

| | |
|---------------------|--|
| Zeitschrift: | Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène |
| Herausgeber: | Bundesamt für Gesundheit |
| Band: | 18 (1927) |
| Heft: | 2 |
| Artikel: | Die Bestimmung der Backfähigkeit von Weizenmehlen im Laboratoriumsversuch |
| Autor: | Schweizer, Ch. / Werder, J. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-984139 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

- Ritter*: Neuere klinische Erfahrungen und experimentelle Ergebnisse bei Tiefenantiseptis und Chemotherapie. — Schweiz. Med. Wochenschr., 5, 67 (1924).
- Experimentelles und Klinisches zur chirurgischen Antiseptis mit spezieller Berücksichtigung des Pantosepts. — Schweiz. Med. Wochenschr., 5, 372 (1924).
- Seligmann* und *Ditthorn*: Ueber die Brauchbarkeit des Chloramins zu Desinfektionszwecken. Klin. Wochenschr., 2, 2283 (1923).
- Smyth*: The chlorine antiseptics with special reference to their pharmaceutical status. — Amer. Journ. of Pharmacy, 95, 232 (1923).
- Storch*: Ueber Chloramin-Heyden und seine Anwendung in der Geburtshilfe, Wochenpflege und Gynäkologie. — Zentralbl. f. Gyn., 1924 (Nr. 30).
- Thomann*: Neuere chlorhaltige Antiseptika. — Schweiz. Apoth.-Ztg., 61, 569 (1923).
- Uhlenhuth* und *Hailer*: Die Desinfektion tuberkulösen Auswurfs durch chemische Mittel, IV. Mitt.: Die Verwendung des Chloramins. — Arch. f. Hyg., 93, 343 (1923).
- Wesenberg* und *Hoffmann*: Die Beeinflussung des Tetanustoxins durch einige oxydierend wirkende Körper. — Centralbl. f. B., I. Abt., O., 94, 416 (1925).

Die Bestimmung der Backfähigkeit von Weizenmehlen im Laboratoriumsversuch.

Von Dr. CH. SCHWEIZER.

(Mitteilung aus dem Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes, Bern.
Vorstand: Dr. J. Werder.)

Das Eidg. Gesundheitsamt ist in letzter Zeit öfters in den Fall gekommen, zu Vorschlägen für die Verbesserung der Backfähigkeit von Mehlen Stellung zu nehmen. Auf Anregung von Herrn Dr. J. Werder haben wir deshalb versucht, die Frage der Bestimmung der Backfähigkeit im Laboratoriumsversuch einer kritischen Bearbeitung zu unterziehen, um Anhaltspunkte für die Beurteilung der vorgeschlagenen Mehlverbesserungsverfahren zu gewinnen.

1. Definition der «Backfähigkeit».

Humphries und Biffin¹⁾ haben als ein «starkes» Mehl ein solches bezeichnet, das beim Verbacken grosse, schön aufgegangene Brote liefert. Neumann²⁾ versteht unter «Backfähigkeit» die Summe aller Eigenschaften des Mehles im Backprozess; sie äussert sich in der Bildung homogener, plastischer, gut aufarbeitungsfähiger Teige, in flottem Gärverlauf, gutem Lockerungsvermögen und in der einwandfreien Ausbildung der Kruste und Krume am fertigen Gebäck.

Nun hat aber kürzlich D'Arbouet³⁾ darauf hingewiesen, dass die Aufstellung eines einheitlichen Begriffes der Backfähigkeit nicht so ein-

¹⁾ J. Agr. Sc., 2, 1 (1907).

²⁾ Ullmann, Enzykl. techn. Chem., VI., 195 (1919).

³⁾ Chim. & Ind., 14, 21 (1925).

fach ist, wie man dies auf den ersten Blick glauben könnte. Ganz abgesehen von den kleinen Variationen, die ein einzelner Bäcker an seiner Backmethode vornehmen kann, wechselt dieselbe von einer Nation zur anderen.

Vor allem sei aber an den tiefgreifenden Unterschied erinnert, der die Backmethoden des europäischen Kontinents von denjenigen der Anglosachsen trennt. Auf dem Kontinent und namentlich in Frankreich wird gewöhnlich ein aus Mehl, Wasser und Salz bestehender Teig nach erfolgter Gärung frei in den Ofen geschoben. In England und in den Vereinigten Staaten, wo sich die Brotbereitung teilweise zur Grossindustrie ausgearbeitet hat und das Ausbacken automatisch erfolgt, werden die vorwiegend weicher gehaltenen Teige als Kastengebäck erhalten. Ausserdem werden in diesen Ländern ausser Mehl, Wasser und Salz meistens noch allerlei Zusatzmittel verwendet, wie z. B. Milch, Butter oder andere Fette, Zucker und ein oder mehrere gärungsverbessernde Mittel.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass diese verschiedenen Arbeitsmethoden und Zusätze einen Einfluss auf die erhaltenen Gebäcke haben müssen. D'Arbouent schlägt deshalb vor, die Backfähigkeit einheitlich wie folgt zu definieren: «Une farine sera dite avoir une grande valeur boulangère si, utilisée dans un travail sur levure de distillerie sèche, sans incorporation soit de matières grasses ou sucrées, soit de produits dits améliorants ou fortifiants, elle donne un beau pain également séduisant par son volume, la couleur de sa croûte, la texture et l'odeur de sa mie».

2. Die Träger der Backfähigkeit.

Wenn auch bisher eine lückenlose Klärung der Frage, welche Faktoren für das Zustandekommen der unter dem Namen Backfähigkeit zusammengefassten Eigenschaften massgebend sind, noch lange nicht erreicht ist, so glaubt doch Schröder⁴⁾ als feststehend annehmen zu können, dass, abgesehen vom Stärkemehl, namentlich die Eiweisstoffe an der Backfähigkeit des Mehles beteiligt sind. Dass sich aus reiner Stärke, wie z. B. aus Kartoffelmehl, kein Brot herstellen lässt, ist hinlänglich bekannt. Man hat sich deshalb besonders der Erforschung der Eiweisstoffe der Getreidemehle zugewendet, um dem Problem der Backfähigkeit näher zu kommen.

Die Faktoren, die die Backfähigkeit bedingen, teilen Dietzel und Täufel⁵⁾ nach dem Stande unserer heutigen Anschauungen in zwei Gruppen ein:

1. Auf der einen Seite sei die Tatsache als gesichert zu betrachten, dass für das Wesen der Backfähigkeit die kolloidchemischen Eigen-

⁴⁾ Arb. Reichsgesundheitsamt, 75, 598 (1926).

⁵⁾ Ztschr. angew. Chem., 39, 418 (1926).

schaften der Kleberproteine Gliadin und Glutenin und die ihr Quellungsvermögen beeinflussenden Momente von entscheidender Wichtigkeit seien. Hierfür kommen im wesentlichen in Betracht:

- a) Wassergehalt,
- b) Säuregrad (H^- -Konzentration),
- c) Mineralstoffgehalt,
- d) Enzymtätigkeit.

2. Auf der anderen Seite wären zu berücksichtigen die kolloidale Beschaffenheit der Stärke und damit auch die ihr Verhalten beim Backen beeinflussenden Faktoren. In dieser Beziehung ist namentlich hinzuweisen auf:

- a) Reifezustand der Stärke,
- b) Mineralstoffgehalt der Stärke,
- c) Gehalt an löslichen Gluciden,
- d) Gehalt des Mehles an amylolytischen Enzymen (Vermögen des Mehles, lösliche Kohlenhydrate zu bilden).

Die bisher angewandten Untersuchungsverfahren stellen einseitig entweder die eine oder andere Gruppe in den Vordergrund. Nur der Backversuch umfasst selbstverständlich alle Faktoren.

3. Kulturfaktoren des Getreides und Backfähigkeit.

Man weiss, dass *Boden*, *Kulturmethode* und *Düngung* des Getreides keinen unmittelbaren Einfluss haben, dass *Witterung* und *Klima* nicht entscheidend sind und dass die *Sorte* nur bedingt der Träger der Backfähigkeit ist. Es steht zwar zweifellos fest, dass innerhalb eines Landes oder einer Gegend die sogenannten Landsorten, d. h. die in primitiver Kultur, meist aus Massenauslese hervorgegangen, eingebürgerten, ertragärmeren Getreidesorten ein besser backfähiges Korn liefern als die Hochzuchtsorten, deren Züchtung zu hohen Erträgen eine Backfähigkeitsverminderung mit sich bringt. Es scheinen sich also hoher Ertrag und gute Backfähigkeit nicht oder nur schwer miteinander vereinigen zu lassen. Neumann⁶⁾ ist aber der Ansicht, dass diese Frage noch nicht abgeklärt ist.

Was dagegen den *Reifegrad* anbetrifft, so liess nach Maurizio⁷⁾ die Untersuchung der Beschaffenheit von Korn, Teig und Kleber vielfach grosse Unterschiede erkennen in der Backfähigkeit des reifen und unreifen, bezüglich notreifen Getreides. Letzterem wird neben ungenügender Lagerfestigkeit, geringer Keimfähigkeit und Neigung zum Schwitzen und Warmwerden auch geringe Backfähigkeit zugeschrieben. Der Zusammenhang zwischen der Keim- und Backfähigkeit ist bisher noch nicht genügend aufgeklärt worden.

⁶⁾ Ullmann, Enzykl. techn. Chem., VI, 196 (1919).

⁷⁾ Nahrungsmittel aus Getreide, I, 400 (1917).

Nach Neumann⁸⁾ ist auch bekannt, dass das Getreide bei gesunder, trockener und luftiger *Lagerung* an Backfähigkeit zunimmt. Auch die Keimfähigkeit von frischem Korn ist geringer als nach der Lagerung.

4. Sinnenprüfung des Mehles und Backfähigkeit.

Die Sinnenprüfung des Mehles kann selbstverständlich nur ganz schwache Anhaltspunkte für dessen Backfähigkeit geben.

Was die *Farbe* anbetrifft, so ist Fornet⁹⁾ der Ansicht, dass helle Mehle immer das lockerste Brot von grösstem Volumen ergeben werden, da in solchen Mehlen die meiste Stärke und der meiste Kleber, beides Vorbedingungen einer guten Backfähigkeit, vorhanden seien. Jedes dunkle Mehl enthalte auf Kosten dieser beiden Stoffe Substanzen, die die Backfähigkeit herabsetzen müssen; schon allein die mit höherer Ausmahlung abnehmenden Brotvolumina sollen dies beweisen. Nach Schmorl¹⁰⁾ soll es dagegen eine alte Erfahrungstatsache der Müllerei sein, dass die Ansprüche der Konsumenten nach feinsten weissen Mehlen sich nicht zur Deckung bringen lassen mit dem gleichzeitigen Verlangen nach guter Backfähigkeit. Nach diesem Verfasser soll hier ein zu geringer Mineralstoffgehalt eine wichtige Rolle spielen.

Wenn wir der Definition von D'Arbouet¹¹⁾ folgend auch den *Geruch und Geschmack* des fertigen Brotes für die Beurteilung der Backfähigkeit in Betracht ziehen, so müssen wir selbstverständlich auch schon das Mehl auf diese beiden Eigenschaften prüfen. Fornet¹²⁾ hat allerdings darauf hingewiesen, dass Mehle von mässig muffigem Geruch nicht immer von minderwertiger Backfähigkeit zu sein brauchen.

Nach diesem Verfasser soll auch die *Griffigkeit* der Mehle manchmal Anhaltspunkte für deren Backfähigkeit ergeben. Der Fachmann soll vor allem die griesigen Mehle bevorzugen, bei denen man beim Fühlen zwischen Daumen und Zeigefinger eine gewisse, wenn auch nur geringe Korngrösse herausfühlt. Im Gegensatz dazu stehen die schliffigen Mehle. Ist ein Mehl beim Hineinfassen pudrig und locker, so dass beim Hineinfahren mit der Hand nur wenig Widerstand bemerkbar wird, so kann man oft ebenfalls auf minderwertige Backeigenschaften des Mehles schliessen.

