Untersuchungen über die Backfähigkeit der Mehle

Autor(en): **Fellenberg, Th. von / Schaffer, F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **10 (1919)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-984196

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

MITTEILUNGEN

AUS DEM GEBIETE DER

LEBENSMITTELUNTERSUCHUNG UND HYGIENE

VERÖFFENTLICHT VOM SCHWEIZ. GESUNDHEITSAMT

TRAVAUX DE CHIMIE ALIMENTAIRE ET D'HYGIÈNE

PUBLIÉS PAR LE SERVICE SUISSE DE L'HYGIÈNE PUBLIQUE

ABONNEMENT: Schweiz Fr. 8.20 per Jahrg. — Ausland Fr. 10.— oder M. 8.—.
Suisse fr. 8.20 par année. — Etranger fr. 10.— ou M. 8.—.
Preis einzelner Hefte Fr. 1.50 (Ausland M. 1.50).
Prix des fascicules fr. 1.50 (étranger M. 1.50).

BAND X 1919 HEFT 5/6

Untersuchungen über die Backfähigkeit der Mehle.

Von Th. von FELLENBERG.

(Mitteilung aus dem Laboratorium des Schweiz. Gesundheitsamtes, Bern.)
Vorstand: F. Schaffer.)

Unter der Backfähigkeit eines Mehles kann man den Komplex von Eigenschaften verstehen, die es befähigen, beim Backen ein Brot zu liefern, welches den Anforderungen entspricht, die heutzutage von der Mehrzahl der Konsumenten an dieses Gebäck gestellt werden.

Der Vorgang des Backens besteht kurz in folgendem: Das Mehl wird mit der nötigen Menge Wasser und Salz unter Zusatz von Sauerteig oder Hefe zu einem Teig angeknetet; der Teig wird einige Stunden bei erhöhter Temperatur, am besten bei etwa 30°, sich selbst überlassen. Dabei gehen mehrfache Veränderungen damit vor. Die Enzyme des Mehles wirken abbauend, verflüssigend auf den Kleber und die Stärke ein, ebenso die Organismen der Hefe, bezw. des Sauerteiges. Letztere vergähren einen Teil des vorhandenen Zuckers zu Kohlensäure und Alkohol. Die entstandene Kohlensäure bewirkt eine ganz erhebliche Volumenvergrösserung des Teiges. Der vergohrene, aufgegangene Teig wird nun in den etwa 230—240° heissen Backofen gebracht und je nach dem Gewicht des zu erzielenden Brotes mehr oder weniger lang gebacken. Im Innern des Brotes steigt dabei die Temperatur auf etwas über 100°. Die Eiweissstoffe koagulieren, die Stärke wird verkleistert und zum Teil dextriniert, aus dem halbflüssigen Teig wird ein festes Gebilde mit fixierter Form; Geruch und Geschmack haben sich wesentlich geändert und sind angenehmer geworden, das Brot ist entstanden.

Nicht jedes Mehl ist backfähig. Ein gut backfähiges Mehl liefert einen Teig, welcher eine gewisse Zähigkeit, eine bedeutende Dehnbarkeit und Elastizität besitzt, nach dem Kneten nicht zerfliesst, bei der Gärung gut aufgeht

und das gebildete Gas zum grössten Teil zurückhält, welcher ferner nach dem Backen ein voluminöses, gleichmässig poröses Brot gibt, das weder Risse besitzt, noch zu sehr in die Breite geht.

Ein schlecht backfähiges Mehl liefert einen klumpigen Teig von oft bedeutender Zähigkeit, dem jedoch die Dehnbarkeit und Elastizität mehr oder weniger abgeht und der beim Auseinanderziehen oder Auswahlen leicht reisst. Seine Konsistenz lässt sich mit derjenigen von feuchtem Lehm vergleichen. Wegen der mangelnden Dehnbarkeit und Elastizität lässt er meistens schon bei der Gärung mehr Gas entweichen, als ein Teig aus gut backfähigem Mehl. Beim Backen, wo die eingeschlossene Kohlensäure eine rasche Ausdehnung erfährt, kommt dieser Mangel nun erst recht zur Geltung. Die Hauptmenge der Kohlensäure entweicht, der Teig fällt zusammen und gibt ein Brot von ganz kleinen Dimensionen, oft mit Rissen an der Oberfläche.

Diese beiden Beispiele eines gut und eines schlecht backfähigen Mehles zeigen ungefähr, worin die Backfähigkeit besteht. Die hervorstechendste Eigenschaft der Backfähigkeit, auf welche es schliesslich ankommt, ist die Volumenvergrösserung. Man drückt deshalb die Backfähigkeit durch das Brotvolumen aus, welches aus 100 g Mehl hervorgeht.

Das Verlangen nach einem gut aufgegangenen, voluminösen Brot hat bis zu einem gewissen Grade seine hygienische Berechtigung. Durch seine feinblasige Beschaffenheit ist die Oberfläche der Brotsubstanz gegenüber dem Teig ganz gewaltig vergrössert, der Angriff der Verdauungssäfte wird dadurch sehr erleichtert. Die Frage der Backfähigkeit ist jedoch keine vorwiegend hygienische, sondern mehr eine Geschmackssache. Im allgemeinen wird jeder Bäcker danach trachten, seinen Kunden möglichst voluminöses Brot anzubieten, da der Käufer meist das voluminösere für das vorteilhaftere und schmackhaftere hält, ein Urteil, welches jedoch in dieser Allgemeinheit durchaus nicht richtig ist.

Es gibt Gegenden, in welchen durch besondere Backverfahren das Brotvolumen absichtlich niedrig gehalten wird. So wird das flache Roggenbrot, welches in verschiedenen Wallisertälern, z. B. im Lötschental, gebräuchlich ist,[1]) folgendermassen bereitet: Man verknetet das Mehl unter Zusatz von Sauerteig, lässt die ganze Masse gären, schneidet dann Stücke von der gewünschten Grösse heraus, presst sie in der sog. «Laibserra», einer Teigpresse, zu flachen Kuchen und bringt diese in den Backofen. Durch das Pressen des Teiges wird ein Teil der bei der Gärung gebildeten Kohlensäure ausgetrieben und es resultiert ein Brot mit sehr kleinen Poren und von geringem Volumen. Bei solchen Broten verhält sich der Durchschnitt zur Höhe etwa wie 1 : 2,2. In dieser flachen Form lässt sich das Brot ausgezeichnet ausbacken und ist dann sehr lange, in der trockenen Luft jener Gegend wohl nahezu unbegrenzt, haltbar. Die meisten Familien des Lötschen-

[1]) Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Prior Joh. Siegen in Kippel.

tales backen nur einige Male, oft nur zweimal, im Jahr. Vier Tage vor dem Genuss bringt man die steinharten Brote in den Keller, wo sie bald genügend Feuchtigkeit aufnehmen, um zerschnitten und gekaut werden zu können. Der Wassergehalt eines solchen ca. 14 Tage alten Brotes betrug 24,4 %. Das Brot war direkt dem Keller entnommen, gut verpackt und zwei Tage nachher untersucht worden. Ein anderes ca. 1 Monat altes Brot enthielt nur 15,1 % Wasser.

Das übrigens sehr schmackhafte Walliserbrot dürfte, da es ein gutes Kauen unbedingt verlangt, wohl für die meisten Mägen mindestens so verdaulich sein, wie unser hoch aufgegangenes, meist in frischem Zustande verzehrtes Brot.

Maurizio hat bei Backversuchen im kleinen Massstabe Brotvolumina von im Maximum 560 cm^3 auf 100 g Mehl erhalten. Er berechnet, dass, wenn Gasverluste ganz vermieden werden könnten, in diesem Falle ein Brot von 720 cm^3 entstanden wäre. Das eine unserer Walliserbrote zeigte demgegenüber nur ein Volumen von 151 und das andere ein solches von 165 cm^3.

Die Kenntnis der Backfähigkeit kann nicht etwa den Zweck verfolgen, die Mehle nach dieser Eigenschaft zu klassifizieren, sie kann aber insofern ein gewisses Interesse gewinnen, dass wir dadurch in den Stand gesetzt werden können, durch richtige Mehlmischung auch schlecht backfähige Mehle zu genügend porösen Broten zu verbacken.

Das Ziel, welches mir bei der vorliegenden Untersuchung vorschwebte, bestand darin, die Ursachen der Verschiedenheit der Backfähigkeit der Mehle herauszufinden. Ich hoffte dies zu erreichen durch Herstellung und Verbacken von künstlichen Mehlmischungen, ferner durch möglichst eingehende chemische Untersuchung von Mehlen und Bestimmung ihrer Backfähigkeit und schliesslich durch physikalische Prüfung der Mehle und Teige. Dabei hoffte ich, in den Stand gesetzt zu werden, aus der chemischen Untersuchung mit Sicherheit auf die physikalischen Eigenschaften des Teiges, wie auch auf den Grad der Backfähigkeit schliessen zu können. Leider liess sich dies Ziel nicht mit der gewünschten Genauigkeit erreichen. Die Veröffentlichung unserer Untersuchungen mag aber trotzdem nicht ohne Interesse sein, da sie eben zeigen, dass die Lösung der Frage viel komplizierter ist, als man bisher vielfach glaubte. Zudem ist ja jeder Beitrag zur Kenntnis unseres wichtigsten Nahrungsmittels erwünscht.

I. Versuche mit künstlichen Mehlmischungen.

Man nimmt allgemein an, und zwar mit einer gewissen Berechtigung, die Backfähigkeit sei bedingt durch den Klebergehalt der Mehle. Wir haben nur drei kleberhaltige Getreidearten zur Verfügung: Weizen, Roggen und Gerste. Nach dieser Annahme lassen sich somit nur diese drei Getreidearten zu eigentlichem Brot verbacken.

Im Weizen sind in einigermassen erheblicher Menge 4 Proteine zugegen und zwar im Keim ein Albumin, Leukosin genannt, und ein Globulin, im Endosperm Gliadin und Glutenin, beides Bestandteile der sogenannten Kleberschicht, der äussern Schicht des Endosperms, welche den Mehlkern umhüllt. Gliadin und Glutenin machen zusammen den Kleber aus. Wird Weizenmehl mit Wasser angeteigt und der Teig unter stetigem Kneten mit Wasser ausgewaschen, so bleibt schliesslich Kleber zurück, eine zähe, elastische, klebrige Masse. Der Kleber macht die Hauptmenge der Proteinsubstanzen des Weizens aus; die Eiweissstoffe des Keimes treten daneben quantitativ sehr zurück.

Ueber die Löslichkeit der genannten 4 Eiweissarten gibt folgende Tabelle Auskunft.

Tabelle 1. *Löslichkeit der Eiweissstoffe des Weizens.*

	Löslichkeit in		
	Wasser	Salzwasser	Alkohol
Leukosin	löslich	löslich	unlöslich
Globulin	unlöslich	löslich	unlöslich
Gliadin	unlöslich	unlöslich	löslich
Glutenin	unlöslich	unlöslich	unlöslich

Es wurden nun künstliche Mehlmischungen bereitet durch Mischen von in der Regel 10 % einer oder mehrerer Eiweissarten mit 86 % Stärke, je 1,5 % Trauben- und Rohrzucker, 0,8 % Monokaliumphosphat, 0,1 % Ammoniak, 0,1 % Magnesiumsulfat. Auf 100 Teile dieser Mehlmischungen wurden zur Teigbereitung 1,5 Teile Kochsalz und 2 Teile Hefe zugesetzt.

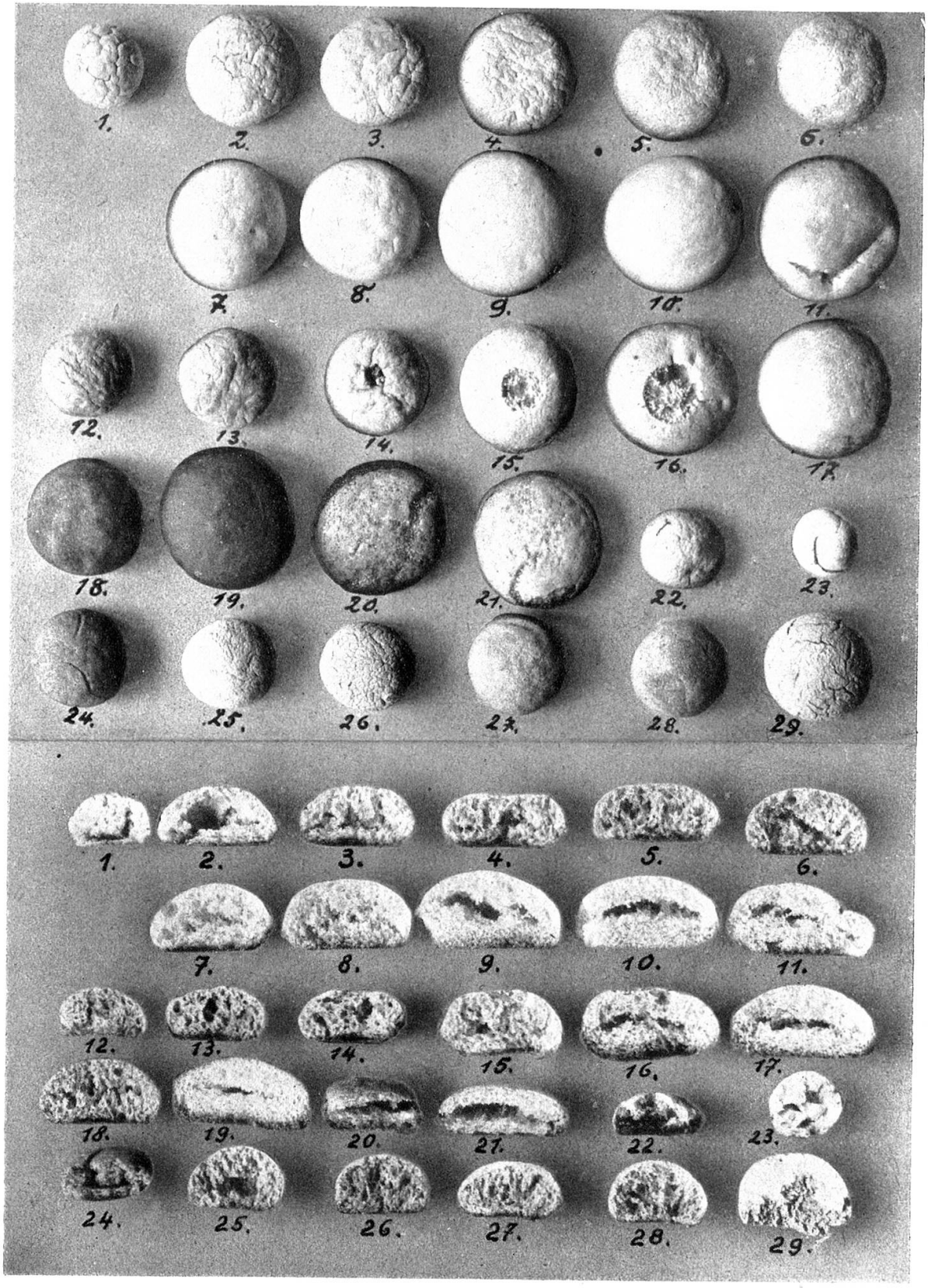
Als Eiweissarten wurden verwendet Gliadin, Glutenin, beide nach *Osborne* [1]) hergestellt, Eieralbumin, Kasein, nach *Samuely* [2]) gewonnen, ferner Gelatine. In einem Falle wurde versucht, das Eiweiss durch eine andere kolloidale Substanz, durch Früchtepektin, zu ersetzen. Als Stärkekomponente wurde meist Weizenstärke verwendet; in gewissen Fällen wurde sie aber ersetzt durch Stärke aus Roggen, Mais, Reis, Kartoffeln, durch lösliche Kartoffelstärke, in einem Falle durch Kieselguhr.

