DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Dreizehnter Jahrgang 24. Juli 1925 Heft 30

Unser Brotgetreide in physiologischer und volkswirtschaftlicher Hinsicht[1]).

Von Max Rubner, Berlin.

I. Geschichte des Brotes. Seine Verbreitung.

Unsere Vorfahren waren zur Zeit der römischen Invasion mit dem Anbau von Gerste und Hafer bekannt, den Weizenbau brachte die Berührung mit den Galliern ins Land, der Roggenbau hat sich durch die aus dem Osten vordringenden slawischen Völkerschaften eingebürgert.

Das Brotbacken hat man erst spät entdeckt, es wird behauptet, man verdanke es den Phöniziern, jedenfalls kam die Backkunst von den Ägyptern zu den Griechen und von da erst angeblich um das Jahr 168 v. Chr. nach Rom.

Noch heutzutage dürfte mehr als die Hälfte der Menschheit noch nicht zu den Brotessern gehören, sondern zu den sog. Breiessern, welche Getreidesorten anbauen, wie Reis, Mais, die ihrer chemischen Zusammensetzung nach eine Herstellung von Brot nicht erlauben.

Das Brotgetreide ist durch Jahrtausende der *Weizen* und *Roggen* geblieben. Nur ganz ausnahmsweise und gelegentlich in Zeiten der Not hat man Gerste, Hafer oder als Zusätze Mais, Reis, ja auch Bohnen genommen. Wo immer das bessere Brotgetreide zu erlangen war, hat es Surrogate verdrängt.

In den einzelnen Ländern haben sich im Verbrauch von Weizen und Roggen große Unterschiede herausgebildet. In den romanischen Ländern, in Süddeutschland, in England hat der Weizen vielfach sich als einzige Brotfrucht eingebürgert, während der Roggen im nördlichen Deutschland, in den skandinavischen Ländern und auch in Rußland das Übergewicht behalten hat.

Und so ganz ohne Grund ist das auch nicht geschehen, denn Weizen und Roggen haben doch grundsätzlich verschiedene Eigenschaften. Auch eine wenig entwickelte Kunst des Müllers schafft aus dem Weizen die Quelle der feinen Gebäcke, die der Roggen nie zu geben vermag. Die vornehme Küche der Städter hat allzeit mehr Bedürfnis nach dem Weizen gezeigt.

Im Laufe des Jahrhunderts hat sich in diesen Verhältnissen wenig geändert.

Eine wesentliche Umgestaltung erfuhr der Verbrauch des Roggens und Weizens im 18. Jahrhundert durch die Einführung der *Kartoffel*, deren Gebrauch übrigens noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts in vielen Gegenden Deutschlands völlig unbekannt oder noch kaum in breitere Volksschichten gedrungen war. Seit dieser Zeit ist aber Deutschland allmählich ein Land geworden, in welchem ein großer Teil des Getreideverbrauches durch Kartoffeln ersetzt wurde, was zwar zur Sicherung der allgemeinen Volksernährung beitrug, die Qualität der Kost durch Umformung früherer mannigfaltiger Ernährungsformen keineswegs gefördert hat. Manche Art der alten Küchenkunst ist dem neuen Eindringling zum Opfer gefallen und etwas von alter Kultur zu Grabe getragen worden. Im Ausland haben wir mit der Maiskultur, schließlich in manchen Gegenden mit der Reiskultur etwas Ähnliches erlebt wie z. B. in Italien, wo bessere Formen der Ernährung durch ein billiges Massengewächs verdrängt worden sind.

II. Die Vermahlungsweisen.

Die *Vermahlungsweisen* von Weizen und Roggen waren anfänglich sehr primitiver Natur, zunächst derart, daß die Getreidefrucht, wie sie war, zerkleinert wurde; dann tauchte, wann läßt sich schwer sagen, die Technik auf, den Weizen von der Spreu zu sondern, wozu man Siebe aus Wolltuch, später aus Seidengaze benutzte. Schon frühzeitig begegnen uns Verordnungen, betreffend des Müllereigewerbes, um das Beimahlen ungehöriger Dinge zu verhüten und unter Strafe zu stellen. Die Müller hatten zeitweise keinen guten Leumund. Die alten Mühlen zerquetschten das Korn zwischen den zwei Mühlsteinen, deren einer festlag, während der andere sich drehte, damit war die ganze Arbeit geschehen. Das abgebeutelte Mehl war das weiße; blieb aber mehr oder minder Kleie darin, so gab es graues, weniger verwendbares Mehl. Später und schon im 18. Jahrhundert verbesserte man die Mühlentechnik, das eine der neuen Verfahren war die Hochmüllerei, deren erste Anfänge bis auf das Jahr 1709 zurückgeführt werden. Im Laufe der Zeit ergaben sich viele Verbesserungen, auch von Amerika wurde die maschinelle Technik wesentlich beeinflußt und kam auch einer anderen Form, der heutigen, noch gebräuchlichen *Flachmüllerei*, zugute. Die Mühlsteine wurden durch die Stahlwalze verdrängt. Anfänglich war das Hauptbestreben nur darauf gerichtet, die Kleie, d. h. die Hüllen des Getreides, besser abzusondern. Später kamen noch andere Aufgaben hinzu, *das Reinigen des Getreides*. Bis ins 6. Jahrhundert zurück können wir eine Volkskrankheit verfolgen, die unter Kribbeln, Krämpfen, Delirien, Abmagerung, Verlust ganzer Glieder und allgemeiner Sepsis auftrat. Erst im 19. Jahrhundert hat man erkannt, daß diese Allgemeinerkrankung von dem Mutterkorn, einem Pilz, herrührt, der sich zeitweilig in großer Menge auf dem Roggen entwickelt; die letzten großen Mutterkornerkran-

[1]) Genehmigter Abdruck aus den Sitzungsberichten der Preußischen Akademie der Wissenschaften 1925, VI—XI, S. 127—139.

kungen waren 1867 in Chemnitz und 1879 in Frankenberg.

