Methode, kurz als „Umwälzungsverfahren“ bezeichnet, wird ein Teil der Trocknungsluft im Kreislauf von einem besonderen Gebläse durch die Anlage gedrückt. Die Luft passiert hierbei ein Filter, ein Teil geht ins Freie, der größere Teil wird erneut aufgeheizt und, vermehrt um eine bestimmte Menge erhitzter Frischluft, dem Trockenzyklus wieder zugeführt. Hierbei wird der Wärmeinhalt des größten Teils der Trocknungsluft wieder nutzbar gemacht. Praktisch ist diese Methode für die Trocknung der meisten organischen Produkte aus hier nicht näher zu erläutern den Gründen nicht anwendbar. Sie ist aber lebensfähig in der Verbindung mit der Trocknung bei höheren Temperaturen. Unter der Trocknung bei höheren Temperaturen wird die Durchführung des Trockenvorganges bei Eintrittstemperaturen über 150° bis hinauf zu 500° verstanden. Wie bereits erwähnt, ist für empfindliche Stoffe das Verfahren auf Eintrittstemperaturen von 120–150° beschränkt. Bei solchen Stoffen, für welche diese Voraussetzung nicht zutrifft, kann man mit hochoverhitzten indifferenten Gasen trocknen und hierdurch, sowie durch eventuelle gleichzeitige Anwendung des Umwälzverfahrens die Wärmeausnutzung erheblich verbessern. Hierbei wird das Gebiet des eigentlichen Lufttrockners verlassen; denn es handelt sich nicht mehr um eine Sättigung der Trocknungsluft oder -gase mit ausgetriebenem Wasserdampf, sondern um eine reine Wasserverdampfung in dem Maße, wie die Temperatur der Trocknungsgase erniedrigt wird. Der Wärmeverbrauch kann unter den vorgenannten Bedingungen etwa auf die Hälfte der früher angegebenen Ziffern ermäßigt werden. Voraussetzung sind natürlich für die Anwendung dieses Weges entsprechende Eigenschaften des zur Trocknung kommenden Produktes. Auf jeden Fall verdient die Tatsache hervorgehoben zu werden, daß heute für eine große Reihe von Fällen das Krauseverfahren nicht auf die sogenannte Qualitätstrocknung beschränkt bleibt, sondern auch in ökonomischer Weise für weniger hochwertige Stoffe durchführbar ist. Welcher Weg praktisch einzuschlagen ist, muß auf Grund eines Trocknungsversuchs von Fall zu Fall bestimmt werden.

3. Neue Anwendungsgebiete.

Über die vielfachen Anwendungsmöglichkeiten des Krauseverfahrens ist bereits in den früheren Veröffentlichungen berichtet worden. Wohl die ausgedehnteste Anwendung hat das Verfahren für die Herstellung von Milchpulver für Ernährungszwecke gefunden. In den letzten Jahren haben manche Bezirke Deutschlands nur durch die Zufuhr von Trockenmilchpulver, welches auf Krauseapparaten in den Überschußgebieten hergestellt wurde, versorgt werden können. Auch heute, wo normalere Ernährungsverhältnisse in Deutschland wieder eingetreten sind, ist der Absatz an Trockenmilchpulver groß geblieben. Neben der Vollmilchtrocknung spielt die Trocknung von Milchprodukten aller Art, wie Kasein, Molke usw., sowie Mischungen von Milch mit Kakao, mit Zucker und Malz, eine wesentliche Rolle.

In das gleiche Gebiet fällt die Trocknung von Fleischsaft, ebenso die von Blut- und Blutbestandteilen, die bisher jedoch nicht die Bedeutung erlangen konnten, wie die Trocknung von Milcherzeugnissen. Aus dem Gebiet der Nahrungsmitteltrocknung muß ferner die Erzeugung von Eipulver genannt wer-

den, die in großem Stil in China praktisch ausgeübt wird. Es wird dort sowohl der Gesamteinhalt des Geflügeleies als auch Albumin und Dotter für sich getrocknet. Das so erhaltene Eipulver ist von einheitlicher Qualität und leichter Löslichkeit. Das Albuminpulver ist nach Wiederauflösung wie frisches Eiweiß zu festem Schnee schlagbar. Andere Nahrungsmittel sind gleichfalls mit Erfolg getrocknet worden; jedoch hat ihre Trocknung bisher keinen größeren Umfang angenommen.

