

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

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 38 (1947)

Heft: 2-3

Artikel: Vergleichende Untersuchungen über die Fettbestimmungsmethoden in Mahlprodukten (Weizenkeimen)

Autor: Antener, Ilse / Högl, Otto

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-983028>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.02.2025

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

Résumé

Compte rendu d'une étude pour rechercher les meilleures conditions de désinfection par l'ozone d'eaux destinées à l'alimentation et établir une documentation utile sur l'effet bactéricide de ce gaz.

Comparaison de l'ozonation avec les meilleurs procédés au chlore.

Confirmation de la supériorité incontestable de l'ozone sur le chlore, à tous points de vue.

Zusammenfassung

Es wird eine zusammenfassende Studie über Versuche zur Feststellung der besten Bedingungen für die Desinfektion von Trinkwasser mit Ozon und zur Aufstellung einer zweckdienlichen Dokumentation über die bakterizide Wirkung dieses Gases gegeben.

Die Ozonierung wird mit den besten Chlorierungsverfahren verglichen und dabei die in jeder Hinsicht unbestreitbare Überlegenheit des Ozons dem Chlor gegenüber dargetan.

Bibliographie

¹⁾ *Imbaux* — Qualités de l'eau et moyens de correction, 1935, Paris.

Vergleichende Untersuchungen über die Fettbestimmungsmethoden in Mahlprodukten (Weizenkeimen)

Von *Ilse Antener* und *Otto Högl*, Bern
(Aus dem Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes)

I. Allgemeines

A. Problemstellung

Je nach der angewandten Bestimmungsmethode, können in Lebensmitteln recht verschiedene Gehalte an Fett resp. an Bestandteilen, die in organischen Lösungsmitteln löslich sind, gefunden werden. Die Soxhletextraktion an Brot und Backwaren oder an Hefe angewandt, gibt zu tiefe Werte, weil nur ein Teil des Fettes extrahiert werden kann. Eine direkte Fettextraktion bei Milch durch Ausschütteln derselben im Scheidetrichter mit organischen Lösungsmitteln ergibt Resultate, welche im Vergleich zum wirklich vorhandenen Fettgehalt viel

zu tief sind. Die Ausbeuteunterschiede zwischen der Kaltextraktion und der Methode Terrier betragen bei Weizenkeimen zirka 2 %. Eine Erklärung hierfür kann in verschiedener Weise gesucht werden. Wie die Arbeit von *K. Täufel* und *L. Staudigel*¹⁾ zeigt, hat die Art des verwendeten Lösungsmittels einen Einfluss auf die Ausbeute. So erhält man bei der Soxhletextraktion von Leinsaat mit Trichloräthylen eine Fettausbeute von 36,5 %, gegenüber einer solchen von 29,9 % mit Benzin. Bei der Milch ist die Unmöglichkeit, das Fett durch direktes Ausschütteln zu erhalten, auf kolloide Verhältnisse zurückzuführen. Erst der Abbau der Eiweisstoffe entweder mit konzentrierter Schwefelsäure (Acidbutyrometrie) oder alkalisch (Neusalmethode) ermöglicht das quantitative Abscheiden des Fettes. Bei Brot und Backwaren ist die Fettsubstanz mit in organischen Lösungsmitteln unlöslichen Bestandteilen umhüllt, so dass hier ein Aufschluss mit Salzsäure notwendig wird um das Fett freizulegen.

Besondere Verhältnisse ergeben sich bei den organisierten Naturprodukten. Hier ist das Fett oftmals in die Zellen eingeschlossen, so dass eine ganz feine Vermahlung des Materials notwendig wird. In andern Fällen können fettartige Substanzen chemisch gebunden sein. Dies ist z. B. der Fall bei der Stoffklasse der Lipoproteide oder Lecithalbumine. Hier sind die Proteine mit Lipoiden zu mehr oder weniger festen Komplexen vereinigt. Es ist gelungen, solche Verbindungen auch künstlich herzustellen. Die lipoiden Bestandteile der untersuchten Systeme sind vor allem Neutralfette, Fettsäuren, Phosphatide, Sterine und deren Ester. Nach *Soerensen*²⁾ kann diese Eiweiss-Fettbindung bei Lecithalbuminen durch Alkoholbehandlung gelöst werden. Ferner besteht nach *Grossfeld*³⁾ ein Zusammenhang zwischen der Bindungsfestigkeit Lipoid-Eiweiss und der chemischen Natur der die Phosphatide aufbauenden Fettsäuren. So ist die Bindung bei Fischrogen, wo die Phosphatid--Fettsäuren ungesättigt sind, fester als bei Eidotterphosphatiden, wo vorwiegend Palmitin- und Ölsäure vorhanden sind. Färbungen mit Sudan 3 und 4 können unter Umständen Aufschluss über die Verteilung des Fettes im Gewebe geben⁴⁾. Solche Färbungen, am extrahierten und unextrahierten Material ausgeführt, können zeigen, welchen Fettanteil die angewandte Methode entfernt.

Es ist deshalb verständlich, dass auch in Naturprodukten Schwankungen bei der Bestimmung des Fettgehaltes auftreten, denn je nach der angewandten Methode wird nur das freie, oder das freie und gebundene Fett extrahiert. Dies wird deutlich in der Arbeit von *Reichert*⁵⁾ veranschaulicht, in welcher die Verhältnisse bei Hefe genau untersucht wurden. Bei diesem Produkt ist ein zweimaliger Aufschluss mit Methylalkohol während zwölf Stunden notwendig, um alles gebundene Fett freizulegen.

Wir setzten uns zum Ziel, Mahlprodukte, speziell solche von Weizen in der oben erwähnten Hinsicht zu prüfen. Da die chemische Zusammensetzung im Weizenkorn, je nach dem Teil desselben sehr verschieden ist, wählten wir zunächst den fettreichsten Anteil, den Weizenkeim. Die Untersuchung der Kleie

und des Mehlkörpers nach den oben erwähnten Gesichtspunkten beabsichtigen wir später durchzuführen.

B. Untersuchungsmaterial

Der Weizenkeim lässt sich nicht leicht in sauberer Weise vom übrigen Korne trennen. Meist gelangen grössere Teile des Keimes ins Mehl, andererseits haften den Keimen selber wiederum Teile der anschliessenden Epidermis des Kornes oder des Mehlkörpers an. Nur nach besonderer Behandlung (Pressen) gelingt es, den Keim abzusieben. Die Anreicherung ist aber je nach der maschinellen Einrichtung verschieden.