Da die Herstellung des Gliadins und Glutenins viel Zeit und Material, hauptsächlich Alkohol, erfordert, wurden die Versuche nur mit 5 g Mehlmischung vorgenommen, also mit einer sehr kleinen Mehlmenge. Man erhielt aber doch gut vergleichbare Werte, da alle Versuche innert einigen Tagen mit derselben Hefe vorgenommen worden waren. Die Teige wurden in Blechformen gebracht, mit einem Uhrglase bedeckt in den Brutschrank von 32° gestellt, 3 Stunden vergohren und dann gebacken.

Backversuche in kleinem Masstabe wurden von verschiedenen Autoren in verschieden konstruierten Apparaten vorgenommen. *Maurizio* [3]) verwendete zu seinen Versuchen einen in geeigneter Weise umgearbeiteten kupfernen Trockenkasten. Ich habe einen ähnlich wirkenden Backofen aus einem kup-

[1]) *Abderhalden*, Biochemische Arbeitsmethoden, Bd. 2, S. 320 und 327.
[2]) Ebendaselbt, Bd. 2, S. 384.
[3]) *A. Maurizio*, Die Nahrungsmittel aus Getreide, Bd. I, S. 429.

Abbildung 1 und 2.



fernen Trockenschrank von 25 cm Länge, 15 cm Tiefe und 21 cm Höhe hergestellt. Der Boden wurde mit einer 1 cm hohen Sandschicht belegt; 1 cm darüber befindet sich ein gelochtes Kupferblech, auf welches die Backformen gestellt werden. 12,5 cm über diesem Blech ist eine 0,5 cm dicke Eternitplatte, welche an einer Stelle durchlocht ist, um dem von oben hineingesteckten Thermometer den Durchgang zu ermöglichen. Unter dem Kasten befindet sich zur bessern Wärmeverteilung ein Drahtnetz. Erhitzt wird mit einem Gasofen. Nach ca. 30 Minuten zeigt das Thermometer 130—135°; nun bringt man die in verzinnten Blechformen befindlichen, während 2 1/2 Stunden vergohrenen Teigproben in den Kasten und erhitzt weiter. Bei gleichzeitigem Verbacken von 6 dieser kleinen Brötchen genügt eine Backdauer von 10—12 Minuten. Werden Gebäcke aus 30 g Mehl hergestellt, so erhitzt man, wenn 3 Brötchen zu backen sind, 20, wenn 6 zu backen sind, 25 Minuten lang.

Die Volumenbestimmung geschah durch Einbetten in Seesand in einem zylindrischen, oben abgeschliffenem Glasgefäss von entsprechender Grösse. Man eicht das Gefäss durch gleichmässiges Einstreuen von Sand aus einem Trichter mit weiter Oeffnung und Abstreichen des Ueberschusses mit einer Glasplatte. Dann bringt man das Brötchen in das leere Gefäss und füllt dasselbe mit dem zur Eichung benützten Sand. Den Ueberschuss des Sandes misst man, indem man ihn in einen Messzylinder einstreut, und erhält so das Volumen des Brotes.

Es wurden im ganzen 5 Versuchsreihen gemacht. Die erhaltenen Brotvolumina auf 100 g Trockenmehl sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die beiden photographischen Reproduktionen (Abb. 1 und 2) zeigen die Brötchen im Bilde. Die Numerierung in der Tabelle entspricht derjenigen der Bilder. Die Tabelle bringt 2 Mehlmischungen mehr als die Abbildungen; bei diesen wurde die Numerierung weggelassen.

Bei jeder Mehlmischung machen Eiweisssubstanz und Stärke zusammen 96 % aus; 4 % bleiben für Zucker und die Mineralsubstanzen. Bei geringen Eiweissgehalten wurde somit entsprechend mehr Stärke und bei höhern Eiweissgehalten entsprechend weniger Stärke verwendet.

Tabelle 2. *Backversuche mit künstlichen Mehlmischungen.*

I. Reihe				2. Reihe			3. Reihe				4. Reihe			5. Reihe		
Nr.	Gliadin %	Glutenin %	Volum auf 100 g	Nr.	Gliadin %	Volum auf 100 g	Nr.	Gliadin %	Glutenin %	Volum auf 100 g	Nr.		Volum auf 100 g	Nr.	Je 5 % Gliadin und Glutenin	Volum auf 100 g
1	0	0	203	7	2	448	12	0	10	223	18	2 % Eieralbumin	399	6	Weizenstärke	393
2	1	1	306	8	4	501	13	2	8	259		Je 4 % Gliadin, Glutenin		24	Roggenstärke	220
3	2	2	321	9	6	611	14	4	6	297	19	10 % Eieralbumin	576	25	Maisstärke	223
4	3	3	343	10	8	564	—	5	5	381	20	10 % Kasein	423	26	Reisstärke	196
5	4	4	407	11	10	540	15	6	4	438	21	10 % Kasein + $CaCl_2$	369	27	Kartoffelstärke	268
6	5	5	393				16	8	2	559	22	5 % Gelatine	162	28	Lösliche Kartoffelstärke	263
–	6	6	389				17	10	0	606	23	10 % Pektin	128	29	Kieselguhr	394

Die Brötlein wurden nach der Volumbestimmung bis zu konstantem Gewicht im Brutschrank bei 37° getrocknet und gewogen, um die wirklich vorhandene Mehlmenge festzustellen, sodann zersägt und der Querschnitt geprüft. Es ist möglich, dass die im Querschnitt sichtbaren Hohlräume zum Teil erst beim Trocknen entstanden sind oder sich doch dabei vergrössert haben. Die Hohlräume würden natürlich ein scheinbar zu grosses Volumen bedingen. Wo im Folgenden von der Härte die Rede ist, handelt es sich stets um die Härte des getrockneten Brotes.

Aus unserer Tabelle geht folgendes hervor:

1. Reihe: Steigende Mengen gleicher Teile Gliadin und Glutenin.

Stärke allein gibt ein sehr kleines Brot mit stark runzeliger Oberfläche und von ausserordentlicher Härte. Mit steigendem Gehalt an Gliadin und Glutenin nimmt das Volumen zu und zwar bis zu Nr. 5 (4 % Gliadin und 4 % Glutenin). Bei noch höherm Gehalt nimmt das Volumen wieder etwas ab.[1]) Die Farbe geht vom Weiss des Stärkebrötchens allmählich in ein leichtes Gelbgrau über. Die runzelige Oberfläche wird allmählich glatter. Das Innere ist bei Nr. 2 noch recht feinporig mit einer grossen Zentralhöhle. Von 3 an wird die Höhle unbedeutend; das ganze Innere wird gleichmässig grossporig. Die Härte nimmt allmählich ab.

2. Reihe: Steigende Mengen Gliadin.

Schon mit 2 % Gliadin ist das Volumen mehr als doppelt so gross wie bei dem Stärkebrötchen. Bis zu 6 % Gliadin steigt es stark an, um dann wieder etwas zu sinken. Die Farbe nimmt mit steigendem Gehalt leicht gegen gelb zu. Die Oberfläche zeigt bei 2 und 4 % Gliadin noch einige leichte Risse, wird aber mit steigendem Gehalt ganz glatt. Das Innere ist schon mit 2 % Gliadin feinporiger als bei sämtlichen Versuchen der 1. Reihe. Mit steigendem Gladingehalt nimmt die Feinporigkeit zu. Ueberall werden die Poren gegen die Mitte des Brötchens hin grösser und erweitern sich bei den 3 höchsten Gehalten zu einem zentralen Querspalt. Die Härte nimmt mit steigendem Gehalt an Gliadin allmählich ab.

3. Reihe: die Summe von Gliadin und Glutenin ist stets 10 %; das Verhältnis der beiden Komponenten wechselt.

Das Volumen ist bei 10 % Glutenin nur unbedeutend grösser als bei Stärke allein. Mit steigendem Gliadin- und sinkendem Glutingehalt nimmt es gewaltig zu. Die Farbe ist beim Gluteninbrötlein grau und wird allmählich heller. Die Oberfläche ist bei diesem Brötlein runzelig, selbst etwas rissig und wird allmählich glatter. Die Porosität nimmt allmählich zu, die Poren werden feiner. Das erste Glied der Reihe ist sehr hart. Mit sinkendem

[1]) Diese Abnahme des Volumens mit je 5 % Gliadin und Glutenin wurde durch eine Wiederholung der Versuche bestätigt. Man fand diesmal durch Vergären mit einer andern, offenbar gärkräftigeren Hefe:

bei je 4 % Gliadin und Glutenin ein Volumen von 434 cm³ auf 100 g Mehl
» » 5 % » » » » » » 407 » » 100 g »

Gluteningehalt nimmt die Härte allmählich ab. Drei der Brötchen sind auf der obern Seite etwas beschädigt, weil der gärende Teig das bedeckende Uhrglas berührte und daran festklebte.

4. Reihe: Ersatz des Weizenproteins durch andere Eiweisskörper bezw. durch Pektin.

Zusatz von 2% Eieralbumin zu je 4% Gliadin und Glutenin ändert das Volumen nicht deutlich (vergl. mit Nr. 5); die Oberfläche des Brotes wird aber glatter, die Risse verschwinden; die Farbe wird dunkler, bräunlichgelb [1]). Das Innere ist etwas feinporiger, die Härte nicht deutlich verschieden.

10% Eieralbumin als einziger Proteinkörper gab einen Teig, der floss und daher nicht knetbar war; er ist also nur in einer Form backbar. Der Teig ging aber prächtig auf und gab ein Brötchen von nahezu dem Volumen wie mit 10% Gliadin. Die Farbe der Kruste ist schön bräunlich und unterscheidet sich dadurch von allen andern Gebäcken der Tabelle. Die Oberfläche ist glatt, das Innere gleichmässig feinporig mit einem geringen horizontalen Spalt. Die Härte ist etwa wie bei dem Brot mit 10% Gliadin.

10% Kasein als einziger Eiweisskörper gab ziemlich voluminöse Brötlein, ohne Chlorcalcium ein grösseres, als mit diesem Zusatz. Die Brötlein sind beide ganz flachgedrückt. Die Oberfläche ist hellgelb, zeigt kleine Einsenkungen, aber keine Spälte; das Innere hingegen enthält einen mächtigen, horizontalen Spalt. Die Poren sind schön gleichmässig, die Härte nicht auffallend.

Mit 5% Gelatinezusatz war der Teig kaum zu formen. Die mit Wasser aufgequollene Gelatine musste in geschmolzener Form zugesetzt werden. Beim Kneten klebte der Teig derart an den Händen, dass ein bedeutender Verlust eintrat und das Brötlein schliesslich nur 2,4 g Trockensubstanz enthielt, statt ungefähr 4,6 wie die andern. Das Volumen des Brötchens ist geringer ausgefallen als mit Stärke allein. Die Oberfläche ist hell gefärbt, runzlig, rissig, das Innere wenig porös, mit Hohlräumen, ziemlich hart.

Das Brötlein mit 10% Pektin ist kugelrund, von bedeutend geringerm Volumen als das Stärkebrötlein, wie dieses weiss, mit rissiger Oberfläche, das Innere kompakt, ausserordentlich hart, mit einem zentralen Hohlraum.

5. Reihe: verschiedene Stärkesorten (bezw. Kieselguhr) bei konstantem Gliadin- und Gluteningehalt von je 5%.

Das Weizenbrötlein hat ein bedeutend grösseres Volumen als die Brötlein mit sämtlichen andern Stärkesorten. Die Farbe ist bei Roggen-, Kartoffel- und löslicher Kartoffelstärke etwas grau, bei Mais- und Reisstärke ungefähr gleich hell wie bei Weizenstärke. Bei dem Roggenbrot ist die Oberfläche ziemlich glatt mit einigen nicht in die Tiefe gehenden Spalten; das Innere ist wenig porös und sehr hart. Mais- und Reisstärke geben eine Oberfläche voll kleiner Spalten; das Innere ist ähnlich wie bei Roggen. Kartoffelstärke und lösliche Kartoffelstärke geben eine glattere Oberfläche; das Innere ist

[1]) In der Photographie ist die Farbe übertrieben dunkel herausgekommen.

feinporiger als die beiden soeben erwähnten Proben. Das Kieselguhrbrötchen, mehr Backstein als Gebäck, wurde hergestellt, um zu prüfen, ob das Klebereiweiss im Stande sei, die Kieselguhr zusammen zu halten. Es traf dies auch zu; der Zusammenhang ist aber recht lose; das Brötlein liess sich mit Leichtigkeit zerreiben. Die Kieselguhr benötigte ca. 5 mal mehr Wasser zum Anteigen als die übrigen Mehlmischungen und war auch nach dem Backen noch sehr wasserreich. Von einem Aufgehen durch die Gärung oder das Backen konnte hier keine Rede sein.

Im weiteren interessierte uns der Einfluss, den Lecithin auf die Backfähigkeit ausüben könnte. Im Mehl kommt Lecithin nur zu ca. 0,4 % vor. In Feinbäckereiwaren hingegen ist der Lecithingehalt infolge der zugesetzten Eier oft jedenfalls ein recht bedeutender.

Es wurde Weissmehl unter Zusatz von 5 % käuflichem Lecithin verbacken. Das Brötlein ging prächtig auf; es hatte ein Volumen von 472 cm^3 gegenüber 363 beim Weissmehlbrötchen ohne Zusatz. Die Struktur war ganz feinblasig. Nach dem Trocknen liess sich das Brötchen mit Leichtigkeit zwischen den Fingern zerreiben. Die Festigkeit war geringer, als bei allen andern bisher erwähnten Backproben. Bei Gebäcken, welchen Eigelb zugesetzt wird, könnte das darin enthaltene Lecithin im genannten Sinne wirken.