Von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist ferner die Trocknung von Gerbstoffen aller Art. Während bis jetzt der durch Extraktion aus den verschiedenen Holzarten gewonnene Gerbstoffextrakt zumeist in Vakuumanlagen bis zu zäher Konsistenz eingedickt wurde, um dann in Fässern zum Versand zu kommen, kann man mit Hilfe des Krauseverfahrens den Extrakt in einem Arbeitsgang in ein trockenes Pulver überführen. Dieses Pulver ist leicht in jeder beliebigen Konzentration löslich und enthält ferner alle Bestandteile des ursprünglichen Extraktes in unveränderter Form. Es ist mit Hilfe des Krauseverfahrens möglich, den verschiedenen Eigenschaften der Gerbstoffe Rechnung zu tragen und in Fällen, wo die Berührung mit Metallteilen eine Schädigung hervorruft, durch Anwendung von Emaille oder Porzellan eine sichere Gewähr dafür zu geben, daß kein Farbumschlag während der Trocknung eintritt. Vor allem darf nicht unberücksichtigt bleiben, daß bei den nach alter Methode eingedickten Extrakten nur eine bestimmte Konzentration Anwendung finden kann, da bei zu weitgehender Eindickung der Extrakt dem Faß nicht mehr entnommen werden kann, ohne daß die Verpackung zerstört wird. Es lassen sich Sumach und Quebracho, Eichen- und Kastanienholzextrakte usw. in dieser Weise verarbeiten.

In neuerer Zeit hat die Trocknung von Kautschukmilchsäften (Latex) großes Interesse gewonnen. Es ist mit Hilfe des Krauseverfahrens möglich, den Kautschukmilchsaft zu zerstäuben und gleichzeitig das überschüssige Wasser zu verdampfen. Man erhält hierbei ein feines weißes, flockenartiges Produkt, welches in der Industrie unter dem Namen „sprayed rubber“ oder „rubber snow“ bekannt ist.

Es ist ferner möglich, mit Hilfe des Krauseverfahrens Mischungen von Latex mit Farb- und Füllstoffen zu zerstäuben und so ein Produkt zu erhalten, welches in bezug auf homogene Verteilung der Einzelbestandteile nach den bisherigen Arbeitsmethoden der Kautschukindustrie nicht gewonnen werden konnte. Besonders bemerkenswert ist die Eignung des Verfahrens bei Anwendung von Füllstoffen, die bisher schwer mit Kautschuk zu vermengen waren, wie z. B. Leim, Gelatine usw. Neben diesen Vorteilen zeigt das erhaltene Trockenprodukt gegenüber der bisherigen Kautschukverarbeitung wesentliche Vorzüge in den physikalischen Eigenschaften, da ja der Rohgummi ohne jeglichen chemischen Einfluß aus dem Urstoff gewonnen wird, und außer Kautschuk auch noch die sonst verlorengehenden restlichen festen Bestandteile des Latex mit zur Trocknung gelangen, die den Wert des Fertigproduktes bedeutend erhöhen.

Auch die Trocknung von Farbstoffen wird mit Hilfe des Krauseverfahrens in großem Maßstab durchgeführt. Es handelt sich hierbei nicht nur um die Trocknung wertvoller organischer Farbstoffe, sondern das Krauseverfahren ist auch auf Erdfarben usw. anwendbar. Ein besonders interessantes Gebiet stellt die Trocknung von Leukofarbstoffen dar, welche infolge der äußerst raschen Trocknung ohne jegliche Oxydation vorgenommen werden kann. Es ist mit Hilfe des Krauseverfahrens gelungen, Indigweiß in Pulverform zu erhalten, ohne daß

hierbei die durch die Oxydation bedingte Umlagerung zu dem blauen Farbstoff erfolgte.