Für unsere Untersuchungen kamen nur möglichst reine Weizenkeime in Frage. Die Beschaffung des Materials machte während des Krieges zeitweise Schwierigkeiten. So war eine Beimischung von Gerste und Roggen zu Weizen obligatorisch, auch musste etwa alte verlegene Ware vermahlen werden.

Als geeignetes Produkt, in welchem die Keime weder vermahlen, noch irgendwie erwärmt, sondern nur bei möglichst tiefer Temperatur getrocknet wurden, erwiesen sich die Ekra-Keime *). Immerhin ist auch bei diesen Keimen mit gewissen Veränderungen, verglichen mit den ursprünglichen, zu rechnen. Vor allem verteilt sich das Fett bei der Pressung auf die andern Mahlbestandteile.

Eine Probe, welche besonders rein erschien und am 24. 3. 44 abgefüllt wurde, zeigte folgende Zusammensetzung:

Tabelle 1

Wasser	2,0 %	(Vakuum bei 70°)
Eiweiss	35,0 %	(N × 6,25)
Fett	12,53 %	(Petroläther-Soxhlet)
Stärke	14,34 %	(Terrier)
Zucker	19,21 %	(Nach Inversion als Saccharose berechnet)
Rohfaser	3,28 %	
Asche	4,0 %	

Die verschiedenen von uns benützten «Ekra»-Keime zeigten aus den oben angeführten Gründen immerhin noch beträchtliche Schwankungen in den Gehaltszahlen:

Fett	8,40 % — 12,53 %
Eiweiss	31,20 % — 35,0 %
Zucker	15,23 % — 21,21 %

*) Herrn *Krattiger* in Basel danken wir für die freundliche Zustellung der Keime.

II. Bestimmungsmethoden

Zur Abklärung der im Abschnitt I/A aufgeworfenen Fragen sahen wir die Überprüfung folgender Methoden vor:

- A. Extraktion nach Soxhlet mit verschiedenen Lösungsmitteln.
- B. Kaltextraktion mit verschiedenen Lösungsmitteln.
- C. Aufschluss mit Salzsäure und nachfolgende Extraktion.
- D. Extraktion mit Alkohol und nachfolgende Lösung in verschiedenen Lösungsmitteln.

A. Extraktion nach Soxhlet

Das Extraktionsmaterial wird kontinuierlich in dem hierfür konstruierten Apparat nach Soxhlet mit dem gewählten Lösungsmittel extrahiert. Die Temperatur des letzteren im Gefäss, wo sich die Extraktionshülse befindet, ist zwar tiefer als die Siedetemperatur des Lösungsmittels, da sie natürlich durch den kondensierten Anteil desselben herabgesetzt wird. Dennoch treten je nach Lösungsmittel starke Temperaturdifferenzen auf.

Die nach dieser Methode mit verschiedenen Lösungsmitteln erhaltenen Werte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 2

Lösungsmittel	Siedepunkt des Lösungs- mittels	Öl I	Öl II	Öl Mittel
		%	%	%
Trichloräthylen	87°	12,26	12,11	12,18
Benzol	81,1°	11,16	11,18	11,17
Äther	34,6°	10,60	10,62	10,61
Petroläther	30 - 60°	10,25	10,31	10,28

Wie aus der Tabelle 2 deutlich ersichtlich ist, nimmt die Ausbeute mit der Erhöhung des Siedepunktes des Extraktionsmittels zu. Wodurch ist nun die Erhöhung der Ausbeute bedingt? Liegt lediglich eine bessere Extraktion als Folge der höheren Temperatur vor, oder werden andersartige Bestandteile zusätzlich freigesetzt oder gelöst? Die Beantwortung muss sich auf Analysen der Fette gründen. Erfolgt nur ein vollständigerer Auszug des Neutralfettes, so sollte sich die Zusammensetzung desselben nicht wesentlich ändern. Durch längere Extraktionsdauer müsste zudem mit jedem Lösungsmittel schliesslich der gleiche Endwert erreichbar sein.

Eine bessere Lösung gleichartiger Fettanteile kommt nicht in Frage, da selbst bei beliebiger Verlängerung der Extraktionsdauer mit Petroläther auch

nicht annähernd die gleichen Werte erreicht werden konnten, wie zum Beispiel mit Trichloräthylen. (So wurden durch eine 10 Stunden dauernde Nachextraktion im Soxhlet mit Petroläther nur noch 0,2 % Öl gefunden.)

Die Extraktion bei höherer Temperatur scheint daher prinzipiell anders zu wirken, es müssen andere Bestandteile erschlossen werden. Es lag also nahe, das Fett der verschiedenen Extraktionen genau zu untersuchen, um allfällige Unterschiede festzustellen. Zunächst war nicht abzusehen, welche Zahlen sich ändern würden. Man konnte an die Verseifungszahl, Jodzahl, Säurezahl, das Unverseifbare, den Phosphor- oder Stickstoffgehalt denken, um hier die Lösung zu finden. Wir wählten die Verseifungszahl, weil sie exakte Werte liefert und Aufschluss über gewisse Bestandteile gibt. So wird sie durch das Unverseifbare erniedrigt, durch Phosphatide erhöht.

Durch Rechnung lassen sich folgende Werte ableiten:

Tabelle 3

Bezeichnung	Verseifungszahl		Molekulargewicht	
	Anhydridform	Hydratform	Anhydridform	Hydratform
Triolein	190,4		884,4	
Tristearin	189,1		890,9	
	Anhydridform	Hydratform	Anhydridform	Hydratform
Palmito-oleolecithin	221,6	216,4	759,7	777,7

Darum wurden die Verseifungszahlen in den beiden extremen Fällen, in mit Trichloräthylen und mit Petroläther extrahiertem Öl bestimmt. Da auch der Phosphorgehalt zur Beurteilung wesentlich erschien, bestimmten wir auch diesen in den beiden genannten Auszügen.

