

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

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 52 (1961)

**Heft:** 1

**Artikel:** Papierelektrophoretischer Nachweis von Prolamin in Reiseiweiss

**Autor:** Padmoyo, M. / Högl, O.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-981749>

#### 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:** 28.01.2026

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

# Papierelektrophoretischer Nachweis von Prolamin in Reiseiweiß

Von *M. Padmoyo* und *O. Högl*

(Institut für Lebensmittelchemie der Universität Bern, Eidg. Gesundheitsamt)

## 1. Einleitung

Als Prolamine werden Eiweißkörper bezeichnet, die durch Extraktion aus Samen der Getreidearten mit Alkohol von 50 bis 80 Vol.% erhalten werden. Dem hohen Prolinegehalt verdanken sie vermutlich ihre Alkohollöslichkeit. Außer in den Samen der Getreidearten ist dieser Eiweißkörper noch nicht gefunden worden. Das Getreideeiweiß besteht je nach Getreideart zu 10 bis 60 % aus Prolamin. Hafereiweiß enthält 10 bis 15 %, Weizen-, Roggen- und Gersteeiweiß 30 bis 50 %, Maiseiweiß 50 bis 55 % und Hirseeiweiß etwa 57 % Prolamin (*Brohult* und *Sandegren*, 1954).

Ueber die Anwesenheit von Prolamin in Reiseiweiß sind die verschiedenen Autoren nicht der gleichen Meinung. Deswegen haben *Brohult* und *Sandegren* in ihrer Uebersichtstabelle die Bemerkung «unsicher» beim Reisprolamin angebracht. *Rosenheim* und *Kajiura* (1907), die sich als erste mit der Erforschung von Reiseiweiß befaßten, konnten in Reis kein alkohollösliches Eiweiß finden. *Suzuki*, *Yoshimura* und *Fuji* (1909) isolierten mit 60%igem Alkohol und später *Osborne*, *Van Slyke*, *Leavenworth* und *Vinograd* (1915) mit 80%igem Alkohol aus Reis eine Eiweißfraktion, deren Menge aber zu gering war, um das Eiweiß chemisch charakterisieren zu können. *Hoffman* (1925) wiederholte den Versuch im größeren Ausmaß, und es ist ihm gelungen, von der alkohollöslichen Fraktion des Reiseiweißes eine Elementaranalyse durchzuführen. Er hat gefunden, daß die Elementaranalyse des Reisprolamins derjenigen des Weizengliadins zwar nicht vollkommen gleicht, doch sehr ähnlich ist. Das Reisprolamin enthält etwas weniger Stickstoff und mehr Kohlenstoff als das Weizengliadin.

*Tamura*, *Tsunoda*, *Kirimura* und *Miyazawa* (1952) haben die Aminosäurenanalyse von Reisprolamin durchgeführt und haben gefunden, daß es viel Glutaminsäure, viel Prolin, wenig Histidin und sehr wenig Lysin enthält, ähnlich wie bei der Aminosäurengarnitur des Gliadins (*Bligh*, 1946). Heutzutage gibt es noch Autoren (*Kent-Jones*, 1947; *Waldschmidt*, 1957), die die Ansicht vertreten, daß Reis die einzige Getreideart ist, die überhaupt kein Prolamin enthält.

In dieser vorliegenden Arbeit möchten wir berichten, daß wir bei unsrern papierelektrophoretischen Studien über Getreideeiweiß in vier Reissorten, zwei italienischen, einer siamesischen und einer amerikanischen, eine alkohollösliche Eiweißfraktion festgestellt und papierelektrophoretisch charakterisiert haben. Es handelte sich um ganz geringe Mengen Eiweiß, und nur dank der großen Empfindlichkeit der Papierelektrophorese konnten wir die Anwesenheit des Pro-

mins in den untersuchten Reissorten eindeutig feststellen. Unter den vier untersuchten Reissorten befand sich eine Probe Rohreis; bei den drei andern handelte es sich um polierten Reis.

## 2. Arbeitsmethode und Versuchsbedingungen

Die Reiskörner wurden zunächst fein gemahlen, um eine leichte und weitgehende Extraktion erreichen zu können. Als Extraktionsmittel benützten wir Aethanol verschiedener Konzentration: 0, 10, 20 . . . 90 Vol.%. Bei der Extraktion wurden die folgenden Versuchsbedingungen gewählt: a) 40 ml Extraktionsmittel pro 10 g lufttrockenes Reismehl; b) eine Temperatur von 5° C. Diese tiefe Temperatur wurde gewählt, um eine Komplikation wegen eines eventuellen mikrobiologischen Abbaus während der Extraktion zu vermeiden; c) eine Extraktionsdauer von 15 Stunden (über Nacht im Kühlschrank stehen lassen). Nach der Extraktion erfolgte die Trennung des Extrakts vom Rückstand durch Zentrifugieren bei Raumtemperatur, 3000 U/min, innerhalb 10 Minuten. Das Eiweiß wurde im Extrakt, ohne vorherige Isolierung, möglichst schnell nach der Extraktion papierelektrophoretisch untersucht.

Für die papierelektrophoretischen Untersuchungen wurde die Elphor-H-Elektrophoresekammer nach *Graßman* und *Hannig* und das Elphorstreifenpapier Nr. 2043 b.Gl. vom Format 3,9×31,5 cm der Firma Schleicher & Schüll verwendet. Für die Papierelektrophorese von Reisprolamine erwiesen sich die folgenden Versuchsbedingungen als geeignet: a) eine Natriumkarbonat-Bikarbonat-Pufferlösung von pH = 10 und Ionenstärke  $\mu = 0,15$  folgender Zusammensetzung: 750 ml einer 0,1 molaren Natriumkarbonatlösung, 750 ml einer 0,1-molaren Natriumbikarbonatlösung und 500 ml destilliertes Wasser; b) eine Klemmspannung von 220 Volt; c) die aufgetragene Extraktmenge betrug 0,4 ml; d) eine anodische Wanderung des Eiweißes; e) eine Versuchsdauer von 5 Std.