Die gute Mühlentechnik entfernt zunächst allen Schmutz und Unrat, Mäusekot, Steine, Nägel, Sand und außerdem alle Unkrautsamen und das Mutterkorn.

Freilich gibt es auch heute noch viele kleine Landmüller, die von guter Reinigung des Kornes keinen Begriff haben und das Korn, wie es von der Tenne kommt, mahlen.

Das Getreidekorn zeigt am mikroskopischen Querschnitt das Endosperm des Mehlkernes, in dessen Zellen die Eiweißstoffe (Gliadin, Glutenin) des Klebers sich angesammelt haben, in letztere eingebettet ist die Stärke, darüber ein fester Überzug, bestehend aus den Kleberzellen aus eiweißartigem Inhalt, ein Name, der leider immer zu Verwechslungen mit der Kleber des Endosperms führt, dann folgt die Samenhaut und eine Reihe von Hüllen, die aber keine Nährstoffe mehr führen. Im Korn vertieft liegt der Keimling.

Mit rein mechanischen Mitteln hat FLEURENT 1899 das Getreide (Weizen) zerlegt und 83,53% Mehl, 1,39% Keimlinge und 15,8% Hülsen bestimmt.

Die Hochmüllerei liefert eine ganze Reihe von Mehlsorten mit teilweise verschwindenden Mengen von Hülsen; diese Mehlsorten werden nur bei Weizen hergestellt und zu Weißbrot und Gebäcken verwandt. Die Art der Ausmahlung hängt vielfach von der kaufmännischen Konjunktur ab. Auf dem Lande hält sich noch weit verbreitet das Roggenbrot, besonders im Norden aus ganzem Korn gemahlen oder wenigstens unter Ausscheidung der Hauptmasse der Hülsen.

Der Konsument des Weizenbrotes ist hauptsächlich bei uns der Städter, *der Bedarf an Weizen steigt daher auch mit der Städtebildung.* Man bemerkt aber in Landgemeinden auch, daß dort, wo die Bauern nicht mehr selbst backen, vielmehr sich ein Bäcker niedergelassen hat, der Verbrauch von Weizenbrot, speziell von Kleingebäck, zunimmt. Es ist also wahrscheinlich eine Zunahme des Weizenkonsums überhaupt zu erwarten. Vor dem Krieg war das Verhältnis des von Menschen verzehrten Weizens zu Roggen wie 1 : 1,66, sehr viel wird sich das Verhältnis auch jetzt nicht verschoben haben, denn Eßgewohnheiten werden lange festgehalten, bei den Ausgewanderten, länger als die Muttersprache.

III. Ältere Anschauungen über Vermahlungsweise und Nährwert.

Erste Verdauungsversuche am Menschen.

Die praktischen Erfahrungen haben natürlich den Menschen gelehrt, daß das feine Weizenbrot in vielen Richtungen dem schwärzeren, d. h. dem stark kleiehaltigen Brot vorzuziehen sei. Die Kriegsperiode hat ja auch bei uns nach dieser Richtung aufklärend gewirkt und besonders die Nachteile des Kriegsbrotes am eigenen Leibe fühlen lassen.

Der erste, der für das Militärbrot die Beseitigung der Kleie forderte, war PARMENTIER 1776. Damals kannte man aber die chemische Zusammensetzung im Brot überhaupt noch nicht.

Mit der Brotfrage hat man sich dann in den 50 er Jahren des vorigen Jahrhunderts beschäftigt. Man behauptete damals, verdaulich seien Speisen nur dann, wenn sie mit dem Salzgehalt verzehrt würden, den die Natur den Nahrungsmitteln gegeben hat, also dürfte auch die Kleie im Brote nicht fehlen. Weiter sei es in der Kleie neben Stärke auch noch Eiweiß, welches letztere das Brot kräftig mache; freilich bedingt die Kleie auch sehr viel Stuhl, was aber als ein Zeichen kräftiger Verdauung galt. Das Schrotbrot sei anderem vorzuziehen, weil es auf die gute Beschaffenheit der Zähne durch das Kauen einwirkt. Das feinere Brot führe überhaupt zu wenig Salze dem Körper zu, nur die Salze der Kleie könnten dieses Defizit decken und das Brot gesund machen.

Alle diese Fragen lassen sich experimentell am Menschen selbst entscheiden. Die ersten Versuche dieser Art sind in den Jahren um 1880 ausgeführt worden durch die Untersuchung der Verdaulichkeit bei ausschließlichem Brotgenuß.

Eine grundsätzliche Entscheidung haben Versuchsreihen ergeben, bei denen Brot aus Mehl verschiedener Ausmahlung des Weizens verglichen wurden, also 30, 70, 95% Ausmahlung. Die Ergebnisse waren sehr eindeutig. Am besten war das Brot bei 30% Ausmahlung, und am schlechtesten wurde das bei 95% Ausmahlung verdaut. Der Reichtum oder Mangel an Salzen tut also gar nichts für die Verdaulichkeit, und die Ausscheidungen werden um so massenhafter und enthalten um so mehr Nährstoffe als Bestandteile, je mehr die Kleie überwiegt. Besonders auffallend war gerade die geringe Verdaulichkeit des Eiweißes bei den Broten aus Mehl starker Ausmahlung. Eine Erklärung dafür läßt sich leicht experimentell geben. Leicht verdaulich ist das Eiweiß des Endosperms, wenn man es vorher isoliert und verzehren läßt. Das Unverdauliche sind also die eigentlichen Kleberzellen. Diese Tatsachen sind in der Folgezeit immer wieder von Nachprüfern bestätigt worden.