Es ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 4

Auszug	Ausbeute	Verseifungszahl	Säurezahl	P ₂ O ₅	Phosphatide
	%			%	%
Petroläther	8,35	171,6	21,8	0,33	3,6
Trichloräthylen	9,1	180,2	23,5	0,62	6,8

Wie man sieht, ist der Phosphorgehalt im Trichloräthylenauszug nahezu auf das Doppelte erhöht, ebenso ist die Verseifungszahl deutlich angestiegen.

Erhöhung des Phosphorgehaltes verändert hat, so zeigt es sich, dass den 6,8 Wird nun rechnerisch ermittelt, ob sich die Verseifungszahl proportional zu der Verseifungseinheiten, berechnet aus der vergrößerten Phosphatidmenge, 8,6 Einheiten als Differenz der effektiv bestimmten Verseifungszahlen gegenüberstehen. Die Differenz ist also grossenteils durch die Menge der Phosphatide veranlasst.

Da offensichtlich eine Veränderung des Öles je nach dem Extraktionsmittel eingetreten war und mit Trichloräthylen eine grössere Menge gelöst wurde, suchten wir diese Differenz direkt zu erfassen. Nach erschöpfender Extraktion mit Petroläther und dessen Entfernung aus den Keimen im Vakuum, erfolgte eine weitere Extraktion mit Trichloräthylen während 10—15 Stunden im Soxhletapparat.

Der erhaltene Olauszug zeigte folgende Phosphorgehalte:

Tabelle 5

Extraktionsdauer mit Trichloräthylen	P ₂ O ₅	Phosphatide
	%	%
10 Stunden	1. a) 2,33	25,57
	b) 2,38	26,12
15 Stunden	2. 2,92	32,05

Der Phosphorgehalt war in diesem Auszug demnach auf etwa den 4 fachen Wert angestiegen. Um festzustellen, ob es sich bei den Phosphorverbindungen wirklich um Phosphatide handle, wurde der Rückstand in sehr wenig Äther aufgenommen, mit Aceton gefällt und abzentrifugiert. Diese Operation wurde nochmals wiederholt. Der klebrige bräunliche Niederschlag wurde im Hochvakuum im Dunkeln bis zum konstanten Gewicht getrocknet und dessen Phosphorgehalt bestimmt. Er betrug 9,00 und 9,07 % P₂O₅. Nach *Diemair & Bleyer* ⁶⁾ bestehen die Fettsäuren in den Phosphatiden im Weizenkeim aus Palmitin- und Linolensäure und zwar im Verhältnis 1 : 5. *Rewald* ⁷⁾ findet in den Weizenkeimphosphatiden 80 % Lecithin und 20 % Kephalin. Mit diesen zwei Angaben errechnet sich das mittlere Molekulargewicht zu 779,6 für die Hydratform und 761,6 für die Anhydridform. Die diesem Molekulargewicht entsprechende Verseifungszahl beträgt dann 216,9 für die Hydratform und 222,1 für die Anhydridform. Der aus dem mittleren Molekulargewicht berechnete Faktor ist damit für die Hydratform 10,977 und 10,724 für die Anhydridform, wenn aus dem P₂O₅-Gehalt der Prozentsatz an Phosphatiden gefunden werden will.

Unter Anwendung des Faktors 10,977 auf Phosphatide umgerechnet, ergibt dies einen Phosphatidgehalt von 99,2 %. Der Niederschlag besteht demnach aus Phosphatiden.

Quantitativ verfolgt ergaben sich folgende Verhältnisse:

Tabelle 6

Extraktion					
1. mit Trichloräthylen			2. mit Petroläther		
Ausbeute	P ₂ O ₅	Phosphatid	Ausbeute	P ₂ O ₅	Phosphatid
%	%	%	%	%	%
9,05	0,56	6,1	8,27	0,33	3,6

Das mit Petroläther extrahierte Material wurde nun zusätzlich mit Trichloräthylen extrahiert.

Tabelle 7

Rest-Extraktion mit Trichloräthylen		
Ausbeute	P ₂ O ₅	Phosphatid
%	%	%
0,833	2,72	29,6

Nebeneinandergestellt ergeben sich folgende Zahlen:

Tabelle 8

Trichloräthylen allein	1. Petroläther 2. Trichloräthylen — Rest
Ausbeute 9,05 %	8,27 + 0,83 = 9,10 %
P ₂ O ₅ 0,56 % v. 9,05 g = 0,051 g	0,33 % v. 8,27 g = 0,027 g 2,7 % v. 0,83 g = 0,024 g <hr/> 0,051 g
Phosphatide 0,58 g	0,58 g

Petroläther allein ist also nicht imstande, das ganze Phosphatid herauszulösen. Erst mit Trichloräthylen gelingt es, eine weitere beträchtliche Menge in Lösung zu bringen.

Wie *Rewald* ⁷⁾ festgestellt hat, werden durch Petroläther das meiste Öl und die freien Phosphatide extrahiert. Wenn uns nun die Extraktion mit Trichloräthylen noch zirka 2 % Öl mehr liefert, so ist anzunehmen, dass dieses Restöl in der Zelle nicht frei vorkommt, sondern in irgend einer Weise, vermutlich an

Eiweiss, gebunden ist. Dies dürfte vor allem für die Phosphatide gelten, welche ausser an Eiweiss noch an Kohlenhydraten haften können. Phosphatide sind in Trichloräthylen schwer löslich. Wie wir später sehen werden, geht bei der Kaltextraktion mit Trichloräthylen nur zirka 0,2 % P_2O_5 in Lösung. Dass die Phosphatide bei der Trichloräthylenextraktion gleichwohl in Lösung gehen, ist demnach wohl auf den höheren Siedepunkt dieses Lösungsmittels und die relativ lange Extraktionsdauer zurückzuführen. Das Öl selber kann schliesslich auch zur Lösung der Phosphatide dienen.

Wie wir später sehen werden, geht bei der Extraktionsmethode nach *Terrier*, bei welcher der P_2O_5 -Gehalt des Öles bis zu 1 % ansteigt, ein Zuckerphosphatidkomplex klar mit Petroläther in Lösung. Da bei dem mit Trichloräthylen extrahierten Öl der P_2O_5 -Gehalt ebenfalls erhöht ist, war es naheliegend, auch dieses Öl auf Zucker zu prüfen. Die Untersuchung mit *Fehling'scher* Lösung — vor und nach der Hydrolyse — sowie die Furfurolreaktion mit Resorcin-Salzsäure auf Hexosen fielen jedoch negativ aus.