Anschliessend hieran soll eine Versuchsreihe besprochen werden, welche uns über den Einfluss von löslichen Kohlenhydraten Auskunft geben sollte. Es wurde bei den später zu erwähnenden Backversuchen mit Handelsmehlen beobachtet, dass gewisse Mehle mit viel löslichen Kohlenhydraten, Mehle, deren wässriger Auszug eine viscöse, beinahe etwas schleimige Konsistenz hatte, geringe Brotvolumina gaben und man musste sich fragen, ob die löslichen Kohlenhydrate dabei direkt einen das Aufgehen in irgend einer Weise hemmenden Einfluss ausüben. Bereits haben wir gesehen, wie der Zusatz von Fruchtpektin, einem den Kohlenhydraten nahestehenden Körper, allerdings bei Abwesenheit von Gliadin, ein ganz kleines Brötchen gab. Es wurde nun zu einem gut backbaren Weissmehl weisses und gelbes Dextrin, sowie Schleim aus Leinsamen zugesetzt und je 30 g Mehl bezw. Mischung verbacken. Das Resultat war folgendes:

Tabelle 3. *Einfluss von Kohlenhydraten auf die Backfähigkeit.*

	Volumen auf 100 g Mehl
Weissmehl ohne Zusatz	363
» mit 5 % weissem Dextrin . . .	338
» » 10 % » » . . .	265
» » 10 % gelbem » . . .	225
» » 5 % Leinsamenschleim . . .	220

Dextrin übt eine stark hemmende Wirkung aus, gelbes Dextrin mehr, als weisses, Leinsamenschleim wirkt, zu 5 % zugesetzt, bereits so stark, wie 10 % gelbes Dextrin.

Zusammenfassend kann folgendes über das Verhalten unserer künstlichen Mehlmischungen in Bezug auf die Backfähigkeit gesagt werden:

Mit steigendem Gliadin- und Gluteningehalt nimmt das Volumen zuerst zu bis zu je 4 % Gliadin und Glutenin, um bei höhern Gehalten wieder etwas abzunehmen.

Steigende Mengen Gliadin geben stark zunehmende Volumina und zwar sind die Volumina grösser, als sie bei gleichem Gliadingehalt bei gleichzeitiger Anwesenheit derselben Menge Glutenin sind. Das Glutenin begünstigt somit das Aufgehen des Brotes nicht, sondern hemmt sogar die Wirkung des Gliadins. Im Gliadin allein müssen wir den Kleberbestandteil sehen, welcher die Volumenzunahme bedingt.

Die Versuche mit wechselnden Mengen Gliadin und Glutenin bestätigen das soeben Gesagte.

Ersatz des Klebereiweisses durch Eieralbumin und Gelatine gibt flüssige, nicht knetbare Teige. Mit Eieralbumin geht der Teig schön auf, nicht aber mit Gelatine.

Kasein gibt zusammengefallene, flache Brötlein. Pektin gibt dem Teig Festigkeit, so dass er sich in seiner Kugelform erhält. Der Teig geht aber nicht auf.

Ersatz der Weizenstärke durch andere Stärkesorten gibt durchweg kleinere, unter sich wechselnde Volumina. Für die Backfähigkeit ist somit auch die Stärke massgebend und zwar zeigt Weizenstärke die beste Backfähigkeit.

Lecithinzusatz vergrössert das Volumen ausserordentlich.

Lösliche Kohlenhydrate, wie Dextrin und Leinsamenschleim, verringern die Backfähigkeit.

Man fragte sich nun, worin die Wirkung der löslichen Kohlenhydrate bestehe, ob darin, dass sie vielleicht die Gärung hemmen, oder darin, dass sie die physikalischen Eigenschaften des Teiges, seine Dehnbarkeit und Elastizität, derart verändern, dass die entstehende Kohlensäure entweder während der Teiggärung oder während des Backens in grösserer Menge entweicht, als ohne diese Zusätze. Um dies zu prüfen, wurden folgende Gährversuche unternommen. Man verknetete unser Weissmehl für sich allein und unter Zusatz von 10 % weissem Dextrin, in beiden Fällen mit der gebräuchlichen Menge Kochsalz und Hefe versehen, zu Teig, brachte gleiche Volumina Teig in beidseitig offene Röhrchen, verschloss sie unten mit einem Gummipfropfen und goss eine Schicht Agarlösung über den Teig, die bald erstarrte und einen sogenannten Agarpfropfen nach Prof. *Burri* gab.[1]). Man legte nun die beiden Röhren in den Brutschrank zu 32° und mass von Zeit zu Zeit die Längenausdehnung des Teiges. Anfangs dehnte sich der Teig in normaler Weise aus und schob den Agarpfropfen vor sich hin. Nach einer gewissen Zeit aber konnte er die gebildete Kohlensäure nicht mehr

[1]) Die Anregung zu dieser Versuchsanordnung verdanke ich Herrn Dr. *Geilinger*.

halten: es entstand ein Gasraum zwischen dem Agarpfropfen und der Oberfläche des Teiges. Dies ist der Augenblick, wo bei der Brotbereitung ein weiteres Vergären zwecklos, wie wir später sehen werden, sogar schädlich ist, wo der Teig in den Ofen gehört.

Es wurde je ein Versuch, bei dem das Gärröhrchen in horizontaler, und einer, bei dem es in vertikaler Lage gehalten wurde, ausgeführt. Sie fielen beide sehr ähnlich aus. Wir führen der Einfachheit halber hier nur die in horizontaler Lage vorgenommenen Versuche an.

Die folgende Tabelle und die dazugehörigen Kurven zeigen die erhaltenen Resultate:

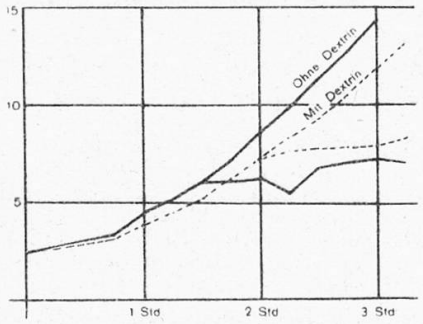
Tabelle 4. *Verlauf der Teiggärung ohne und mit Dextrinzusatz.*

	Beginn		45 Min.		1 Stunde		1 St. 15 M.		1 St. 30 M.		1 St. 45 M.		2 Stunden	
	L	LG	L	LG	L	LG	L	LG	L	LG	L	LG	L	LG
1. Teig ohne Dextrin .	2,4	2,4	3,3	3,3	4,4	4,4	5,1	5,1	6,0	6,0	6,0	7,1	6,2	8,5
2. Teig mit Dextrin . .	2,4	2,4	3,1	3,1	3,9	3,9	4,5	4,5	5,3	5,3	6,1	6,1	7,2	7,2

	2 St. 15 M.		2 St. 30 M.		2 St. 45 M.		3 Stunden		3 St. 15 M.		5 St. 20 M.	
	L	LG	L	LG	L	LG	L	LG	L	LG	L	LG
1. Teig ohne Dextrin .	5,4	9,8	6,7	11,3	7,0	12,7	7,1	14,3	7,0	—	7,2	—
2. Teig mit Dextrin . .	7,6	8,3	7,7	9,3	7,8	10,4	7,9	11,8	8,3	13,1	8,4	—

L = Länge des Teiges in cm; LG = Länge des Teiges samt dem abgegebenen Gasraum.

Kurventafel 1.



Das Gesamtgasvolumen (nach 3 Stunden) ist bei dem Versuch ohne Dextrin etwas grösser, als mit Dextrin: eine gewisse, allerdings nur geringe Hemmung des Dextrins auf die Gärung scheint somit vorhanden zu sein. Betrachten wir aber die Ausdehnung des Teiges ohne das darüber befindliche Gasvolumen, so sehen wir, dass hier im Gegenteil der Teig mit Dextrinzusatz sich stärker ausgedehnt hat, als ohne diesen Zusatz. Der Dextrinzusatz bewirkte also, dass der Teig eine grössere Menge Kohlensäure bei der Gärung zurückhalten konnte. Da trotzdem dieser Teig, wie wir bei dem vorhergehenden Versuch gesehen haben, ein bedeutend kleineres Brot lieferte, muss er beim Backen stark eingesunken sein. Bei der beim Backen

ziemlich rasch auftretenden Ausdehnung der Kohlensäure entwich diese zum grössten Teil. Die physikalischen Eigenschaften des Teiges sind somit durch den Dextrinzusatz in höchst ungünstiger Weise beeinflusst worden.

2. Versuche mit Handelsmehlen.

Um den Einfluss der Einzelbestandteile auf die Backfähigkeit auch an Mehl selbst zu untersuchen, wurden eine Anzahl verschiedener Mehle ziemlich eingehend analysiert. Man suchte die verschiedenen Proteinkörper, Gliadin, Glutenin, Leukosin und Globulin zu bestimmen, ferner die löslichen Kohlenhydrate, den Sänregrad, den Rohfasergehalt, sodann einige physikalische Grössen, das Wasserverbindungsvermögen, das Volumen des Mehles in Wasser und in Alkohol nach *Gury*, die Gärdauer des Teiges, d. h. den Abschnitt der Teiggärung, während welcher der Teig sich ausdehnt, die Teigausdehnung während der Gährung, sodann die Zähigkeit, Elastizität und Dehnbarkeit des Teiges. Schliesslich bestimmte man die Backfähigkeit der Mehle wiederholt zu verschiedenen Zeiten unter etwas wechselnden Bedingungen und suchte nun Beziehungen zwischen den bestimmten Grössen unter sich und besonders mit der Backfähigkeit aufzufinden.

Diese Arbeit wurde mir ermöglicht durch die Zuvorkommenheit des eidgenössischen Brotamtes, welches mir eine Anzahl Mehle in genügender Quantität brotkartenfrei zu diesen Versuchen zur Verfügung stellte.

Für die Bestimmung der einzelnen Eiweissarten des Mehles fehlen zurzeit einfach auszuführende, genaue Methoden. Ich suchte eine Trennung auf Grund der verschiedenen Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln durchzuführen (vergl. Tabelle 1). Da Gliadin in Wasser unlöslich, in Alkohol von einer gewissen Konzentration löslich ist, so war die Möglichkeit gegeben, diesen Körper durch Alkoholextraktion zu isolieren. Nach *Osborne* eignet sich 60—70 %iger Alkohol am besten zu seiner Lösung. Noch stärkerer Alkohol löst nur geringe Mengen, in absolutem Alkohol ist er ganz unlöslich.

Um sich über die geeignetste Alkoholkonzentration zu orientieren, wurden einige Mehle mit Alkohol in steigender Konzentration während einer Stunde geschüttelt und zwar je 3 g mit 30 cm^3 Lösungsmittel. Dann wurde zentrifugiert und in einem Teil der überstehenden Lösung die Trockensubstanz, in einem andern der N bestimmt.

Zur Berechnung der Eiweisssubstanz aus dem N wird in der Lebensmittelchemie stets der Faktor 6,25 benützt mit Ausnahme von Milch und Milchprodukten, wo der Faktor 6,37 verwendet wird. Für die Proteinsubstanzen des Mehles eignen sich diese Faktoren nicht. Nach dem N-gehalt der einzelnen Eiweisskörper, wie ihn *Osborne* ermittelt hat, müsste man nehmen

für	Gliadin	den Faktor	5,662
»	Glutenin	» »	5,718
»	Leukosin	» »	5,952
»	Globulin	» »	5,556

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde stets der Faktor 5,69, das Mittel zwischen den wahren Faktoren für Gliadin und Glutenin, den Hauptproteinsubstanzen des Getreides, verwendet.

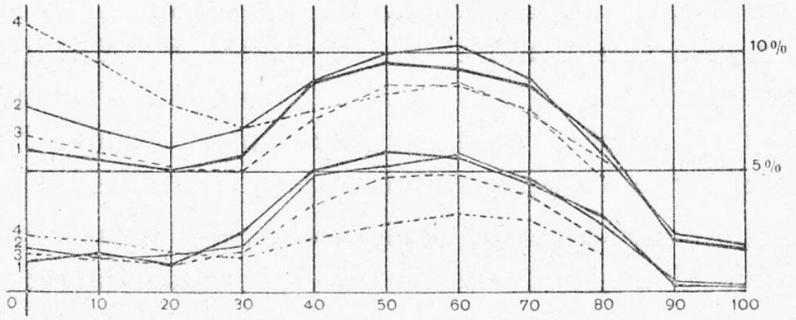
Die erhaltenen Resultate sind in der Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5. *Extraktion von Mehlen mit Alkohol von steigender Konzentration.*

	Extrahiert mit	Nr. 1. Weizenweissmehl		Nr. 2. Inlandvollmehltyp (Weizen, Roggen, Gerste)		Nr. 3. Weizenvollmehl		Nr. 4. Roggenmehl	
		Extrakt %	Gelöstes Protein %	Extrakt %	Gelöstes Protein %	Extrakt %	Gelöstes Protein %	Extrakt %	Gelöstes Protein %
1.	Wasser .	5,81	1,27	7,70	1,80	6,52	1,57	11,23	2,34
2.	10 % Alkohol	5,36	1,51	6,81	1,38	5,74	1,43	9,60	2,12
3.	20 % »	4,98	1,08	5,96	1,54	5,08	1,21	7,90	1,57
4.	30 % »	5,63	2,39	6,68	1,94	4,98	1,59	6,93	1,43
5.	40 % »	8,75	4,97	8,81	4,78	7,21	3,62	7,55	2,25
6.	50 % »	9,54	5,79	9,94	5,18	8,52	4,79	8,25	2,78
7.	60 % »	9,30	5,53	10,17	5,83	8,64	4,90	8,69	3,25
8.	70 % »	8,61	4,49	8,86	4,73	7,57	4,05	7,51	3,04
9.	80 % »	6,33	3,16	5,75	2,82	4,77	2,11	5,60	1,62
10.	90 % »	2,16	0,21	2,40	0,32	—	—	—	—
11.	100 % »	1,72	0,19	1,94	0,21	—	—	—	—

Die folgenden Kurven geben die Werte der Tabelle graphisch wieder.

Kurventafel 2.