Die Technik hat sich in der folgenden Zeit seit 1880 bis in die Kriegszeit hinein immer wieder damit beschäftigt, eine Mahlweise zu finden, die die Zellen der Kleie zertrümmert, um das Eiweiß freizumachen.

Dutzende von Verfahren sind in dieser langen Zeit empfohlen und mit der Behauptung, das Problem sei gelöst, in die Welt hinausgeschickt worden. Mit staunenswertem Eifer hatten sich immer wieder Forscher gefunden, die solche neuen Entdeckungen nachprüften mit dem Ergebnis, daß die neuen Erfindungen abzulehnen seien. Die Bemühungen waren bisher ohne allen sicheren Erfolg. Die Zähigkeit der Zellhüllen scheint allen Bemühungen der Vermahlung zu trotzen. Es ist für die Zukunft eine Änderung kaum zu erwarten und nach den weiteren Mitteilungen, die ich zu

machen habe, nicht erforderlich. Nach den Erfahrungen des täglichen Lebens ist das Bedürfnis nach Broten aus hochwertiger Ausmahlung im Volke selbst gering.

Eine rein medizinische Verwendung finden sie bei Personen mit krankhaft trägem Stuhl oder auch bei Personen, bei denen infolge des Genusses leicht verdaulicher Kost eine zur täglichen Ausscheidung nicht zureichende Menge von Stuhl gebildet wird. Aus letzterem Gesichtspunkte heraus ist man in England zuerst zur Empfehlung eines Weizenbrotes mit 95% Ausmahlung des Grahambrotes übergegangen.

Die unverdaute Kleie ist dabei ein Füllmittel des Darmes, das zur täglichen Stuhlentleerung drängt. Derselbe Zweck kann auch durch Obst und Gemüse erzielt werden.

IV. Neuere Untersuchungen.

Die Frage der Brotversorgung drängte sich in der Kriegszeit viel lauter in den Vordergrund, wo es sich um die Nöte der Volksernährung überhaupt handelte. Aufs neue wurden damals die Behörden bestürmt, verschiedene alte wie neu aufgenommene patentierte Ausmahlverfahren und ein angeblich besser nährendes Vollkornbrot einzuführen. Von wissenschaftlicher Seite wurden solche Vorschläge nachgeprüft. Manche Patente lieferten zwar verbesserte Brote, meist aber nur auf dem Wege einer unbewußten oder verschleierten Beseitigung der Kleie. An dem schon vor der Kriegszeit feststehenden Urteil, daß auch die Methoden der Feinvermahlung die Verdaulichkeit des Vollkornbrotes nicht erhöhen, hat sich nichts geändert.

Erleichtert wurden die Lösungen aller hier einschlägigen Fragen durch die Ausbildung neuer Untersuchungsmethoden, besonders mit Bezug auf den Nachweis der Kleie und der Zellhüllen und der Ausscheidungen überhaupt.

Die umfangreichen Versuche über die Verdaulichkeit der Zerealien, die in dieser Zeit ausgeführt wurden, haben unser Urteil über den Nährwert der letzteren ungemein erweitert und neue Tatsachen von allgemeinem Interesse aufgedeckt, deren wichtigste im nachstehenden Erwähnung finden mögen.

Unser Bedarf an Weizen konnte bisher durch Eigenbau in Deutschland nicht gedeckt werden. 1912/13 wurden zu etwa 2,89 Millionen t (genußtauglichen) Weizenmehles noch 1,37 Millionen t aus dem Auslande importiert. Schon darin sollte ein Ansporn zu vermehrtem Anbau des Weizens liegen. Bei den Arbeiten der letzten Jahre hatte ich vielfach Gelegenheit zu einem Vergleiche der Verdaulichkeitsverhältnisse von Roggen und Weizen, aus denen sich mit Bestimmtheit eine erhebliche Verschiedenheit beider ergibt. Es sind, wie man lange weiß, chemische Unterschiede beider vorhanden im Sinne der besseren Backfähigkeit und des höheren Eiweißgehaltes des Weizens, aber auch rein physiologische Unterschiede.

Bei einem exakten Vergleich von Weizen und Roggen, bei gleichem Kleiegehalt hat sich ein ganz gewaltiger Unterschied in der Verdaulichkeit des Eiweißes ergeben; in dieser wie auch in der Gesamtverdaulichkeit aller Nährbestandteile steht Weizen dem Roggen voran.

Unsere Erntestatistik in Deutschland zeigt, daß das mittlere Erträgnis bei gleicher Aussaat pro Hektar beim Weizen günstiger ist als beim Roggen. Berücksichtigt man dies, so kommt man zu folgender Zusammenstellung:

1 ha Weizen liefert um 20 mehr an verdaulichen Substanzen und um 70% mehr an Eiweißstoffen als der Roggen. Es ist also rationeller, wo es der Boden und das Klima erlaubt, Weizen anzubauen als den Roggen. Durch den vermehrten Weizenanbau würde insofern auch noch ein Vorteil erreicht, als die Gesamtzufuhr des Proteins erhöht werden würde, was mit Rücksicht darauf, daß die Proteinstoffe im Weizen und Roggen jenen der Animalien im Nährwert nachstehen, von Wichtigkeit wäre.