B. Kaltextraktion

Dieses Verfahren, wie es etwa in der Ausführungsform nach *Achermann* ⁸⁾ vollzogen werden kann, ist prinzipiell wohl als die einfachste Fettbestimmungsmethode anzusehen. Man extrahiert, indem man einen langsamen Strom des Lösungsmittels durch die zu analysierende Substanz gehen lässt. Praktisch ergeben sich einige Schwierigkeiten, vor allem in dem Sinne, dass die Zeit bis zur vollständigen Extraktion des Materials ziemlich lange ist und beträchtliche Mengen Lösungsmittel notwendig macht.

Im Sinne unserer oben skizzierten Absichten war diese Methode insofern von Bedeutung, als hier der Siedepunkt des Lösungsmittels und damit die Temperaturerhöhung nicht von Einfluss auf die Ausbeute sein konnten.

Wir erhielten nach dieser Methode folgende Ausbeuten:

Tabelle 9

Extraktionsmittel	I	II	Mittel
	%	%	%
Trichloräthylen	10,54	10,54	10,54
Benzol	10,32	10,28	10,30
Äther	10,47	10,61	10,54
Petroläther	9,99	10,21	10,10

Die Schwankungen der Ausbeute bei der Kaltextraktion sind bei den einzelnen Lösungsmitteln gering. Der Grund liegt wohl darin, dass mit dieser Methode in erster Linie das in der Zelle frei vorhandene Fett oder Öl extrahiert

wird. Das Extraktionsmittel ist nicht fähig, bei Zimmertemperatur das gebundene Fett oder Öl abzuspalten. Die dennoch auftretenden, wenn auch geringen Ausbeuteunterschiede sind daher eher auf den chemischen Charakter der Extraktionsmittel zurückzuführen.

Die bei der Kaltextraktion mit Petroläther und Trichloräthylen bestimmten Konstanten und Phosphorgehalte sind in Tabelle 10 und 11 für die Extreme zusammengestellt.

Tabelle 10

Trichloräthylen				
Ausbeute	Verseifungszahl	Säurezahl	P ₂ O ₅	Phosphatide
%			%	%
8,69	173,1	15,14	0,204	2,24
			0,205	2,25
8,74	172,8		0,209	2,29
			0,212	2,33

Tabelle 11

Petroläther				
Ausbeute	Verseifungszahl	Säurezahl	P ₂ O ₅	Phosphatide
%			%	%
8,20	171,6		0,256	2,81
			0,254	2,79
8,33	172,5		0,230	2,52
			0,223	2,44

Die Verseifungszahl des mit Petroläther bei kalter Extraktion erhaltenen Oles ist in ihrer Grösse ähnlich der Verseifungszahl des im Soxhletapparat mit den gleichen Lösungsmitteln isolierten. Die Verseifungszahl des kalten Trichloräthylenauszuges dagegen ist kleiner als beim entsprechenden Soxhletauszug, was auch mit dem tieferen P₂O₅-Gehalt im Einklang steht. Die Säurezahl ist bei der Kaltextraktion mit Trichloräthylen und Petroläther niedriger als bei der Soxhletextraktion. Dies mag seinen Grund in der viel schonenderen Behandlung haben.

C. Das Salzsäureaufschlussverfahren

Im Gegensatz zur Kaltextraktion ist diese Methode die grösste, welche in chemischer Hinsicht sicherlich den stärksten Eingriff bedeutet. Insbesondere ist dies der Fall bei dem Verfahren nach *Grossfeld*⁹⁾, bei welchem konzentrierte

Salzsäure zur Anwendung gelangt. Dieses eignet sich darum nicht für Weizenkeime, weil hier der hohe Zuckergehalt der Keime störend wirkt. Durch das Aufkochen mit konzentrierter Salzsäure wird er angegriffen, und dessen Abbauprodukte gehen mit brauner Farbe mit dem Öl in den Trichloräthylenauszug. Aus diesem Grunde wurde von einer Anwendung dieses Verfahrens abgesehen. Bei dem Salzsäureaufschluss zur Fettbestimmung im Brot wird im Schweizerischen Lebensmittelbuch an Stelle der konzentrierten Salzsäure eine solche von der Konzentration 1 : 10 verwendet.

Verglichen mit der direkten Soxhletextraktion wurden folgende Werte erhalten:

Tabelle 12

Salzsäureaufschluss Petroläther		Soxhletextraktion Petroläther	
%	%	%	%
8,76	8,85	8,29	8,34

Reichert ⁵⁾ stellt fest, dass bei der Salzsäurebehandlung vor allem die Lecithine gespalten werden, wobei wasserlösliche Teilstücke entstehen. Dies muss natürlich eine geringere Fettausbeute zur Folge haben. Trifft dies zu, so müsste sich bei dem Salzsäureaufschlussverfahren auch ein niedriger Phosphorgehalt feststellen lassen, da phosphorhaltige Verbindungen nicht mehr in das organische Lösungsmittel, sondern ins Wasser gehen.

Tabelle 13

P ₂ O ₅ -Gehalte		
Soxhlet Petroläther	Salzsäure Petroläther	Terrier Petroläther
%	%	%
0,33	0,30 0,26	1,00

Die Tabelle zeigt, dass der Phosphorgehalt beim Salzsäureverfahren tatsächlich noch etwas geringer wird, als beim Petrolätherauszug. Ein Teil des Lecithins wurde also wohl gespalten. Dies sollte sich in einer Erhöhung der Säurezahl ausdrücken, was durch unsere Versuche bestätigt wurde. Die Säurezahl betrug beim Salzsäureverfahren 29,0 gegenüber 21,8 beim Soxhletverfahren mit Petroläther.

D. Das Extraktionsverfahren nach Terrier

Die Methode *Terrier* ¹¹⁾ ist vor allem durch die Anwendung von Alkohol charakterisiert. Man lässt diesen letzteren kurze Zeit (zweimal 6 Minuten) auf

das Material kochend einwirken, giesst ab und extrahiert nun sowohl die Keime als auch den von Alkohol befreiten Rückstand mit einem Fettlösungsmittel, wie Petroläther, Äther etc.