Die Anfärbung der Pherogramme wurde mit Amidoschwarz 10 B und die Auswertung der gefärbten Pherogramme mittels Transparenzphotometrie durchgeführt. Aus den Meßergebnissen konnten die Extinktionsdiagramme erhalten und die Kurvenflächen mit einem Planimeter ausgemessen werden (*Hellhammer* und *Högl*, 1958).

Die Feuchtigkeitsbestimmungen an Reismehl wurden mit einer Probemenge von etwa 1 g in einem Wägegläschen von etwa 25 ml, bei 105° C, innerhalb 15 Stunden (über Nacht im Trockenofen stehen lassen) durchgeführt.

Zur Bestimmung des Stickstoffes wurde die Halbmikro-Kjeldahlmethode mit dem Destillationsapparat nach *Parnas* und *Wagner* angewandt. Beim Kjeldahl-Aufschluß benützten wir eine Katalysatorenmischung von Kaliumsulfat, Quecksilberoxyd und Selenpulver im Verhältnis  $K_2SO_4 : HgO : Se = 100 : 3 : 0,3$ . Für die Kjeldahlanalyse betrug die Einwaage jeweils etwa 1 g Trockensubstanz, bei deren Aufschluß 3 g Katalysatorenmischung und 15 ml konzentrierter Schwefelsäure benutzt wurden (*Hadorn, Jungkunz und Biefer*, 1953).

### 3. Durchführung der Versuche

Die Untersuchungen wurden im Sommer und im Herbst 1959 durchgeführt. Die untersuchten Reissorten waren: 1. Camolino (Italien), 2. Originario (Italien), 3. Silva Carolina (Siam), 4. Zenith 2 (USA). Bei Originario handelt es sich um Rohreis, bei den anderen um polierten Reis. Alle vier wurden von der Firma Hans Giger & Co., Lebensmittelimport in Bern, bezogen. Die Reiskörner wurden in einer kleinen Laboratoriumsschlagmühle und anschließend in einem Porzellanmörser zerkleinert. Vorsichtshalber wurde während des Mahlens dafür gesorgt, daß die Temperatur des Reismehles nicht über 35° C stieg, denn eine höhere Temperatur hätte eine Denaturierung des Reiseiweißes hervorrufen können. Eine Siebanalyse wurde durchgeführt, um die Feinheit des Mehles messen zu können.

*Siebanalyse des untersuchten Reismehles*

Siebgröße in Maschen je cm	Korngröße in mm	Gewichtsanteil in %
27 — 40	0,20 — 0,15	52 — 55
40 — 50	0,15 — 0,12	23 — 25
> 50	< 0,12	22 — 24

Der Wassergehalt des lufttrockenen Reismehles ergab sich aus den Feuchtigkeitsbestimmungen:

*Wassergehalt des untersuchten Reismehles*

Reissorte	Wassergehalt in %
Camolino	11,8
Silva Carolina	10,6
Zenith 2	10,8
Originario	11,1

Für die Herstellung der Extraktionsmittel benützten wir absolutes Aethanol, das mit destilliertem Wasser zur gewünschten Konzentration verdünnt wurde. Zur Extraktion des Reiseiweißes wurden 10 g Reismehl in einem Zentrifugenglas von etwa 65 ml mit 40 ml Extraktionsmittel versetzt, mit einem Glasstäbchen gerührt und bei einer Temperatur von 5° C während 15 Stunden extrahiert. Die Durchführung der Extraktion in einem Zentrifugenglas war sehr praktisch, da wir die ganze Sache nachher anschließend abzentrifugieren konnten, ohne Verluste an Substanz zu erleiden. Für die papierelekrophoretischen Untersuchungen brauchten wir nicht viel Substanz, und die kleine Extraktmenge, die wir bei der

Extraktion in einem Zentrifugenglas erhielten, war für unsere Versuche mehr als genügend. Mit der geringen Substanzmenge konnten wir nicht nur eine qualitative Charakterisierung des Eiweißes, sondern auch eine quantitative Auswertung der Elektropherogramme erreichen. Für die qualitative Charakterisierung benützten wir die Extinktionsdiagramme, und für die quantitative Auswertung maßen wir die SEK (Spezifische Elektropherogramm-Kurvenfläche), d.h der Gesamtkurvenflächenwert von 0,01 ml aufgetragenen Extraktes (*Padmoyo und Högl, 1959*).

Weil wir nur kleine Mengen Eiweißextrakt herstellten, wurde die Stickstoffbestimmung nicht direkt im Extrakt, sondern indirekt aus dem Unterschied zwischen dem Stickstoffgehalt im Reismehl vor der Extraktion und demjenigen im Rückstand nach vollständiger Extraktion abgeleitet. Die Arbeitsvorschrift für die Stickstoffbestimmung stützte sich auf die von *Hadorn, Jungkunz und Biefer (1953)* empfohlene, für Lebensmittel allgemein anwendbare Halbmikro-Kjeldahlmethode.

Die elektrophoretische Beweglichkeit des Eiweißes wurde mit Hilfe einer für die Papierelektrophorese korrigierten Formel berechnet:

$$u = \frac{d \cdot l}{t \cdot V} \cdot \left( \frac{l'}{l} \right)^2 \text{ cm}^2 \cdot \text{Volt}^{-1} \cdot \text{Sek.}^{-1},$$

wo  $u$  die Beweglichkeit des Eiweißes,  $d$  in  $t$  Sekunden zurückgelegte Strecke in cm,  $t$  die Versuchsdauer in Sekunden,  $l$  der Abstand zwischen den Elektroden in cm,  $V$  die angelegte Potentialdifferenz in Volt und  $\left( \frac{l'}{l} \right)$  eine Materialkonstante des Papiers bedeuten.

