Die Trocknung der Nahrungsmittel und Abfälle

Eine zeitgemäße Studie
über
Trockenapparate und Trockenprodukte

Von

Ingenieur Otto Marr

Mit 19 Abbildungen im Text

München und Berlin 1917
Druck und Verlag von R. Oldenbourg

Einleitung.

Nachdem im Juli 1914 die zweite Auflage des Werkes »Das Trocknen und die Trockner« eben erschienen war, brach am 1. August der große Weltkrieg aus und wandelte mit einem Schlage durch die von unsern Feinden in die Wege geleitete Absperrung der Zufuhr aller Rohstoffe und Nahrungsmittel unsere ganzen Lebens- und Wirtschaftsverhältnisse um, indem nunmehr äußerste Sparsamkeit in der Verwendung alles Vorhandenen und weitgehendste Wirtschaftlichkeit bei Erhaltung und Ausnutzung der verbleibenden Bestände zur obersten Pflicht wurde.

Dazu bot die Trocknung aller nicht sofort gebrauchten Erzeugnisse der unmittelbar bevorstehenden Ernte eine gute Handhabe, und es entstanden fast über Nacht Hunderte von Trockeneinrichtungen, zum großen Teil für Produkte, deren Trocknung niemand bisher eine besondere Bedeutung beigelegt hatte, wobei bloß an Gemüse, Getreide, Küchen- und manche andere Abfälle gedacht zu werden braucht, worüber denn auch wenig oder gar keine Veröffentlichungen vorlagen. Diesem Mangel sollen die nachstehenden Erörterungen abhelfen.

Einen Begriff von dem Anwachsen der Trockenindustrie überhaupt geben folgende Zahlen:

Am 1. Juni 1914 bestanden an Trocknereien für Kartoffeln im Deutschen Reich 488, nämlich 388 für Flocken

und 99 für Schnitzel, welche Zahlen sich bis zum 1. Juli 1915 im ganzen um 234, also auf 721 Anlagen erhöhten, von welchen 601 auf Flocken und nur 120 auf Schnitzel kamen.

Damit hat der große Aufschwung in der Kartoffeltrocknung allerdings aufgehört, denn im nächsten Berichtsjahr vermehrten sich die Anlagen nur noch um ca. 80 auf rund 800, worauf ein weiterer Zuwachs fast ganz aufhörte, zum Teil infolge der voraufgegangenen Überschreitungen des derzeitigen Bedarfs, zum andern Teil infolge der überaus ungünstigen Witterungsverhältnisse des Jahres 1916, welche für die Kartoffelernte von geradezu katastrophaler Bedeutung wurden.

Für andere Stoffe hielt der Bedarf an Trocknereien dagegen an; so gibt eine Erzeugerin von Kastendarren an, daß ihr allein bis August 1916 ungefähr 500 Anlagen bestellt worden sind, von denen die weitaus größte Zahl auf die Zeit seit Kriegsbeginn entfällt und zum Trocknen von Gemüse bestimmt ist. Inzwischen, Mitte Juni 1917, ist die Zahl auf ca. 1000 gestiegen.

Eine andere Firma beziffert die ihr seit Kriegsbeginn erteilten Aufträge auf Trebertrockner zu 90 Stück, und wieder eine andere stellte in demselben Zeitraum 25 Trockenanlagen für Sprengstoff- und Schießpulverfabriken her.

Derartige Angaben lassen sich wohl noch erweitern, doch genügen sie immerhin zur Kennzeichnung der Inanspruchnahme der Trockenindustrie durch den Krieg, und es taucht unwillkürlich die Frage auf: »Was hat sie infolgedessen für Fortschritte aufzuweisen?

Um hierüber Klarheit zu schaffen, sollen die wichtigsten Neuerungen einer Betrachtung daraufhin unterzogen werden, inwieweit sie sich zur Durchführung eines möglichst vollkommenen Trockenvorgangs eignen.