Im großen Maßstab wird ferner mit Hilfe des Krauseverfahrens die Trocknung von Seifen und Waschmitteln vorgenommen. Besonders im ersten Falle ist auf die große Leistung der einzelnen Apparaturen hinzuweisen, die stündlich bis zu 10 t pro Apparat beträgt. In diesem Falle handelt es sich nicht um einen Trocknungs- sondern um einen Erstarrungsvorgang, bei dem die heiße, stark gesättigte Seifenlauge mit Hilfe des Krauseverfahrens in einen kalten Luftstrom zerstäubt wird, hierbei erstarrt und in Form feinsten Pulvers zu Boden fällt. Die große wirtschaftliche Bedeutung, welche das Krauseverfahren auf diesem Gebiete erlangt hat, legt die Anwendung des Verfahrens auch für andere ähnliche Gebiete nahe. Infolge des Wegfalls der Lufterwärmung und des großen Durchsatzes stellen sich die Verarbeitungskosten außerordentlich niedrig.

Ein weiteres Gebiet, in das sich das Krauseverfahren mit Erfolg Eingang zu verschaffen wußte, ist die Trocknung von Harnstoff, Ammonsalzen, sowie überhaupt stickstoffhaltiger Düngemittel. Es gelang auf diese Weise, nicht nur ein äußerst feines Produkt zu erzielen, sondern es ist auch die Möglichkeit der Herstellung großer Quantitäten bei geringem Platzbedarf der Apparatur gegeben.

Auch auf dem Gebiet der pharmazeutischen Chemie hat das Krauseverfahren bereits wertvolle Dienste geleistet, zumal es infolge seiner feinen Regulierfähigkeit ermöglicht, die empfindlichsten Stoffe ihren Eigenarten entsprechend individuell zu behandeln und in eine trockene Form überzuführen, in welcher die der ursprünglichen Flüssigkeit charakteristischen Eigenschaften völlig erhalten bleiben. So werden mit Hilfe des Krauseverfahrens die in der Medizin gut eingeführten Disperpräparate hergestellt, wie z. B. Pankreas. Das in flüssigem Zustand äußerst labile Digitalis behält in der trockenen Form nach dem Krauseverfahren verarbeitet seine Eigenschaften unbegrenzt bei. Andere Produkte aus dem pharmazeutischen Gebiete, die nach dem Krauseverfahren getrocknet werden, sind Frangula, Colchicin, Aconit und Urotropin.

Diesem Gebiet nahe steht die Trocknung von Fermenten und Enzymen. Außer dem bereits erwähnten Pankreas ließen sich Labferment sowie Diastase und ähnliche Stoffe in trockene Form überführen, ohne nach Wiederauflösung an der ursprünglichen Fermentstärke eingebüßt zu haben.

Die Trocknung leicht hydrolysierbarer Metallchloride kann mittels des Krauseverfahrens mit Erfolg ausgeführt werden, da durch die äußerst große Trocknungsgeschwindigkeit eine Aufspaltung der Verbindungen beim Übergang vom flüssigen in den trockenen Zustand vermieden wird. Es gelang z. B. Magnesium-, Cer- und Zinkchlorid ohne Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung in eine trockene, haltbare Form überzuführen. In Zusammenhang damit mag auch die Entwässerung kristallwasserhaltiger Salze Erwähnung finden. Es gelingt durch Anwendung der erforderlichen Bedingungen, insbesondere durch Einhaltung der passenden Temperatur des Trockenluftstromes, aus einer Lösung die jeweils gewünschte Kristallwasserverbindung zu erzielen.

Ferner sei auf die Trocknung von Acetaten verwiesen. Essigsäure Tonerde konnte mit gutem Erfolge in ein unveränderliches haltbares leicht lösliches Trockenprodukt übergeführt werden.