#### 4. Resultate

##### a) Elektropherogramme

Das folgende Bild zeigt uns die Elektropherogramme des Eiweißes, das aus Rohreis und aus poliertem Reis mit Aethanol verschiedener Konzentration extrahiert wurde. Die Versuchsbedingungen bei der Extraktion und bei der Papierelektrophorese des Eiweißes sind in der Arbeitsmethode bereits beschrieben worden.

Der Rohreis enthält mehr wasserlösliches Eiweiß als der polierte Reis. Mit der Zunahme des Alkoholgehalts nimmt die Löslichkeit des wasserlöslichen Eiweißes ab, bis bei einer Alkoholkonzentration von 60 % eine andere Eiweißfraktion zum Vorschein kommt. Diese alkohollösliche Eiweißfraktion hat ihre größte Löslichkeit bei einer Alkoholkonzentration von 70 %. Mit 90%igem Alkohol lässt sie sich nicht mehr gut extrahieren.

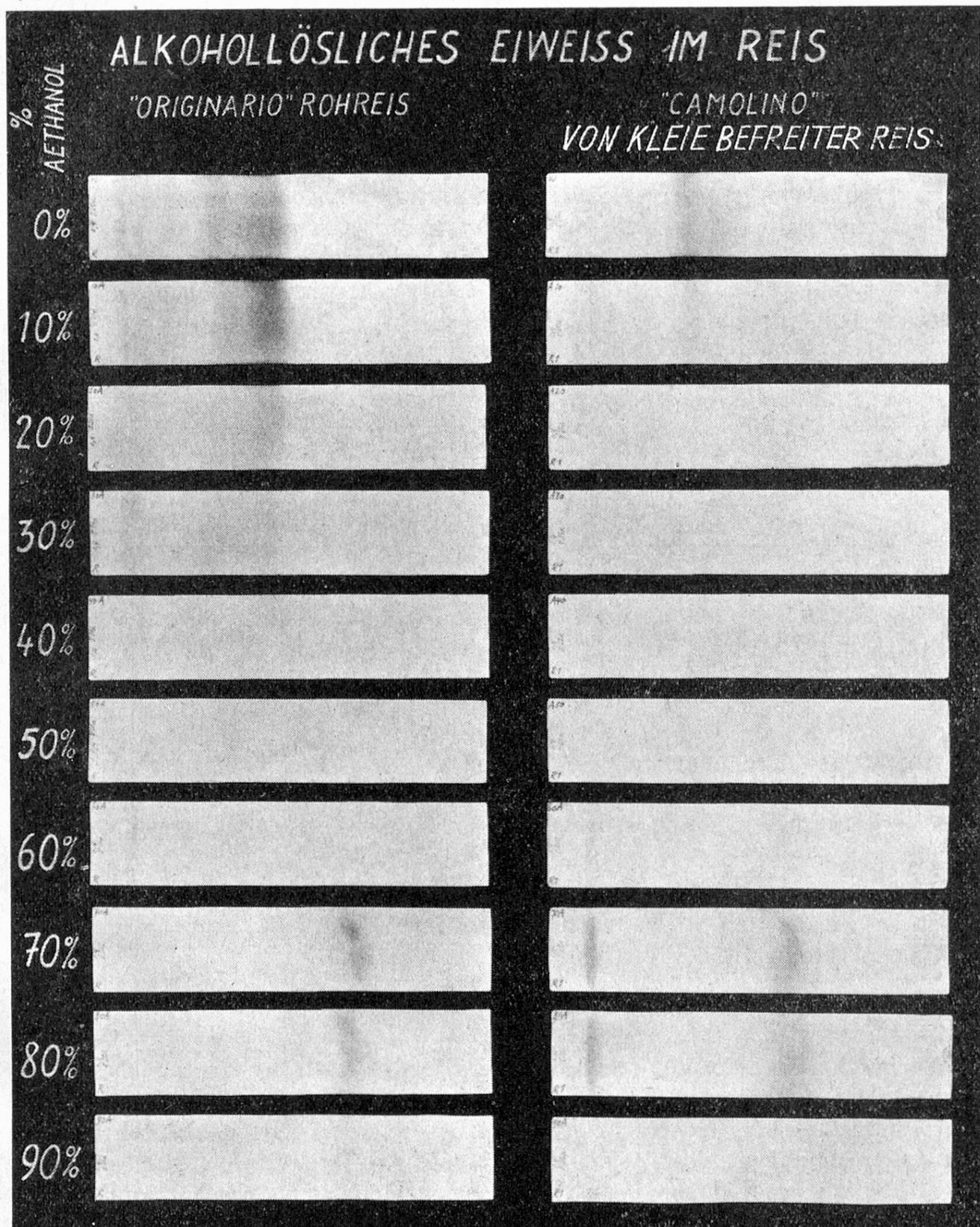


Abbildung 1  
Elektropherogramme des mit Aethanol verschiedener Konzentration  
extrahierten Reiseiweißes

### b) Stickstoffbestimmungen

Zur Ermittlung des Eiweißgehalts im Reismehl und des Prozentgehalts an wasserlöslicher bzw. an alkohollöslicher Fraktion wurden Stickstoffbestimmungen in dem noch nicht extrahierten Reismehl und in den Rückständen nach der erschöpfenden Extraktion mit destilliertem Wasser bzw. mit 70%igem Aethanol durchgeführt. Unter einer erschöpfenden Extraktion verstehen wir eine mehrmalig wiederholte Extraktion, bis der letzte Auszug mit Amidoschwarz 10 B keine positive Anfärbung mehr gibt. Meistens genügt es, die Extraktion 5- bis 6mal zu wiederholen. Die folgenden Resultate haben sich aus den Eiweißbestimmungen ergeben:

*Eiweißbestimmungen bei den untersuchten Reissorten*

Reissorte	Gesamteiweiß % i.Tr.	Eiweißfraktionen in % des Gesamteiweißes	
		wasserlösliches Eiweiß	alkohollösliches Eiweiß
Originario	8,5	1,9	1,6
Camolino	7,2	0,9	1,9
Silva Carolina	6,9	1,0	1,4
Zenith 2	8,3	0,9	2,8

Wie die Tabelle zeigt, enthält der polierte Reis eher mehr alkohollösliches Eiweiß als der Rohreis. Daß der Rohreis mehr wasserlösliches Eiweiß als der polierte Reis enthält, haben wir auch bereits bei den Elektropherogrammen festgestellt.