Zu dem Zweck mag zunächst festgelegt sein, was unter einem »vollkommenen« Trockenvorgang zu verstehen ist und wie er geleitet werden muß, wobei auch das darüber Gesagte in des Verfassers Werk »Das Trocknen und die Trockner«[1])

[1]) 2. Aufl., 1914, R. Oldenbourg, München.

der Beachtung empfohlen sei[1]). Manches des hier noch zu Ergänzenden stützt sich darauf, weshalb der Vollständigkeit wegen die wichtigen Zahlentafeln IX und X über Wärmewert, Feuchtigkeitsgehalt und Raumeinnahme der Trockenluft bei verschiedenen Temperaturen und Sättigung im Anhang unter A und B nochmals wiedergegeben sind.

Bei den Berechnungen des Wärmebedarfs im Anhang wurden überall unbeheizte Trockenräume zugrunde gelegt; gelangen die Trockner jedoch in beheizten Räumen zur Aufstellung, so ermäßigen sich die Beträge pro 100 kg Wasserverdunstung bei Außentemperaturen von —10° um 6000 WE und von +5° um 3000 WE, in der für 200 kg stdl. Wasserverdunstung geltenden Zusammenstellung, Anlage K, also um je 6000 WE.

[1]) Alle ferneren Hinweise darauf sind durch T. u. T. II gekennzeichnet.

Nachschrift.

Während der Drucklegung brachten einige Zeitungen die Nachricht, daß die auf Seite 25 beschriebene Zerstäubung durch einen rotierenden Teller, welche der G. A. Krause, Aktiengesellschaft München, anscheinend für einen besonderen Zweck geschützt ist, vom Deutschen Reich erworben wurde für die Trocknung von Milch, doch soll sich erst eine Versuchsanlage, und zwar in Berlin, in Betrieb befinden.

Das Gesamtverfahren ist jedenfalls nicht patentfähig.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	III
Der Trockenvorgang	1
Trommeltrockner	12
Kartoffeln	16
Kohlrüben, Steckrüben	18
Getreide	18
Milch- und Eierpulver, Extrakte	24
Hopfen	27
Biertreber	29
Küchenabfälle	32
Schlachthofabfälle	35
Lederabfälle	37
Gemüse, Obst und Früchte	38
Nudeln, Makkaroni	58
Schlußwort	60

Anhang.

Zahlentafeln über Wärmewert und Wassergehalt der Trockenluft	64—65
Zahlentafeln über Raumeinnahme der Trockenluft	66
Berechnungsbeispiele für das Trocknen mit vorgewärmter und mit solcher Luft, welcher nach und nach im Trockner selbst Wärme zugeführt wird	67—75
Graphische Darstellung der betreffenden Vorgänge	76
Vergleichende Zusammenstellung des Verbrauchs an Wärme und Kraft für die verschiedenen mit Luft arbeitenden Verfahren	82—83
Angaben über Gewicht und Feuchtigkeit einiger Stoffe	84

Der Trockenvorgang.

Die Aufgabe, einen Körper künstlich zu trocknen, kann nur dann als befriedigend gelöst betrachtet werden, wenn es mit Hilfe eines naturgemäßen Trockenverfahrens gelingt, dem Körper sein überflüssiges Wasser mit dem geringstmöglichen Aufwand an Wärme und Kraft zu entziehen, ohne die Beschaffenheit der verbleibenden Trockensubstanz in irgend welcher andern Weise zu beeinflussen, als es durch die unvermeidliche Zusammenschrumpfung geschieht.

Dieser Satz enthält bei genauer Betrachtung mehrere Forderungen, deren Erfüllung schon einiges Nachdenken erheischt und dadurch wesentlich abweicht von der kürzlich von einem bekannten Doctor Ingenieur h. c. aufgestellten Behauptung, auf die wir sonst nicht weiter eingehen wollen:

»Wohl kaum ein technischer Vorgang läßt sich in seinem allgemeinen Verlauf so leicht schildern, wie derjenige der künstlichen Trocknung, wenn man von den Einrichtungen der verschiedenen Apparate absieht und eben nur den Vorgang der Trocknung selbst verfolgt.«

Uns soll hier nur eine Gattung der in Klasse 82a des Patentregisters aufgeführten Trockenverfahren beschäftigen, nämlich diejenige, bei welcher die Wirkung durch die Anwendung von Wärme und Wind hervorgebracht wird, denn andere, bei denen eine alleinige Behandlung in Pressen, Schleudern u. dgl. vorgesehen ist, führen überhaupt nicht ans Ziel, und solche, bei welchen scheinbar auf die Mitwirkung der Luftströmung verzichtet wurde, brauchen hier nur kurz berührt zu werden.