Es ergaben sich bei zweimaligem, 6 Minuten lang dauerndem Erhitzen mit Alkohol folgende Ausbeuten:

Tabelle 14

Weizenkeime a		Weizenkeime b	
Soxhlet Petroläther	Terrier Alkohöläther	Soxhlet Petroläther	Terrier Alkohol-Petroläther
%	%	%	%
12,58	14,26	8,34	10,04
12,48	14,10	8,36	10,06

Die Ausbeute nach dem *Terrier*-Verfahren ist gegenüber den andern Methoden um zirka 2 % erhöht. In einer weiteren Versuchsserie wurde an anderem Material ausser mit Äther der Rückstand noch mit Petroläther, Benzol und Trichloräthylen als Lösungsmittel extrahiert. Dabei ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 15

Methode Terrier	Ausbeuten	Mittel
	%	%
Alkohol-Trichloräthylen	1. 12,37	12,40
	2. 12,42	
Alkohol-Benzol	1. 11,85	11,82
	2. 11,80	
Alkohol-Äther	1. 12,06	12,08
	2. 12,11	
Alkohol-Petroläther	1. 11,80	11,85
	2. 11,90	

Die Ausbeutedifferenzen zwischen den einzelnen Lösungsmitteln sind beim *Terrier*-Verfahren kleiner als bei der Extraktionsmethode nach *Soxhlet*. Der Grund ist wohl darin zu suchen, dass der Alkohol das gebundene Fett freilegt. Die kleinen dennoch auftretenden Unterschiede in den Ausbeuten sind dagegen vermutlich auf den chemischen Charakter der Lösungsmittel zurückzuführen. Die Kochzeit von zweimal 6 Minuten schien etwas kurz zu sein, um eine volle Freisetzung des Fettes zu gewährleisten. Andererseits war auch nicht abzusehen,

wie sich niedrigere Temperatur auswirken würde. Es wurden daher folgende Versuche angesetzt:

1. Kaltextraktion der Keime mit Alkohol bei Zimmertemperatur in einem Schliffkolben während vier Tagen.
2. Extraktion der Keime im Brutschrank bei 37° während vier Tagen.
3. Gewöhnliche Terrierextraktion, zweimal 6 Minuten langes Kochen mit Alkohol.
4. Einstündiges Kochen mit Alkohol am Rückflusskühler.
5. Extraktion der Keime im Soxhlet mit Alkohol während 12 Stunden.
6. Dreimalige Extraktion mit Alkohol.

Nach der Alkoholbehandlung wurde das Öl in üblicher Weise bestimmt. Die Ausbeuten und Verseifungszahlen sind in Tabelle 16 zusammengestellt:

Tabelle 16

Art der Extraktion	Bedingungen	Ausbeute	Einwaage Öl in g	Verseifungszahl
		Mittelwerte		
Terrier	Zimmertemperatur 4 Tage Kleiner Ansatz 7—8 g	% 11,88	0,8	176,1
	37°, 4 Tage	12,33	0,8	166,5
	100° (Kochen)	12,47	0,8	171,1
	2 mal 6 Minuten			160,7
	2 mal 6 Minuten			
	Grosser Ansatz ca. 300 g 1 mal 1 Stunde	12,34	0,8	161,2
	Anderes Material			
2 mal 6 Minuten	13,06			
3 mal 6 Minuten	13,21			
Terrier	Extraktion in Soxhlet 12 Std. mit Alkohol	12,26		
Soxhlet	Petroläther Ansatz ca. 300 g			184,8
	Kaltextr. Petroläther Ansatz ca. 200 g			184,9

Die kalte Behandlung mit Alkohol gibt die niedrigsten Werte. Immerhin sind auch diese schon ganz beträchtlich höher, als bei der direkten Äther- oder

Petrolätherextraktion. Das Extrahieren bei 37° erhöht die Ausbeute weiter, schon fast bis zum normalen Wert. Die Extraktion mit Alkohol im Soxhlet während 12 Stunden besitzt den Nachteil, dass bei diesem Verfahren sehr viel Eiweiss mit in Lösung geht, was die darauf folgende Fettextraktion sehr erschwert; deshalb ist die Ausbeute hier vielleicht nur scheinbar niedriger. Die grösste Ausbeute ergibt sich bei zweimaligem 6 Minuten langem Aufkochen mit Alkohol. Sie ist hier noch höher als beim einstündigen Kochen. Wichtig ist das zweimalige Aufkochen, was schon *Reichert* bei der Hefe festgestellt hat, wo ebenfalls ein zweimaliges Kochen mit Methanol, allerdings während 12 Stunden erforderlich war, um 98—99 % der gesamten Lipide zu extrahieren. Ein zweimaliges 6 Minuten lang dauerndes Erhitzen mit Alkohol liefert bei Weizenkeimen befriedigende Resultate. Ein dreimaliges Erhitzen, an anderem Material ausgeführt, erhöhte die Ausbeute nur noch unwesentlich.

Das Verfahren darf jedoch nicht auf jedes Untersuchungsmaterial übertragen werden, wie dies die Arbeit von *Reichert* deutlich zeigt. Die notwendige Dauer der Alkoholbehandlung hängt offenbar von der Menge des gebundenen Fettes einerseits und der Bindungsfestigkeit Fett-Eiweiss im Untersuchungsmaterial andererseits ab.

Die Verseifungszahl des nach *Terrier* erhaltenen Öles ist niedriger als bei dem Soxhletverfahren. Je stärker und länger die Einwirkung des Alkohols war, umso tiefer fiel dieselbe. Eine Herabsetzung der Verseifungszahl kann durch unverseifbare Bestandteile wie höhere Wachsalkohole, Sterine und deren Ester verursacht werden.

Aus diesem Grunde wurde sowohl im Soxhlet — wie im *Terrieröl* — das Unverseifbare nach der Äthermethode bestimmt.