5. Mikroskopische Prüfung des Mehles und Backfähigkeit.

Nach Schmorl¹³⁾ soll auch die *Grösse der Stärkekörnchen* auf die Backfähigkeit schliessen lassen. Schlecht backfähige Mehle hatten einen

⁸⁾ Ullmann, Enzykl. techn. Chem., VI, 196 (1919).

⁹⁾ Die Theorie der praktischen Brot- und Mehlbereitung (1923).

¹⁰⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., 2, 100 (1925).

¹¹⁾ Chim. & Ind., 14, 21 (1925).

¹²⁾ Die Theorie der praktischen Brot- und Mehlbereitung (1923).

¹³⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., 2, 102 (1925).

überwiegenden Anteil an Stärkekörnchen, deren Grösse etwa zwischen 7 und 14 μ schwankte; die in geringer Anzahl vorhandenen «grossen» Stärkekörnchen standen in der Grösse etwa zwischen 20 und 30 μ . Die Untersuchung zeigte, dass solche Mehle mit einer überwiegenden Mehrheit von «Kleinstärkekörnchen» aus nicht vollkommen ausgereiftem Getreidematerial stammten.

Die Frage ist noch nicht abgeklärt, ob eine grössere Menge von «Kleinstärkekörnchen» selbst eine minderwertige Backfähigkeit bedingen, oder ob in solch unreifem Fruchtmaterial alle jene anderen Faktoren unterentwickelt sind, die zusammen die Backfähigkeit ausmachen. Jedenfalls stellt das Vorhandensein einer auffallend hohen Anzahl von «Kleinstärkekörnchen» im Mehl einen Indikator für ungenügendes Ausgereiftsein der verwendeten Mahlfrucht dar.

6. Chemische Analyse des Mehles und Backfähigkeit.

Ausser einem gewissen Wassergehalt bestehen die Mehle in der Hauptsache aus Gluciden, Protiden, Lipiden und Mineralsubstanzen, die alle mit der Backfähigkeit in gewissen Beziehungen stehen.

Es ist eine alte, praktische Erfahrung, dass Mehle nach geringer Lagerung eine höhere Backfähigkeit besitzen als vorher. Ein wesentliches Agens für diese Mehlverbesserung soll nach Neumann¹⁴⁾ der Wassergehalt sein. Bei feuchten Mehlen tritt die erwähnte Verbesserung der Beschaffenheit nur schwer oder gar nicht ein. Ein mittlerer Wassergehalt ist auch Bedingung für gute Backfähigkeit. Ein Mehl von guter Lagerungs- und Backfähigkeit soll im Wassergehalt 14% nicht wesentlich übersteigen. Schmorl¹⁵⁾ ist der Ansicht, dass diese Zahl etwas niedrig ist, denn für manche Weizensorten wurde erkannt, dass sie am besten bei einem Wassergehalt von 15% vermahlen werden können. Diesen Gehalt hat denn auch das Schweizerische Lebensmittelbuch als obere Grenze festgesetzt.

Von den *Stärkearten* zeigt nach v. Fellenberg¹⁶⁾ Weizenstärke die beste Backfähigkeit. Höhere lösliche Glucide, wie *Dextrin* und *Gummi*, setzen die Backfähigkeit herab, d. h. sie wirken quellungshindernd. Von Fellenberg vermutet, dass diese Erscheinung darauf zurückzuführen sei, dass diese Glucide bei der Teigbereitung die Hauptmenge des Wassers beanspruchen und so das Aufquellen des Klebers hindern, oder dass sie bereits bei einem Wassergehalt, welcher zur Aufquellung des Klebers noch genügt, dem Teig eine klebrige Beschaffenheit verleihen. Auch die *löslichen Glucide* (Extrakt) haben nach Rammstedt Einfluss auf die Backfähigkeit. Nach Schmorl¹⁷⁾ ist es klar, dass ein Mehl mit gesunder

¹⁴⁾ Brotgetreide und Brot, 302 (1914).

¹⁵⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., 2, 100 (1925).

¹⁶⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., 10, 237 (1919).

¹⁷⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., 2, 102 (1925).

amyolitischer Kraft (siehe diese) einen höheren Prozentsatz an vergärbarem Zucker bilden wird, als ein Mehl mit geringerem Gehalt an Amylase. Aus dem höheren Prozentsatz vergärbaren Zuckers aber entsteht wiederum bei der Gärung eine grössere Menge von Alkohol und Kohlensäure, die durch ihr Flüchtigwerden den Teig lockert.

Von den Protiden finden wir Albumin (Leucosin), Globulin, Gliadin, Glutenin und Proteosen vertreten. Nach Rammstedt begünstigt ein gewisser Gehalt an *Albumin* und *Globulin* die Backfähigkeit, während sowohl ein zu hoher als auch ein zu niedriger Gehalt an diesen Protiden ungünstig sein soll. Von grösserer Bedeutung sind aber *Gliadin* und *Glutenin*, welche den Kleber bilden. Nach v. Fellenberg begünstigt der alkoholunlösliche Gluteninanteil des Klebers das Aufgehen des Teiges nicht, sondern hemmt sogar die Wirkung des alkohollöslichen Gliadins. Amerikanische Autoren sind dagegen der Ansicht, dass auch das Glutenin und vor allem seine Beschaffenheit von Bedeutung für die Backfähigkeit des Mehles sei. Nach Sharp, Gortner und Johnson¹⁸⁾ kann man durch Behandeln des Mehles mit Alkohol die Backfähigkeit auch schädigen, ohne dass man die alkohollösliche Fraktion entfernt. Sie führen diese Verminderung des Brotvolumens von mit Alkohol behandeltem Mehl auf Veränderungen in den kolloidalen Eigenschaften des Glutenins zurück. Der Grad der Backfähigkeit eines Weizenmehles wird aber nicht nur durch die Menge des darin vorhandenen Klebereiweisses bedingt, sondern hängt in erheblichem Masse auch von der Beschaffenheit des Klebereiweisses ab, die innerhalb weiter Grenzen schwanken kann. Die Frage, ob der Kleber bereits im Endosperm des Getreidekorns existiert oder ob er sich erst beim Anrühren des Mehles mit Wasser bildet, ist nach D'Arbouet für die Bäckerei ohne Bedeutung. Wichtiger ist, dass auf jeden Fall der Kleber eine Rolle bei der Brotbereitung spielt durch Zurückhalten des Kohlensäureanhydrids bei der Gärung, verbunden mit der beim Ausbacken erfolgenden Koagulation des Klebergerüstes.

Nach Schmorl¹⁹⁾ soll manch alter Müller den Kleber dadurch bestimmen, dass er das zu untersuchende Getreide im Munde fein zerkaute und mit Speichel auswäscht. Das hinterbliebene Gebilde wird dann in der Regel auf seine Zähigkeit und Dehnbarkeit (Qualität) geprüft. Schon 1745 hat aber Beccari das Kleberauswaschen entdeckt, das im Prinzip noch heute angewandt wird. Neumann und Mohs²⁰⁾ haben an praktischen, in der Bäckerei unternommenen Versuchen gezeigt, dass die Klebermenge überhaupt keinen Einfluss auf die Güte des Gebäckes hat und auch Jessen-Hansen²¹⁾ gelangte zu dem nämlichen Resultat.

¹⁸⁾ Journ. Phys. Chemistry, **27**, 942 (1923).

¹⁹⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., **2**, 98 (1925).

²⁰⁾ Ztschr. ges. Getreidew., **2**, 31 (1910).

²¹⁾ C. R. Lab. Carlsberg, **10**, 170 (1911).

Auch Maurizio²²⁾ ist ein Fall bekannt, in welchem ein nur 2,2% trockenen Kleber besitzender Weizen ein höheres Brotvolumen als ein Weizen mit 7,7—8,8% ergab. Trotzdem verlange aber die tägliche Erfahrung der Müller und Bäcker, dass der Klebergehalt eine gewisse Höhe erreichen soll. Das Auswaschen soll dem Praktiker einen ungefähren Anhalt zur Beurteilung der Mehlgüte geben und sei der irreführenden (?) Bestimmung der Steighöhe vorzuziehen. Nach Laesser²³⁾ soll man sehr verlässliche Anhaltspunkte erhalten, wenn man das Kleberauswaschen über Seidengaze (um keine Kleberverluste zu haben) vornimmt. Zum Auswaschen des Klebers verwendet er den bei der Bestimmung des Wasserbindungsvermögens erhaltenen Teig. Der ausgewaschene Kleber wird bei 103° auf Glasplatten getrocknet, wobei ein guter Kleber ein hohes Aufgehen zeigt, während schlechter Kleber auseinanderfliesst. Nach Dill und Alsberg²⁴⁾ können nun allerdings Kleberausbeute und -Qualität auch noch durch im verwendeten Waschwasser vorhandene Salze verändert werden. Die Kleberdispersion soll am besten durch eine ungefähr neutrale 0,1%ige Dinatriumphosphatlösung verhindert werden, weshalb Dill und Alsberg dieselbe als Standardwaschlösung vorschlagen.

Fleurent hat die Forderung aufgestellt, dass der Kleber eines guten Mehles aus 75% Gliadin und 25% Glutenin bestehen soll. Bei einem Ueberschuss an Gliadin soll man einen Teig erhalten, der zwar bei der Gärung gut aufgeht, aber beim nachfolgenden Backen zusammenfällt. Bei einem Gluteninüberschuss soll dagegen der Teig schon während der Gärung sich nur schlecht ausdehnen. Nach Braun²⁵⁾ soll das von Fleurent angegebene Verhältnis je nach dem Auswaschungsgrad und dem Feuchtigkeitsgehalt des Klebers verschieden sein; konstantere Resultate sollen erzielt werden durch die Bestimmung folgenden Verhältnisses:

$$\frac{\text{Gliadinstickstoff}}{\text{Kleberstickstoff.}}$$

Hoffmann²⁶⁾ bestimmt die Backfähigkeit eines Mehles aus dem Wasserbindungsvermögen des Klebers, indem er folgendes Verhältnis berechnet:

$$\frac{\text{Feuchter Kleber}}{\text{Trockener Kleber.}}$$

Nach Rousseaux und Sirot²⁷⁾ wird die Backfähigkeit auch durch den Gehalt an *löslichen Protiden* beeinflusst. Einem hohen Gehalt an

²²⁾ Nahrungsmittel aus Getreide, I, 407 u. 428 (1917).

²³⁾ Privatmitteilung.

²⁴⁾ Cereal Chem., 1, 222 (1924).

²⁵⁾ Ann. Falsif., 17, 269 (1924).

²⁶⁾ Chem. Age (1924).

²⁷⁾ Ann. Falsif., 6, 178 (1913).

denselben soll eine schlechte Backfähigkeit entsprechen. Diese Verfasser fanden als Mittelzahl für den löslichen Stickstoff feinster Weizengehle 17,59% des Gesamtstickstoffs. Budai²⁸⁾ hatte schon früher für ungarische Mehle einen normalen Anteil löslichen Stickstoffs von 13,5% des Gesamtstickstoffs gefunden; bei sehr alten Mehlen beobachtete er eine Verringerung dieses Anteils auf 10,55%. Später haben dann Neumann und Meyer²⁹⁾ beobachtet, dass die Mehrzahl der untersuchten Weizenproben einen Gehalt an wasserlöslichen Protiden von 11—15% der Gesamtprotide hatten. Ein Mittel früherer Untersuchungen war bei 16,8% gelegen. Wenn auch diese Methode nur orientierenden Wert haben mag, so entspricht nach Schmorl³⁰⁾ einem hohen Gehalt an wasserlöslichen Stickstoffsubstanzen doch eine geringe Verhältniszahl vom Reinprotein zu den wasserlöslichen Protiden, die schon nach dieser orientierenden Bewertung auf mangelhafte Backfähigkeit schliessen lassen soll. Aber auch ein zu geringer Gehalt an wasserlöslichen Stickstoffsubstanzen soll bei alten, verdorbenen Mehlen gefunden werden können; auch hier äussert sich diese Erscheinung in schlechter Backfähigkeit. Immerhin ist Schmorl der Ansicht, dass dem Anteil an wasserlöslichem Stickstoff oft in Bezug auf die Backfähigkeit eine vielleicht zu grosse Bedeutung beigemessen worden sei, da ja auch bei normalen Mehlen der Gehalt an wasserlöslichen Protiden in weiten Grenzen schwankt. Nach Neumann³¹⁾ soll denn auch dem löslichen Stickstoff keine grundsätzliche Bedeutung zukommen.