Durch Wasser allein werden lösliche Eiweisskörper und lösliche Kohlenhydrate in Lösung gebracht, daneben etwas Mineralstoffe. Die wasserlöslichen Eiweissstoffe bestehen zum Teil aus Leukosin, dem Albumin des Getreides. Nach *Osborne* sind im Weizen- und Roggensamen ca. 0,4 % Leukosin vorhanden. Unsere Werte an löslicher Stickstoffsubstanz, 1,27 – 2,34 betreffen demnach noch andere Körper. *Osborne* gibt an, dass auch Nucleinsäuren in das wässerige Extrakt gehen. Es finden sich jedenfalls noch weitere stickstoffhaltige Körper darin. Wir ermittelten in unseren Mehlen jeweilen den Gehalt an löslichem Eiweiss, welches wir der Einfachheit halber Albumin nennen werden, durch Extraktion mit Wasser in der genannten Weise und Bestimmung des Stickstoffgehaltes des Auszuges.

Bei steigenden Alkoholkonzentrationen werden die wasserlöslichen Eiweisskörper unlöslich; der Proteingehalt der Extrakte sinkt. Gleichzeitig beginnt aber der Alkohol seine lösende Wirkung auf das Gliadin auszuüben, welche bei 50—60 % Alkohol ihr Maximum erreicht. Das Weissmehl Nr. 1 hat den niedrigsten Gehalt an Rohalbumin und anderseits neben dem Vollmehltyp Nr. 2 den höchsten Gehalt an Gliadin.

Auffallend ist, dass der höchste Proteingehalt, der Wert, den das Gliadin beansprucht, bei dem Weissmehl Nr. 1 schon bei 50 % Alkohol erreicht wird, bei den andern Mehlen erst bei 60 %. Es scheint, dass die Löslichkeit des Gliadins durch andere Bestandteile beeinflusst wird, wobei man etwa an die Säuren und Mineralstoffe denken kann.

Wenn wir in unserer Tabelle den Proteingehalt der wässrigen Extrakte von der Trockensubstanz abziehen, erhalten wir ein ungefähres Mass für die löslichen Kohlenhydrate. Genau sind die Werte nicht, da noch etwas Mineralstoffe und anderes zugegen sein kann. Die löslichen Kohlenhydrate setzen sich zusammen aus Invertzucker, Rohrzucker, Dextrin, löslichen Pentosanen bezw. Gummi.

Wir sehen, dass sich das schlecht backfähige Roggenmehl deutlich von den andern Mehlen unterscheidet durch einen höhern Gehalt an Rohalbumin, durch einen bedeutend höhern Gehalt an löslichen Kohlenhydraten und durch einen sehr geringen Gliadingehalt.

Es wurde nun versucht, das Globulin zu bestimmen. Die Globuline sind in Wasser unlöslich, löslich hingegen in Kochsalzlösung. Man extrahierte deshalb die Mehle mit 10 %iger Kochsalzlösung, bestimmte den Proteingehalt darin und subtrahierte davon den Proteingehalt der wässrigen Lösung. Die Differenz sollte dem Globulin entsprechen. Nun tritt aber auch hier eine Schwierigkeit auf. Nach *Osborne* zeigen viele Globuline ihre charakteristische Löslichkeit nur dann, wenn sie mit einer sehr geringen Menge Säure zu Proteinsalzen verbunden sind. Wenn die Säure durch Neutralisation ganz entfernt wird, ist das Globulin vollständig löslich in Wasser. Man braucht ca. 0,7 cm^3 $\frac{n}{10}$-Säure auf 1 g Globulin zur Bildung des Proteinsalzes. Andrerseits ist das Globulin in überschüssiger Säure löslich. Der Säuregehalt der Mehle entspricht meist 0,3 — 0,6 cm^3 $\frac{n}{10}$ auf 1 g Mehl. Diese Säure besteht, soviel bekannt, aus saurem Phosphat und aus Milchsäure. Es scheint nun nicht ausgeschlossen, dass diese Säuremenge, wenn sie etwas hoch ist, bereits etwas Globulin in Lösung bringt, welches dann mit dem Albumin zusammen bestimmt würde. Die gefundene Albumin- und Globulinmenge könnte also bis zu einem gewissen Grade vom Säuregrad abhängen.

Den Gluteningehalt der Mehle bestimmen wir schliesslich indirekt durch Subtraktion des Gliadins, Albumins und Globulins vom Gesamtprotein.

Wie man sieht, haften den genannten Bestimmungen gewisse Mängel an. Am sichersten dürfte noch die Bestimmung des Gliadingehaltes sein. Trotzdem schien es mir, dass sich diese Bestimmungen insofern rechtfertigen,

als die eventuell eintretenden Fehler im grossen ganzen bei den verschiedenen Mehlen in der gleichen Richtung liegen und somit die Unterschiede der Mehle trotz allem gut zur Geltung gebracht werden.

Der Säuregrad wurde nach dem schweizerischen Lebensmittelbuch [1]), der Rohfasergehalt nach einem kürzlich beschriebenen Verfahren [2]) durch Erhitzen mit 0,8 n-Salzsäure und mit Natronlauge bestimmt.

Das Wasserbindungsvermögen [3]) bestimmt man, indem man 30 g Mehl in einer Porzellanschale auf einmal in die nahezu nötige Menge Wasser schüttet, mit einem Hornspatel gehörig verknetet und aus einer Bürette noch so viel Wasser zufliessen lässt, dass der Teig gerade nicht mehr an den Händen klebt. Ist der Punkt überschritten, so setzt man noch die nötige Menge einer gewogenen Probe Mehl hinzu. Zum Schluss wird noch kurz mit den Händen geknetet. Leider ist die Bestimmung nicht sehr genau.

E. Gury [4]) wollte die Bestimmung des Wasserbindungsvermögens ersetzen durch die Bestimmung des Volumens, welches das Mehl unter Wasser nach dem Zentrifugieren einnimmt. Er gibt aber die nähern Beziehungen zwischen dem Wasserbindungsvermögen und dem Volumen in Wasser nicht an. Er ermittelte auch das Volumen des Mehles in 95 %igem Alkohol und zeigte, dass die Differenz zwischen dem Volumen in Wasser und demjenigen in Alkohol sehr schöne Anhaltspunkte über die Getreideart, aus welcher das Mehl stammt, liefert.

Ich bestimmte bei meinen Mehlen auch das Volumen in Wasser und in 95 %igem Alkohol nach *Gury* und zudem dasjenige in 60 %igem Alkohol. 2 g Mehl werden in einem etwas über 30 cm^3 fassenden Zentrifugierröhrchen, dessen unterer, verengter Teil 8 cm^3 fasst und in Zehntel cm^3 eingeteilt ist, mit ca. 30 cm^3 der entsprechenden Flüssigkeit 1 Minute geschüttelt, 5 Minuten absetzen gelassen, 5 Minuten in der *Gerber*schen Milchzentrifuge ausgeschleudert und das Volumen des Mehles gemessen. Man berechnet am einfachsten das Volumen in cm^3, welches 100 g Mehl einnehmen.

Die Gährdauer und die Teigausdehnung bestimmte man wie weiter oben angegeben durch Vergährung des in einer beidseitig offenen Röhre befindlichen, mit einem Agarpfropfen bedeckten, mit Hefe versetzten Teiges bei einer Temperatur von 30°. Die Zeit vom Ansetzen des Versuches bis zu dem Zeitpunkt, wo sich zwischen Teig und Agarpfropfen ein Gasraum zu bilden beginnt, nenne ich die Gährdauer. Die dabei auftretende Längenausdehnung des Teiges wird als ein Vielfaches der anfänglichen Teiglänge angegeben.

Es wurden sodann die Teige einer mechanischen Prüfung unterzogen.

Die Teige sind halbfeste Gebilde, welche sich kneten, auswahlen, ziehen lassen. Ihre innere Struktur ist von den verschiedenen kolloidalen Körpern

[1]) Vergl. auch diese Mitteilungen, 1915, **6**, 145.
[2]) Siehe diese Mitteilungen, 1918, **9**, 277.
[3]) Vergl. auch *Ch. Arragon*, diese Mitteilungen, 1910, **1**, 73.
[4]) Diese Mitteilungen, 1913, **4**, 115.

abhängig, aus welchen sie bestehen. Beim Anteigen des Mehles mit Wasser quellen die Eiweisskörper auf und bewirken, in erster Linie das Gliadin mit seiner klebrigen und zugleich kautschukartigen Beschaffenheit, einen innigen Zusammenhang der ganzen Masse. Die Eigenschaften des Gliadins werden in mehr oder weniger deutlicher Weise auf den ganzen Teig übertragen, In analoger Weise wirken auch andere Bestandteile, besonders lösliche und quellbare höhere Kohlenhydrate, und suchen ihre besondern Eigenschaften dem Ganzen mitzuteilen. Dadurch wird eine grosse Mannigfaltigkeit erreicht, so dass eigentlich jeder Teig seine besondern Eigentümlichkeiten hat.

Die kautschukartige Eigenschaft des Teiges, seine Elastizität, spielt eine Hauptrolle bei seiner mechanischen Bearbeitung, beim Kneten. Daneben üben auch die Dehnbarkeit und die Zähigkeit einen gewissen Einfluss aus. Der Teig muss, wie erwähnt, so beschaffen sein, dass er von der bei der Teiggährung gebildeten Kohlensäure möglichst wenig abgibt. Er muss sie sowohl bei der Gährung zurückhalten, als auch beim Backprozess, wo durch die rasche Erhitzung und fast plötzliche Ausdehnung des Gases besonders grosse Anforderungen an die Elastizität des Teiges gestellt werden.

Bereits die Gasmenge, welche der Teig zurückhält, ist bei verschiedenen Mehlen recht verschieden; sodann geben auch die gegohrenen Teige beim Backen ganz verschiedene Kohlensäuremengen ab. *Maurizio* berechnete den Gasverlust bei 100° in extremen Fällen das eine Mal auf 10, das andere Mal auf 187 cm^3.

Ich versuchte nun, drei physikalische Eigenschaften der Teige zu bestimmen, die Zähigkeit, Dehnbarkeit und Elastizität und durch Vergleichen mit der chemischen Analyse und mit der Backfähigkeit einen weitern Einblick in die Eigentümlichkeiten der verschiedenen Mehle zu gewinnen.

Bei der Teigbereitung hielt man sich an die Wassermenge, welche bei der Bestimmung des Wasserbindungsvermögens gefunden worden war.

Die Zähigkeit oder Viscosität oder innere Reibung von Flüssigkeiten wird bekanntlich bestimmt, indem man dieselben durch eine Röhre bezw. durch eine Oeffnung von bestimmtem Durchmesser fliessen lässt und die Zeit bestimmt, welche zum Durchfliessen nötig ist. Die Viscosität wird dann meistens mit der des Wassers verglichen und so die relative Viscosität berechnet.

Anlehnend hieran lasse ich den Teig durch einen Spalt von einer gewissen Breite durchtreten. Da er von selbst nicht oder nur sehr langsam fliesst, ist man genötigt, ein Gewicht anzuhängen. Dies geschieht mit Hilfe eines Drahtbügels von 2 mm Dicke. Man verwendet stets 10 g Teig, zu einer Kugel geformt; der Spalt hat 10 mm Breite, das angehängte Gewicht samt Drahtbügel beträgt 100 g. Man bestimmt die Zeit, welche verstreicht, bis der Teig durchgezogen ist. Ein Vergleich mit der Viscosität des Wassers ist hier natürlich nicht möglich. Ich gebe deshalb einfach die Durchflusszeit in Sekunden an.

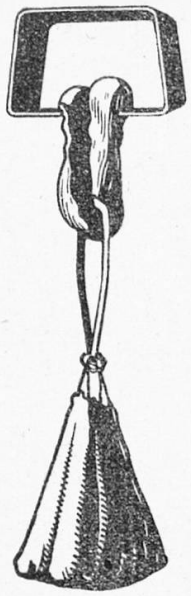


Abb. 3.

Das verwendete Apparätchen ist in Fig. 3 abgebildet. Die Blechrinne, auf welcher der Teig ruht, wird vorher gut eingefettet. Teige aus gut backfähigem Mehl werden vollständig durch den Spalt gezogen; bei schlecht backfähigen zerschneidet der Draht den Teig und zieht nur wenig davon durch.

Die Dehnbarkeit und Elastizität der Teige bestimmen wir in dem in Fig. 4 abgebildeten Apparat.

Die Basis des Apparates bildet eine Gleitbahn aus Weissblech, die leicht eingefettet wird, um sie möglichst glatt zu machen. Auf der einen Seite ist ein Massstab angebracht. Ein Stück Teig von 10 g wird zur Kugel geformt, mit den beiden Zangen, die sich dabei berühren und die im Winkel von 180° gegen einander verstellt sind, angefasst und gleichmässig rasch auseinandergezogen, bis der Teig zerreisst. Nach dem Zerreissen ziehen sich die beiden Enden infolge der Elastizität des Teiges um eine gewisse Strecke zurück. Man misst die Länge, bei welcher der Teig zerreisst, sowie auch die Distanz zwischen den Teigenden nach dem Zurückziehen derselben. Dann schneidet man die Teigstücke, die sich zwischen den

Abb. 4.

Klammern befinden, ab und wägt sie. Wäre der Teig vollständig elastisch, so würde er sich wieder bis zur frühern Lage zurückziehen, die Distanz zwischen den beiden Teigenden wäre dann gleich der Distanz der beiden Klammern. Wir berechnen die Elastizität, ausgedrückt in % der absoluten Elastizität, durch die Formel $E = \frac{100\ L_2}{L_1}$ und die Dehnbarkeit durch die Formel $D = \frac{L_1}{g}$, wobei L_1 = Teiglänge beim Zerreissen des Teiges, in mm ausgedrückt, L_2 = Strecke, um die sich der Teig nach dem Zerreissen zusammenzieht, d. i. Distanz zwischen den Teigenden, in mm ausgedrückt.

Die Dehnbarkeit erhalten wir, wenn wir die Reisslänge durch das Gewicht des zerrissenen Teiges dividieren.

Es ist somit $D = \frac{L_1}{g}$, wobei g = Gewicht des zerrissenen, d. i. nach dem Zerreissen zwischen den Klammern befindlichen Teiges, in g ausgedrückt.