Das Krauseverfahren eignet sich nicht allein für Trocknungszwecke, sondern es kann auch für verschiedene andere Zwecke nutzbar gemacht werden. So läßt

sich z. B. durch die Zerstäubung von zähen Ölen mit Hilfe des Krauseverfahrens eine derartige Oberflächenvergrößerung erwirken, daß Vorgänge, wie Hydrierungs- und Oxydationsprozesse im Vergleich zu bisher angewandten Methoden beschleunigt und in ihrer Wirkung verstärkt werden.

Die beschriebenen Anwendungsgebiete geben keine erschöpfende Darstellung der Verwendungsmöglichkeiten für das Krauseverfahren, sondern sollen lediglich dazu dienen, dem Fachmann ein Bild über die vielseitige Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens zu geben.

Neben den vorbezeichneten Gebieten dürften infolge der neuerdings eingeführten Verbesserungen auch andere, bisher nicht geprüfte Aufgaben zu lösen sein. Gründliche Trocknungsversuche, weitgehende Anpassung der Apparatur an den vorliegenden Zweck werden dem Verfahren weitere Gebiete erschließen.

[A. 258.]

Chemische Untersuchung des Holzes einer alten Amateige.

Von CARL G. SCHWALBE, Eberswalde.

(Eingeg. 16./12. 1924.)

Vor vier Jahren habe ich mit Dr. E. Becker über die Untersuchung des Holzes einer alten Amateige berichtet¹⁾, die durch einen unglücklichen Zufall zertrümmert worden war. Das von Dr. W. Becker, Prag, übermittelte Bruchstück ergab verhältnismäßig geringfügige Abweichungen in den Zahlenwerten für die wichtigsten Konstanten der Hölzer beim Vergleich mit denjenigen eines neuzeitlichen deutschen Geigenholzes, so daß wir seinerzeit zu dem Schluß kamen, eine Abweichung in der chemischen Zusammensetzung bei altem und neuem Geigenholz sei unter Berücksichtigung der sehr erheblichen Schwankungen in der Zusammensetzung der Hölzer nicht aufzufinden.

Dr. W. Becker, Prag, übersandte nun Ende des Jahres 1923 noch zwei weitere Proben von Geigenholz, und zwar ein Stück italienisches Geigenholz, ferner ein Stück Balsamfichtenholz, weil in der Fachliteratur über Geigenhölzer die Vermutung ausgesprochen worden ist, der Niedergang der Cremoneser Geigenbaukunst falle zeitlich zusammen mit dem Aufhören des Anbaues der Balsamfichte in Norditalien.

Es handelte sich zunächst darum, festzustellen, ob tatsächlich Balsamfichtenholz vorlag. Dr. Liese, Assistent am Botanischen Institut der hiesigen forstlichen Hochschule hatte die Liebenswürdigkeit, das Holzmuster mikroskopisch zu untersuchen, wobei sich ergab, daß Balsamfichtenholz keinesfalls vorlag. Die eben erwähnten Holzmuster wurden in ganz derselben Weise wie vor einigen Jahren die eingangs erwähnten Geigenhölzer untersucht. In der nachfolgenden kleinen Zahlentafel sind die damals gefundenen Werte und die neuen Werte zusammengestellt.

	Holz d. Amateige %	Deutsches Geigenholz (Picea excelsa) %	Italienisches Geigenholz (Picea excelsa) %	Angebliches Balsam- fichtenholz %
Wasser	8,55	7,82	10,25	9,83
Asche	1,28	0,27	0,45	0,18
Pentosan	9,85	11,25	11,05	11,86
Methylzahl	20,37	24,29	26,65	27,44
Alkohol-Benzolextrakt	2,85	1,47	4,09	4,61

Von diesen Werten interessiert anscheinend die Fachkreise vor allen Dingen der Alkohol-Benzolgehalt, der Aufschluß über den Harz-, Wachs und Fettgehalt des Hol-

¹⁾ Z. ang. Ch. 33, 272 [1920].