Inwieweit die deutsche Landwirtschaft eine Umstellung auf größere Weizenproduktion erlaubt, vermag ich nicht zu beurteilen. Jedenfalls steht aber vom Standpunkt der Volksernährung nichts im Wege, den Roggen noch weiter durch Weizen zu ersetzen; das lehren ja die Gesundheitsverhältnisse großer Länder, die den Anbau des Roggens überhaupt nicht pflegen.

In Hinsicht auf die Verdauungsmöglichkeit hat *die Menge der Zellhüllen in den Getreidearten* die größte Bedeutung. Man hat sich bis zum Jahre 1916 meist damit begnügt, die sog. Rohfaser bei den Pflanzen festzustellen. Inzwischen hatte ich eine Methode der Abscheidung der Zellmembranen im ganzen zu erreichen ausgearbeitet. Aus ihrer Anwendung ergab sich die Unzulänglichkeit der Rohfaserzahlen. Die Rohfaser kann manchmal nur ein Viertel der Zellmembranmasse darstellen, speziell bei den Getreidearten ist sie kein brauchbarer Maßstab für die Zellmembranen. Im allgemeinen lassen sich die Zellmembranen in drei Gruppen von Stoffen scheiden, in die echte Cellulose, Pentosane und einen Rest, der aus Lignin, Hexosanen usw. gebildet wird. Als ein Beispiel mag die Zellmembran des Roggens üblicher Ausmahlung in ihrer Zusammensetzung angegeben sein. In 100 Teilen sind:

Cellulose	28,25%
Pentosan	35,33%
Restsubstanz . .	36,42%

Die Menge der Zellhüllen im Getreide erreicht nach meinen Analysen aus der Kriegszeit etwa 11—12%; sie wird an Menge von anderen Pflanzen ganz erheblich übertroffen. So sind z. B. im Spinat und Salat 26,6—29,7% der Trockenmasse solche Zellmembranen. Im Getreidekorn verhalten sich, was die Verdaulichkeit anbelangt, die Zellmembranen des *Keimlings* am besten. Dann folgt die Zellmembran des *Endosperms* und schließlich als ungünstigstes die Zellmembranen der *Samenhülle*. Im Gesamtdurchschnitt wurde bei starker wie

schwacher Ausmahlung etwa *die Hälfte des Zellmembrans* verdaut, unter mancherlei Schwankungen, weil die Auflösung auf einen unkontrollierbaren Faktor die Bakterienmitarbeit eingestellt ist, deren Hauptwirkung im Dickdarm einsetzt. Da vom Dickdarm aus aber die Resorption nur sehr unvollkommen erfolgt, so kann man auch sagen, die Auflösung der Zellmembranen kommt zu spät, daher bleibt auch manches unverdaut liegen, was bei den Tieren mit anderem Bau des Verdauungskanals noch zur Resorption kommen kann.

Am unbeständigsten ist die Auflösung *der Cellulose*, am leichtesten die der Pentosane; von Lignin, das etwa 18% der Zellmembranen des Getreides ausmacht, wird sicher ein Teil zerlegt; das weitere Schicksal des Pentosans und der Lignine ist bis jetzt unbekannt.

Bei der Verdauung der Zellmembranen entwickeln sich reichlich Gase, der Nährwert der Verdauungsprodukte kann nicht hoch angeschlagen werden. Bei diesen Betrachtungen über die Zellmembranen hat sich ein Weg gezeigt, auf dem sich eine Verbesserung des Mahlverfahrens ohne Schädigung von Ernährungsinteressen ausführen läßt. Während des Krieges wurde das ganze Korn vermahlen, meist so, wie es aus der Tenne kam, ein gesundheitlich geradezu widersinniges Verfahren. Es gibt schon seit über 40 Jahren ein Schälverfahren, das man *Dekortikation* nennt; es hat zum Ziele, nach der Reinigung des Getreides auch noch die äußeren Hüllen wegzunehmen, wobei auch der Keimling mitentfernt wird. Gewiß sind diese Schälverfahren nicht immer einwandfrei und nehmen manchmal mehr weg, als beabsichtigt ist, doch lassen sie sich technisch auch so leiten, daß nur Spreu, Putzstoffe, Unkrautsamen, Keimlinge und die äußersten Hüllen des Kornes abfallen. Dabei verliert man etwa 5% des Korngewichtes im ganzen, entfernt aber 21,7% der Zellmembranen und würde rein rechnerisch von den nährenden Bestandteilen etwa 3% einbüßen. Tatsächlich verliert man durch die sachgemäße Dekortikation aber überhaupt nichts, weil die Verdaulichkeit des Brotes aus dekortiziertem Getreide besser ist als jene des Brotes aus nicht dekortiziertem Getreide.

Die Schälung des Kornes ist also eine volkswirtschaftlich und gesundheitlich rationelle Maßregel, deren allgemeine Durchführung durch geeignete Verordnungen angestrebt werden sollte.

Wenn unsere Nahrung verdaut wird, so geschieht das dadurch, daß sich fortwährend in bestimmter Mischung Verdauungssäfte ergießen, das Gelöste wird in das Blut durch die Darmwand hindurch aufgenommen, und neue Mengen von Verdauungssäften strömen nach, bis die Massen den Dünndarm durchgewandert haben. Von diesen Verdauungssäften bleibt ein Teil, allerdings verändert, im Dünndarm, schiebt sich zum Dickdarm und verläßt dann eingedickt den Menschen. Manche Nahrungsmittel, wie *Eier, Milch, Fleisch*, geben sozusagen keinen Nahrungsrückstand, sondern nur solchen, den die Reste der Verdauungssäfte darstellen. Verluste sind sie immerhin, denn sie führen ja Verbrennliches nach außen.