Ob der geringe *Lipidgehalt* der Mehle für die Backfähigkeit eine Rolle spielt, ist noch fraglich. Auf jeden Fall wissen wir von Mohs, dass ein Fettzusatz die Porenbildung begünstigt.

Wichtiger sind schon die *Mineralstoffe*, die ja ganz besonders in letzter Zeit sehr oft als Zusatzmittel zur Verbesserung der Mehle vorgeschlagen worden sind. Nach v. Bibra³²⁾ haben für die Backfähigkeit Bedeutung:

1. als basenbildend: die im Pflanzenkörper enthaltenen Metalle;
 - a) vorwiegend K, Na, Ca und Mg,
 - b) ferner kleine Mengen von Fe und Al;
2. als säurebildend:
 - a) vorwiegend P und Si,
 - b) in geringerem Grade Cl und S.

Trotzdem ein gewisser Mineralstoffgehalt die Quellfähigkeit des Klebers beeinflusst, soll nach Schmorl³³⁾ ein zu hoher Gehalt an die-

²⁸⁾ Ztschr. ges. Getreidew., 268 (1910).

²⁹⁾ Ztschr. ges. Getreidew., 11 (1921).

³⁰⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., 2, 101 (1925).

³¹⁾ Ullmann, VI, 196 (1919).

³²⁾ Die Getreidearten und das Brot.

³³⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., 2, 100 (1925).

sen Stoffen die Backfähigkeit herabsetzen. Der Mineralstoffgehalt soll auch eine Rolle in Bezug auf das Verhalten der Stärke im Backprozess spielen, insofern als die Salze die Wirkung der Hefe beeinflussen.

Nach Dietzel und Täufel³⁴⁾ ist auch der Mineralstoffgehalt des Mehles von Bedeutung, der infolge von hydrolytischen Vorgängen dem Teig eine bestimmte Wasserstoffionenkonzentration gibt.

Wir haben schon gesehen, dass die Ansprüche der Verbraucher auf feinste und weisse, d. h. kleie- und mineralstoffarme Mehle, sich nicht in Einklang bringen lassen sollen mit dem Verlangen nach guter Backfähigkeit. Um eine günstige Wasserstoffionenkonzentration zu erhalten, müssen nach den erwähnten Autoren die niedrig ausgemahlenen Mehle daher zur Erreichung eines guten Gebäckes durch Zusatz von Mineralstoffen aufgebessert werden. Die zugesetzten Salze werden aber wohl auch einen Einfluss auf die Hefezellen haben, wie dies beim Humphriesverfahren angegeben wird.

7. Enzymologische Analyse des Mehles und Backfähigkeit.

Die enzymologischen Methoden schliessen sich eng an die chemischen an, denn die Wirkung der Enzyme bedingt Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Substratums, die in den meisten Fällen auch wieder mit chemischen Methoden nachgewiesen werden.

Von den im Mehl vorkommenden Enzymen erwähnt D'Arbouet³⁵⁾ namentlich die Cytase, die Amylase und die Tryptase. Man hat feststellen können, dass durch Zufuhr enzymatischer Stoffe, also z. B. gemälzten Getreides oder diastatischer Malzextrakte, die Backfähigkeit bisweilen erheblich gesteigert werden kann. Dabei zeigt sich nach Neumann³⁶⁾, dass gerade Mehle mit festem, widerstandsfähigem Kleber auf die diastatische Wirkung sehr gut reagieren, weichklebrige Mehle dagegen für solche Zusätze sehr unempfindlich sind. Die gute Backfähigkeit scheint somit geknüpft zu sein an das Vorhandensein hochmolekularer, also sehr quellfähiger Kornbestandteile einerseits, an die gleichzeitige Gegenwart einer bestimmten Menge abbauender Enzyme andererseits. Sehr lange Gärungen wirken übrigens in ähnlicher Weise bei den starken Mehlen vorteilhaft, bei den schwachen Mehlen ungünstig. Ebenso kann eine Feuchtbehandlung des Kornes und Mehles oder der griesartigen Zwischenprodukte die Backfähigkeit beeinflussen. Eine grundsätzliche Bedeutung für die Beurteilung der Backfähigkeit hat aber die enzymologische Untersuchung noch nicht erreicht.

Woodmann³⁷⁾ hat zwar angenommen, dass die Grösse eines Laibes Brot durch die *amylatische Kraft* des Mehles bedingt wird, während

³⁴⁾ Ztschr. angew. Chem., **38**, 419 (1926).

³⁵⁾ Chim. & Ind., **14**, 21 (1925).

³⁶⁾ Ullmann, VI, 196 (1919).

³⁷⁾ Journ. of Agric. Science, **12**, 231 (1922).

die Gestalt und Formgebung auf die physikalischen Eigenschaften des Mehles zurückzuführen wären. Nach Schmorl³⁸⁾ weist die amylolytische Wirkung ein Optimum auf, das bei 20—30 Lintnergraden liegt. Steigt dieses Stärkeabbauvermögen des Mehles auf 40 und mehr, so sei das Mehl auch nur mangelhaft backfähig. Schmorl weist aber darauf hin, dass es verfehlt wäre, der Bestimmung der amylolytischen Kraft grösere Bedeutung beizumessen; sie hat nur orientierenden Teilwert.

Verändernd auf die physikalischen und chemischen Zustandsformen des Klebers wirken die *proteolytischen Enzyme*. Das Löslichwerden der Stickstoffsubstanzen mit der Dauer der Wassereinwirkung auf das Mehl ist eine Folge von enzymatischer Wirkung. Ebenso wie die amylolytische Kraft besitzt auch die proteolytische ein Optimum. Nach Schmorl wird dieses Optimum für günstigste Quellfähigkeit durch eine mittlere proteolytische Kraft dargestellt. Zu hohe proteolytische Kraft mit nachfolgendem zu hohem Gehalt an wasserlöslichen Protiden beeinflusst die Beschaffenheit des Klebers in ungünstiger Weise.

8. Physikalisch-chemische Analyse und Backfähigkeit.

Hier haben wir namentlich die Wasserstoffionenkonzentration und die kolloidchemischen Probleme zu erwähnen.

Während früher der **Säuregrad** auf titrimetrischem Wege bestimmt worden ist, bestimmt man jetzt die Wasserstoffionenkonzentration, was mit der kolorimetrischen Methode mindestens ebenso schnell geschieht wie früher durch Titration. Um einen für die Bestimmung von p_H geeigneten Extrakt zu erhalten, kann man nach Lüers und Schwarz³⁹⁾ 5 g Mehl mit 50 cm³ Wasser digerieren und dann filtrieren.

Schon Jessen-Hansen⁴⁰⁾ hat versucht, die Backfähigkeit aus der Wasserstoffionenkonzentration abzuleiten. Diese Methode hätte einerseits den Vorteil gehabt, dass die Teigbereitung weggefallen wäre, und andererseits wären alle Bestandteile des Mehles in dem Ausdruck p_H enthalten gewesen. Nach D'Arbouet⁴¹⁾ scheint aber die Wasserstoffionenkonzentration nicht dazu angetan zu sein, alle Faktoren der Backfähigkeit zusammenzufassen. Immerhin liegt nach Jessen-Hansen die optimale Wasserstoffionenkonzentration für die Teiggärung bei $p_H = 5$. Die meisten Mehle sollen nun zwar einem p_H von 6 entsprechen, doch findet beim Altern eine Verschiebung gegen $p_H = 5$ statt. Eine solche Verschiebung findet nach Bailey und Sherwood⁴²⁾ auch während der Teiggärung statt. Je gröber das Mehl ist, desto langsamer tritt die natürliche Säuerung beim Aufgehen des Brotes ein. Beim Backen nimmt

³⁸⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., **2**, 102 (1925).

³⁹⁾ Z. U. N. G., **49**, 80 (1925).

⁴⁰⁾ C. R. Trav. Lab. Carlsberg, **10**, 170 (1911).

⁴¹⁾ Chim. & Ind., **14**, 28 (1925).

⁴²⁾ Journ. Ind. and Engin. Chemistry, **15**, 624 (1923).

der Säuregrad wieder ab, wahrscheinlich infolge Entweichens der flüchtigen Säure. Interessanter Weise liegt auch das Optimum der Mehlenzyme (Amylase, Maltase, Invertase und Proteasen) ebenfalls in der Gegend von $p_H = 5$. Ebenso fanden Euler und Emberg⁴³⁾ für die Hefewirkung eine Optimalwasserstoffionenkonzentration von $p_H = 5$, während nach Cohn, Walbach, Henderson und Cathart⁴⁴⁾ dieser Säuregrad gleichzeitig den Vorteil haben soll, dass das Wachstum von fadenziehenden Bakterien verhindert werde. Die Wasserstoffionenkonzentration ist aber auch ausschlaggebend für den physikalisch-chemischen Zustand der Mehlbestandteile, namentlich der Proteine. Nach Sörensen⁴⁵⁾ fällt hier sowohl die Denaturierung der Proteine durch Erhitzen als auch die Ausfällung von denaturiertem Eiweiss in Betracht. Jedes einzelne Protein hat bekanntlich eine gewisse charakteristische Wasserstoffionenkonzentration (isoelektrischer Punkt), bei welchem dasselbe am besten und in wenig gelatinöser Form ausfällt. Je grösser die Abweichung von diesem Punkt ist, desto schwieriger wird es, das denaturierte Protein auszufällen und desto gelatinöser wird es. Henderson, Fenn und Cohn⁴⁶⁾ haben gezeigt, dass auch die Viskosität des Teiges ein Minimum bei einem p_H aufweist, der nur wenig unter 5 liegt. Nach Sharp soll das Minimum der Löslichkeit des Klebers bei $p_H 5,0—5,3$ liegen. Erwähnt muss nun allerdings noch werden, dass Bailey und Le Vesconte⁴⁷⁾ mit dem Extensimeter von Chopin, von dem wir noch sprechen werden, die grösste Teigausdehnung bei $p_H = 6$ beobachteten, während bei einer Veränderung der Wasserstoffionenkonzentration sowohl nach der alkalischen als auch nach der sauren Seite hin eine Abnahme der Ausdehnbarkeit des Teiges festzustellen war. Bei $p_H = 5$ betrug die Ablesung weniger als 80% der Ablesung bei $p_H = 6$.

Die **kolloid-chemischen Methoden** beruhen auf der Annahme, dass die Backfähigkeit durch die Beschaffenheit des komplexen Eiweiss-Stärke-Gels, das das Weizenbrot darstellt, bedingt ist. Man hat deshalb versucht, aus den mechanischen Eigenschaften des Klebers oder des Teiges Anhaltspunkte für die Backfähigkeit der Mehle zu erhalten.

Wenn wir ein Mehl mit Wasser versetzen, also z. B. einen Teig bereiten, so tritt im kolloidchemischen Sinne eine Quellung oder Solvataion ein. Zur Messung der Solvataion in Kolloiden werden nach Liesegang⁴⁸⁾ drei Methoden benutzt:

1. Hofmeister's Gewichtsmethode: Bestimmung des Gewichtes der aufgenommenen oder abgegebenen Menge von Quellungsmittel;

⁴³⁾ Ztschr. Biol., **69**, 349 (1919).

⁴⁴⁾ Journ. Gen. Physiology, **1**, 221 (1918).

⁴⁵⁾ American Food Journal, **19**, 556 (1924).

⁴⁶⁾ Journ. Gen. Physiology, **1**, 387 (1919).

⁴⁷⁾ Cereal Chemistry, **1**, 38 (1924).

⁴⁸⁾ Kolloidchemie, 1914—1922, S. 20.