Die Berechnung des Eiweißgehaltes bei den Reissorten wurde durch Multiplizieren des ermittelten Stickstoffgehalts mit einem von Jones empfohlenen Umrechnungsfaktor von 5,95 durchgeführt (*Sahyun*, 1948).

### c) Verlauf der Löslichkeit

Wir wollen den Verlauf der Löslichkeit des Reiseiweißes bei der Extraktion mit Aethanol verschiedener Konzentration mit demjenigen des Hafer- und des Weizeneiweißes vergleichen, und zwar haben wir den Originario-Rohreis und das Vollkornmehl von Manitoba-Weizen und von Minor-Hafer untersucht. Die SEK (Spezifische Elektropherogramm-Kurvenfläche, d.h. der Gesamtkurvenflächenwert von 0,01 ml aufgetragenem Extrakt) in jedem Auszug wurde gemessen und als Maß für die Menge des extrahierten Eiweißes verwendet.

### Spezifische Elektropherogramm-Kurvenfläche der Auszüge (in mm<sup>2</sup>)

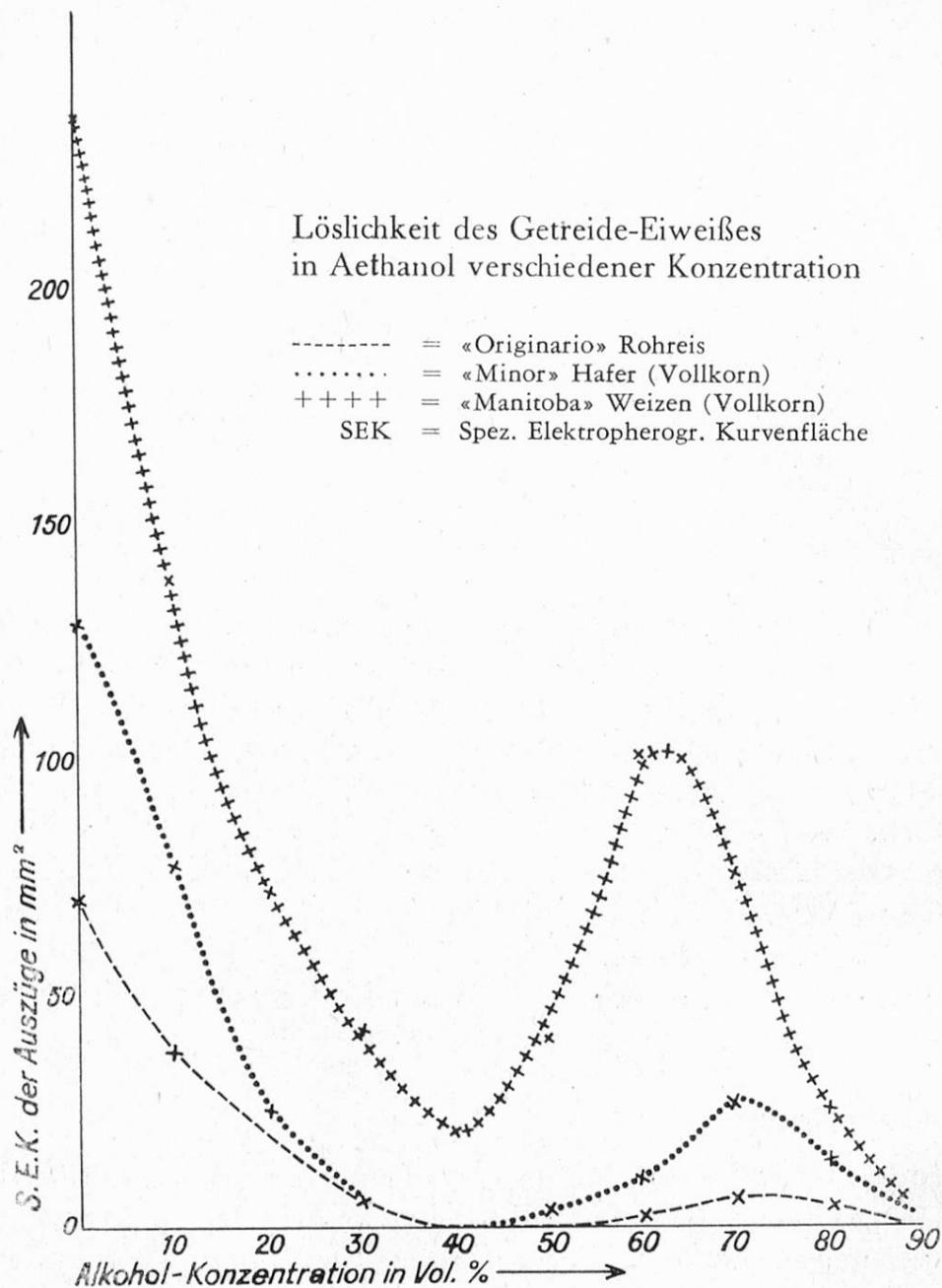
Extraktionsmittel	Originario-Rohreis	Minor-Hafer Vollkorn	Manitoba-Weizen Vollkorn
Destilliertes Wasser	70	129	236
Aethanol 10 %	37	77	138
» 20 %	20	25	72
» 30 %	5	5	42
» 40 %	—	—	20
» 50 %	—	4	40
» 60 %	2	10	100
» 70 %	6	27	75
» 80 %	4	14	25
» 90 %	—	3	5