Als bekannt ist dabei vorauszusetzen, daß atmosphärische Luft je nach ihrer Temperatur mehr oder weniger Feuchtig-

keit in Dampf- bezw. Dunstform aufnehmen kann, und zwar ist an jeden Temperaturgrad ein bestimmtes Dampfgewicht geknüpft, das wohl unter-, niemals aber überschritten werden kann. Beispielsweise vermag 1 kg Luft von 60° C rund 153 g Dampf, 1 kg von 30° dagegen nur ca. 27 g Dampf aufzunehmen und ist in beiden Fällen voll gesättigt. Das Kilogramm kann aber auch nur die Hälfte oder einen andern Teilbetrag dieser Gewichtsmengen enthalten und ist dann entsprechend weniger gesättigt.

Ferner hat trockene Luft von 60° einen Wärmeinhalt oder Wärmewert von 14,25 WE und von 30° einen solchen von 7,12 WE per kg. Diese Wärmewerte erhöhen sich jedoch bedeutend, sobald Dampf der Luft beigemengt wird, nämlich bei 60° und halber Sättigung auf 56,63 WE, bei voller Sättigung auf 109,2 WE; bei 30° und voller Sättigung auf 23,6 WE, immer bezogen auf ein kg der im Gemisch enthaltenen Luft.

Wärme und Temperatur ändern sich also durchweg unabhängig voneinander, und steigen beide nur bei trockener Luft in gleichem Verhältnis; sobald jedoch Feuchtigkeit hinzutritt, wächst der Wärmewert wesentlich schneller, als die Temperatur, ebenso aber auch der zugehörige Wassergehalt oder Wasserwert.

Eine genau berechnete Zahlentafel hierüber für verschiedene Temperaturen und Sättigungsgrade ist unter Nr. IX, eine desgl. über die Raumeinnahme der Luftgemische bei den gleichen Zuständen unter Nr. X auf den Anlagen A und B des Anhangs beigefügt, und geht mit besonderer Deutlichkeit daraus hervor, wieviel vorteilhafter es ist, die Trockenluft mit hoher Temperatur zu entlassen als mit niedriger, da sie dann imstande ist, weit größere Wassermengen mit fortzuführen[1]).

Da nämlich die Einwirkung von Wärme und Wind auf die nasse Ware in einem Trockenraum geschieht, wobei der Wind seine Wärme unter Herabminderung seiner Temperatur verwertet zur Verdunstung von Feuchtigkeit der Ware, so

[1]) Über die Ermittelung der Zahlenwerte von Tab. IX u. X vgl. T. u. T. II.

bestimmt sich die Leistung und der Aufwand eines Trockenvorgangs durch die zur Verdunstnng von 1 kg Wasser von ihm benötigte Wärmemenge, welche sich ergibt als Produkt aus Gewicht und zugeführtem Wärmewert der abziehenden Luft, da sie alle aufgewendete Wärme enthält.

Den Trocknern selbst wird vielfach, besonders für größere Liefermengen und ununterbrochenen Betrieb, eine längliche Gestalt als Tunnel oder Kanal gegeben, in dessen eines Ende die entsprechend hoch geheizte Luft ein-, und aus dessen anderm Ende sie wieder abgeführt wird, während man das zu trocknende Gut in entgegengesetzter Richtung hindurchleitet nach dem sogenannten Gegenstromprinzip, welches für Trockenzwecke freilich nur einen sehr negativen Wert hat, wie noch gezeigt werden soll.