2. M. H. Fischer's Volummethode: Bestimmung der Volum- oder Längenveränderung;

3. Wo. Ostwald's Viskositätsmethode: Messung der durch die Quellung veränderten inneren Reibung.

Lüers und Wo. Ostwald⁴⁹⁾ zeigten am Kleber die Uebereinstimmung der Gewichts- und Viskositätsmethode; Messungen an Gerstenmehlsuspensionen ergaben auch eine Uebereinstimmung der Viskositäts- mit der Volummethode. Lüers und Schneider⁵⁰⁾ haben dann daraus geschlossen, dass alle drei Methoden in gleich vollkommener Weise ihren Zweck erfüllen.

Nach Neumann⁵¹⁾ entspricht ein fester, widerstandsfähiger, elastischer, guten Zusammenhang zeigender *Kleber* einem zähen, nachquellenden Teige; ein Mehl mit weichem, unelastischem Kleber gibt nachlassende, feuchte Teige. Wie wir bereits gesehen haben, ist dagegen der Klebergehalt von nachgeordneter Bedeutung. Upson und Calvin⁵²⁾ haben angenommen, dass die Unterschiede in der Beschaffenheit des Klebers auf die Einwirkung von Salzen und Säuren auf die Kleberkolloide zurückzuführen seien. Kleber enthaltende Pflanzeneiweißkörper sollen sich bezüglich der Aufnahme und Abgabe von Quellungswasser sehr ähnlich den schon früher studierten animalischen Kolloiden, wie Gelatine und Fibrin, verhalten. Säurezusatz steigert nämlich bis zu einem gewissen Grade die Quellung, während andererseits Neutralsalze hierauf hindernd wirken. Bei höheren Konzentrationen sollen sie sogar zu einem Wasserverlust des Klebers führen, was besonders bei den in sauren Lösungen gequollenen Präparaten der Fall sei. Nichtelektrolyte wirken dabei weniger stark als Elektrolyte. Nach Maurizio⁵³⁾ ist aber die oft ausgesprochene Ansicht unbegründet, wonach die grössere oder geringere Backfähigkeit auf verschiedenem Verhalten der Kleberarten gegenüber dem Wasser beruhen sollte.

Obschon Säuren und Salze den Kleber deutlich beeinflussen, sind überdies Gortner und Doherty⁵⁴⁾ der Meinung, dass die Ansicht von Upson und Calvin nicht zutreffend ist, dass dies die Hauptfaktoren der Kleberqualität seien. Die kolloidalen Eigenschaften des Klebers aus gut und schlecht backfähigem Mehl seien auch beim isoelektrischen Punkt nicht identisch, was auch nicht der Fall sei, wenn die Mehle schon ursprünglich denselben Säure- und Salzgehalt besessen hätten. In der Kolloidchemie sei ja bekannt, dass die kolloidalen Eigenschaften eines Sols oder Gels nicht nur von der zur Zeit der Beobachtung vorhandenen

⁴⁹⁾ Koll. Ztschr., 27, 34 (1920).

⁵⁰⁾ Koll. Ztschr., 28, 1 (1921).

⁵¹⁾ Ullmann, VI, 196 (1919).

⁵²⁾ Journ. Am. Chem. Soc., 37, 1295 (1915).

⁵³⁾ Lebensm. aus Getreide, I, 453 (1917).

⁵⁴⁾ Journ. Agr. Research, 13, 389 (1918).

Bedingungen abhängen, sondern auch von der «Geschichte» des Kolloids. Danach würden die Klebereigenschaften bei der Bildung der Eiweisststoffe im Endosperm der Weizenkörner bestimmt. Durch diese Annahme wird das Bild dieses Problemes allerdings nicht vereinfacht. Kleber aus gut backfähigem Mehl hat ein grösseres Wasserbindungsvermögen als solcher aus schlecht backfähigem.

Das Wasserbindungsvermögen des Klebers kann durch einfache Wägung bestimmt werden. Die Messung der Solvatation des Klebers wird aber sehr oft auch nach der Volummethode vorgenommen. Der Aleurometer von Boland, die Farinometer von Kunis, sowie von Kedzie stellten Vorläufer der modernen Extensimeter dar, die aber eher zur Messung der Viskosität (Dehnbarkeit) als nur zur Bestimmung des Volumens dienen.

Von verschiedenen Autoren wurde die Unzuverlässigkeit des Boland'schen Aleurometers festgestellt. Balland⁵⁵⁾ verzichtete auf dessen Verwendung, da es Werte liefern soll, die sich nicht vergleichen lassen; es soll auch mit dem gleichen Kleber verschiedene Steigkraft anzeigen. Auch Maurizio⁵⁶⁾ hatte mit diesem Apparat zahlreiche Versuche ausgeführt und gelangte zu dem Ergebnis, dass es in Anbetracht der Uebereinstimmung der Urteile unerklärlich sei, warum dieser Aleurometer in Zusammenstellungen über Verfälschung der Nahrungsmittel etc. von ernsthafter Seite stets wieder empfohlen und abgebildet werde.

Für die Messung der Viskosität des Klebers hat Hankoczy einen Apparat vorgeschlagen, der sich nach D'Arbouet⁵⁷⁾ vom Extensimeter von Chopin, den wir bei der Viskosität des Mehles besprechen werden, nur dadurch unterscheidet, dass an Stelle der Teigschicht eine Kleberscheibe genommen wird. In neuerer Zeit wurden andere Apparate von Kress⁵⁸⁾ sowie Remington⁵⁹⁾ vorgeschlagen. Ersterer nimmt eine Streckung vor, während letzterer auf eine Kleberkugel von bestimmtem Gewicht einen bestimmten Druck ausübt.

Nach Schmorl⁶⁰⁾ ist die *Stärke* in bezug auf ihre Quellungs- und Verkleisterungsunterschiede noch nicht genügend erforscht.

Dagegen ist das kolloidchemische Verhalten der *Mehle* schon von verschiedenen Autoren eingehend studiert worden. Nach Jago⁶¹⁾ entspricht die Qualität eines Mehles seinem Wasserbindungsvermögen. Maurizio⁶²⁾ ist aber der Ansicht, dass sich aus der Aufnahmefähigkeit der

⁵⁵⁾ Journ. de Pharm. et Chim. [5], 7 (1883).

⁵⁶⁾ Schweiz. Landw. Zentralbl., 366 (1900).

⁵⁷⁾ Chimie & Industrie, 14, 24 (1925).

⁵⁸⁾ Cereal Chem., 1, 247 (1924).

⁵⁹⁾ Ind. Chemistry, 11, 35 (1926).

⁶⁰⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., 2, 102 (1925).

⁶¹⁾ La science et l'art de la panification.

⁶²⁾ Lebensm. aus Getreide, I, 453 (1917).

Mehle für Wasser kein Schluss auf deren bäckerischen Wert ziehen lasse. Sehr schlecht backfähige Mehle sollen sehr häufig grössere Wassermengen aufgenommen haben als gute. Das Wasser spielte bei allen diesen Erscheinungen nur eine geringe Rolle: die grössere Menge des in schlechten Sorten zurückbleibenden Wassers soll die mangelnde Wirkung der entfliehenden Kohlensäureanhydridmenge in keiner Weise auszugleichen vermögen. Gury⁶³⁾ wollte die gravimetrische Bestimmung des Wasserbindungsvermögen ersetzen durch die Bestimmung des Volumens, welches das Mehl unter Wasser nach dem Zentrifugieren einnimmt. Wahrscheinlich wäre dies die genaueste Methode, da keine Verluste durch Ankleben wie bei der Teigbereitung etc. entstehen. Gury gibt aber die näheren Beziehungen zwischen dem Wasserbindungsvermögen und dem Volumen in Wasser nicht an.

Sieht man von der für die Beurteilung von Weizenmehl ebenfalls wichtigen Farbe des Klebers und seinem Wassergehalt im feuchten Zustande ab, so ist nach Schröder⁶⁴⁾ ganz besonders die Konsistenz des Teiges für die Backfähigkeit von Bedeutung. Zwischen den beiden äussersten Grenzen einer weichen, schmierig fliessenden und einer festen, elastisch zähen Beschaffenheit kommen zahlreiche Uebergänge vor, die in der mehr oder weniger guten Backfähigkeit der betreffenden Mehle ihren Ausdruck finden. Henderson, Fenn und Cohn⁶⁵⁾, die bezüglich der Wirkung von Säuren und Alkalien eine rein chemische Deutung versucht hatten, glauben, dass bei der Brotbereitung die Säuren, Alkalien und Salze in der Hauptsache durch eine Beeinflussung der Viskosität des Teiges wirksam werden. Die Messung der Viskosität oder Zähigkeit des Teiges hatte Kasutány⁶⁶⁾ durch einfaches Ausziehen eines Teiges über eine Tischoberfläche von bestimmter Grösse, Abschneiden des überhängenden Teiges und Wägen des letzteren versucht. Später konstruierte Mohs⁶⁷⁾ einen Apparat, in welchen er ein Stück Teig einspannte und dieses bis zum Zerreissen auseinander zog. Wir verweisen auch auf den auf dem gleichen Prinzip fußenden Apparat von v. Fellenberg⁶⁸⁾. Bailey⁶⁹⁾ nimmt die Bestimmung der Viskosität am mit Hefe versetztem, gärendem Teig vor, indem er die Maximalausdehnung, die dieser Teig in einem Zylinder erreicht, feststellt. Beim Extensimeter von Chopin⁷⁰⁾ wird an Stelle des Gärungsgases Luft unter Druck verwendet. Bailey und Le Vesconte⁷¹⁾ haben mit diesem Apparat sehr befriedigende Resultate erhalten. Erwähnt

⁶³⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., 4, 115 (1913).

⁶⁴⁾ Arb. Reichsgesundheitsamt, 75, 599 (1926).

⁶⁵⁾ Journ. Gen. Physiology, 1, 387 (1919).

⁶⁶⁾ Ztschr. ges. Getreidew., 2, 41 (1910).

⁶⁷⁾ Ztschr. ges. Getreidew., 4, 9 (1912).

⁶⁸⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., 10, 244 (1919).

⁶⁹⁾ Journ. Ind. and Eng. Chemistry, 8, 53 (1916).

⁷⁰⁾ Bull. Soc. Encour. Ind. Nat., 133, 261 (1921).

⁷¹⁾ Cereal Chem., 1, 38 (1924).

sei noch, dass v. Fellenberg⁷²⁾ versucht hat, auf einen Teig ein gewisses Gewicht einwirken zu lassen, während umgekehrt Stainsailer⁷³⁾ ein Teigstück von bekanntem Gewicht über eine Kugel gehen liess; die beanspruchte Zeit und der Wassergehalt soll in einem bestimmten Verhältnis stehen.

Zur Feststellung der Backfähigkeit der Mehle soll sich nach Lüers und Wo. Ostwald⁷⁴⁾ die Viskosimetrie von *verdünnten Mehl-Wasser-Gemischen* als brauchbar erwiesen haben. Nach Mohs⁷⁵⁾ kann aber diese Technik nur dazu dienen, die Mehle zu klassifizieren, aber nicht um auch ihre Backfähigkeit zu bestimmen. Er meint, dass man mit verschiedenen Zusatzmitteln ein besseres Brot erhalten könne, ohne dass die Wirkung dieser Mittel sich auch in der Viskosität eines verdünnten Mehl-Wasser-Gemisches feststellen lasse. Dieser Einwand fällt dahin, wenn wir uns an die Definition der Backfähigkeit von D'Arbouet halten. Auch Gortner⁷⁶⁾ ist der Ansicht, dass die absolute Viskosität von Mehl-Wasser-Gemischen zu Fehlschlüssen führen kann, da sie einerseits von der Quantität und andererseits von der Qualität des im Weizenmehl vorhandenen Glutenins abhängig sei. Er schlug deshalb die Bestimmung einer Konstante vor, welche für die Qualität des Glutenins charakteristisch sein soll. Lüers und Schwarz⁷⁷⁾ haben aber in neueren Versuchen wieder gezeigt, dass die Viskosität dem Brotvolumen proportional ist. Sie bedienten sich diesmal neben dem Kapillarviskosimeter von Ostwald auch eines modifizierten Torsionviskosimeters nach Van Stolkcz.