Aus diesen SEK-Meßergebnissen haben wir eine graphische Darstellung für den Verlauf der Löslichkeit des Getreideeiweißes bei der Extraktion mit Aethanol verschiedener Konzentration gemacht (Siehe Darstellung auf Seite 36). Im Prinzip zeigen die Kurven bei allen drei Getreidearten das gleiche Bild. Jede Kurve besteht aus zwei Teilen, demjenigen des wasserlöslichen und demjenigen des alkohollöslichen Eiweißes. Bei 40 % Alkohol gibt es ein Minimum bei allen drei Kurven. Die Löslichkeit des Prolamins liegt bei Alkoholkonzentrationen zwischen 50 und 80 %. Für Reis- und Haferprolamin liegt das Maximum bei 70 % und für Weizengliadin zwischen 60 und 70 % Alkohol. Außerdem haben wir bei den SEK-Werten festgestellt, daß das Prolamin sich mit Amidoschwarz 10 B weniger intensiv anfärbt als das wasserlösliche Eiweiß.

#### d) Extinktionsdiagramme

Die folgenden Bilder (Abbildungen 2, 3, 4 und 5) sind Extinktionsdiagramme des wasserlöslichen und des alkohollöslichen Reiseeiweißes, die aus den Meßergebnissen bei der Auswertung der gefärbten Elektropherogramme mittels der Transparenzphotometrie erhalten wurden. Zu den Angaben über die Versuchsbedingungen, die in der Arbeitsmethode bereits eingehend erwähnt worden sind, möchten wir noch beifügen, daß wir für die Auf trennung der Komponenten der wasserlöslichen Fraktion eine Versuchsdauer von 16 Stunden benutzt haben.

Bei den Extinktionsdiagrammen können wir deutlich feststellen, daß der Rohreis mehr wasserlösliches Eiweiß als der polierte Reis enthält (Abb. 2 und 4). Diese wasserlösliche Fraktion des Reiseeiweißes besteht, abgesehen von einer an der Auftragsstelle liegen gebliebenen Komponente, aus drei Komponenten bei dem Rohreis und aus zwei Komponenten bei dem polierten Reis. Die alkohollösliche Fraktion besteht sowohl bei dem Rohreis als auch bei dem polierten nur aus einer Komponente. Für den erwähnten Vergleich zwischen Rohreis und poliertem Reis wäre es richtiger gewesen, wenn wir nicht zwei verschiedene,



sondern die gleiche Reissorte, roh und poliert, untersucht hätten. Leider konnten wir uns keinen Camolino-Rohreis und keinen polierten Originario-Reis beschaffen.

Bei den erwähnten Versuchsbedingungen wandert das Reisprolamin viel schneller als die Komponenten des wasserlöslichen Reiseiweißes.

«Originario» Rohreis, wasserlösliches Eiweiß

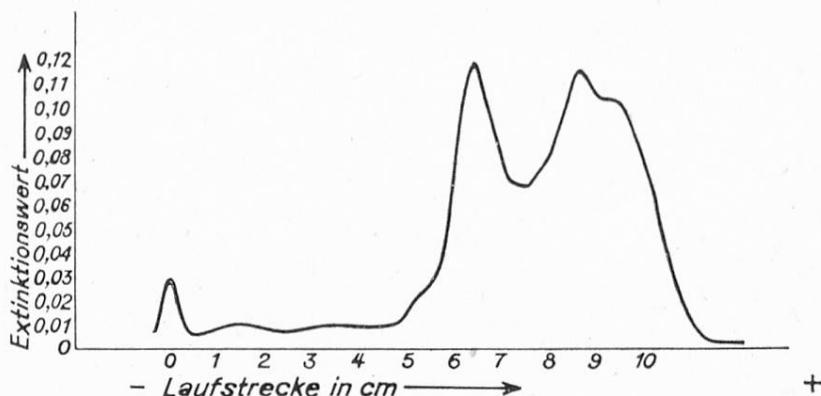


Abbildung 2

Extinctionsdiagramm von wasserlöslichem Eiweiß in Rohreis

*Versuchsbedingungen*

Extraktion:

40 ml destilliertes Wasser  
10 g lufttrockenes Reismehl  
Temperatur 5° C, 15 Stunden

Papierelektrophorese:

Aufgetragener Extrakt 0,4 ml  
Bikarbonat-Karbonat-Puffer  
pH = 10,  $\mu$  = 0,15  
Klemmspannung 220 Volt  
Raumtemperatur 20° C  
S & S Papier 2043 b.Gl.  
(Format 3,9 x 31,5 cm)  
Versuchsdauer 16 Stunden  
Wanderung anodisch  
Anfärbung Amidoschwarz 10 B  
Transparenzphotometrie

«Originario» Rohreis, alkohollösliches Eiweiß

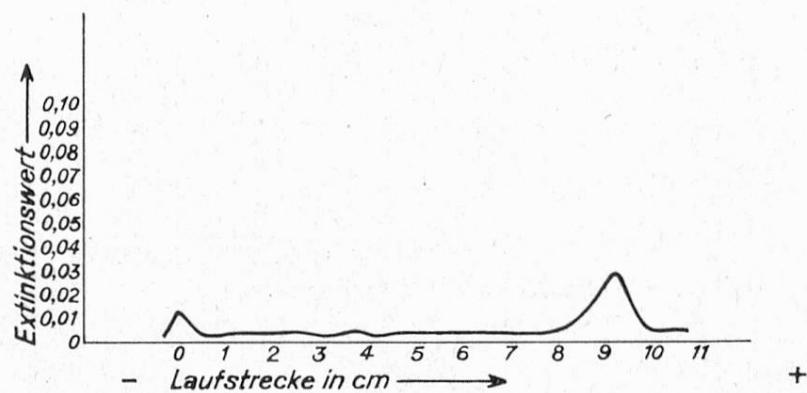


Abbildung 3

Extinctionsdiagramm von alkohollöslichem Eiweiß in Rohreis

*Versuchsbedingungen*

Extraktion:

40 ml 70 Vol.% Aethanol  
10 g lufttrockenes Reismehl  
Temperatur 5° C, 15 Stunden

Papierelektrophorese:

Versuchsdauer 5 Stunden  
Uebrige Versuchsbedingungen  
wie bei Abbildung 2

«Camolino» polierter Reis, wasserlösliches Eiweiß

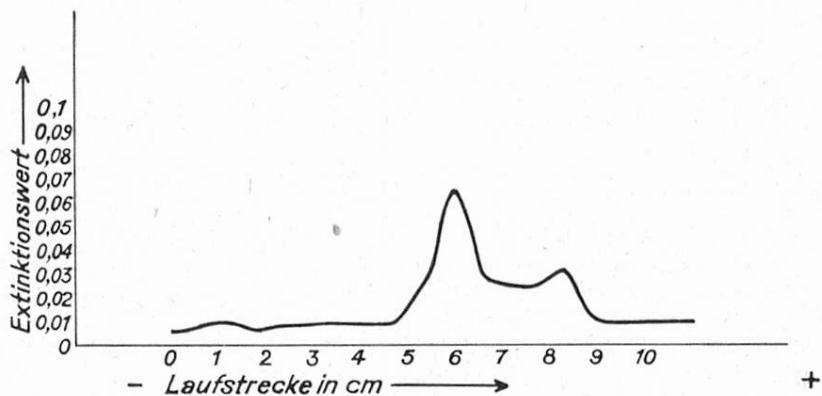


Abbildung 4

Extinctionsdiagramm von wasserlöslichem Eiweiß in poliertem Reis

Versuchsbedingungen wie bei Abbildung 2

«Camolino» polierter Reis, alkohollösliches Eiweiß

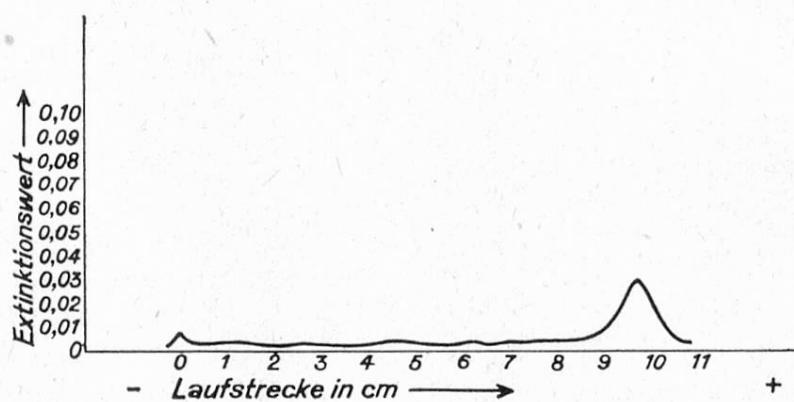


Abbildung 5

Extinctionsdiagramm von alkohollöslichem Eiweiß in poliertem Reis

Versuchsbedingungen wie bei Abbildung 3

### e) Elektrophoretische Beweglichkeit

Die elektrophoretische Beweglichkeit ist unter standardisierten Bedingungen eine stoffeigene, charakteristische Größe und wird bei der Elektrophorese zur Charakterisierung der wandernden Substanz benutzt. Ob wir die elektrophoretische Beweglichkeit eines Proteins mit der klassischen oder mit der Papier-elektrophorese messen, sollten wir theoretisch mit beiden Methoden bei gleichem pH-Wert und gleicher Ionenstärke des Puffers und bei gleicher Temperatur zu einem gleichen Resultat gelangen. In der Praxis gibt es aber zahlreiche Stör-effekte bei der Papierelektrophorese, wie die Elektroosmose, die Sogeffekte und die Adsorption des Eiweißes an der Papierfaser. Bei der Papierelektrophorese können wir deswegen die elektrophoretische Beweglichkeit nur in einiger An-näherung bestimmen. Wenn es darum geht, genaue elektrophoretische Beweglichkeitsmessungen unter genau standardisierten Versuchsbedingungen auszuführen, liefert das klassische Verfahren sehr exakte quantitative Ergebnisse.

Die elektrophoretische Beweglichkeit eines Proteins wird als eine pro Feld-stärkeneinheit gemessene Wanderungsgeschwindigkeit definiert:

$$u = \frac{v}{F} = \frac{d \cdot l}{t \cdot V} \text{ cm}^2 \cdot \text{Volt}^{-1} \cdot \text{Sek.}^{-1}$$

$u$  = elektrophoretische Beweglichkeit des Proteins

$v$  = Wanderungsgeschwindigkeit des Proteins

$F$  = Feldstärke

$t$  = Versuchsdauer in Sekunden

$d$  = in  $t$  Sekunden zurückgelegte Strecke in cm

$l$  = Abstand zwischen den Elektroden

$V$  = angelegte Potentialdifferenz in Volt

Bei der Papierelektrophorese dürfen wir diese Formel nicht ohne weiteres anwenden, weil die vom Eiweißteilchen auf dem Papierstreifen zurückgelegte Strecke nicht dem kürzesten Weg  $d$ , den wir auf dem Elektropherogramm messen, entspricht, sondern wegen der kapillaren Struktur des Papiers um einen Faktor  $\left(\frac{l'}{l}\right)$  größer ist. Auf dem Papierstreifen wandert das Eiweißteilchen nicht ge-rade, sondern in irgendwie geschlängeltem Wege. Den Faktor  $\left(\frac{l'}{l}\right)$  können wir als eine Materialkonstante des Papiers betrachten. Für die Berechnung der elektrophoretischen Beweglichkeit bei der Papierelektrophorese können wir die folgende korrigierte Formel

$$u = \frac{d' \cdot l'}{t \cdot V} = \frac{d \cdot l}{t \cdot V} \left(\frac{l'}{l}\right)^2 \text{ cm}^2 \cdot \text{Volt}^{-1} \cdot \text{Sek.}^{-1}$$

ableiten und anwenden.