Die genannten mechanischen Prüfungen sind leider weit davon entfernt, genau zu sein; sie geben nur ungefähre Werte. Dies hängt zum Teil damit zusammen, dass die innere Struktur des Teiges je nach seiner Vorbehandlung sich ändert. Ein guter, elastischer Teig, welcher dünn ausgewahlt, nachher vielfach zusammengelegt und in horizontaler Schichtung in den Zähigkeitsbestimmungsapparat gebracht wurde, ergab eine ungefähr 15mal höhere Zähigkeit, als derselbe Teig, nachdem er einige Zeit gleichmässig von allen Seiten geknetet worden war. Es ist deshalb nötig, die Teige stets

gleich vorzubehandeln und nur mit ausgeruhten Teigen zu arbeiten. Man geht so vor, dass man von dem aus 20 g Mehl erhaltenen Teig 3 Stücke zu je 10 g schneidet und jedes einzeln zwischen den Händen zu einer Kugel formt, indem man es möglichst von allen Seiten gleichmässig drückt. Man lässt nun die Kugeln in einer Schale unter einem feuchten Tuch etwa 5 Minuten ruhen und nimmt dann mit einer nach der andern die Bestimmung der Zähigkeit vor. Ist man mit der dritten Kugel fertig, so wiederholt man die Bestimmungen, indem man wieder mit der ersten Kugel beginnt. In gleicher Weise werden dann die Bestimmungen der Dehnbarkeit und Elastizität vorgenommen. Auf diese Weise arbeitet man immer mit «ausgeruhtem» Teig, d. h. mit solchem, bei welchem sich die Spannungen in den Kleberpartikelchen, welche durch einseitige mechanische Beanspruchung entstanden sind, wieder ausgeglichen haben.

Guter Teig verhält sich nach dem Auswahlen in gewisser Beziehung ähnlich wie Schmiedeeisen, welches durch das Schmieden seine vorher gleichmässige, mehr körnige Struktur zu Gunsten einer nach einer bestimmten Richtung hin gerichteten, sehnigen Struktur verändert hat. Im Mehl liegen die einzelnen Kleberpartikel getrennt von einander da. Beim Kneten des Teiges fliessen sie zusammen, wenigstens bei gutem Mehl, und bilden ein zusammenhängendes Netzwerk, welches den ganzen Teig durchdringt. Dies lässt sich mikroskopisch leicht feststellen, indem man ein dünnes Teigstücklein kurze Zeit in verdünntes Glycerin (1 : 1), dem man etwas Eosin zugesetzt hat, einlegt und dann mit dem Deckgläschen breitdrückt und beobachtet.

Durch das Auswahlen nach einer Richtung verlängern sich die Kleberfäden und da ihre Masse dabei zusammengepresst, die einzelnen Teilchen näher zusammengerückt werden, nimmt ihre Festigkeit zu. Bei Teig aus schlecht backfähigem Mehl, z. B. bei Roggenmehl, fehlt dieser Zusammenhang. Man sieht unter dem Mikroskop wohl öfters die Kleberteilchen zusammenstossen, aber im grossen und ganzen sind sie isoliert von einander: von einer Netzstruktur ist hier nicht die Rede. Desshalb lässt sich auch der Kleber bei solchen Mehlen nicht auswaschen. Beim Verkneten im fliessenden Wasser löst sich der ganze Teig in einen Schlamm auf.

Das Weizenmehl, dessen Teig wir mikroskopisch untersuchten enthielt 5,79% Gliadin und 2,46% Glutenin, also 8,25% Klebereiweiss, das Roggenmehl 3,25% Gliadin und 2,39% Glutenin, somit 5,64% Klebereiweiss. Man konnte sich nun fragen, ob beim Roggen die geringe Menge Kleber daran schuld ist, dass dieser sich nicht auswaschen lässt, oder seine ungünstige Zusammensetzung, sein geringer Gliadingehalt, oder ob irgend ein Bestandteil des Roggens verhindert, dass sich die Kleberteilchen beim Kneten berühren und zusammenfliessen. Da sich Roggenmehl von Weizenmehl durch einen viel höheren Gehalt an löslichen Kohlehydraten unterscheidet, lag die Vermutung nahe, dass in dieser Körperklasse eventuell störende Körper sein könnten. Dabei dachte man in erster Linie an Dextrin und an Gummi. Nach *König*[1]) fand *Ritthausen* im Roggen ein in Weingeist lösliches Gummi von

[1]) Chem. der menschl. Nahr.- u. Genussm., **2**, 767.

der Zusammensetzung des gewöhnlichen Pflanzengummis ($C_6H_{10}O_5$). Die Originalarbeit von *Ritthausen* ist mir unbekannt. Ich isolierte das Gummi durch ausschütteln mit Wasser, auszentrifugieren, fällen des Auszuges mit Alkohol und Aether, da Alkohol allein keine Fällung gab. Nach nochmaligem Umfällen und Auswaschen mit Alkohol und mit Aether und Trocknen erhielt man 2% eines Gummis, welches sich beim Verreiben mit Wasser zu einer trüben, beinahe kleisterartigen Flüssigkeit löste. Die Lösung gibt mit Jod keine Färbung, während ein analoger Auszug aus Weizen Dextrinreaktion (Rotbraunfärbung) liefert.

Um zu prüfen, ob bei Roggenmehl der zu geringe Gehalt an Kleber sein Zusammenfliessen verhindert, wurden 7 Teile unseres Weizenmehles mit 3 Teilen Kartoffellstärke gut gemischt und zu einem Teig verknetet. Die Mischung enthielt 5,77% Kleber, also unwesentlich mehr, als das Roggenmehl. Aus dem Teig liess sich der Kleber ausgezeichnet auswaschen. Auch zeigte der Teig unter dem Mikroskop die Netzstruktur des zusammenhängenden Klebers. Die Verdünnung mit Kartoffelstärke auf den Klebergehalt des Roggens hatte also nichts geschadet. Als nun bei einem weitern Versuch die 3 Teile Kartoffelstärke durch 3 Teile Dextrin ersetzt wurden, resultierte ein Teig, welcher beim Verkneten mit Wasser vollständig verging und keinen Kleber hinterliess. Mikroskopisch waren hauptsächlich isolierte Kleberpartikel sichtbar und nur wenig zusammenhängende. Auch bei Zusatz von 10% Dextrin liess sich der Kleber nicht oder doch nur zum kleinsten Teil auswaschen.

Unser Gummi aus Roggenmehl wirkte noch viel energischer, als Dextrin. 1,5% des Gummis, unserm Weissmehl zugesetzt, verhinderten bereits das Auswaschen des Klebers. Auch unter dem Mikroskop hatte man wieder dieselbe Erscheinung, dass die Kleberteilchen zur Hauptsache von einander isoliert waren.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass nicht die zu weitgehende Verdünnung des Klebers mit den andern Mehlbestandteilen die Vereinigung der Kleberteilchen hindert, sondern die Anwesenheit gewisser fremder Stoffe, des Dextrins und hauptsächlich des im Roggen vorhandenen Gummis und möglicherweise noch anderer Körper.

Wie wirken nun diese Kohlenhydrate? Folgende Hypothese scheint uns geeignet zu sein, ihre Wirkung zu erklären. Bei der Teigbereitung verteilt sich das verwendete Wasser auf die verschiedenen Mehlbestandteile. Wenn nun die wasserbindende Kraft dieser Kohlenhydrate sehr gross ist im Vergleich zu derjenigen des Klebers, ist es möglich, dass sich diese Körper der Hauptmenge des Wassers bemächtigen, so dass zu wenig für den Kleber übrig bleibt, als dass er richtig aufquellen und seine physikalischen Eigenschaften voll und ganz entwickeln könnte. Es mag auch sein, was im Erfolg auf dasselbe herauskommt, dass die höhern löslichen Kohlenhydrate dem Teig bereits eine klebrige Beschaffenheit verleihen bei einem Wassergehalt, welcher für das volle Aufquellen des Gliadins nicht genügt. Wenigstens lässt sich durch stark hygroskopische Stoffe auch bei Weizenmehl das Zu-

sammenfliessen der Kleberteilchen verhindern, wie folgender Versuch zeigt. Unser Weissmehl wurde statt mit Wasser mit einer Chlorcalciumlösung (eine gesättigte Lösung zur Hälfte verdünnt) zum Teig verknetet und dieser ausgewaschen. Es liess sich kein Kleber gewinnen; der ganze Teig wurde allmählig weggeschwemmt. Bei diesem Versuch ist es nun sehr wahrscheinlich, dass der Kleber aus der Chlorcalciumlösung kein oder nicht genügend Wasser aufnahm und dass daher seine Teilchen nicht zusammenfliessen konnten.

Auch mikroskopische Beobachtungen an Mehl und an reinem Gliadin sprechen für unsere Hypothese. Wird fein gebeuteltes Gliadin auf einen Wassertropfen gestäubt, mit einem Deckgläschen bedeckt und mikroskopiert, so sieht man unregelmässige, aufgequollene Kleberstücke, drückt man auf das Deckgläschen, so breiten sie sich aus; schiebt man es nach einander nach zwei entgegengesetzten Richtungen, so entstehen Gliadinfäden, die, wenn sie sich berühren, zusammenfliessen; schiebt man das Deckgläschen im Kreise herum, so entstehen Kugeln. Das aufgequollene Gliadin verhält sich ähnlich, wie eine zähe, elastische Flüssigkeit. Ersetzt man das Wasser durch Dextrinlösungen von steigender Konzentration, so findet das Zusammenfliessen bis zu 40 %igen Lösungen noch gut statt, bei 50 %igen Lösungen hingegen nur noch mit Mühe. Beim Hin- und Herschieben des Deckgläschens wandern hier die Kleberpartikel meistens neben einander vorbei, ohne sich zu vereinigen. Bei Verwendung einer 60%igen Dextrinlösung bleibt die Vereinigung überhaupt aus. Die Gliadinteilchen zeigen in Dextrinlösung auch eine geringere Grösse als in Wasser, ein Zeichen, dass sie wenig aufgequollen sind. Roggengummi verhindert bereits in 2%iger Lösung die Vereinigung der Gliadinteilchen. Beim Mikroskopieren von Mehl in Dextrin- oder Gummilösungen zeigen sich natürlich ganz analoge Erscheinungen wie bei Gliadin.

Wenn uns dies alles zu der Annahme führt, dass die Wirkung des Dextrins und Gummis, das Zusammenfliessen der Kleberteilchen zu verhindern, wahrscheinlich auf ihrer wasserbindenden Eigenschaft beruht, so soll nicht in Abrede gestellt werden, dass jedenfalls auch die Zusammensetzung des Klebers selbst von Wichtigkeit ist, indem gliadinarme Kleber sich eo ipso ungünstiger verhalten, als gliadinreiche.

Bei schlecht backfähigen Mehlen, bei welchen der Kleber nicht zusammenfliesst, dürfte der Zusammenhang des Teiges durch die löslichen Kohlenhydrate, Dextrin und Gummi, bewirkt werden, also nicht durch in Wasser quellende, sondern durch wasserlösliche, unelastische Körper.

Nachdem nun festgestellt worden war, welche Bestandteile für die Backfähigkeit von hauptsächlichster Bedeutung sind und nachdem unsere Mehle analysiert worden waren, konnte man erwarten, dass die Backversuche Brotvolumina ergäben, welche mit der chemischen Zusammensetzung in sichtbarer Beziehung ständen. Man ordnete die Mehle nach der Brotgrösse an, stellt die Werte in einer Kurve zusammen und zeichnete darunter die Kurven für die einzelnen ermittelten Bestandteile auf. Leider liessen

sich so die erwarteten Beziehungen nur in einzelnen Fällen, nicht aber durchweg erkennen. Man wiederholte die Backversuche mehrmals und erhielt zu verschiedenen Zeiten stark verschiedene Volumina. Aber nicht nur in ihrer Gesammtheit stieg und fiel die Backfähigkeit, was ja durch die verschiedene Qualität der jeweilen verwendeten Hefe hätte erklärt werden können, sondern auch die Reihenfolge der Mehle, nach der Backfähigkeit angeordnet, änderte sich öfters.

Als man den Ursachen dieses Misserfolges nachging, zeigte es sich, dass die Brotgrösse ausser von den in der Zusammensetzung des Mehles begründeten Faktoren noch von einigen weiteren abhängt, welche in der Bereitung des Brotes liegen. Es sind dies hauptsächlich die verwendete Wassermenge und die Gärdauer.

Eine Forderung, welche beim Backen aufgestellt werden muss, besteht darin, dass das Mehl mit so viel Wasser verknetet wird, wie es zu binden im stande ist, d. h. mit so viel, dass der entstehende Teig gerade nicht an den Händen klebt. Nun lässt sich dieses Wasserbindungsvermögen leider durchaus nicht genau bestimmen, sondern nur ganz annähernd. Ein Teig kann sich z. B. zwischen den Handballen kneten lassen, ohne zu kleben: wenn man ihn aber zwischen den Fingern stärker drückt, klebt er. Die Haut der Fingerspitzen scheint übrigens weniger Fett zu enthalten und mag oft auch rauher sein, als die Haut der innern Handflächen und mag daher das Kleben begünstigen. Wahrscheinlich zeigt auch der Teig gegenüber den Händen verschiedener Personen ein verschiedenes Klebevermögen. Die verwendete Wassermenge spielt aber eine ganz ausserordentlich grosse Rolle, wie folgende Versuche zeigen.

Zwei Mehle, ein gut backendes Weissmehl und ein schlecht backendes Roggenmehl, wurden mit steigenden Wassermengen zu Teigen verknetet und zwar einerseits mit möglichst wenig Wasser, mit so viel, wie gerade nötig ist, um das Mehl zu befeuchten und zusammenzuhalten, andrerseits mit so viel Wasser, wie möglich, so dass der mit einem Hornspatel in einer Porzellanschale verknetete Teig gerade noch, ohne anzukleben, einen Augenblick zwischen den Handflächen zu einer Kugel geformt werden konnte. Ferner wurde die mittlere Wassermenge angewendet. Sie entspricht ungefähr dem Wasserbindungsvermögen des Mehles. Man erhielt folgende Resultate:

Tabelle 6. Einfluss des Wassergehaltes des Teiges auf die Brotgrösse.

	g Mehl	cm Wasser	Brotvolumen auf 100 g Mehl
Weizenmehl	30	16,0	275
	30	19,5	319
	30	23,0	414
Roggenmehl	30	15,5	198
	30	19,25	246
	30	23,0	274

Die Unterschiede, besonders bei dem Weissmehl, sind so enorm, dass man je nach dem zugesetzten Wasser auf ein schlecht, auf ein gut oder auf ein vorzüglich backfähiges Mehl schliessen könnte. In Wirklichkeit wird man ja nun niemals 3,5 cm Wasser zu wenig oder zu viel auf 30 g Mehl zusetzen, wohl aber mit Leichtigkeit bis zu 1 cm. Wenn wir 19,5 cm als den richtigen Wert ansehen, so würde, wie aus einer graphischen Darstellung leicht zu entnehmen ist, 1 cm Wasser zu viel das Volumen des Brotes um 21 cm erhöhen, 1 cm zu wenig es um 14 cm erniedrigen. Bei dem Roggenbrot wären die entsprechenden Werte 12 und 7 cm. Die Unmöglichkeit, das Wasserbindungsvermögen genügend genau zu bestimmen, d. h. der Umstand, dass es sich hier um keinen scharf bestimmbaren Punkt, sondern um einen Schwellenwert handelt, verleiht unsern Resultaten eine Ungenauigkeit von ca. 20 cm^3.