Nach Schmorl⁷⁸⁾ haben sich die viskosimetrischen Backfähigkeitsmessungen aber bisher nur wenig eingebürgert.

9. Der Backversuch.

Nach Harcourt⁷⁹⁾ geben die verschiedenen vorgeschlagenen Verfahren für die Bestimmung der Backfähigkeit keine absolut richtigen Resultate und können dem Handel nicht als Grundlage für die Wertbemessung eines Mehles dienen. Nur der Backversuch ergebe schlüssige Resultate. Die chemischen Analysen sind meistens nicht ganz übereinstimmend und ausserdem auch zahlreich und zeitraubend, so dass man ebensogut den Backversuch vornehmen kann, wo es auf schnelle und zahlreiche Untersuchungen ankommt. Derselbe kann übrigens nicht nur zur Wertbestimmung des Mehles, sondern auch der übrigen Mehlbestandteile (Hefe, Salze, Verbesserungsmittel etc.) dienen.

⁷²⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., **10**, 244 (1919).

⁷³⁾ Ztschr. ges. Getreidew., **13**, 98 (1921).

⁷⁴⁾ Koll. Ztschr., **25**, 82, 116 (1919).

⁷⁵⁾ Chem. Ztg., **47**, 889 (1923).

⁷⁶⁾ Cereal Chemistry, **1**, 75 (1924).

⁷⁷⁾ Z. U. N. G., **49**, 75 (1925).

⁷⁸⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., **2**, 98 (1925).

⁷⁹⁾ Canadian Chem. Met., **8**, 82 (1924).

Nach Maurizio hat Kreusler⁸⁰⁾ als erster eine Backeinrichtung geschaffen, welche wirkliche «Gebäcke von vielleicht etwas hellerer Farbe, aber übrigens von allen Eigenschaften eines normalen Ofenproduktes» liefert. Sie besteht aus einem mit Rührwerk versehenen kupfernem Oelbad mit fünf mit Kupfer dicht ausgefütterten Hohlräumen. In dieselben passen gut geschlossene Teigformen. Entgegen der ursprünglichen Vorschrift von Kreusler (50% Wasser) ist selbstverständlich so viel Wasser zu nehmen, als das Mehl bei der Teigbildung aufnimmt. Der Versuchsbackofen von Baier⁸¹⁾ soll den Kreusler'schen insofern übertreffen, als mit demselben grössere Gebäcke erlangt werden. Den Backraum umgibt eine Doppelwand, gefüllt mit einer Flüssigkeit, die bei einer bestimmten Temperatur kocht. Seit 1915 soll die Firma Gebrüder Bühler in Uzwil (Schweiz) einen elektrischen Versuchsbackofen für grösseres Gebäck liefern, in welchem auf einmal 4—6 kg richtiger Bäckerware verbakken werden kann. Maurizio⁸²⁾ ist der Ansicht, dass die Zeiten vorüber sind, in denen man von Laboratoriumbackapparaten Auskunft über die Backfähigkeit erwarte. Die Backprobe sollte dem Bäcker überlassen werden. Maurizio gibt aber zu, dass eine Vergleichung der Grösse der in einigen Backvorrichtungen gebacknenen Brötchen immerhin wünschenswert sei. Diese Versuche werden mindestens ebenso Zuverlässiges liefern wie ein ungenügender, nicht bis in jede Einzelheit beaufsichtigter Backversuch beim Bäcker, da ja jeder «Praktiker» seine eigenen Ansichten über das Backen hat. Der an Stelle des Kreusler'schen Apparates von Maurizio verwendete doppelwandige Trockenkasten von Eisenblech war der besseren Wärmeverteilung und -Erhaltung wegen mit Asbestpapier belegt, ausgenommen die untere Fläche. Auf den Boden kamen zwei Reihen von Tonplatten zu stehen, die durch ein Stück Asbestpappe voneinander getrennt waren. Der Verschluss war ein guter, er war so dicht, dass nach beendigtem Backen beim Oeffnen der Türe Wasserdampf aus dem Innern entwich. Die erhaltenen Brotvolumina waren höher als die der Bäckerbrötchen. Obschon Fornet⁸³⁾ die Forderung aufgestellt hat, dass für Versuche in technischem Maßstabe, namentlich Ausbeuteversuche, 100 kg Mehl verwendet werden sollen, hat dieser Verfasser⁸⁴⁾ erst kürzlich einen Laboratoriumsbackapparat beschrieben, den wir auch bei unseren später zu beschreibenden Versuchen verwendet haben. Trotzdem nur 100 g Mehl gebraucht werden, erhält man mit diesem Apparat ein Gebäck, dessen Durchmesser einem normalen Brot entspricht. Auch die Zeiten und Temperaturen der Gärung und des Ausbackens entsprechen denjenigen der Praxis; die Gärung findet bei 35° C. und das Backen

⁸⁰⁾ Mühle Nr. 35 (1887).

⁸¹⁾ Deutscher Müller, **22**, Nr. 20, 53 (1902).

⁸²⁾ Nahrungsm. aus Getreide, I, 426 (1917).

⁸³⁾ Theorie der praktischen Brotbereitung (1920).

⁸⁴⁾ Chem. Ztg., **49**, 347 (1925).

innert 20 Minuten bei 250° statt. Diese Temperaturen sollten von dem als «Mehlometer» bezeichneten Apparat automatisch reguliert werden, was allerdings nicht ganz zutrifft.

Nach Schmorl⁸⁵⁾ ist bis heute der Backversuch allen anderen Untersuchungsmethoden entschieden vorzuziehen, schon deshalb, weil dabei eine Reihe von Faktoren Berücksichtigung finden, die ebenfalls das Backergebnis mit beeinflussen und die, falls z. B. nur der Kleber und seine Eigenschaften in Betracht gezogen werden, vollständig unbeachtet bleiben, wie z. B. Wassergehalt, Säuregrad, Zustandsformen und Quellfähigkeit der Stärke und nicht zuletzt die Wirkung der Enzyme während der Gärung und des Backvorganges. In grösseren Mühlenwerken können eigene Versuchsbäckereien, die unter Obhut eines gelernten Bäckers stehen, häufig angetroffen werden. Eine gewissenhafte automatische Versuchsbäckerei im kleinen stellen die handlichen Backapparate dar, zu denen z. B. der oben erwähnte «Mehlometer» von Fornet gehört.

a) Qualität und Quantität des zu verwendenden Wassers.

In einer früheren Arbeit hatten wir⁸⁶⁾ gezeigt, dass die Teiggärung keinen Unterschied zeigte bei der Verwendung von destilliertem Wasser und von Leitungswasser der Stadt Bern. Auch zwischen Gipswasser und dem Berner Leitungswasser konnten wir keinen Unterschied feststellen. Ebenso ergab die Verwendung der Arkadysalze keine Verbesserung des Teigvolumens, so dass wir wohl daraus schliessen dürfen, dass der *Salzgehalt* des Wassers kaum eine Rolle spielt. Dass sich diese Ansicht nicht mit derjenigen der Amerikaner deckt, ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass die hohe in der Schweiz übliche Kochsalzgabe die Hefentätigkeit schon so stark beeinträchtigt, dass die Wirkung der übrigen Salze gar nicht mehr zur Wirkung kommt. Immerhin ist auch eine Beeinflussung des kolloidalen Zustandes des Teiges durch diesen hohen Kochsalzgehalt nicht aus den Augen zu lassen. Morison⁸⁷⁾ hat gezeigt, dass auch die Gegenwart von freiem Chlor in einer Verdünnung von 5 bis 10/1 000 000 keinen Einfluss auf das erhaltene Brot hat. Um aber allen Eventualitäten aus dem Wege zu gehen, haben wir dennoch für unsere Versuche stets destilliertes Wasser genommen.

Von grossem Einfluss auf die Brotbeschaffenheit ist dagegen die *Menge* des zur Teigbereitung verwendeten Wassers. Bekanntlich hat jedes Mehl je nach Herkunft und ursprünglichem Wassergehalt eine ganz bestimmte Wasseraufnahmefähigkeit, welche nach Fornet⁸⁸⁾ nicht wesentlich unter- noch überschritten werden darf. Nach v. Fellenberg⁸⁹⁾ wird

⁸⁵⁾ Ztschr. ges. Mühlenw., **2**, 99 (1925).

⁸⁶⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., **16**, 19 (1925).

⁸⁷⁾ Cereal Chemistry, **1**, 267 (1924).

⁸⁸⁾ Theorie der praktischen Brotbereitung.

⁸⁹⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., **10**, 248.

namentlich das Brotvolumen ganz ausserordentlich von der verwendeten Wassermenge beeinflusst, was wir auch für die Maximalexpansion nach Bailey feststellen konnten, wie folgender Versuch zeigt:

| cm ³ dest. Wasser auf 50 g Mehl | Maximalexpansion in cm ³ |
|---|--|
| a) 35 (wie Fornet) | 178 |
| b) 27,5 (= Wasserbindung) | 168 |
| c) 20 | 102 |

Der Volumenunterschied zwischen a) und b) ist nun allerdings nicht viel grösser als derjenige an Wasser. Mit a) wurde ein sehr klebrig-riger Teig erhalten, der nicht leicht zu handhaben war. Die Wassermenge bei c) war ungenügend, weshalb Backversuche nur mit 70 und 55 cm³ Wasser auf 100 g Mehl ausgeführt wurden. Die Resultate derselben waren die folgenden:

| | Mit 55 cm ³ Wasser | Mit 70 cm ³ Wasser |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Gärdauer | 2 1/4 St. | 2 St. |
| Gewicht des Brotes | 132 g | 146 g |
| Volumen des Brotes | 290 cm ³ | 315 cm ³ |

Der Unterschied der Brotvolumen war also grösser als dem Unterschied an Wasserzusatz entsprochen hätte. Mit 70 cm³ war der Teig äusserst klebrig, was seine Handhabung erschwerte. Aus diesem Grunde wird Fornet auch verschreiben, dass der Teig ohne Berühren mit den Händen in die Teigform gebracht werden soll. Auch die Dauer des Knetens musste auf ca. 3 Minuten abgekürzt werden, da der Teig sonst nicht mehr leicht von den Wänden der Teigschüssel abzulösen ist. Dadurch war aber auch die Durcharbeitung des Teiges ungenügend und im fertigen Brot fanden sich noch einzelne trockene Mehlklümpchen. Die Poren des erhaltenen Brotes waren zwar gross, aber schwammig feucht, während die Kruste eine weiche und weniger schöne Beschaffenheit als bei der dem Wasserbindungsvermögen entsprechenden Menge von 55 cm³ Wasser auf 100 g Mehl hatte. In letzterem Falle war die Porenbildung schön regelmässig und die Kruste hatte eine knusperige Beschaffenheit. Mit dieser Wassermenge wurde auch ein gut gesättigter, leicht formbarer Teig erhalten, der sich leicht durchkneten und teilen liess.

Bei den praktischen Backversuchen von Laesser⁹⁰⁾ wurde immer Wasser bis zur gleichen Konsistenz des Teiges verwendet. Bei den in der Bäckerei der Berner Konsumgenossenschaft ausgeführten Versuchen wurden z. B. auf 50 kg Mehl zuerst 28 L Wasser zugegeben und nach der Teigbereitung noch literweise Wasser bis zur gewünschten Konsistenz hineingeknetet.

⁹⁰⁾ Landw. Jahrb. d. Schweiz, 39, 865 (1925).

Im Laboratorium kann das *Wasserbindungsvermögen* nach Arragon⁹¹⁾ auf zwei Arten bestimmt werden:

1. Indem man zu einer gegebenen Quantität Wasser (z. B. 10 cm³) soviel Mehl hinzugibt bis ein normaler Teig entsteht, der beim Kneten nicht mehr an den Fingern klebt;

2. Indem man zu einer gegebenen Quantität Mehl (z. B. 50—500 g) soviel Wasser beifügt, bis man auch wieder den vorbeschriebenen Teig erhält. Wir⁹²⁾ hatten schon früher die befriedigende Uebereinstimmung dieser beiden Methoden feststellen können und haben der ersten den Vorzug gegeben, da dieselbe einfacher ist und nur eine einzige Bestimmung benötigt. Bei der zweiten Methode muss immer wieder ein neuer Teig gemacht werden bis man die richtige Wassermenge getroffen hat.