$d$  = der meßbare scheinbare zurückgelegte Weg

$d'$  = der unsichtbare wirklich zurückgelegte Weg

$l$  = der meßbare scheinbare Elektrodenabstand

$l'$  = der effektive Elektrodenabstand

In unsren Versuchen haben wir den Faktor  $\left(\frac{l'}{l}\right)$  des Papiers nicht bestimmt. Für die Berechnungen der elektrophoretischen Beweglichkeit benützten wir einen der Literatur entnommenen Faktor  $\left(\frac{1}{l'}\right) = 0,58$  des Schleicher & Schüll-Papiers 413 (Lederer, 1955). Die Resultate der Berechnungen sind folgende:

*Elektrophoretische Beweglichkeit*  
(bei pH = 10;  $\mu = 0,15$ ; 20° C)

Eiweißkörper	Beweglichkeit (cm <sup>2</sup> · Volt <sup>-1</sup> · Sek. <sup>-1</sup> )	
	Originario-Rohreis	Camolino, polierter Reis
Reisalbumin (wasserlösliche Fraktion)	3 Komp.: — $3,4 \cdot 10^{-5}$ — $4,6 \cdot 10^{-5}$ — $5,1 \cdot 10^{-5}$	2 Komp.: — $3,3 \cdot 10^{-5}$ — $4,5 \cdot 10^{-5}$
Reisprolamin (alkohollösliche Fraktion)	1 Komp.: — $16,3 \cdot 10^{-5}$	1 Komp.: — $16,0 \cdot 10^{-5}$

Das Minuszeichen bezieht sich auf die Ladung des Eiweißteilchens bei dem während der Papierelektrophorese verwendeten pH-Wertes der Pufferlösung.

## 5. Diskussion

Bei der Fraktionierung des Getreideeiweißes in das wasserlösliche Albumin, das in Salzlösungen lösliche Globulin, das alkohollösliche Prolamin und das alkalilösliche Glutelin wurde gefunden, daß diese vier Eiweißfraktionen bei den einzelnen Getreidearten in ganz verschiedenen Mengenverhältnissen vorliegen. Während Weizen, Roggen, Gerste und Mais vor allem Prolamin und Glutelin enthalten, überwiegt das Globulin bei Hafer und bildet das Glutelin die wesentliche Eiweißfraktion bei Reis. Nach Angaben von Brohult und Sandegren (1954) sieht die Verteilung dieser Eiweißfraktionen bei Weizen, Hafer und Reis wie folgt aus:

### *Mengenverhältnisse der Eiweißfraktionen in Getreideeiweiß*

Getreideart	Gesamteiweiß % i.Tr.	Eiweißfraktionen in % des Gesamteiweißes			
		Albumin	Globulin	Prolamin	Glutelin
Weizen	10 — 15	3 — 5	6 — 10	40 — 50	30 — 40
Hafer	8 — 14	1	80	10 — 15	5
Reis	8 — 10	Spuren	2 (- 8) *	(1 — 5) *	85 — 90

\* = nicht sicher

Ueber die Anwesenheit von Prolamin in Reiseiweiß sind die verschiedenen Forscher nicht der gleichen Meinung, weshalb *Brohult* und *Sandegren* in ihrer Uebersichtstabelle die Bemerkung «unsicher» beim Reisprolamin angebracht haben. Es gibt sogar Autoren, die die Ansicht vertreten, daß Reis kein Prolamin enthält und in dieser Hinsicht also als eine Ausnahme unter den Getreidearten betrachtet werden muß. Bei unsrern papierelektrophoretischen Studien über Getreideeiweiß haben wir die Anwesenheit von Prolamin in Reiseiweiß eindeutig festgestellt. Es handelte sich um kleine Mengen dieser alkohollöslichen Fraktion, 1,5 bis 2,5 % des Gesamteiweißes oder etwa 0,2 % des trockenen Reismehles. Nur dank der großen Empfindlichkeit der Papierelektrophorese konnten wir die Anwesenheit des Prolamins in den untersuchten Reissorten eindeutig feststellen.

Bei der Extraktion des Reismehles mit Aethanol verschiedener Konzentration hat es sich gezeigt, daß die Löslichkeit des Prolamins bei Alkoholkonzentrationen zwischen 50 und 80 % liegt. Auf unsrern Elektropherogrammen (Abb. 1) ist diese alkohollösliche Fraktion erst bei einer Alkoholkonzentration von 60 % zum Vorschein gekommen. Das Maximum ihrer Löslichkeit liegt bei 70 % Alkohol. Mit 90%igem Alkohol läßt sie sich nicht mehr gut extrahieren.

Ein Vergleich zwischen dem Verlauf der Löslichkeit des Reiseiweißes bei der Extraktion mit Aethanol verschiedener Konzentration und demjenigen des Hafer- und des Weizeneiweißes hat ergeben, daß diese drei Getreidearten in ihrem Löslichkeitsverhalten im Prinzip das gleiche Bild zeigen. Der Unterschied liegt nicht im Verlauf der Löslichkeit, sondern in der Größe der gelösten Eiweißmengen. Das Weizeneiweiß ist reicher an wasserlöslicher und an alkohollöslicher Fraktion als das Hafereiweiß, welches im Vergleich zum Reiseiweiß aber doch noch mehr von diesen beiden Fraktionen enthält. Die Löslichkeitskurve bei der Extraktion mit Aethanol verschiedener Konzentration zeigt deutlich zwei Teile, denjenigen des wasserlöslichen und denjenigen des alkohollöslichen Eiweißes. Die Grenze zwischen den beiden Teilen liegt bei einer Alkoholkonzentration von 40 %.