Tabelle 17

Öl nach Soxhlet	Öl nach Terrier
Unverseifbares	Unverseifbares
%	%
5,59	5,39
5,58	5,26

Da die Menge der unverseifbaren in organischen Lösungsmitteln löslichen Bestandteile gleich blieb, konnten diese letzteren nicht die Ursache der Herabsetzung der Verseifungszahl sein. Man musste deshalb nach andern Komponenten suchen. Nun fiel auf, dass der Rückstand nach dem Abdampfen des Petroläthers einen eigenartigen caramelähnlichen Geruch aufwies. Dies brachte uns den Gedanken nahe, auf reduzierende Substanzen zu prüfen. Eine Prüfung auf Zuckerarten fiel nun tatsächlich stark positiv aus. (Reduktion von Fehling'scher Lösung nach Inversion), so dass geschlossen werden musste, die Erniedrigung der Ver-

seifungszahl werde hierdurch bedingt. Eigentümlich war dabei, dass die Zucker-
 Verbindung sich klar in Petroläther auflösen liess. Wie in einer weiteren Arbeit
 dargelegt wird, musste hier eine Bindung von Phosphatid an Zucker angenom-
 men werden. Diese Zucker-Phosphatidverbindung wurde nur im Öl, welches
 nach der Methode *Terrier* extrahiert wurde, gefunden. Bei den nach den anderen
 Methoden erhaltenen Ölen fiel eine Prüfung auf Zucker negativ aus.

Tabelle 18

Soxhlet Petroläther	Soxhlet Trichloräthylen	Terrier Alkohol/Petroläther
P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅
%	%	%
0,328	0,634	1,03
0,331	0,600	1,01

Da im Terrieröl der Gehalt an P, gerechnet als P₂O₅, bis zu einem Prozent
 ansteigt, lag es nahe zu vermuten, dass hier mehr Phosphatide in Lösung ge-
 gangen waren. Diese Vermutung wurde in der Folge bestätigt. Typisch ist offen-
 bar, dass die Bindung Phosphatid-Eiweiss erst durch die Alkoholbehandlung
 gelöst wird.

Der Unterschied in der Wirkung des Alkohols gegenüber derjenigen typisch
 organischer Lösungsmittel, wie Petroläther, Trichloräthylen usw. ist wohl auf
 den polaren Charakter des Alkohols zurückzuführen. Man kann sich dies zum
 Beispiel so erklären, dass der Lecithin-Zucker-Komplex adsorptiv an Eiweiss
 fixiert ist. Die typisch organischen Lösungsmittel drängen nun den hydrophilen
 Teil des Phosphatides an die gleichfalls hydrophilen Gruppen des Eiweisses
 heran. Eine Lösung des Phosphatides ist nur allmählich und erst nach Spaltung
 vom sehr hydrophilen Zuckeranteil möglich.

Die polare Natur des Alkohols gestattet dem gegenüber diesem letzteren,
 zwischen Eiweiss und Phosphatid zu treten und die adsorptive Bindung zu lösen.
 Schon in kurzer Zeit (zweimal 6 Min.) ist diese Alkoholwirkung offenbar weit-
 gehend vollzogen, wobei die relativ labile Bindung Phosphatid-Zucker intakt
 bleibt.

Ergänzend möchten wir immerhin festhalten, dass auch andere Möglich-
 keiten einer Bindung nicht aus dem Auge zu verlieren sind, wie etwa die Bindung
 der OH-Gruppe der Phosphorsäure des Phosphatids an eine NH₂-Gruppe des
 Eiweisses. Eine Spaltung würde eine Zunahme der Säurezahl bewirken. Tat-
 sächlich konnte eine solche Erhöhung in dem nach *Terrier* gewonnenen Öl (18,8)
 gegenüber dem nach *Soxhlet* mit Petroläther extrahierten (13,8) beobachtet
 werden. Allerdings könnte dieses Ansteigen der Säurezahl auch auf andere
 Gründe zurückzuführen sein.

III. Experimenteller Teil

Wir führen nur diejenigen Methoden auf, die in wesentlicher Art gegenüber der Literatur abgeändert wurden.

A. Wasserbestimmung

Ausführung: Die Substanz wurde im Hochvakuum in der Trockenpistole bei 70° auf konstantes Gewicht getrocknet. (Im Hochvakuum war nach 1—2 stündigem Trocknen Gewichtskonstanz erreicht.)

B. Rohfaser

Die Rohfaserbestimmung des Schweizerischen Lebensmittelbuches liess sich für Weizenkeime nicht anwenden, da die Filtration durch den Porzellanfiltertiegel sehr lange dauerte. Aus diesem Grunde arbeiteten wir wie folgt: Wir filtrierten nach dem Säureaufschluss durch ein aschefreies Rundfilter. Nach dem Auswaschen des Niederschlages wurde dieser quantitativ in eine Platinschale gespült und darauf auf dem Wasserbade zur Trockene eingedampft. Nach dem einstündigen Trocknen bei 103° wurde der Rückstand gewogen, geglüht und nochmals gewogen. Die Differenz entspricht der Rohfaser.

C. Zuckerbestimmung

Für die Zuckerbestimmung wählten wir die speziell für Weizenkeimlinge und andere Mahlprodukte ausgearbeitete Methode nach *H. Hadorn* ^{11), 12)}.

D. Phosphorbestimmung

Die Phosphorbestimmung erfolgte stufenphotometrisch nach der von *H. Wuhrmann* und *O. Högl* ¹³⁾ ausgearbeiteten Methode. Diese bietet den Vorteil, dass sie sehr kleine Materialmengen (5 γ — 20 γ P) erfordert, was natürlich die Zeit, welche für den Aufschluss des Oles benötigt wird, beträchtlich herabsetzt. Die benötigte Menge Öl, im organischen Lösungsmittel gelöst, betrug 0,001—0,003 g. So dauerte die Verbrennung mit Schwefelsäure 3 : 1 und konzentrierter Salpetersäure nur mehr 15—20 Minuten.

E. Die Kaltextraktion

Bei der Kaltextraktion nach *Achermann* ⁹⁾ dient als Extraktionsgefäss ein Glasrohr von zirka 35 cm Länge und 20 mm Durchmesser, welches unten zu einer Kapillare ausgezogen ist. Die Tropfenzahl des abtropfenden Extraktionsmittel wird durch einen in den untersten Teil des Rohres eingeführten Wattausch reguliert. Bei unserem Untersuchungsmaterial war es notwendig, über die Watte noch eine Schicht Asbest anzubringen, denn nur auf diese Weise war es möglich, vollständig klare Extrakte zu erhalten.