Wir führen die Bestimmung so aus, dass wir in das in einer grösseren Porzellanschale befindliche, frisch gesiebte Mehl mit dem Boden einer kleinen Porzellanschale eine Grube eindrücken. In dieselbe lassen wir aus einer Pipette 10 cm³ destillierten Wassers von 48° C. einlaufen. Dann röhrt man mit einem Glasstab um und dreht die entstehende Mehlkugel in der Mehlgrube solange, bis sie äusserlich trocken ist. Hierauf nimmt man den Teig mit viel Mehl auf die Handfläche und knetet hier durch mehrmaliges Plattendrücken und Wiederzusammenballen so lange Mehl hinein, bis der Teig gerade nicht mehr klebt, sich aber noch feucht anfühlt, was ungefähr der in der Praxis üblichen Konsistenz entspricht. Bei einer Reihe von Versuchen hatten wir die Teigkugeln solange mit Mehl durchgeknetet, als überhaupt noch Mehl aufgenommen wurde, wodurch aber viel zu trockene Teige erhalten wurden, die den in der Praxis üblichen nicht mehr entsprachen. Selbstverständlich wurden von jedem Mehl mindestens zwei Parallelbestimmungen gemacht.

Wir haben auch versucht, die Bestimmung des Wasserbindungsvermögens gleichzeitig mit der Teigbereitung vorzunehmen. Ein Ueberschuss gesiebten Mehles (etwa 300—400 g) wurde in eine grosse Schale gebracht und mit dem Boden einer kleineren Schale eine Vertiefung gemacht, in welche man 105 cm³ destillierten Wassers von 48° C., in welchem zuvor 4,2 g Salz gelöst und 7,5 g Hefe aufgeschlemmt worden waren, hineingab. Man rührte mit einem Glasstab um und sobald der Teigklumpen sich vom übrigen Mehl ablösen liess (nach ca. 3 Minuten), wurde er in die Teigschale von Fornet gebracht und zuerst mittels des dazugehörigen Löffels und dann, wenn der Teig zähe wird, mit einem Pistill (der mitgelieferte Löffel erwies sich als zu schwach) 5 Minuten lang geknetet. Dann wurde die Teigkugel noch weitere 5 Minuten auf einem Brett mit den Händen durchgearbeitet. Während des Knetens setzte man solange Mehl zu, bis der Teig die oben beschriebene erforderliche Konsistenz hatte. Die Resultate waren folgende:

⁹¹⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., 1, 75 (1910).

⁹²⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., 16, 16 (1925).

| Versuch Nr. | Gewicht des Teiges nach dem Kneten in g | Gebundenes Mehl in g | 100 g Mehl binden Wasser in g |
|----------------|--|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | 306 | 189,3 | 55 |
| 2 | 300 | 183,3 | 52 |
| 3 | 310,5 | 193,8 | 54 |
| 4 | 312,5 | 195,8 | 54 |
| 5 | 321,5 | 204,8 | 51 |
| 6 | 324 | 207,3 | 51 |
| 7 | 318 | 201,3 | 52 |
| 8 | 325 | 208,3 | 50 |
| 9 | 321 | 203,8 | 51 |
| 10 | 316 | 199,3 | 53 |
| 11 | 327 | 210,3 | 50 |
| 12 | 342 | 225,3 | 47 |

Durchschnitt: 52

Die Bestimmung des Wasserbindungsvermögens nach der vorher beschriebenen Methode mit 10 cm³ Wasser von 48° C. hatte folgende Resultate geliefert:

| Versuch Nr. | Gewicht der Teig- kugel in g | 100 g Mehl binden Wasser in g |
|----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 27,2 | 58 |
| 2 | 28 | 56 |
| 3 | 27,5 | 57 |
| 4 | 29,7 | 51 |

Durchschnitt: 55

Der auf diesem Wege erhaltene Wert ist also nur wenig höher als der mit dem Backversuch gleichzeitig bestimmte, so dass es wohl möglich wäre, das Wasserbindungsvermögen mit dem Backversuch zu kombinieren. Dies würde aber für letzteren den Nachteil haben, dass die Konzentration an Hefe und Salz in Bezug auf das Mehl wechselt würde. Man wird wohl besser tun, das Wasserbindungsvermögen vor dem Backversuch und nicht mit diesem zusammen zu bestimmen, vorausgesetzt, das man nicht zum Voraus weiss, dass man mit sehr ähnlichen Mehlen zu tun hat.

Da die Teigbereitung nach Fornet mit Wasser von 48° C. vorgenommen wird, wollten wir auch den Einfluss der Temperatur auf das Wasserbindungsvermögen kennen lernen. 10 cm³ Wasser ergaben mit dem gleichen Mehl Teigkugeln von folgendem Gewicht in g:

| Versuch Nr. | Bei 20° | Bei 48° |
|-------------|---------|---------|
| 1 | 30 | 28,5 |
| 2 | 30 | 28 |
| 3 | 28 | 29 |
| 4 | 31 | 27,5 |

Durchschnitt: 29,75 28,25

Bei 48° wurde also etwas weniger Mehl, d. h. etwas mehr Wasser gebunden, als bei 20° . Wir nehmen deshalb die Bestimmung des Wasserbindungsvermögens immer mit Wasser von 48° C. vor.

Der Einfluss des Kochsalzgehaltes auf das Wasserbindungsvermögen ist nur gering und liegt wahrscheinlich innerhalb der Fehlergrenzen, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht:

| Versuch Nr. | Ohne NaCl | Mit 3 NaCl/100 Mehl |
|-------------|-----------|---------------------|
| 1 | 28,5 | 29 |
| 2 | 28 | 28 |
| 3 | 29 | 29 |
| 4 | 27,5 | 30 |

b) Qualität und Quantität der zu verwendenden Hefe.

Presshefe von guter Triebkraft findet man heute wohl allgemein im Handel, so dass sich die Nachprüfung der Triebkraft im allgemeinen erübrigen wird. Da sich unsere Versuche über einen längeren Zeitraum erstreckten, mussten wir die Hefe mehrere Male wechseln. Wir machten dabei folgende Kontrolle:

| | Maximale Expansion | Brotvolumen |
|-----------|--------------------|-------------|
| Alte Hefe | 1. Versuch | 228 |
| | 2. Versuch | 228 |
| Neue Hefe | 1. Versuch | 227 |
| | 2. Versuch | 229 |

Während also der Teig mit der *alten und neuen Hefe* das gleiche Maximalvolumen erreichte, war das Brotvolumen mit der alten Hefe sogar eher etwas grösser als mit der neuen.

In gleicher Weise wie die Beschaffenheit der Hefe ist auch, wie Versuche von Fornet⁹³⁾ zeigen, die verwendete *Menge der Hefe* von grossem Einfluss auf die Beschaffenheit, auf die Porenbildung und demgemäss auf das Volumen der Gebäcke. Die beste Lockerung wurde bei Verwendung von 4 g Hefe auf 100 g Mehl erhalten, bei 6% Hefe waren die Porenwände bereits zum Teil zerrissen und dadurch die Poren unregelmässig gross.

Die beim Backversuch zu verwendende Menge Hefe wird je nach dem verfolgten Zweck verschieden sein. Wenn wir die Qualität der Hefe bestimmen wollen, so werden wir die minimale Menge, welche eben noch ein optimales Brot ergibt, nehmen müssen, damit allfällige Qualitätsmängel besser zur Geltung kommen. Wenn es sich aber darum handelt, die Backfähigkeit eines Mehles zu bestimmen, so müssen alle anderen Faktoren in ausreichender Menge vorhanden sein, somit auch die Hefe. Wir nahmen deshalb 5%, um eine auf jeden Fall ausreichende Menge Hefe zu besitzen; diese Zahl ist übrigens auch in der Anleitung zum «Mehlometer» von Fornet angegeben.

⁹³⁾ Theorie der prakt. Brotbereitung.

c) Quantität des zu verwendenden Kochsalzes.

In der Schweiz ist ein verhältnismässig hoher Kochsalzzusatz bei der Teigbereitung üblich. Nach Laesser⁹⁴⁾ verwenden die Militärbäcker im Durchschnitt 2,5 kg Salz auf 100 kg Mehl. Auch in der Berner Konsumbäckerei wird für Sauerteiggebäck 2,5%, für Presshefegebäck aber sogar 3% verwendet⁹⁵⁾. Auch andere Bäcker verwenden so hohe Salzgaben, so dass wir also beim Backversuch 3 g Salz auf 100 g Mehl verwenden müssen, um den schweizerischen Verhältnissen zu entsprechen. Wir⁹⁶⁾ hatten schon früher gezeigt, dass dieser Kochsalzgehalt das Aufgehen eines Hefeteiges noch nicht stark beeinträchtigt, während die Hemmung bei 4% Natriumchlorid fast vollständig ist. In der Anleitung zum Fornet'schen Apparat ist nur 1% Kochsalz vorgeschrieben. Wir stellten folgenden Vergleich an:

| | Maximal-expansion in cm ³ | Gärdauer in Min. | Brotgewicht in g | Brotvolumen in cm ³ |
|----------|---|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 3 % NaCl | 1. Versuch | 176 | 90 | 134 |
| | 2. Versuch | 176 | 90 | 135 |
| 1 % NaCl | 1. Versuch | 180 | 60 | 134,5 |
| | 2. Versuch | 180 | 70 | 134,5 |

Mit 1 g Kochsalz auf 100 g Mehl war also die Maximalexpansion nur wenig grösser als mit 3 g Kochsalz. Der geringere Kochsalzgehalt bedingt dagegen eine deutliche Abkürzung der Gärdauer. Im Gewicht des fertigen Brotes machte sich die kleinere Menge Salz nicht mehr bemerkbar. Mit 1% Kochsalz wurde ein etwas höheres Durchschnittsvolumen als mit 3% festgestellt. Porenbildung und Kruste sind durch den Salzgehalt nicht beeinträchtigt. Dagegen wurde der Geschmack deutlich beeinflusst, indem er bei 3% etwas salzig, bei 1% aber sehr fade war.

d) Teigbereitung.

Nachdem wir nun die verschiedenen Faktoren kennen gelernt haben, gehen wir zur Teigbereitung über. Dieselbe bezweckt die Vorbereitung zur Gärung, welche die Backwaren durch Lockerung leichter verdaulich machen soll. Dextrose ist im Mehl immer vorhanden und bildet sich in etwas grösserer Menge sehr bald nach dem Einteigen (0,2—0,3%). Durch Kneten wird die Hefe gleichmässig verteilt und Luft hineingebracht.

Den Einfluss der *Knetdauer* zeigt folgender Versuch:

| | Maximal-expansion in cm ³ | Gärdauer in Min. | Brotgewicht in g | Brotvolumen in cm ³ |
|----------------|---|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 10 Min. Kneten | 1. Versuch | 218 | 135 | 168 |
| | 2. Versuch | 220 | 135 | 174 |

⁹⁴⁾ Privatmitteilung.

⁹⁵⁾ Mitteilung von Herrn Verwalter Schlumpf.

⁹⁶⁾ Mitt. Lebensm. Hyg., 16, 17 (1925).

| | | | | | |
|----------------|------------|-----|-----|-------|-----|
| 20 Min. Kneten | 1. Versuch | 215 | 160 | 182,5 | 415 |
| | 2. Versuch | 218 | 160 | 188 | 390 |

Die Gärung des Teiges wird also durch zu langes Kneten ungünstig beeinflusst, was übrigens jedem Praktiker bekannt ist. Bei der Maximalexpansion des Teiges war allerdings kaum ein Unterschied zu bemerken, dagegen wurde durch das längere Kneten die Gärdaue verlängert und auch das Volumen des fertigen Brotes herabgesetzt. Da das Gewicht des Brotes andererseits nach dem längeren Kneten höher war, stellte sich der Lockerungsgrad bei dem lange gekneteten Brote auch ungünstiger, was auch aus der Porenbildung hervorging.