Bei den *Vegetabilien* verläuft der Prozeß insofern anders, als znm mindesten kleinere oder größere Anteile des Verzehrten selbst nicht aufgelöst werden. Bei dem Brot ist das Verhältnis von wirklich Unverdautem zu dem Reste der Verdauungssäfte meist wie 1 : 1.

Den Drüsen, die ihre Säfte in den Darm ergießen, werden bei den einzelnen Nahrungsmitteln ganz verschieden große Aufgaben gestellt. Die Animalien, Fleisch, Eier, Milch, sind hauptsächlich Träger des Eiweißes, während die Vegetabilien, von den Leguminosen abgesehen, durchschnittlich wenig Eiweiß enthalten. Vom Eiweiß ist erwiesen, daß es mit der *Gallebildung* der Leber im engsten Zusammenhang steht, während Fett und Kohlenhydrate keinen steigernden Einfluß auf die Gallenmenge haben. Führen wir, wie bei den Animalien, viel Eiweiß ein, so erscheint auch mehr Galle im Darm, und von dieser bleibt ein Teil nach Umformung als Rest zurück und wird schließlich ausgeschieden. Es findet auch schon im Mutterleib eine solche Bildung von Abfallstoffen statt, die nach der Geburt als sog. Kindspech abgehen. Die Galle gehört wohl zu den wichtigsten Darmsäften, aber nebenbei steht sie doch mit dem Eiweißstoffwechsel, wie schon berührt, im Zusammenhange. Zu den Drüsensäften, die für alle Nahrungsmittel gemeinsam sind, gehören außer Galle der Magensaft, Pankreassaft, der Darmsaft aus den Drüsen der Darmwand.

Von all diesem Gemenge bleibt ein wahrscheinlich seiner Zusammensetzung nach wechselnder Rest, schließlich aber eine breiige Masse zurück. Diese läßt sich von dem wirklich Unverdauten, wenn solches vorhanden ist, abtrennen, und man kann also das Verhältnis beider zueinander mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen. Bei den Animalien besteht es sozusagen, wie übrigens schon erwähnt, aus diesen Resten, bei den Vegetabilien halten sich Unverdautes und Darmsaftrest das Gleichgewicht, aber die letzteren repräsentieren in bestimmten Fällen bis zu 80% aller Ausscheidungen überhaupt. Offenbar werden bei der Resorption der Nahrungsmittel höchst ungleiche Anforderungen an den Darm gestellt, ohne daß uns das zum Bewußtsein kommt. Nicht für alle, aber doch für einen großen Teil der Nahrungsmittel bin ich in der Lage, Angaben zu machen. Nachstehend folgt eine Tabelle, welche angibt, wieviel Calorien solcher Darmsaft- und Stoffwechselreste in den festen Ausscheidungen erscheinen, wenn 100 Calorien Nahrungsmittel aufgenommen worden sind:

bei feinstem Weizenbrot	2,0%
bei Fleisch und Animalien . . .	4,4%
bei Äpfeln	6,9%
bei Brot aus Weizenvollkorn . .	7,3%
bei Brot aus gelben Rüben . . .	8,3%
bei Brot aus Roggenvollkorn . .	8,8%
bei Kohlrüben	11,8%
bei Wirsing	19,5%

Die Unterschiede sind enorm große und erreichen etwa das Zehnfache. Es ist wahrscheinlich, daß hier die größten vorkommenden Abweichungen wirklich getroffen sind. Beachtet werden muß bei den Vegetabilien, daß jedesmal auch wirklich noch Unverdautes als Abfall hinzuzurechnen wäre. Ein Nahrungsmittel wie das Brot kann je nach dem Grundmaterial — feinstes Mehl oder Vollkorn — Unterschiede um etwa das Vierfache aufweisen.

Die Animalien stehen in dieser Zusammenstellung nicht an der Spitze, weil für sie, wie erwähnt, die stärkere Anregung der Gallebildung in Frage kommt.

Die Wurzelgewächse setzen die Reihe hochgradiger Mengen der Darmreste fort, und die grünen Gemüse, als deren Repräsentant der Wirsing gelten kann, stellen das Extrem dar. Das auf den Darm Wirkende scheint der Saft zu sein, der sich bei hohem Druck (300 Atmosphären) abtrennt, jedenfalls nicht der grüne Farbstoff.

Wenn die Reste der Darmsäfte ungleich sind, so müssen selbstverständlich auch die Mengen der Säfte, die überhaupt mobil gemacht werden, ungleich groß sein. Sicherlich ist es vom gesundheitlichen Standpunkte nicht gleichgültig, ob unser Darm stark oder wenig belastet wird, ob viel oder wenig Darmsäfte sich ergießen und die Drüsen in Tätigkeit gehalten werden. Aber auch vom rein ökonomischen Standpunkt leuchtet ein, daß Stoffverluste — vom Unverdaulichen abgesehen — bis zu $^1/_5$ der Aufnahme unrationell sind, falls man solche Dinge als Nahrungsmittelquelle benutzen wollte. Mit dem starken Zulauf der Säfte nach dem Darm muß selbstredend auch eine erhebliche Blutmenge aus dem Kreislauf genommen und anderen Zwecken entzogen werden.

Das Brot, das wir zumeist genießen, wird sich, was die Darmsaftreste anlangt, zwischen den Zahlen 2—8 bewegen. Im übrigen bringt ein gewisses ästhetisches Empfinden und entwickelte Kultur es im allgemeinen dahin, daß die den Darm stark belastenden Dinge in der Kost auf jenes Mindestmaß zurückgeschraubt werden, das durch die notwendige Abwechslung in den Speisen von der Natur gefordert wird.