F. Das Extraktionsverfahren nach Terrier ¹¹⁾

Diese Methode wurde mit einigen Abänderungen wie folgt angewandt:

Die in einem 100 cc-Kolben befindlichen, fein gemahlene Keime (1—3 g) wurden zweimal 6 Minuten lang auf dem Wasserbad am Rückflusskühler mit 95prozentigem Alkohol erhitzt und die Lösung jeweilen nach dem Abkühlen durch Watte in einen Rundkolben (Erlenmeyerform) filtriert. Zur völligen Entfernung des Alkohols und Entfettung der Keime wurden diese dreimal mit Petroläther ausgezogen und dieser, nach Filtration durch Watte, ebenfalls in den Rundkolben verbracht, aus welchem der Alkohol vorher abdestilliert worden war. Auch der Petroläther wurde abdestilliert und die letzten Reste Alkohol und Petroläther im Hochvakuum bei 50° entfernt. Den Rückstand verrieb man mit Sand und Natriumsulfat im Mörser, verbrachte das Gemisch wiederum in den Rundkolben und extrahierte nochmals mit Petroläther. Die Petrolätherlösung wurde durch ein Rohr, welches eine Schicht Asbest, Watte und Natriumsulfat enthielt, filtriert. Die vollkommen klare Lösung wurde wiederum in einem Rundkolben eingengt und der Rückstand im Hochvakuum bei 50° bis zum konstanten Gewicht getrocknet und gewogen.

IV. Schlussfolgerungen

Als Ergebnis der vorstehenden Untersuchungen kann zunächst nochmals festgehalten werden, dass bei der Fettbestimmung in Lebensmitteln unbedingt die angewandte Analysenmethode genannt werden muss. Bei Mahlprodukten, wie Weizenkeimen, wo keineswegs die grössten Differenzen auftreten, ergeben sich im gleichen Produkt Schwankungen von Methode zu Methode bis zu 2,41 % (auf 10—12 % Totalfett), was eine Erhöhung der Fettausbeute um zirka 20 % bedeutet. Die Tabelle zeigt die extremen Werte.

Tabelle 19

Lösungsmittel	Kaltextraktion	Soxhlet	HCl + Petroläther	Alkohol + Petroläther (Terrier) resp. Trichloräthylen
	%	%	%	%
Petroläther	9,99	10,25	10,58	11,85
Trichloräthylen	10,54	12,26	—	12,40

Von keiner Methode kann gesagt werden, dass sie die «richtige» sei, da die Unterschiede nicht einfach durch mehr oder weniger vollständige Extraktion, sondern durch verschiedenartige Wirkungen des Verfahrens bedingt sind. Entsprechend ist auch die Zusammensetzung des «Fettes» eine verschiedene. Sowohl die Literatur, als auch unsere Untersuchungen führen zum Schluss, dass zwischen «freiem» und «gebundenem» Fett unterschieden werden muss. Das Wort «Fett»

selber ist ein Sammelbegriff, der selbst für dasselbe Naturprodukt je nach der Methode keineswegs einen Stoff von gleicher Zusammensetzung umfasst.

Die Differenzen von Methode zu Methode beruhen nun darauf, dass die eine nur das sogenannte «freie» Fett erfasst, die anderen mehr oder weniger «gebundenes» Fett freisetzen. Es geschieht dies durch verschiedenartige Abspaltung aus gewissen Komplexen, wobei vor allem die Menge der Phosphatide starken Schwankungen unterliegt.

Für die einzelnen Methoden ergeben sich folgende charakteristische Eigenschaften des Fettes:

A. Soxhlet-Methode: Da hier je nach Lösungsmittel die Temperatur variiert, ist die Abspaltung gebundenen Fettes aus den genannten Komplexen verschieden. Die *Soxhlet*-Methode dürfte damit ähnlich wirken wie eine direkte Warmextraktion. Nicht die chemische Natur des Lösungsmittels ist für das Endresultat entscheidend, sondern dessen Siedepunkt.

B. Kaltextraktion: Bei dieser Behandlung tritt die Art des Lösungsmittels stark in den Hintergrund. Die Differenzen sind von Lösungsmittel zu Lösungsmittel gering. Vermutlich wird hierbei fast ausschliesslich das «freie» Fett erfasst, während das «gebundene» Fett kaum losgelöst wird. Da im «freien» Fett die normalen Fettsäure-Glyzeride stark überwiegen, wird hier in dieser Hinsicht das einheitlichste, «reinste» Fett erhalten. Allerdings ist der Gehalt an Unverseifbarem (Sterine, Kohlenwasserstoffe, etc.) bei dieser Methode praktisch gleich hoch wie bei der Methode nach *Terrier*, die das andere Extrem darstellt. Es scheint demnach, dass das Unverseifbare sich grösstenteils im «freien» Fett vorfindet.

Die geringen Ausbeutedifferenzen zwischen den einzelnen Lösungsmitteln und das Vorwiegen der Neutralfette lassen hier die beste Reproduzierbarkeit der Kennzahlen erwarten. Für eine Charakterisierung des Fettes wird also diese Methode wohl die günstigste sein, sofern sie anwendbar ist.

C. Der Salzsäureaufschluss greift am stärksten spaltend ein. Nicht nur die Bindung Phosphatid-Eiweiss, sondern auch diejenige Glyzerin-Phosphorsäure wird weitgehend getrennt. Zu starke Salzsäure verändert zudem die Kohlenhydrate, gibt dunkelgefärbte, in organischen Lösungsmitteln lösliche Abbauprodukte, so dass eine Reproduzierbarkeit der Kennzahlen stark leiden muss. Man wird diesen Aufschluss aber immer dann anwenden müssen, wenn andere Methoden versagen.

D. Auch die Alkohol-Petroläthermethode setzt beträchtliche Mengen gebundenen Fettes frei. Besonders wird die Bindung Phosphatid-Eiweiss gespalten, während andererseits der übrige Phosphatidkomplex weitgehend erhalten bleibt. Besonders auffällig ist hier der Zucker, der in beachtenswerter Menge in die klare Petrolätherlösung geht und eine deutliche Erhöhung der Fettmenge bei gleichzeitiger Erniedrigung der Verseifungszahl bedingt.