Nach Abschluss unserer Versuche können wir für die uns vorgelegtenen Schweizermehle folgende Arbeitsweise für die Teigbereitung empfehlen: 7,5 g Hefe werden in der Teigschale, die dem Fornet'schen Apparat beigegeben ist, in der dem Wasserbindungsvermögen entsprechenden Menge Wasser von 48° C. aufgeschlemmt und dann 150 g des gesiebten und mit 4,5 g fein gepulvertem Salz versetzten Mehles dazugegeben. Mittels des mitgegebenen Löffels (oder besser eines Pistills, das solider ist) wird nun während 8 Minuten (oder auf jeden Fall immer gleich lang bei vergleichenden Versuchen) geknetet.

Der Teig stellt nun nach Wo. Ostwald⁹⁷⁾ ein Polydispersoid dar; er enthält molekulardisperse, kolloide und grobdisperse Anteile. Er kombiniert die Eigenschaften von flüssigen und festen Körpern, wie dies für stark hydratisierte Emulsoide charakteristisch ist; er kann nämlich einerseits langsam fliessen (er nimmt die Form der Gefäße an), andererseits bei schnellem Strecken aber auch zerreißen und lässt sich wie ein fester Körper schneiden.

Die Gesamtmenge des erhaltenen Teiges wird nun gewogen und nun *in zwei Portionen geteilt*, wovon die eine $\frac{1}{3}$ und die andere $\frac{2}{3}$ der Gesamtmenge darstellt. Man verwendet:

1. $\frac{1}{3}$ des Teiges für die Bestimmung der Maximalexpansion;
2. $\frac{2}{3}$ des Teiges für die Backprobe.

e) Teiggärung.

Die für die Backprobe bestimmten $\frac{2}{3}$ des Teiges werden zu einer Kugel geformt und in der eingefetteten Backform in die Gärkammer des Fornet'schen Apparates gestellt, wo die Gärung bei angezündeter Stichflamme bei 35° C. vor sich gehen soll.

Nach Maurizio⁹⁸⁾ beträgt die *Gärtemperatur* im Gewerbe 25—30°, seltener bis 35°. Aber noch bei 40° findet eine starke Kohlensäureentwicklung statt. Folgender Versuch hat uns auf jeden Fall gezeigt, dass eine Gärung bei Zimmertemperatur vollkommen ungenügend ist:

⁹⁷⁾ Koll. Ztschr., 25, 26 (1919).

⁹⁸⁾ Nahrungsm. aus Getreide, I, 425 (1917).

| | Maximal- expansion in cm ³ | Gärdauer in Std. | Brotgewicht in g | Brotvolumen in cm ³ |
|-------------------|---|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Zimmertemperatur | 1. Versuch | 204 | 20 | 370 |
| | 2. Versuch | 208 | 16 | 350 |
| 35° Gärtemperatur | 1. Versuch | 226 | 5 | 405 |
| | 2. Versuch | 230 | 5 | 405 |

Das Gewicht des erhaltenen Brotes ist zwar kaum verändert, dagegen werden durch die höhere Temperatur sowohl die maximal erreichbare Ausdehnung des Teiges als auch das Volumen des Brotes deutlich erhöht, während gleichzeitig die Gärdauer eine bedeutende Verkürzung findet.

Nach einer halben Stunde wird der Teig meistens nochmals durchgeknetet (oder *ausgestossen* wie der Fachausdruck lautet). Es soll dies den Zweck haben, die im Innern des Teiges befindlichen Hefezellen von ihren Stoffwechselprodukten Kohlensäure und Alkohol zu befreien und ihnen frischen Sauerstoff zuzuführen. In der Praxis werden die Teige sehr oft nach einer weiteren halben Stunde nochmals *ausgestossen*. Schröder⁹⁹⁾ hat den Teig bei Zusatz von 4 oder 5 g Hefe auf 100 g Mehl nur einmal *ausgestossen*, bei 2 g Hefe dagegen zweimal nach 20 oder 30 Minuten, bevor der Teig in der Kastenform auf Gare gestellt wurde. Auch bei Bailey¹⁰⁰⁾ war das *Ausstossen* obligatorisch. Nach der Gebrauchsanweisung zum Fornet'schen Apparat soll man dagegen das *Ausstossen* nur dann anwenden, wenn man genügend Zeit zur Verfügung hat.

Wir hatten einige Versuche so vorgenommen, dass wir den Gesamtteig in der Teigschale 30 Minuten lang im Mehrometer gären liessen, indem gleichzeitig die Stichflamme angezündet und die Temperatur bis 35° C. steigen gelassen wurde. Dann nahmen wir das *Ausstossen* des Teiges durch 50maliges Kneten mit einem Pistill vor. Nach weiteren 30 Minuten Gärung in der Teigschale wurde der Teig mit dem Löffel zu einer Kugel geformt, gewogen und erst jetzt die Aufteilung in die für die Backprobe und die Maximalexpansion benötigten Portionen vorgenommen. Die Resultate waren folgende:

| | Maximal- expansion in cm ³ | Gärdauer in Min. | Brotgewicht in g | Brotvolumen in cm ³ |
|-----------------|---|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Mit Ausstossen | 1. Versuch | 218 | 135 | 168 |
| | 2. Vorsuch | 220 | 135 | 174 |
| Ohne Ausstossen | 1. Versuch | 230 | 110 | 187 |
| | 2. Versuch | 228 | 115 | 180 |

Ohne *Ausstossen* wurde also eine etwas grössere Maximalexpansion erhalten. Dies ist begreiflich, da ja beim *Ausstossen* Kohlensäure

⁹⁹⁾ Arb. Reichsgesundheitsamt, 75, 601 (1926).

¹⁰⁰⁾ Journ. Ind. and. Engin. Chemistry, 8, 53 (1916).

verloren geht. Mit Ausstossen dauerte die Gärung etwas länger, das Gewicht des erhaltenen Brotes war etwas geringer, während dessen Volumen sich ziemlich gleich blieb.

Während der Gärung wird von der Hefe ein deutlicher Einfluss auf die Quellfähigkeit des Klebers ausgeübt. Nach Sharp und Gortner¹⁰¹⁾ findet ein Ansteigen der Viskosität bis zu einem gewissen Maximum statt.

Wie wir schon gesehen haben, wirken nach Neumann¹⁰²⁾ sehr lange Teiggärungen bei starken Teigen vorteilhaft, bei den schwachen ungünstig.

Die *Gärung* sollte nun in dem Moment *unterbrochen* werden können, wo die Poren gerade am prallsten sind und die Hefetätigkeit auch dem benötigten «Ofentrieb» noch genügt. Es ist die Kunst des Bäckers, diesen Zeitpunkt zu erkennen. Für den Laboratoriumsversuch, der ja meistens vom Nichtpraktiker ausgeführt wird, haben wir versucht, diesen Zeitpunkt durch die im folgenden zu besprechende Maximalexpansion zu bestimmen.

f) Bestimmung der Maximalexpansion.

Wir haben die Messung der maximalen Ausdehnung eines Teiges schon bei den kolloidchemischen Methoden zur Bestimmung der Backfähigkeit besprochen. Den nun schon oft gebrauchten Ausdruck «Maximalexpansion» haben wir Bailey¹⁰³⁾ entlehnt und nehmen auch die Bestimmung des erreichbaren Höchstvolumens nach dem von ihm aufgestellten Prinzip vor.

Wir verfahren so, dass wir 2,5 g Hefe in der Teigschale des Fornet'schen Apparates in der dem Wasserbindungsvermögen von 50 g des zu untersuchenden Mehles entsprechenden Menge Wasser von 48° C. aufschlemmen und dann 50 g des frisch gesiebten und mit 1,5 g fein gepulvertem Kochsalz versetzten Mehles dazugeben. Mittels des mitgegebenen Löffels oder eines Pistills wird nun während 3 Minuten (bei Vergleichen immer gleich lang) geknetet.

Zum Messen der Maximalexpansion dient uns ein Messzylinder von 250 cm³. Der Teig wird zu einer Wurst geformt, in diesen Zylinder gebracht und dann durch eine weitausholende Schwungbewegung gleichmäßig am Boden des Zylinders verteilt. Das anfänglich von uns geübte Einstampfen mit einem Glasstab war viel zeitraubender. Auf die Oberfläche des Teiges wird nun ein Papierscheibchen gelegt, um das Ankleben an den darüber schwebenden Gewichtsstein zu verhindern. Dieser Gewichtsstein, in unserem Falle ein ziemlich flaches 100 g Gewicht, ist an einer Schnur aufgehängt, die über eine an einem Stativ befestigte Rolle (in unserem Falle eine leere Schreibmaschinenbandrolle) läuft und auf der anderen Seite wieder ein 100 g-Gewicht als Gegengewicht trägt. Die

¹⁰¹⁾ Cereal Chem., 1, 29 (1924).

¹⁰²⁾ Ullmann, VI, 196 (1919).

¹⁰³⁾ Journ. Ind. and Engin. Chemistry, 8, 53 (1916).

Rolle selber soll beweglich sein, z. B. auf einem Nagel, der in die Stativklemme eingeklemmt ist. Diese Apparatur ist schnell zusammengestellt und selbstverständlich viel billiger als der von Bailey beschriebene, kompliziertere Apparat. Man wird gut tun, bei Vergleichsversuchen darauf zu achten, dass die verwendeten Messzylinder immer den gleichen Durchmesser haben. Es gibt nun allerdings Mehle, die schon durch Ankleben an die Zylinderwand die erreichte Steighöhe anzeigen, aber bei den meisten Teigen löste sich der Teig nach der Gärung wieder etwas von den Wandungen los, so dass der Gewichtsstein frei hängen blieb. Aber auch während des Aufgehens des Teiges hat obige Vorrichtung den Vorteil, dass die Teigoberfläche schön flach bleibt und dadurch die Ablesung erleichtert wird.

In unseren zehn ersten Versuchen mit demselben Mehl hatten wir erhalten:

| Versuch Nr. | Brotvolumen in cm ³ | Maximalexpansion in cm ³ | |
|----------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| 1 | 450 | 220 | Mit Ausstossen |
| 2 | 470 | 218 | |
| 3 | 380 | 223 | |
| 4 | 430 | 220 | |
| 5 | 415 | 215 | Kneten von doppelter Dauer |
| 6 | 390 | 218 | |
| 7 | 410 | 230 | |
| 8 | 420 | 230 | |
| 9 | 420 | 228 | Ohne Ausstossen |
| 10 | 435 | 228 | |

Die Maximalexpansion ergab also konstantere Werte als das Brotvolumen.

Den Einfluss der verschiedenen Faktoren, namentlich der Wassermenge, haben wir schon besprochen.

Bailey bedient sich nun auch des Ausdehnungsversuches zur Bestimmung des Augenblicks, in welchem der übrige Teig in den Backofen kommen muss. Er bezeichnet diesen Moment als gekommen, wenn $\frac{1}{3}$ des aus 150 g Mehl erhaltenen Teiges im Expansimeter das Volumen von 237 cm³ erreicht hat; dann sollen die übrigen, unter den gleichen Bedingungen vergorenen $\frac{2}{3}$ des Teiges ausgebacken werden. Bei den uns zur Verfügung gestandenen Mehlen meist schweizerischer Herkunft wurde aber ein Volumen von 237 cm³ auf 50 g Mehl meistens überhaupt nicht erreicht. Wir sahen uns deshalb gezwungen, den Endpunkt der Gärung anders zu definieren.

Nach der Gebrauchsanweisung zum Fornet'schen Apparat soll man das Ausbacken des Teiges vornehmen, wenn derselbe möglichst hoch und schön gewölbt, anfängt einige wenige breitere, etwas bläulich gefärbte

Risse zu erhalten. Diese Angaben sind aber auch sehr ungewiss, namentlich wenn man nicht fortwährend mit Backversuchen beschäftigt ist.