Von grosser Bedeutung ist sodann die Dauer der Teiggärung. Bereits weiter oben (vergl. Tab. 4.) haben wir die Teiggärung etwas verfolgt und festgestellt, dass ein gewisser Punkt erreicht wird, bei dem die gebildete Kohlensäure vom Teig nicht mehr zurückgehalten werden kann und in Blasen entweicht. Wir haben behauptet, dass dies der Zeitpunkt sei, wo der Teig in den Ofen gehört. Es wurden nun mit demselben Weizenmehl, welches zu dem vorigen Versuch diente, eine Anzahl von Teigen mit stets demselben Wassergehalt (19,5 cm^3 auf 30 g Mehl), und mit demselben Kochsalz- und Hefezusatz (je 0,6 g) hergestellt. Die Teige wurden verschieden lang im Brutschrank bei einer Temperatur von 30° vergoren und dann gebacken. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Das erste Glied der Reihe wurde ohne Hefezusatz bereitet.

Tabelle 7. *Einfluss der Gärdauer auf die Brotgrösse.*

Nr.	Gärdauer	Brotvolumen auf 100 g Mehl
1. ohne Hefe	0	165
2.	45 Min.	213
3.	1 St. 15 »	243
4.	1 » 45 »	257
5.	2 » 15 »	305
6.	2 » 45 »	290
7.	3 » 10 »	283

Mit der Dauer der Teiggärung nimmt das Brotvolumen zu, und zwar bis zu der Gärdauer von 2 St. 15 Min., dann nimmt es wieder ab. Die wahre Gärdauer wurde bei diesem Mehl zu 2 St. 25 Min. bestimmt.

Nach *C. Balland*[1]) enthält die Kleie ein unlösliches Ferment, welches, mit Kleber in Berührung gebracht, diesen verflüssigt. Das Ferment hat seinen Sitz in der Nähe des Embryos. Wie wir weiter unten zeigen werden bei der Vergleichung von mit Hefegärung und ohne Gärung (unter Verwendung

[1]) *C. Balland*, Les Aliments, 1, 174.

von Backpulver) vorgenommenen Backversuchen, verbessert die Enzymwirkung zu Anfang der Gärung die Eigenschaften des Klebers. Der Beginn der Verflüssigung scheint ihn dehnbarer und elastischer zu machen. Bei zu langer Einwirkung hingegen wird er zu flüssig, wodurch die Zähigkeit und Elastizität des Teiges vermindert wird, so dass dieser dem Druck der Kohlensäure weniger widersteht und das Gas in grösserer Menge entweichen lässt. Dies erklärt uns, dass bei zu weitgehender Gärung die Brotvolumina kleiner werden, obschon das Volumen des gärenden Teiges zu Ende der Gärdauer stundenlang ungefähr gleich bleibt. (Vergl. Tab. 4, S. 238).

Nachdem der grosse Einfluss der Wassermenge und der Gärdauer erkannt worden war, wurde bei allen Mehlen das Wasserbindungsvermögen mit peinlichster Sorgfalt neu bestimmt. Sodann wurden die Backversuche wiederholt, indem gleichzeitig mit der Teiggärung Gärproben mit Agarverschluss angesetzt wurden. Bei jedem Mehl wurde der Zeitpunkt aufnotiert, an welchem der frisch bereitete Teig in den Gärraum von 30° gesetzt wurde. Sobald der Agarpfropfen durch die gebildete Kohlensäure vom Teig getrennt wurde, brachte man die entsprechende Teigprobe in den heissen Backofen. Die Zeit wurde auf etwa 10 Minuten genau bestimmt. Oefters kamen mehrere Teige zu gleicher Zeit in den Ofen. Wurden einzelne Proben verbacken, so stellte man gleichzeitig eine Porzellanschale mit nassen Filtrierpapierschnitzeln in den Ofen, um ungefähr den Dampfdruck zu erhalten, der bei Verarbeitung mehrerer Proben auftritt, um also ein zu weitgehendes Austrocknen des Teiges während des Backens zu verhindern. Die so erhaltenen Resultate wurden schliesslich als endgiltig betrachtet. Befriedigt bin ich aber auch von ihnen keineswegs. Es liesse sich auch bei diesem Arbeitsgang noch Verschiedenes einwenden. So war es mir unmöglich, die Backtemperatur stets gleich zu halten. Bei gleicher Anfangstemperatur steigt das Thermometer um so rascher, je weniger Proben im Ofen sind. Die Backdauer muss man je nach der Anzahl der Proben verschieden wählen von 12—15 Minuten bei einer Probe, bis zu 25 Minuten bei 6 Proben. Der Dampfdruck im Innern des Ofens lässt sich nicht genau auf gleicher Höhe halten, wenn eine verschiedene Anzahl Proben verbacken werden. Bei verschiedenen Hefen ändert sich die Gärdauer und die Brotgrösse. Wahrscheinlich ändern sich beide Grössen bei den verschiedenen Mehlen nicht streng proportional, da bei der Gärung des Teiges ja nicht nur die Enzyme der Hefe, sondern auch diejenigen des Mehles selbst zur Wirkung gelangen.

Nach den angeführten Versuchen und Ueberlegungen komme ich zum Schluss, dass eine eindeutige, genaue Bestimmung der Backfähigkeit praktisch unmöglich ist. Ebenso bin ich überzeugt, dass auch durch den Bäcker ausgeführte Versuche zu keinem bessern Resultat führen können. Die Backfähigkeit hängt eben nicht nur vom Mehl, sondern zugleich vom ganzen Backprozess ab, ist somit keine Konstante der Mehle.

Es schien mir nun aber doch der Mühe wert, noch Versuche mit Backpulvern anzustellen. Ich erwartete davon nicht eine volle Lösung der uns

beschäftigenden Frage. Ich hoffte aber doch, vielleicht durch diesen Notbehelf zu Resultaten zu gelangen, welche in deutlich sichtbarer Beziehung zu der chemischen Zusammensetzung ständen.

Den Versuchen mit Backpulvern ist das eigen, dass sie die Teiggärung, welche ja von so wesentlichem Einfluss auf die Gestaltung des Brotes ist, ausschalten. Die Bestandteile des Mehles kommen somit in dem Zustand zur Wirkung, in welchem sie sich im Mehl, bezw. im frisch bereiteten Teig befinden, nicht aber im teilweise abgebauten Zustande. Unterschiede, welche also etwa darin bestehen, dass die Mehle verschiedenen Gehalt an Enzymen oder an Hefennährstoffen, an Zucker und Salzen enthalten, können bei Versuchen mit Backpulvern nicht zur Beobachtung gelangen. Ein Vorteil besteht aber darin, dass auch alle die Schwierigkeiten, welche uns die Teiggärung bietet, ausgeschaltet werden. Wichtig ist nun auch die Frage, ob der Wassergehalt des Teiges bei den Versuchen mit Backpulvern auch eine so grosse Rolle spielt, wie bei den Backproben mit Hefe.

Es wurden Versuche gemacht erstens mit dem alten *Liebig*'schen Backpulver, Weinstein und Natriumbicarbonat, zweitens mit Ammoncarbonat und drittens mit einer Mischung von Ammonchlorid und Natriumbicarbonat. Nach *Grünhut*[1]) sollen für 500 g Mehl 5 g Bicarbonat verwendet werden. Dies entspricht bei einer Temperatur von 100° einem Volumen von 1814 cm^3 CO_2. Ich verwendete auch stets die entsprechenden Mengen, auf 30 g Mehl zu Backpulver 1 0,3 g Natriumbicarbonat und 0,672 g Weinstein, zu Pulver 2 0,408 g Ammoncarbonat und zu Pulver 3 0,3 g Natriumbicarbonat und 0,1918 Ammonchlorid.

Ammoncarbonnat zersetzt sich unter Entstehung von 2 Molekülen NH_3 auf 1 Molekül CO_2. Bei der Mischung von Ammonchlorid und Natriumbicarbonat bildet sich 1 Molekül NH_3 auf 1 Molekül CO_2.

Das erste Pulver, Weinstein und Bicarbonat, hat den Vorzug, dass die Kohlensäureentwicklung im ganzen Teig zugleich beginnt; unangenehm ist hingegen, dass die Gasbildung schon während des Knetens erfolgt, so dass ein vollkommenes Durchkneten schwierig ist und dabei bereits Kohlensäure entweicht. Beim zweiten und dritten Pulver liegt der Vorteil darin, dass sie sich wegen ihrer Wasserlöslichkeit vollkommen und gleichmässig im Teige verteilen lassen und dass sie erst beim Erhitzen Gas entwickeln. Damit ist aber der Nachteil verbunden, dass die Gasbildung nicht in der ganzen Masse zugleich beginnt, sondern von aussen nach innen fortschreitet. Dabei bilden sich aussen Krusten, welche später gesprengt werden, so dass schliesslich sehr unregelmässig geformte Brötchen mit Querrissen und oft mit deckelartigen Ueberwölbungen entstehen. Die fertigen Brötchen sind im Innern gelb gefärbt und riechen stark nach Ammoniak. Das Ammoniak reagiert mit den Bestandteilen des Mehles. Die Backpulver 2 und 3 sind aus diesen Gründen für unsere Zwecke ungeeignet. Es sollen deshalb die

[1]) Z. U. N. G. 1918, **35**, 39.

entsprechenden Versuche auch nicht aufgeführt werden und wir wollen uns mit dem ersten Pulver beschäftigen.

Es zeigte sich, dass man bei der Teigbereitung am besten so verfährt, dass man Weinstein und Bicabornat nebst der notwendigen Menge Kochsalz, 2 % des Mehles, mit dem trockenen Mehl gut mischt, etwa durch Verstreichen mit Hilfe eines Hornspatels auf einem glatten Papier und durch längeres Verrühren in einem geräumigen Becherglase, dass man die Mischung auf einmal in die notwendige Menge Wasser schüttet, sofort mit einem Hornspatel zu einem Teig verarbeitet, von Hand kurz nachknetet und den Teig gleich verbakt.

Betrachten wir vorerst eine Versuchsreihe, welche uns über die Wirkung des verschiedenen Wassergehaltes der Teige Aufschluss geben sollte. Wir verwendeten die beiden Mehle, welche bereits bei den entsprechenden Versuchen mit Hefe gedient hatten (vergl. Tab. 6) und verkneteten sie auch hier mit den gleichen Wassermengen, wie bei jener Versuchsreihe.

Das Resultat war folgendes:

Tabelle 8. Einfluss des Wassergehaltes des Teiges auf die Brotgrösse.

	g Mehl	cm^3 Wasser	Brotvolumen auf 100 g Mehl
Weizenmehl	30	16,0	251
	30	19,5	294
	30	23,0	307
Roggenmehl	30	15,5	172
	30	19,25	221
	30	23,0	247

Der Vergleich mit Tabelle 6 zeigt uns, dass die Volumina hier überall etwas niedriger sind. Sie zeigen weiter, dass die Verschiedenheiten im Wassergehalt der Teige einen geringern Einfluss auf das Brotvolumen ausüben, als bei den Versuchen mit Hefe. Wenn wir, wie dort, die Werte für den Wassergehalt und das Volumen in eine Kurve einzeichnen, so können wir dieser Kurve entnehmen, dass bei dem Weizenmehl 1 cm^3 Wasser zu viel das Volumen des Brotes um 10 cm^3 erhöht gegenüber 21 bei dem Hefeversuch, 1 cm^3 zu wenig es um 9 cm^3 erniedrigt gegenüber 12; beim Roggenmehl beträgt die Erhöhung 9 cm^3 gegenüber 12, die Erniedrigung 5 gegenüber 7. Der durch die Ungenauigkeit in der Bestimmung des Wasserbindungsvermögens bedingte Fehler wird also bei den Backpulververversuchen ganz bedeutend reduziert.

Daraufhin wurden nun sämtliche Mehle mit Weinstein und Natriumbicarbonat verbacken. Man setzte auf je 30 g Mehl 0,5 cm^3 mehr Wasser zu, als bei den Versuchen mit Hefe, da das Backpulver selbst auch Wasser beansprucht.

In der Tabelle 9 bringen wir die Resultate unserer chemischen und physikalischen Untersuchung. Die Mehle sind nach sinkendem Brotvolumen angeordnet.

Tabelle 9. *Resultate der chemischen und physikalischen Untersuchung der Mehle.*

No.	Art des Mehles	Ausmahlungsgrad %	Säuregrad	Rohfaser %	Lösliche Kohlenhydrate %	Gesamtprotein %	Gliadin (alkohollösliches Eiweiss) %	Glutenin (unlösliches Eiweiss) %	Albumin (wasserlösliches Eiweiss) %	Globulin (Na Cl lösliches Eiweiss) %	Summe des Wasserlöslichen und Quellbaren	Stärke aus der Differenz	Wasserbindungsvermögen auf 100 g Mehl cm³	Gärdauer in Minuten	Teigausdehnung	Backfähigkeit, Brotvolumen auf 100 g Mehl cm³	Brotvolumen auf 100 g Mehl mit Backpulver cm³	Zähigkeit in sec.	Elastizität	Dehnbarkeit	Volumen in Wasser nach *Gury*	Volumen in 60 %igem Alkohol	Volumen in 95 %igem Alkohol nach *Gury*
1	W	—	4,1	0,88	4,54	11,07	5,37	3,09	1,88	0,73	16,49	83,51	63,8	144	2,16	314	278	30	41	25	165	157	180
2	W	91	5,4	1,40	4,14	12,23	6,24	3,19	1,79	1,01	17,77	82,23	65,0	145	2,90	306	267	68	42	21	171	160	183
3	W	—	5,1	1,22	4,73	11,57	6,02	2,77	1,86	0,92	17,52	82,48	64,7	120	2,70	305	280	41	41	21	166	157	175
4	20 W, 40 R, 40 M *	—	4,7	1,36	4,62	10,21	4,90	3,12	1,42	0,77	16,19	83,81	64,0	116	3,14	303	291	36	36	18	167	163	189
5	W u. M	85	3,6	0,84	4,28	9,88	5,18	2,59	1,41	0,70	15,00	85,00	61,5	153	2,93	291	305	32	42	21	164	156	180
6	W	89	2,9	0,97	3,89	10,63	5,76	2,44	1,53	0,90	15,49	84,51	62,0	138	2,70	285	277	29	36	28	163	157	177
7	2/3 W 1/3 R	80	4,1	0,56	4,73	10,29	5,65	1,29	1,65	0,70	15,58	84,42	60,7	142	2,32	285	267	66	35	23	175	156	180
8	W, weiss	—	3,7	0,25	3,88	9,90	5,79	2,46	1,18	0,47	14,03	85,97	65,8	148	2,86	280	280	57	47	19	159	162	167
9	(W, R, G)	—	5,4	0,89	5,39	10,87	5,83	2,96	1,53	0,55	17,15	82,85	68,3	116	2,33	253	233	422	35	15	173	171	169
10	W, weiss	—	3,6	0,41	3,92	10,52	6,03	2,59	1,44	0,46	14,85	85,15	60,7	113	2,30	250	253	58	55	24	153	158	160
11	(W)	—	3,3	1,19	6,30	9,45	5,16	1,74	1,68	0,87	17,94	82,06	60,0	130	2,30	249	281	13	33	31	165	152	170
12	60 W, 13 R, 27 M *	—	6,9	1,32	8,02	10,44	4,89	1,85	2,64	1,06	19,78	80,22	63,3	120	2,00	243	258	275	21	16	245	175	195
13	R	—	6,9	1,14	6,28	8,82	4,29	1,23	2,38	0,92	16,24	83,76	62,5	80	1,78	232	240	124	12	19	244	158	165
14	R	—	4,7	1,38	8,62	9,10	4,22	1,31	2,92	0,65	19,10	80,90	63,2	106	1,78	217	226	187	15	16	250	160	189
15	(R)	—	6,2	1,30	8,85	7,98	3,74	0,37	2,57	1,28	18,13	81,87	61,5	105	1,72	213	238	269	10	13	226	160	173
16	(R)	—	6,3	1,08	7,90	8,02	3,25	2,39	1,82	0,87	17,00	83,00	70,7	152	2,18	212	233	41	6	15	240	172	178
17	G	—	6,0	0,52	5,52	8,50	1,37	6,64	0,34	0,15	—	—	85,7	—	—	192	—	—	—	—	—	—	—
18	G	—	7,0	0,59	5,34	8,08	1,05	6,56	0,38	0,09	—	—	85,2	—	—	175	—	—	—	—	—	—	—