Legen wir vorläufig vollkommen trockne Außenluft von 0^0 zugrunde und erwärmen dieselbe auf 60^0, mit welcher Temperatur, entsprechend einem Wärmewert von 14,25 WE pro kg sie in den Trockner ziehe, um ihn, zu 75% mit Feuchtigkeit gesättigt, wieder zu verlassen, so ist ihre Temperatur dabei nach Zahlentafel IX auf etwa 24^0 gefallen, wogegen sie ungefähr 13,6 g Wasser pro kg aufgenommen hat. Zur Entziehung von 1 kg Wasser aus der Ware sind demnach aufzuwenden: $\frac{1000}{13,6} = 73,5$ kg Luft und $73,5 \cdot 14,25 = \sim 1050$ WE.

Die Luft hat also nicht nur die erforderliche Wärme heranzubringen, sondern sie muß außerdem auch die verdunstete Feuchtigkeit fortschaffen können.

Nehmen wir dagegen einmal an, der Vorgang werde so geleitet, daß die Luft den Trockner mit 60^0 und 75% Sättigung verlasse, dann enthält sie nach Zahlentafel IX im Kilogramm: 81,45 WE und 107,9 g Wasser; zur Verdunstung von 1 kg Wasser werden mithin benötigt: etwa 9,3 kg Luft und $\sim$ 760 WE.

Zu diesem besseren Ergebnis führen zwei Wege; entweder man bläst die Luft mit einem Wärmewert von 81,45 WE pro kg, also vorgewärmt auf ca. 340^0, ein oder man führt ihr im Trockner selbst fortwährend neue Wärme zu, was am zweckmäßigsten erreicht wird dadurch, daß man anstatt der

jetzt vor dem Trockenraum (im Sinne der Luftströmung) angeordneten Heizkammer deren eine oder mehrere neben dem Tunnel anordnet und den Wind nicht mehr der Länge nach durch ihn hindurchdrückt, sondern ihn der Quere nach umwälzt, wobei er in steter Abwechslung Trockenraum und Heizkammern durchstreift, sich dabei mehr und mehr erwärmend und sättigend, um an einem geeigneten Punkt entlassen und an einem andern durch das gleiche Gewicht an Frischluft ersetzt zu werden.

Doch die wahre Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens hängt oft genug nicht von den mit ihm verbundenen Trocknungskosten, sondern von der Brauchbarkeit der mit seiner Hilfe hergestellten Produkte ab, besonders wenn deren Trockensubstanz unverändert erhalten bleiben soll. Die meisten Stoffe unterliegen aber schon einer Veränderung, wenn sie über eine gewisse, ihnen eigene Temperatur erwärmt werden, was stets leichter ist, wenn sie völlig trocken sind, als wenn sie Feuchtigkeit enthalten.

Betrachten wir daraufhin einmal unsern Gegenstromtrockner, so wirkt am Austrittsende des behandelten Materials heiße trockene Luft von 60° auf bereits hocherwärmte und vielfach schon übertrockene Ware ein, während am entgegengesetzten Ende hochgesättigte Luft von 24°, die kaum noch überflüssige Wärme abzugeben vermag, dem nassen kalten Material möglichst noch Feuchtigkeit entziehen soll. Es leuchtet sofort ein, daß die Zusammenführung der heißen, trockenen Luft eine Fehlerquelle ist, deren Vermeidung unbedingt angestrebt werden muß.

Ganz anders liegt die Sache bei einem Trockner, in den heiße trockene Luft von ca. 340° an demselben Ende, wie das nasse kalte Material eingeführt wird, damit beide im Gleichstrom den Apparat durchwandern, um ihn schließlich, die Luft mit 60° und 75% gesättigt, das Trockengut mit höchstens 40° und den meistens belassenen ca. 10% Sättigung zu verlassen. Hierbei kann von gar keiner Übertrocknung die Rede sein, noch weniger aber von einer zu hohen Temperatur des Trockenguts, denn diese steigt in diesem Fall anfangs etwas stärker, später ganz allmählich von 5—10° auf höchstens