Mit einer grösseren Anzahl von der Eidgenössischen Getreideverwaltung durch die freundliche Vermittlung ihres Adjunkten, Herrn Laesser, mir zur Verfügung gestellten Mehlen, nahm ich solange Backversuche vor, bis ich ein Brot mit möglichst grossem Volumen erhielt, dessen Oberfläche möglichst straff gespannt und hochgewölbt und dessen Porenbildung möglichst regelmässig war.

Dieses Resultat wurde erhalten, wenn das Ausbacken bei folgenden Ausdehnungen vorgenommen wurde:

| Mehl Nr. | Maximalausdehnung des Mehles in cm^3 | Ausgebacken bei einer Expansion von cm^3 | Differenz zwischen Maximalexpansion und dem Volumen, bei welchem ausgebacken wurde |
|-------------|--|---|--|
| 1 | 190 | 180,5 | — 5 % |
| 2 | 193 | 183 | — 5 % |
| 3 | 193 | 181 | — 6 % |
| 4 | 193 | 183 | — 5 % |
| 5 | 183 | 174 | — 5 % |
| 6 | 234 | 216 | — 7 % |
| 7 | 185 | 176 | — 5 % |
| 8 | 186 | 177 | — 5 % |
| 9 | 172 | 163 | — 5 % |
| 10 | 195 | 185 | — 5 % |
| 11 | 231 | 219 | — 5 % |
| 12 | 173 | 164 | — 5 % |
| 13 | 186 | 177 | — 5 % |
| 14 | 195 | 185 | — 5 % |
| 15 | 206 | 196 | — 5 % |

In der Mehrzahl der Fälle können also die zwei für die Backprobe bestimmten Dritteln des Teiges ausgebacken werden, wenn der im Expan-simenter befindliche Drittel ein Volumen erreicht hat, das der Maximal-expansion —5% entspricht. Diese Differenz von 5% genügt also mit anderen Worten in den meisten Fällen, um noch einen genügenden Ofen-trieb zu haben. Sollte diese Differenz aber nicht genügen, so würde dies leicht an der beim Backen einfallenden Brotoberfläche und in der zusam-men gefallene Hohlräume aufweisenden Schnittfläche des Brotes festge-stellt werden können. Dann muss eben der Backversuch bei einer ge-ringeren Teigausdehnung solange wiederholt werden, bis man ein Brot von der beschriebenen Beschaffenheit erhält, was z. B. bei unseren Mehlen Nr. 3 und 6 der Fall war.

g) Ausbacken des Teiges.

Wenn nun der gärende Teig das gewünschte Volumen erreicht, so werden die für die Backprobe bestimmten zwei Dritteln im Fornet'schen

Apparat in 20 Minuten ausgebacken, indem man bei voller Flamme auf 250° C. steigen lässt und dann den Gashahn so reguliert, dass diese Temperatur eingehalten wird.

Das Backen des Brotes beruht nach Wo. Ostwald¹⁰⁴⁾ auf der Bildung von Stärke- und Eiweissgallerien bestimmter Struktur. Beim Backen wird das im Teig grobdispers gebliebene Stärke-Gel verkleistert, d. h. stärker hydratisiert (Quellung), womit gleichzeitig eine Erhöhung des Dispersitätsgrades sattfindet. Dagegen werden die im Teig gelösten Albumine koaguliert, d. h. Dispersitätsgrad und Hydratation gehen zurück. Die Albuminveränderung ist irreversibel, im Gegensatz zur Stärkeveränderung. Die bei der Gärung gebildeten und beim Backen (Ofentreib) weiterhin entstehenden Gase suchen aus dem Teige zu entweichen, werden aber durch das gerinnende Klebergerüst daran verhindert; sie blähen den Teig auf, indem sie ihn in feinster bis gröberer Verteilung durchsetzen. Dadurch entstehen die Poren der Krume, Gebilde, die wir etwa mit einem Gelschaume, also der Verteilung eines Gases in einem Gel, vergleichen können. Sehr anschaulich soll dieses Gerüst demonstriert werden, wenn wir nach Maurizio eine Brotschnitte mit Amylase behandeln. Auch wenn die Jodreaktion vollständig verschwunden ist, behält die Brotschnitte ihre ursprüngliche äussere Form unverändert bei.

Bei dem von Bailey¹⁰⁵⁾ verwendeten elektrischen Backofen musste das Innere desselben während des Backprozesses durch *Einführung von Wasserdampf* mit demselben möglichst gesättigt gehalten werden, um ein Brot von möglichst grossem Volumen zu erhalten. Wir haben diese Sättigung des Backofens mit Wasserdampf auch am Fornet'schen Apparat ausprobiert, indem wir den Dampf in einem daneben stehenden Kolben erzeugten und durch eines der im Deckel befindlichen Löcher mittels eines Glasrohres einführten. Wir enthielten folgendes Durchschnittsresultat:

| | Brotgewicht in g | Brotvolumen in cm ³ |
|------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Ohne Wasserdampf . . . | 178,5 | 435 |
| Mit Wasserdampf . . . | 191,5 | 430 |

Die Sättigung des Backraumes mit Wasserdampf ergab also ein höheres Gewicht, aber kleineres Volumen des Brotes und dementsprechend schlechtere Porenbildung. Auch ist die Kruste weniger schön braun gefärbt als ohne Wasserdampf. Wir verzichteten deshalb bei unseren weiteren Backversuchen auf die Einführung von Wasserdämpfen.

Die *Beurteilung des erhaltenen Brotes* nahmen wir in der Weise vor, dass wir 2 Stunden (wie Maurizio) nach dem Ausbacken das Gewicht und Volumen des Gebäckes bestimmten, aus welchen beiden Werten

¹⁰⁴⁾ Koll. Ztschr., 25, 26 (1919).

¹⁰⁵⁾ Journ. Ind. and Engin. Chemistry, 8, 53 (1916).

sich auch der Lockerungsgrad berechnen lässt. Das Volumen wird mittels des dem Fornet'schen Gär- und Backapparat beigegebenen Volumenbestimmers unter Verwendung von Rübsen festgestellt. Die Beurteilung der Porenbildung wurde erst nach 24 Stunden vorgenommen, weil sich nach Schröder¹⁰⁶⁾ bei frischen Gebäcken eine glatte Schnittfläche schwer herstellen lässt.

10. Zusammenfassung.

Aus der gegebenen Literaturzusammenstellung hat sich ergeben, dass nach der heutigen vorherrschenden Ansicht der Backversuch uns in den meisten Fällen immer noch am schnellsten und sichersten über die Backfähigkeit eines Mehles orientiert.

Basierend auf einer Kombination der von Bailey (1916), Maurizio (1917) und Fornet (1925) gegebenen Prinzipien haben wir durch Hinzufügen eigener Versuche folgende Methode ausgearbeitet:

1. *Bestimmung des Wasserbindungsvermögens.* In das in einer grösseren Porzellanschale befindliche, frisch gesiebte Mehl wird mit dem Boden einer kleinen Porzellanschale eine runde Vertiefung eingedrückt. In dieselbe lässt man aus einer Pipette 10 cm^3 destillierten Wassers von 48° C . einlaufen. Dann röhrt man mit einem Glasstab um und dreht die entstehende Mehlkugel in der Mehlgrube solange, bis sie äusserlich trocken ist. Hierauf nimmt man den Teig mit viel Mehl auf die Handfläche und knetet hier durch mehrmaliges Plattendrücken und Wiederzusammenballen solange Mehl hinein, bis der Teig gerade nicht mehr klebt, sich aber noch feucht anfühlt. Dann wird gewogen und aus dem Gewicht das von 100 g Mehl gebundene Wasser berechnet.

2. *Bestimmung der Maximalexpansion.* 2,5 g Hefe werden in der Teigschale des Fornet'schen «Mehlometers» in der dem Wasserbindungsvermögen von 50 g des zu untersuchenden Mehles entsprechenden Menge Wasser von 48° C . aufgeschlemmt und dann 50 g des frisch gesiebten und mit 1,5 g fein gepulvertem Kochsalz versetzten Mehles dazugegeben. Mittels des mitgegebenen Löffels oder eines Pistills wird nun während 3 Minuten (bei Vergleichen auf jeden Fall immer gleich lang) geknetet. Nun formt man den Teig zu einer Wurst und bringt ihn in einen Messzylinder von 250 cm^3 , in welchem man ihn durch eine weitausholende Schwungsbewegung gleichmässig im unteren Teil verteilt, so dass er den ganzen Durchmesser des Zylinders ausfüllt. Auf die Oberfläche des Teiges wird ein Scheibchen von geleimtem Papier fallen gelassen, um das Ankleben des darüber schwebenden Gewichtssteines zu verhindern. Dieser Gewichtsstein ist an einer Schnur aufgehängt, die über eine leicht bewegliche Rolle läuft und an deren anderem Ende ein gleich schwerer Gewichtsstein als Gegengewicht aufgehängt ist. Der in den Messzylinder hineinhängende Gewichtsstein wird nun von dem bei 35° C .

¹⁰⁶⁾ Arb. Reichsgesundheitsamt, 75, 610 (1926).

sich ausdehnenden Teig in die Höhe geschoben und bleibt dort stehen, wo der Teig vor dem Zusammenfallen seine grösste Ausdehnung erreicht hat. Das dieser Steighöhe entsprechende Volumen kann dann direkt an der Einteilung des Messzylinders abgelesen werden.

3. *Backversuch.* 7,5 g Hefe werden in der Teigschale, die dem Fornet'schen Apparat beigegeben ist, in der dem Wasserbindungsvermögen des zu untersuchenden Mehles entsprechenden Menge Wasser von 48° C. aufgeschlemmt und dann 150 g des gesiebten und mit 4,5 g fein gepulvertem Salz versetzten Mehles dazugegeben. Mittels eines Pistills wird nun während 8 Minuten (oder auf jeden Fall immer gleich lang bei Vergleichsversuchen) geknetet. Der erhaltene Teig wird nun gewogen und dann in zwei Portionen geteilt, wovon die eine $\frac{1}{3}$ und die andere $\frac{2}{3}$ der Gesamtmenge darstellt.

Den einen Drittel gibt man wieder wie oben beschrieben in den Messzylinder, der zur Bestimmung der *Maximalexpansion* dient, wo man wieder bei 35° gären lässt.

Gleichzeitig werden die übrigen beiden Drittel, die für die *eigentliche Backprobe* bestimmt sind, zu einer Kugel geformt und in der eingefetteten Backform in die Gärkammer des Fornet'schen Apparates gestellt, wo die Gärung bei angezündeter Stichflamme ebenfalls bei 35° C. vor sich gehen soll. In der Mehrzahl der Fälle soll dieser Teig ausgebacken werden, sobald der im «Expansimeter» befindliche Drittel ein Volumen erreicht hat, das der vorher bestimmten Maximalexpansion — 5% entspricht. Sollte diese Differenz ausnahmsweise einmal nicht genügen, so würde dies an der beim Backen einfallenden Brotoberfläche oder in der zusammenfallene Hohlräume aufweisenden Schnittfläche des Brotes festgestellt werden können. Dann muss der Backversuch bei geringerer Teigausdehnung solange wiederholt werden, bis man ein Brot von der gewünschten prallen Beschaffenheit erhält.

Wenn also der gärende Teig das verlangte Volumen erreicht hat, so werden die zwei in Fornet'schen Apparat befindlichen Drittel in 20 Minuten ausgebacken, indem man bei voller Flamme auf 250° C. steigen lässt und dann den Gashahn so reguliert, dass diese Temperatur eingehalten wird.

Die *Beurteilung des erhaltenen Brotes* wird so vorgenommen, dass man 2 Stunden nach dem Ausbacken das Gewicht und Volumen des Gebäckes bestimmt, aus welchen beiden Werten sich auch der Lockerungsgrad berechnen lässt. Die Bestimmung des Volumens geschieht mit dem Volumenbestimmer, der dem Fornet'schen Apparat beigegeben ist und in welchem man das vom Brot verdrängte Rübsenvolumen misst. Die Beurteilung der Porenbildung wurde erst nach 24 Stunden vorgenommen, da man dann besser eine glatte Schnittfläche erhält.