Den *Aschebestandteilen des Brotes* hat man im Lauf der Zeit eine ganz verschiedene Bedeutung beigelegt. Die Unabhängigkeit der Verdaulichkeit vom Aschegehalt wurde schon eingangs erwähnt.

Betrachtet man das Brot als Teil unserer Nahrung überhaupt, so wird, wie sich leicht zeigen läßt, mit der Motivierung, nur Vollkornbrot sei dem Körper zuträglich, die Rolle des Brotes weit überschätzt. Im Durchschnitt unserer nationalen Ernährung nimmt der Erwachsene pro Tag rund 14,3 g Salze auf (ohne die Salze der Getränke und ohne die Berechnung des Kochsalzes). Demgegenüber macht es nur einen Unterschied von 1,4 g Salzen aus, wenn wir Weißbrot mit Vollkornbrot vertauschen. Dabei wird bei stärkerer Ausmahlung die Art der Salze geändert; je kleiereicher das Brot wird, um so mehr Magnesia herrscht vor. Im allgemeinen liefert das Brot fast die Hälfte der gesamten Magnesia, die wir aufnehmen, aber kaum $^1/_5$ des Kalkes. Die großen Mengen Magnesia haben wir gar nicht nötig, und in einem guten Trinkwasser kann in einem Tag doppelt so viel Kalk aufgenommen werden, als im Vollkornbrot enthalten ist.

Bei ausschließlicher Brotkost ließ sich nachweisen, daß bei reichlichem Genuß an Brot beim Erwachsenen auch bei Verwendung von Mehl von 65% Ausmahlung das Kalkbedürfnis gedeckt war. Für einen wachsenden Organismus würde das Brot bei ausschließlicher Kost wegen Kalkmangel das Knochenwachstum behindern.

Auffallend ist, daß bei Berücksichtigung der Einfuhr und Ausfuhr *aller Salze* bei allen Brotsorten ein sehr erhebliches Defizit vorhanden war, das mit der Zeit der ausschließlichen Broternährung ein Ende setzen würde.

Vermutlich spielt bei dem großen Verlust an Salzen der Umstand eine Rolle, daß die Verdauungssäfte beim Brot in so erheblichem Maße in Anspruch genommen werden. Die Salze treten nicht allein im Darme aus, vielmehr finden sie sich auch in den flüssigen Ausscheidungen.

In der Literatur liegen eine Reihe von Behauptungen vor, daß Brot mit wenig Kleie ungesunder ist, weil ihm die Vitamine fehlen. In Wirklichkeit war über das Brot und seinen Vitamingehalt nichts Näheres bekannt. Vor kurzem sind aber im Anschluß an die später zu berichtenden Untersuchungen Experimente über den Vitamingehalt ausgeführt worden, sowohl für Weizen- als auch für Roggenbrot mit vollem Gehalt an Kleie und bei einer geringeren Ausmahlung. Zwischen den Brotsorten zeigte sich überhaupt kein nennenswerter Unterschied im Vitamingehalt. Mit Bezug auf Vitamin A war überall der Gehalt verschwindend. Ein Erwachsener müßte täglich 800 g Brot verzehren, um seinen Bedarf an Vitaminen A zu decken. Von Vitamin B war in keinem der Brote so viel vorhanden, daß junge Tiere hätten damit wachsen können, und ein Erwachsener würde auch mit 1000 g noch nicht so viel Vitamine zugeführt haben, um auf die Dauer auf seinem Gewicht bleiben zu können. *Brot ist also überhaupt kein Nahrungsmittel, das kleiehaltig oder nicht, praktisch in Betracht kommende Vitaminmassen zuführt.* Die Frage der Ausmahlung braucht auf den Vitamingehalt keine Rücksicht zu nehmen. Zur Deckung der täglich notwendigen Vitaminmenge trägt ein Brot so gut wie nichts bei; es ist daraus auch kein Schaden zu befürchten, weil die übliche gemischte Kost ausreichend andere Quellen für Vitamine uns bietet.

Die Betrachtungen des Brotes, eines Volksnahrungsmittels von größter Bedeutung, hat gezeigt, daß es trotz des Jahrtausende alten Gebrauches für sich allein betrachtet eine Reihe von Eigenschaften wahrnehmen läßt, die im täglichen Gebrauch, wo es einen Teil unserer Gesamtnahrung

darstellt, nicht zu erkennen sind. Als alleinstehendes Mittel der Ernährung kann es weder als Eiweißträger noch zur Versorgung des Körpers mit Energie auf die Dauer befriedigen, und ebenso würde auch der Bedarf an Salzen beim Erwachsenen, noch weniger beim Kind gedeckt sein. Es enthält auch keine Geschmacks- und Riechstoffe, die auf die Dauer die monotone Kost erträglich machen würden. Die quantitative Seite der Nahrungsaufnahme versagt daher bald. Weder Kind noch Erwachsener würden ihren Vitamingehalt decken, und doch haben die Zerealien ihren Wert als Weltnahrung.

Genau so wie hier für das Brot und die Zerealien würde die Kritik auch für viele andere Nahrungsmittel lauten. Selbst für die Milch außerhalb des Kindesalters. Die traditionelle Kost ist überall eine Mischung von Nahrungsmitteln, von denen eines für die Mängel eines anderen eintritt. Sie ist das Gegenteil der Monotonie. Unendlich viele Lösungen gesunder Kost erlaubt Pflanzen und Tierwelt, sie wird nach bestimmter volkstümlicher Form uns anerzogen. Nur *Eigenbrödelei* oder wie im Kriege die Not führt gelegentlich zu ungesunden und einseitigen Ernährungsformen.