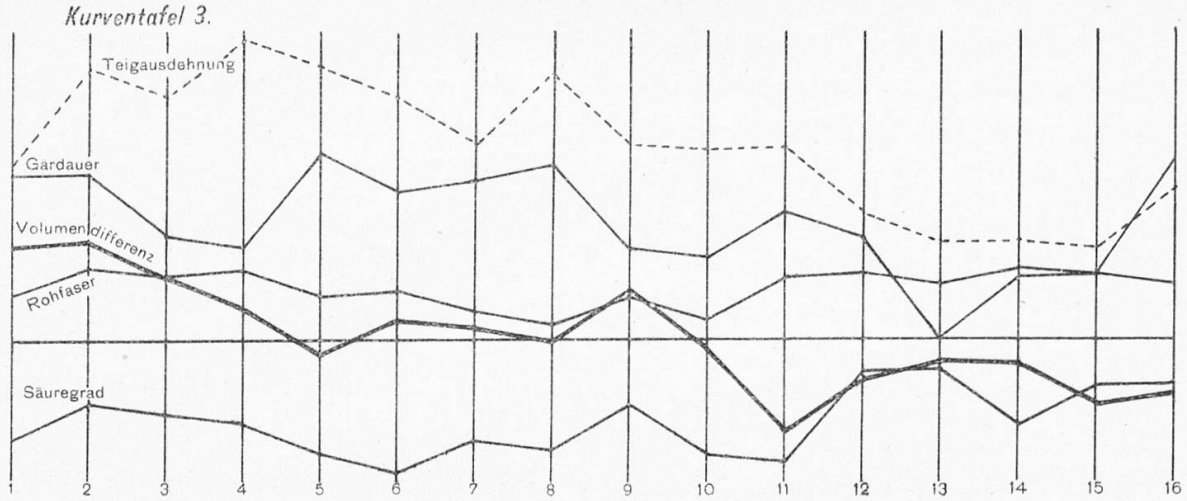
* Bezeichnung vermutlich verwechselt.

Es finden sich in der Tabelle zwei Kolonnen, welche noch nicht erwähnt worden sind, die «Summe des Wasserlöslichen und Quellbaren» und die «Stärke aus der Differenz». Die erstere Grösse wurde erhalten durch Addition von Gesamtprotein, löslichen Kohlenhydraten und Rohfaser, die letztere durch Subtraktion dieser Grösse von 100. Die Stärkewerte sind natürlich etwas zu hoch.

In der Kolonne «Art des Mehles» bedeutet W = Weizen, R = Roggen, G = Gerste, M = Mischel, d. h. eine Mischung von Weizen und Roggen in unbekanntem Verhältnis; wo die betreffenden Buchstaben in Klammer stehen, fehlte eine Angabe und ich habe sie nach der chemischen und mikroskopischen Untersuchung ergänzt. Die Bezeichnung der Mehle ist z. T. ungenau. Nr. 4 wäre nach der Deklaration vorwiegend ein Roggenmehl. Die Degustation des Mehles und Brotes, das mikroskopische Bild, die Elastizität des Teiges, die Möglichkeit, den Kleber auszuwaschen und schliesslich die gute Backfähigkeit sprechen aber entschieden dafür, dass Weizenmehl darin vorherrscht. Umgekehrt verhält es sich mit Nr. 12. Dies Mehl soll hauptsächlich aus Weizen bestehen. Es hat aber vorwiegend den Typus eines Roggenmehles. Dies zeigt sich wieder bei der Sinnenprüfung des Mehles und Brotes, bei der geringen Elastizität des Teiges, dem hohen Gehalt an löslichen Kohlenhydraten, bei der Unmöglichkeit, den Kleber auszuwaschen. Da diese beiden Mehle uns zu gleicher Zeit vom selben Lager zugesandt worden sind, liegt es nahe, an eine Verwechslung der Etiketten zu denken. Nr. 9 ist das Inland-Vollmehltypmuster vom 3. September 1918. Die mikroskopische Prüfung zeigt, dass darin neben Weizen auch Roggen und Gerste zugegen ist. Die Gerstenmehle Nr. 17 und 18 stammen aus der Sammlung des Gesundheitsamtes und sind alte Vorkriegsmehle mit niedrigem Ausmahlungsgrad. Es lagen in beiden Fällen leider nur kleine Proben vor, so dass nicht alle Prüfungen damit vorgenommen werden konnten. Wir sehen daher von einer eingehenderen Besprechung der betreffenden Zahlen ab.

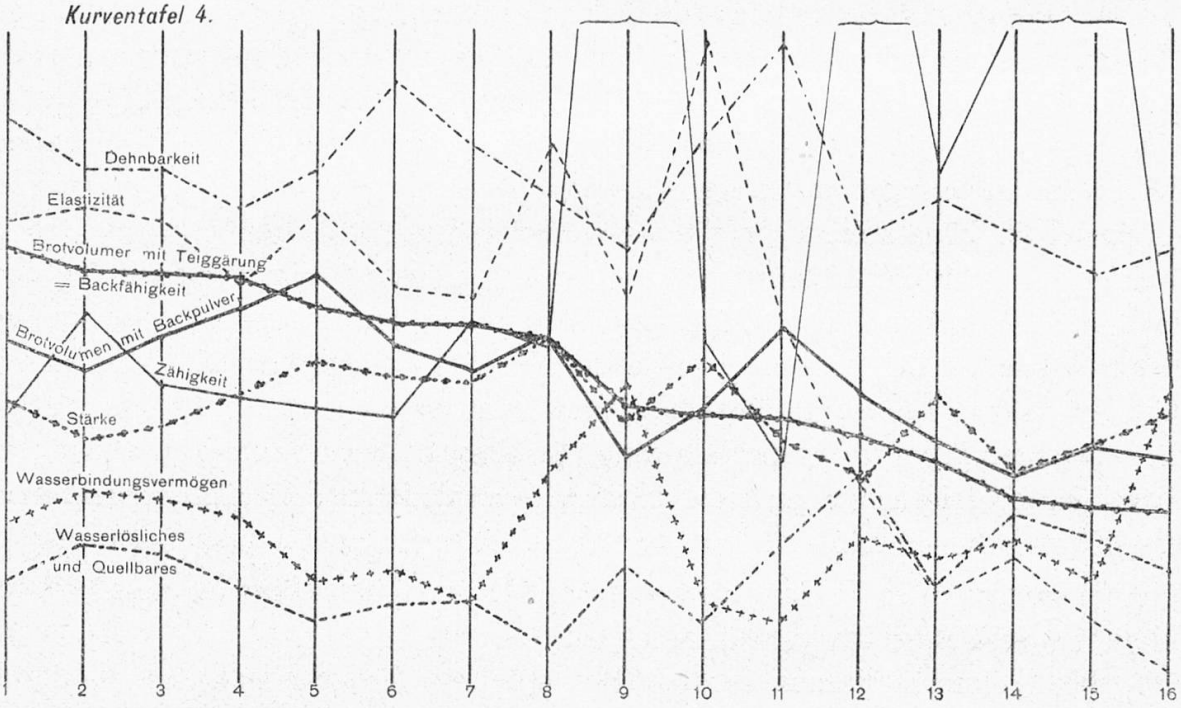
Im folgenden haben wir die Resultate unserer Bestimmungen in Kurven aufgezeichnet, wobei wir den Massstab jeweilen nach Belieben auswählten, diese Kurven nach Gutdünken zusammenstellten und mit einander verglichen, um daraus die Abhängigkeit der physikalischen Grössen von der Zusammensetzung, sowie auch der einzelnen Bestandteile von einander soweit möglich abzuleiten. Da jede physikalische Grösse in Abhängigkeit von allen chemischen Bestandteilen steht und da die einzelnen Bestandteile oft in entgegengesetztem Sinne oder, wenn in gleichem Sinne, so doch verschieden stark wirken, liegen die gesuchten Zusammenhänge nicht so klar und offen zu tage. Man wird oft von Analogie zweier Kurven reden müssen, wenn ihr Verlauf im Grossen und Ganzen ähnlich ist, obschon vielleicht einzelne Teile der Kurven in entgegengesetztem Sinne verlaufen. Dies gibt unsern Resultaten leider oft etwas Unsicheres, vielleicht scheinbar Willkürliches. Wir erheben deshalb auch nicht den Anspruch, dass die erwähnten Zusammenhänge in allen Punkten sicher erwiesen seien.

Kurventafel 3.

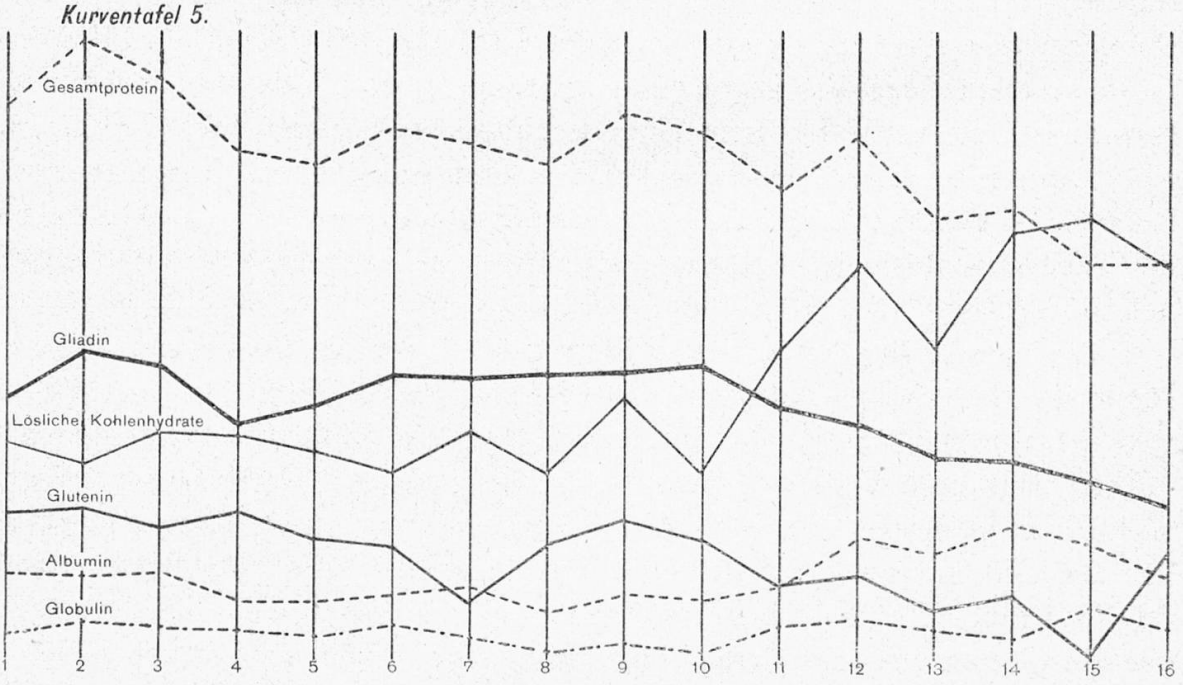


Die horizontale Linie gibt den Nullpunkt der Volumendifferenz an.

Kurventafel 4.



Kurventafel 5.



Das grösste Brotvolumen zeigen die Weizenmehle, ein bedeutend geringeres die Roggenmehle und das kleinste die Gerstenmehle. Ein hoher Ausmahlungsgrad setzt die Backfähigkeit des Weizenmehles nicht etwa herab, wie die Werte für die Rohfaser zeigen. Die beiden Weizenmehle, Nr. 8 und 10 stehen sogar nahezu am Schluss der Weizenmehle.

Die geringere Backfähigkeit der Roggenmehle gegenüber den Weizenmehlen erklärt sich zwanglos aus dem niedrigeren Gehalt an Gliadin und dem höhern an löslichen Kohlenhydraten, die ganz geringe Backfähigkeit der Gerstenmehle aus dem minimen Gliadin- und dem hohen Gluteningehalt. Wir haben ja beim Verbacken unserer künstlichen Mehlmischungen gesehen, dass Gliadin der Hauptfaktor bei der Backfähigkeit ist und dass Glutenin in entgegengesetztem Sinne wirkt.

Untersuchen wir nun vorerst die Wirkung der Teiggärung auf das Volumen. Diese Wirkung lässt sich darstellen durch die Differenz des nach vollführter Teiggärung erzielten Brotvolumens minus dem ohne Teiggärung, also unter Verwendung von Backpulver, erhaltenen Volumen. Wir rechnen diese Differenzen aus und stellen sie in einer Kurve auf. Da die Teiggärung entweder in günstigem oder in ungünstigem Sinne von den proteolytischen Enzymen des Mehles abhängen muss und da sich diese Enzyme nach *Balland* in der Kleie vorfinden, vergleichen wir mit der genannten Kurve diejenige des Gehaltes an Rohfaser, welche ja ein Mass für den Kleiegehalt gibt. Auch mit dem Säuregrad steht die Teiggärung in Beziehung, da sowohl die Tätigkeit der Hefe, wie auch die Wirkung der Enzyme vom Säuregrad abhängen. Ferner interessieren uns an dieser Stelle die Gärdauer und die Teigausdehnung. Die Kurven für diese 5 Grössen sind in der Kurventafel 3 zusammengestellt.