Bei allen andern Methoden wird kein Zucker gefunden, was verschieden zu erklären ist. Bei der Kaltextraktion wird er fehlen, weil nur freies Fett ausgezogen wird und dieses offenbar zuckerfrei ist. Bei Salzsäure tritt sicherlich ein gewisser Aufschluss des gebundenen Fettes ein. Die spaltende hydrolysierende Wirkung ist hier aber viel zu stark, um den Zucker-Phosphatid-Komplex intakt zu lassen. Wird doch anscheinend sogar die Phosphatidsäure selber teilweise zerstört.

Bei heissem Trichloräthylenaufschluss schliesslich wird recht viel gebundenes Fett nebst Phosphatid freigesetzt. Ausser der Phosphatid-Eiweiss-Bindung wird hier jedoch im Gegensatz zur Methode *Terrier* der Zucker ebenfalls abgespalten. Die Methode *Terrier* liefert diesen Verhältnissen entsprechend die grösste Menge Fett. Dieses enthält aber entsprechend am meisten sozusagen «fremde» Bestandteile, die die Kennzahlen beträchtlich verändern. Andererseits kann natürlich auch der Standpunkt vertreten werden, dass Kohlenhydratanteile, die zufolge irgendeiner Verknüpfung mit Lipoiden schliesslich klar in Petroläther gelöst werden können, ebenfalls zum Fettkomplex gehören.

Schematisch kann die Wirkung der verschiedenen Methoden etwa folgendermassen veranschaulicht werden:

<i>Kaltextraktion:</i>	Freies Fett	
<i>Alle anderen Methoden:</i>	{ Freies und gebundenes Fett in grösserem oder geringerem Anteil	
<i>Phosphatid-Komplex</i>	{ Fettsäure	Spaltung durch Salzsäure
	{ Glyzerin	
	{ Phosphorsäure	Spaltung durch Trichloräthylen
	{ Zucker	
	{ Eiweiss	Spaltung durch Alkohol

Zusammenfassung

In der vorstehenden Arbeit wurden mehrere gebräuchliche Fettbestimmungsmethoden an Weizenkeimen unter Anwendung verschiedener Fettlösungsmittel vergleichend untersucht. (Extraktion nach *Soxhlet*, Kaltextraktion nach *Achermann*, Fettbestimmung nach Salzsäureaufschluss und Bestimmung nach *Terrier* mit Alkohol-Petroläther. Ausser diesen zwei letztgenannten Lösungsmitteln fanden Anwendung: Äther, Benzol und Trichloräthylen).

Die niedrigsten Fettgehalte ergab die Kaltextraktion, die höchsten das Verfahren nach *Terrier*. Die Differenz betrug bis zu 2,4 % auf eine Gesamtfettmenge von rund 12 %, das heisst zirka 20 % des Fettes.

Bei der Kaltextraktion geben die meisten Lösungsmittel ähnliche Werte. Es wird hier offenbar nur das sogenannte «freie» Fett extrahiert.

Alle übrigen Methoden setzen grössere oder geringere Mengen des sogenannten «gebundenen» Fettes frei, was die Unterschiede bedingt. Bei Fettgehaltsbestimmungen sollte daher stets die Methode der Fettbestimmung genannt werden.

Résumé

Dans le travail ci-dessus on fait l'étude comparative de plusieurs méthodes courantes de dosage de la graisse dans les germes de blé en faisant usage de solvants différents. (Extraction d'après Soxhlet, extraction à froid selon *Achermann*, dosage de la graisse après désagrégation par l'acide chlorhydrique et dosage selon *Terrier* à l'alcool et l'éther de pétrole. A part ces deux derniers solvants on fit usage d'éther, de benzène et de trichloréthylène.)

L'extraction à froid donna les plus faibles teneurs en graisse, les plus fortes le procédé selon *Terrier*. La différence s'éleva à 2,4 % sur une quantité totale de graisse de 12 % environ, soit à 20 % de la graisse environ.

Quand à l'extraction à froid, la plupart des solvants donnent des résultats similaires. On n'extrait dans ce cas, semble-t-il, que la soi-disant graisse «libre».

Toutes les autres méthodes libèrent des quantités plus ou moins fortes de la soi-disant graisse «liée», ce qui est la cause de ces différences. C'est pourquoi, lors de la détermination de la teneur en graisse, il faudrait toujours indiquer la méthode de dosage de la graisse.

Littérature

- 1) *K. Täufel* und *L. Standigel*. Über die Wirkungsweise der wichtigsten Fettextraktionsmittel. Allg. Öl- und Fettzeitung, **27**, 127 (1930).
- 2) *Soerensen*, Kolloid Zeitschrift **53** (1930).
- 3) D.R.P. 357081 C. IV, 814 (1922).
- 4) *Kay* und *Whitehead*, Färbung von Fetten mit Sudan IV. Journ. of path. und bact. **41**, 303—305 (1935) und *Barton Wright*, Beobachtungen über die Natur der Lipoide des Weizenmehles, des Keimlings und der Kleie. Cereal Chem. **15**, 723—738 (1938).
- 5) *Reichert*, Helv. **27**, 961 (1944).
- 6) *Diemair & Bleyer*, Biochem. Ztschr. **275**, 242 (1935).
- 7) *Rewald*: Der Fett- und Phosphatidgehalt von Weizenkeimen. Chem. Ind. **55**, 1002—1003 (1937).
- 8) *Achermann*, Contribution au dosage des matières grasses, Mitt. **32**, 12 (1941).
- 9) *Grossfeld*: Nahrungs- und Genussmittel, **44**, 193 (1922).
- 10) *J. Terrier*: Un Nouveau procédé de dosage de matière grasse dans les produits alimentaires en poudre. Mitt. **32**, 237 (1941).
- 11) *H. Hadorn* und *Th. von Fellenberg*: Überprüfung einer jodometrischen Zuckerbestimmungsmethode. Mitt. **36** (1945) 359. Siehe auch *Th. v. Fellenberg* Mitt. **11** 129 (1920).
- 12) *H. Hadorn*: Über die Zuckerbestimmung in Weizenkeimen und andern Mahlprodukten Mitt. **36** (1945) 386.
- 13) *Wuhrmann & Högl*: Phosphorsäurebestimmung in Lebensmitteln mit Hilfe des Stufenphotometers nach Pulfrich, Mitt. **35**, 273, (1944).