V. Landwirtschaftliche und volkswirtschaftliche Ausblicke.

Während der Blockadezeit war eine vollständige Vermahlung des Getreides verfügt worden, zum Teil sind von manchen Müllern sogar noch ungiftige Unkrautsamen zugesetzt worden und außerdem erhielt das Kriegsbrot zeitweise Zusätze von Kartoffeln oder Kohlrüben. Die Herstellung von Vollkornbrot tritt quantitativ nicht sehr in die Erscheinung, nur in einzelnen Landbezirken hält man in alter Tradition noch an der groben Vollvermahlung fest.

In der Mehrzahl der Fälle scheidet man die Kleie ab und verwendet sie als Viehfutter, als welches sie sehr geschätzt wird.

Im Kriegsbrot haben wir die Kleie selbst verzehrt. Eine Sparung an Getreide hat das aber kaum bewirkt. Denn die Bauern, denen bei der Fütterung ihres Tierbestandes die Kleie fehlte, haben in ausgedehntem Maße weniger Getreide abgeliefert und den Roggen meist verfüttert. Die Menschen haben also die Kleie gegessen, und das Vieh hat mit dem Korn gewissermaßen feines Mehl, das für den Menschen bestimmt war, als Zulage bekommen.

Der Grund, warum man die Kleie nicht abgetrennt hat, lag in der damaligen Ernährungspolitik begründet. Man wollte um jeden Preis möglichst viel Mehl herausschaffen, es lag aber auch in der völlig falschen, wenn auch weitverbreiteten Anschauung, daß bei der Fütterung von Kleie oder dergleichen an Tiere nur ein kleiner Anteil an Nährstoffen bei der Mast wiedergewonnen werden kann.

Die Frage, inwieweit durch eine gemeinwirtschaftliche Teilung des Kornes zur Menschenernährung einerseits, der Kleie zur Tierfütterung andererseits die Nährwerte des Getreides nutzbar gemacht werden können, ist von größter volkswirtschaftlicher Bedeutung. Sie muß einwandfrei gelöst werden. Auf meine Anregung der Ausführung geeigneter Versuche ist auch das Ernährungsministerium bereitwillig eingegangen.

Mein Plan war folgender: Von einer großen Menge von Roggen sollten unter genauer mühlentechnischer Kontrolle vier verschiedene Produkte hergestellt werden[1]).

1. Mehl v. 60% Ausmahlung, wobei 40% Kleie abfallen,
2. Mehl v. 80% Ausmahlung, wobei 20% Kleie abfallen,
3. Mehl v. 95% Ausmahlung, wobei 5% Kleie abfallen,
4. geschrotetes Mehl 95%, wobei 5% Kleie abfallen,

Aus den Mehlsorten wurden die entsprechenden Brote hergestellt und dann an 4 Personen[2]) Ernährungsversuche gemacht, wobei neben Brot nur etwas leichter Tee oder Kaffee und sehr wenig Fett gegeben wurde. Im ganzen hatten also die Personen sozusagen 4 Wochen bei Wasser und Brot zugebracht.

Die Kleien wurden dann im landwirtschaftlichen Institut zu Rostock von Prof. HONCAMP auf die Verdaulichkeit an Hammeln geprüft. Im landwirtschaftlichen Institut zu Berlin wurden von Prof. SCHEUNERT die Kleien verfüttert und mit allen experimentellen Kautelen bestimmt, ob und wieviel Fleisch und Fett dabei erzeugt worden war.

Die Versuche an 4 Männern ergaben keine anderen Resultate, als ich und C. THOMAS im Jahre 1916 für Roggenmehlbrote verschiedener Ausmahlung gefunden hatten. Aber die Wiederholung war notwendig, weil zum Vergleich mit den Ergebnissen der Tierversuche eben die menschliche Ernährung mit dem gleichen Roggen unbedingt ausgeführt werden mußte.

Von den Eiweißstoffen des Roggens wurden, gleichgültig wie ausgemahlen wird, vom Menschen nur etwa 60% verdaut, und aus der ganzen Masse der Nährstoffe wird um so weniger verdaut, je schärfer ausgemahlen wird, das Vollkornbrot zeigt einen Verlust von 13%, gibt also 87% als verdaulich, doch berührt das hier zunächst nicht weiter.

Unter den 4 Personen war diesmal auch ein *Vegetarier*, der außerdem Anhänger der Fletschergemeinde war, d. h. jeden Bissen eine bestimmte Zeit kaute, ehe er verschluckt wurde. Ein sonderbarer Zufall wollte, daß der Vegetarier im ersten Versuch sich günstiger verhielt als die anderen Personen, eine Tatsache, die durch Auffinden von Bandwürmern, die im Darm „mitgegessen" hatten, sich erklärte. Nach Abtreiben der Würmer war auch bei dem Vegetarier in der Verdaulichkeit des Brotes kein Unterschied vorhanden, auch nicht bei Schrotbrot, wo man hätte denken können, daß das Fletschern an sich einen Einfluß geübt hätte. Nach-

[1]) Die mühlentechnische Aufsicht und die Herstellung des Brotes hat Herr Prof. NEUMANN, Berlin, ausgeführt.

[2]) Die Versuche an 2 Personen hat Prof. C. THOMAS in Leipzig angestellt.

dem die Berichte der verschiedenen Beobachter eingegangen waren, galt es, die Schlußrechnung einer so großen und umfangreichen Untersuchung auszuführen.