Wenn wir den Verlauf der einzelnen Kurven mit einander vergleichen, können wir Folgendes daraus ersehen:

Die Volumendifferenz ist bei Weissmehlen meist positiv, d. h. durch Gärung wird ein grösseres Volumen erzielt, als mit Backpulver; bei den Roggenmehlen ist das Umgekehrte der Fall. Das Verhalten der Weizenmehle zeigt uns, dass die Teiggärung den Kleber, speziell das Gliadin, günstig beeinflusst; sie verbessert seine Eigenschaften, so dass er nach der Gärung ein grösseres Volumen Gas zurückhalten kann, als vorher. Der Kleber des Roggens ist gliadinarm und gluteninreich. Er bildet, wie wir gesehen haben, kein zusammenhängendes Ganzes. Hier wird ein besseres Resultat erzielt mit dem Backpulver.

Die Kurven für Rohfaser und Säuregrad zeigen unter sich eine gewisse Analogie. Im grossen und ganzen steigen und fallen sie in ähnlicher Weise, Das muss so sein, da ja bekanntermassen dunkle, kleiereichere Mehle einen höhern Säuregrad aufweisen, als hellere. Die Säure hat ihren Sitz hauptsächlich in der Kleie. Die Kurve der Volumendifferenz zeigt nun einen etwas analogen Verlauf, wie die Kurven der Rohfaser und des Säuregrades: bald folgt sie mehr der einen, bald mehr der andern. Ein Steigen des Rohfasergehaltes, bezw. des Säuregrades bedingt in der Regel ein Steigen der Vo-

lumendifferenz. Die Kurve der Gärdauer zeigt, wenn auch undeutlich, eine entgegengesetzte Tendenz, als die genannten drei Kurven. Je grösser die Menge der Enzyme, bezw. der Säure, desto schneller muss ja die Gärung beendet sein. Die Teigausdehnung zeigt eine schwache Analogie zur Gärdauer; in den spätern Gliedern ist sie deutlicher erkennbar, als in den ersten. Bei längerer Gärdauer kann sich der Teig im allgemeinen mehr ausdehnen, als bei kürzerer Dauer, was wiederum verständlich ist.

Suchen wir nun nach Zusammenhängen zwischen dem Brotvolumen, und zwar zwischen dem mit und dem ohne Teiggärung erzielten, und den physikalischen Grössen, Zähigkeit, Elastizität und Dehnbarkeit des Teiges, Wasserbindungsvermögen des Mehles und dem Mehlvolumen in Wasser, 60 und 95%igem Alkohol. (Siehe Kurventafel 4).

Mit der ununterbrochen absteigenden Kurve des Brotvolumens nach vollzogener Teiggärung lässt sich keine der andern Grössen in Beziehung bringen. Wir müssen also das unter Verwendung von Backpulver erhaltene Brotvolumen ins Auge fassen.

Die Zähigkeitskurve verhält sich ungefähr entgegengesetzt der Kurve des Brotvolumens. Beispielsweise entspricht dem Minimum der Volumenkurve bei Nr. 9 ein Maximum der Zähigkeitskurve und umgekehrt dem Maximum des Volumens bei Nr. 11 ein entsprechendes Minimum der Zähigkeit. Bei den letzten Mehlen, den Roggenmehlen, sind die Beziehungen nicht mehr so deutlich.

Die Elastizitätskurve zeigt eine leise Analogie zur Volumenkurve; sie steht zur Zähigkeit in gewissem Gegensatz. Etwas deutlicher ist die Analogie zwischen Dehnbarkeit und Volumen. Ausser bei den ersten Mehlen verlaufen die Kurven ziemlich ähnlich.

Die Kurve des Wasserbindungsvermögens verläuft wieder ungefähr umgekehrt wie diejenige des Brotvolumens oder der Dehnbarkeit oder der Elastizität. Man kann also sagen, dass grosse Dehnbarkeit und Elastizität des Teiges dem Aufgehen günstig sind, dass andrerseits grosse Zähigkeit und hohes Wasserbindungsvermögen das Brotvolumen vermindern.

Das Wasserbindungsvermögen wird offenbar bedingt durch sämtliche löslichen und quellbaren Körper des Mehles, nämlich durch die Proteinkörper, die löslichen Kohlenhydrate, einschliesslich der löslichen Aschenbestandteile, durch die Rohfaser und die Säure. Anstatt Rohfaser wäre eigentlich zu setzen unlösliche Kleiebestandteile. Alle diese verschiedenen Körper nehmen natürlich verschieden viel Wasser auf. Wenn wir sie addieren und ihre Summe in eine Kurve auftragen, entspricht dieselbe einigermassen derjenigen des Wasserbindungsvermögens. Da die einzelnen löslichen und quellbaren Körper verschiedene Wassermengen binden, d. h. verschiedene Wassermengen benötigen, um den Teig in den Zustand der Klebrigkeit überzuführen, ist unser Verfahren, sie einfach zu addieren, nur ein Notbehelf. Die Uebereinstimmung der beiden Kurven wäre wohl besser, wenn wir dem individuellen Bindungsvermögen der einzelnen Konponenten Rechnung tragen könnten

und wenn wir andrerseits das Wasserbindungsvermögen der Mehle genauer zu bestimmen im Stande wären, als es der Fall ist. Wir sehen, dass die Gluteninkurve (siehe Kurventafel) für sich bereits eine ziemliche Aehnlichkeit mit der Kurve des Wasserbindungsvermögens zeigt (vergl. die Tiefpunkte bei Nr. 7, 11, 15, die Höhepunkte bei Nr. 2, 9, 16). Demnach dürfen wir vermuten, dass das Glutenin besonders viel Wasser beansprucht.

Da, wie wir gezeigt haben, die Kurve des Wasserbindungsvermögens umgekehrt verläuft wie diejenige des Brotvolumens unter Verwendung von Backpulver, so verläuft auch die damit analoge Kurve des Löslichen und Quellbaren im gleichen Sinne. Wenn wir die Menge des Löslichen und Quellbaren von 100 abziehen, erhalten wir den ungefähren Wert für die Stärke. Die Stärkekurve verläuft analog der Kurve des unter Verwendung von Backpulver erzielten Brotvolumens. Die Analogie ist ausser bei Mehl Nr. 11 und 12 überall vorhanden. Sie dürfte aber nicht so zu deuten sein, dass die Stärke das Aufgehen in besonderm Masse begünstigt. Die Ursache liegt vielmehr in den übrigen Bestandteilen.

Die Kurven des Mehlvolumens in Wasser und Alkohol lassen sich nicht in deutliche Beziehung bringen zu den übrigen Kurven. Das einzig deutliche Resultat dieser Bestimmungen ist, dass das Volumen in Wasser bei Roggen ausserordentlich viel höher ist, als bei Weizen. Wir geben diese Kurven hier nicht wieder.

Es scheint mir wahrscheinlich, dass Roggen in beträchtlicher Menge unlösliche, aber quellbare Kohlenhydrate enthält, die das gewaltige Aufgehen im Wasser bedingen. Bei der Bestimmung des Wasserbindungsvermögens kommen diese quellbaren Körper nicht voll zu ihrer Wirkung, da bereits lange, bevor sie sich mit Wasser gesättigt haben, die Klebrigkeitsgrenze des Teiges erreicht ist.

Vergleichen wir die Volumendifferenz mit dem mit Hilfe von Backpulver erhaltenen Volumen, so sehen wir, dass sich die beiden Kurven ungefähr entgegengesetzt verhalten, so dass alles für die eine Kurve Gesagte in entgegengesetztem Sinne für die andere gilt.

Gehen wir nun zu den letzten von uns bestimmten Grössen über, den Eiweisskörpern und den löslichen Kohlenhydraten. (Vergl. Kurventafel 5).

Das Gesamtprotein zeigt eine ähnliche Kurve, wie Rohfaser und Säuregrad, nur fällt sie bei den Roggenmehlen stärker ab. Die Analogie ist verständlich, da ja die äussern Partieen des Kornes proteinreicher sind, als die innern, somit auch die kleiehaltigeren Mehle reicher an Protein, als die kleieärmeren. Auch wenn wir bei den Mehlen die Summe von Gliadin und Glutenin berechnen und in eine Kurve aufzeichnen, erhalten wir denselben Verlauf. Diese Grössen stehen somit auch zu den übrigen Grössen in demselben Verhältnis, welches für Rohfaser und Säuregrad angegeben worden ist.

Die Kurve des Gliadins ähnelt etwas derjenigen des Gesamtproteins, ist aber im allgemeinen gleichmässiger. Wir hätten nach unsern Versuchen mit künstlichen Mehlmischungen eine starke Analogie mit der Backfähig-

keitskurve erwartet. Diese Analogie besteht aber nur im zweiten, abfallenden Teil der Kurve. Offenbar sind die Schwankungen im Gliadingehalt bei unsern Weizenproben im allgemeinen zu gering, um einen bestimmten Einfluss auf die Backfähigkeit auszuüben.

Das Glutenin zeigt bei den meisten Mehlen eine deutliche Beziehung zur Rohfaser. Die beiden Kurven steigen und fallen in der Regel gleichzeitig. Hier haben wir also wieder die beim Rohproteingehalt wie auch bei der Summe von Gliadin und Glutenin festgestellte Analogie. Das Gliadin zeigte dieselbe nur äusserst schwach. Die Anreicherung der Proteinsubstanzen nach den äussern Schichten des Kornes hin dürfte somit mehr das Glutenin betreffen, während das Gliadin auch in den innern Schichten reichlich vorhanden ist.

Die Albumin- und Globulinkurve, besonders die erstere mit ihrem Ansteigen in den letzten Gliedern, zeigen eine Analogie zur Kurve der löslichen Kohlenhydrate. Die wasserlöslichen und die kochsalzlöslichen Eiweisskörper dürften beim Backprozess ähnlich wirken, da sie ja beide im kochsalzhaltigen Teig gelöst sind. Die Kurve des Albumins ist recht deutlich entgegengesetzt derjenigen der Teigausdehnung. Hoher Gehalt an löslichem Eiweiss scheint somit die Ausdehnung des Teiges zu hindern, d. h. er scheint das Entweichen der Kohlensäure aus dem Teig zu fördern. Die Wirkung dürfte aber tatsächlich eher den löslichen Kohlenhydraten zukommen, die ja eine ähnliche Kurve aufweisen. Für gewisse Kohlenhydrate, wie Dextrin und Pflanzenschlein, haben wir ja weiter oben eine ungünstige Wirkung auf die Teigausdehnung, wie auch auf die Backfähigkeit festgestellt. Anderseits haben wir bei unsern Versuchen mit künstlichen Mehlmischungen festgestellt, dass Eieralbumin die Backfähigkeit fördert.

Die Kurve der löslichen Kohlenhydrate steigt bei den Roggenmehlen gewaltig an. Da sie mit der Albuminkurve korrespondiert, gilt auch für sie der Gegensatz zur Teigausdehnung. Die ungünstige Wirkung auf die Backfähigkeit geht aus der Kurve nicht deutlich hervor, ausser in ihrem Ansteigen bei den Roggenmehlen. Es wirken eben so viele Einzelfaktoren, teils in gleichem, teils in entgegengesetztem Sinne auf die Backfähigkeit ein, dass es ausserordentlich schwierig ist, in diese verwickelte Verhältnisse einen klaren Einblick zu gewinnen. Unsere Mehle, die ja alle aus Inlandgetreide stammen und die zum Teil Mischungen mit Roggen in oft unbekanntem Verhältnis sind, waren auch nicht gerade das geeignete Material zur Lösung der uns interessierenden Frage.

Zusammenfassung.[1])

Die Backfähigkeit wird in erster Linie bedingt durch das Gliadin der Mehle; deshalb zeigt Weizen die beste, Roggen eine bedeutend geringere und Gerste die geringste Backfähigkeit, gemäss dem Gehalt der drei Getreidearten an diesem Eiweisskörper.

[1]) Vergl. auch S. 237.

Das Gliadin quillt im Wasser auf und bildet eine klebrige, zähe, dehnbare und elastische Masse, welche beim Teig aus Weizenmehl im Verein mit dem Glutenin als Kleber ein zusammenhängendes Netzwerk bildet, in dessen Maschen die Stärkekörner liegen. Dieses Klebernetz verleiht dem Teig seine hervorstechendsten physikalischen Eigenschaften; es bewirkt das Zurückhalten der bei der Teiggärung gebildeten Kohlensäure während der Gärung selbst und während des Backprozesses.

Eine die Backfähigkeit herabsetzende Wirkung üben gewisse höhere lösliche Kohlenhydrate aus, wie Dextrin und Gummi, vermutlich, indem sie bei der Teigbereitung die Hauptmenge des Wassers beanspruchen und so das Aufquellen des Klebers hindern oder indem sie bereits bei einem Wassergehalt, welcher zur Aufquellung des Klebers noch nicht genügt, dem Teig eine kleberige Beschaffenheit verleihen.

Wir können die Brotbereitung in zwei Phasen zerlegen, in die Teiggärung und den eigentlichen Backprozess und diese gesondert in Bezug auf das erzielte Brotvolumen betrachten.

Je kleiereicher die Mehle sind, desto höher ist im allgemeinen ihr Säuregrad, ihr Gehalt an Protein, speziell an Glutenin, sowie auch ihr Gehalt an proteolytischen Enzymen. Diese Enzyme beteiligen sich an der Teiggärung, indem sie den Kleber flüssiger machen und dadurch seine physikalischen Eigenschaften verbessern. Sie kürzen die Gärdauer ab und begünstigen die Backfähigkeit, erhöhen also das Brotvolumen.

Das ohne Teiggärung (mit Backpulver) erhaltene Brotvolumen steht in direktor Beziehung zur Elastizität und Dehnbarkeit des Teiges und zum Wasserbindungsvermögen der Mehle, und in umgekehrtem zur Zähigkeit des Teiges. Es wird durch den Gehalt an Eiweisskörpern, speziell an Gliadin, bedingt. In entgegengesetztem Sinne wirken die höhern löslichen Kohlenhydrate.

Das Wasserbindungsvermögen der Mehle wird durch die wasserlöslichen und quellbaren Stoffe bedingt, also durch die Proteinstoffe, die löslichen Kohlenhydrate, die Faserbestandteile und Mineralstoffe.