Das Reisprolamin besteht sowohl bei dem Rohreis als auch bei dem polierten Reis papierelektrophoretisch nur aus einer Komponente (Abb. 3 und 5). Ihre elektrophoretische Beweglichkeit beträgt  $-16 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{Volt}^{-1} \cdot \text{Sek.}^{-1}$  (bei pH = 10;  $\mu = 0,15$ ; T = 20° C). Die elektrophoretische Beweglichkeit wurde mit Hilfe einer für die Papierelektrophorese korrigierten Formel berechnet:

$$u = \frac{d \cdot l}{t \cdot V} \cdot \left( \frac{l'}{l} \right)^2 \text{ cm}^2 \cdot \text{Volt}^{-1} \cdot \text{Sek.}^{-1},$$

wo u die elektrophoretische Beweglichkeit des Eiweißes, d die in t Sekunden zurückgelegte Strecke in cm, t die Versuchsdauer in Sekunden, l der Abstand zwischen den Elektroden in cm, V die angelegte Potentialdifferenz in Volt und  $\left( \frac{l'}{l} \right)$  eine Materialkonstante des Papiers bedeuten.

Der Rohreis weist einen viel höheren Gehalt an wasserlöslichem Eiweiß auf als der polierte Reis (Abb. 2 und 4). Daraus läßt sich schließen, daß sich das wasserlösliche Eiweiß vor allem in der Kleie befindet. Hingegen enthält der polierte Reis eher etwas mehr Prolamin als der Rohreis, und das bedeutet, daß dieses alkohollösliche Eiweiß sich nicht in der Kleie konzentriert, sondern im Mehlkörper verteilt ist. Die wasserlösliche Fraktion des Reiseiweißes besteht, abgesehen von einer an der Auftragsstelle liegen gebliebenen Komponente, aus drei Komponenten beim Rohreis und aus zwei Komponenten beim polierten Reis.

Vollständigkeitshalber wollen wir unsere Ergebnisse bei der Auftrennung des Reiseiweißes in eine wasser-, alkohol-, salz- und alkalilösliche Fraktion, über welche beiden letztgenannten wir in dieser Arbeit noch nicht berichtet haben, mit den Angaben von *Brohult* und *Sandegren* (1954) über die Mengenverhältnisse von Albumin, Prolamin, Globulin und Glutelin in Reiseiweiß vergleichen.

*Resultate eigener Versuche*

Eiweißfraktion	Eiweißfraktionen in % des Gesamteiweißes	
	polierter Reis	Rohreis
Wasserlösliche Fraktion	0,9 — 1,0	1,9
Alkohollösliche Fraktion	1,4 — 2,8	1,6
Salzlösliche Fraktion	5,5 — 8,4	11,2
Alkalilösliche Fraktion	89 — 91	85

*Angaben von Brohult und Sandegren (1954)*

Eiweißkörper	Eiweißkörper in % des Gesamt- reiseiweißes
Albumin	Spuren
Prolamin	(1 — 5) *
Globulin	2 (- 8) *
Glutelin	85 — 90

\* = nicht sicher

Die Uebereinstimmung der Zahlenwerte legt die Annahme nahe, daß es sich bei der wasserlöslichen Fraktion um Reisalbumin handelte. Auch bei unseren späteren Extraktionsversuchen mit Kochsalzlösung verschiedener Konzentration haben wir papierelektrophoretisch festgestellt, daß das Reisglobulin nicht im Wasserextrakt, sondern erst in den Extrakten mit 4- bis 10%iger Kochsalzlösung gefunden wurde.

In vier Reissorten, zwei italienischen, einer siamesischen und einer amerikanischen, haben wir Prolamin papierelektrophoretisch festgestellt. Die Richtigkeit unserer Behauptung, daß in jeder Reissorte Prolamin in kleiner Menge vorhanden ist, müßte durch weitere Untersuchungen noch bekräftigt werden.

## Zusammenfassung

Die Arbeit gibt eine papierelektrophoretische Bestätigung der Anwesenheit von Prolammin Reiseiweiß. In vier Reissorten wurde diese alkohollösliche Eiweißfraktion papierelektrophoretisch festgestellt und charakterisiert.

## Résumé

Ce travail confirme la présence de la prolamine dans les protéines du riz. C'est ainsi que cette fraction de protéine, soluble dans l'alcool, a été mise en évidence et caractérisée dans quatre sortes de riz par électrophorèse sur papier.

## Summary

The presence of prolamine in rice protein has been confirmed by means of paper electrophoresis. This alcohol-soluble protein fraction has been detected and characterized in four species of rice by paper electrophoresis.

## Literatur

- Blish M. J., Baker's Dig. **20**, 131 (1946).  
Brohult S. und Sandegren E., The Proteins (H. Neurath und K. Bailey), Vol. 2, Part A, 493 (1954).  
Hadorn H., Jungkunz R., Biefer K. W., diese Mitt. **44**, 14 (1953).  
Hellhammer D. und Högl O., diese Mitt. **49**, 78 (1958).  
Hoffman W. F., J. Biol. Chem. **66**, 501 (1925).  
Kent-Jones D. W. und Amos A. J., Modern Cereal Chemistry, 4. Aufl. (1947).  
Lederer M., Introduction to Paper Electrophoresis (1955).  
Osborne T. B., Van Slyke D. D., Leavenworth C. S., Vinograd M., J. Biol. Chem. **22**, 274 (1915).  
Padmoyo M. und Högl O., diese Mitt. **50**, 111 (1959).  
Rosenheim O. und Kajiura S., J. Physiol. **36**, (1907/8), liv.  
Sahyun M., Proteins and Amino Acids in Nutrition (1948).  
Suzuki U., Yoshimura K., Fuji S., J. Coll. Agr. Tokyo Imp. Univ. **1**, 77 (1909).  
Tamura G., Tsunoda T., Kirimura J., Miyazawa S., J. Agr. Chem. Soc. Japan **26**, 477 (1952).  
Waldschmidt-Leitz E., Chemie der Eiweißkörper, 2. Aufl. (1957).