Die Tiere hatten bei Kleieverfütterung sowohl Fleisch als auch Fett gebildet. Man muß dabei folgendes beobachten. Zur richtigen Mast darf man nur Tiere nehmen, welche zu ihrer Lebenshaltung mit Heu, Gras, Klee usw., d. h. mit Nahrungsmitteln auskommen, die der Mensch als Nahrung nicht gebrauchen kann. Zu dieser Kost setzt man erst die wertvolle Kleie als Mastfutter zu.

Als wichtige Gesamtergebnisse haben wir also jetzt

a) den Nutzeffekt, den der Mensch durch die Verdauung aus dem Brot gewinnt;

b) den Nutzeffekt, der durch die Mast der Tiere mit Kleie in der Form von Fleisch und Fett erscheint.

Je mehr man das Korn ausmahlt, nimmt auch die Menge der verdaulichen Brotmenge zu, andererseits erhalten wir aus der Tiermast um so mehr Fleisch und Fett, je weniger das Korn ausgemahlen wird.

Das Gesamtresultat der ausgeführten Versuche lautet auf 100 Teile Roggen Trockensubstanz, berechnet

bei Prozent Ausmahlung	Verdaut aus Brot Kalorien	Erhalten aus Tiermast Kalorien	Summe der Kalorien
65	247,6	99,2	346,8
82	296,6	30,8	327,4
95	343,7	7,2	350,9
95 (geschrotet) .	331,6	7,2	338,8

Die Summe der erhaltenen Gesamtnährwerte ist sozusagen in allen Fällen dieselbe. In demselben Maße, wie bei stärkerer Ausmahlung nicht nur mehr Brot, sondern auch wirklich mehr an Verdaulichem zu gewinnen ist, nimmt der Mastgewinn ab. Vom rein ökonomischen Standpunkt und des reinen Caloriengewinnes kann man jede der vier Möglichkeiten wählen.

Vom diätetischen Standpunkte aus und im Hinblick auf die Volksernährung und für die Landwirtschaft liegt die Sache ganz anders. Der Vorteil liegt auf der Seite der schwächeren Ausmahlung, denn sie gibt besseres, den Darmkanal nicht belastendes Brot, sie bietet durch die Tiermast sowohl etwas Fleischgewinn und vor allem Fettgewinn, zusammen mit Brot also eine verbesserte Kost. Die Landwirtschaft kann auch einen größeren Tierbestand erhalten, wenn sie darauf zählen darf, durch Mastfutter ihn nutzbringend zu verwerten.

So klein der Fleischgewinn bei der Mast aus den proteinarmen Roggenkleien auch war, so genügt die Zulage doch, um auch die resorbierte Eiweißmenge in den vier Versuchsreihen gleichzumachen.

Das Masterträgnis war sehr günstig. Die weitverbreitete Anschauung, aus Pflanzennahrung ließen sich nur unter bedeutendem Energieverlust tierische Körperstoffe erzeugen, ist eben unzutreffend. Betrachten wir die Endprodukte der Mast, so bestehen sie in Eiweißansatz und zumeist in Fettbildung aus Kohlenhydraten.

Für die Bildung von Fleisch aus Futtereiweiß wissen wir aus zahlreichen Versuchen über das Wachstum, daß hierzu kein nennenswerter Energieaufwand gehört, ja selbst die beim Aufbau aus Aminosäuren oder beim Abbau von Protein in Frage kommenden Energiemengen (Wärmetönungen) sind verschwindend klein. Warum sollte also gerade bei der Eiweißmast ein Energieaufwand nötig sein? Ganz ähnlich steht es mit der Fettbildung aus Kohlenhydraten. LUSK hat in calorimetrischen Tierversuchen gezeigt, daß ohne experimentell nachweisbare Energieverluste diese Umwandlung geschieht.

Die falschen Vorstellungen haben sich nur deshalb eingenistet, weil man die Mastversuche nicht richtig angestellt hat. Die Kunst der optimalen Mastfütterung besteht nun darin, daß beim Tier der Betriebsstoffwechsel (mit einem kleinen Überschuß) durch die üblichen Nährstoffe, die für den Menschen unverwendbar sind, gedeckt wird. Dazu kommt dann das Mastfutter. Vom Mastfutter darf auch nicht der kleinste Teil für die Befriedigung des Betriebsstoffwechsels verlorengehen.

Nun wäre noch folgendes zu betrachten: Bei dem Genuß des Brotes durch den Menschen entsteht naturgemäß auch „Dünger", der für die Landwirtschaft sehr wertvoll wäre. Dieser Düngerabfall geht in der Mehrzahl der Fälle verloren, weil die Abfallstoffe zumeist durch die Kanalisation abgeführt werden, wenn man von dem seltenen Fall der Rieselfelder absieht. Dagegen gewinnt die Landwirtschaft durch Kleiefütterung den Abfall an Dünger vollständig.

Aus 100 Teilen trockenem Getreide entstehen in Calorien:

	Dungstoffe vom Menschen	Dungstoffe aus der Kleie vom Tier	Summe
65% Ausmahlung . .	21,1	39,7	60,8
82% Ausmahlung . .	47,1	12,3	80,0
95% Ausmahlung . .	59,6	10,0	69,6
95% Schrot	68,1	10,0	78,1

Der Gewinn war also im Durchschnitt bei Vernachlässigung menschlicher Dungstoffe bei schwacher Ausmahlung am günstigsten. *Für die Volkswirtschaft und Volksernährung ist es rationeller, die schwächere Ausmahlung des Kornes mit der Kleiefütterung in der Tierzucht zu verbinden, um die hochwertigen Produkte, wie das Fett, mitzugewinnen.* Wir hätten also auch in der Kriegswirtschaft besser daran getan, auf die volle Vermahlung des Kornes zugunsten der Fetterzeugung zu verzichten.