

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène  
**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit  
**Band:** 74 (1983)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Zum Phytinsäuregehalt schweizerischer Brote = Phytic acid content of Swiss bread varieties  
**Autor:** Blumenthal, A. / Scheffeldt, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-983012>

### **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:** 25.01.2026

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

## Zum Phytinsäuregehalt schweizerischer Brote

Phytic Acid Content of Swiss Bread Varieties

*A. Blumenthal* und *P. Scheffeldt*

Institut für Ernährungsforschung der Stiftung «Im Grüene», Rüschlikon

### Einleitung und Problemstellung

Brot zählt bei uns auch in der heutigen Zeit zu den wichtigsten Grundnahrungsmitteln, obwohl der gegenwärtige durchschnittliche Tagesverzehr 20- bis 50jähriger Erwachsener — wie eine Studie von *Ritzel* (1) aus dem Jahre 1980 zeigt — nur 130 Gramm beträgt. Nach dem heutigen Stand der Ernährungswissenschaft wäre ein größerer Brotkonsum wünschenswert, insbesondere an Broten aus höher ausgemahlenen Mehlen oder Vollkornmehlen oder denen zur Erhöhung des Gehaltes an Ballaststoffen ein gewisser Anteil an Weizenkleie zugesetzt wird. Aus ernährungsphysiologischer Sicht bestehen aber gewisse Vorbehalte, da diese Brote relativ hohe Phytinsäuremengen aufweisen, die unter Umständen die Resorption der lebensnotwendigen Spurenelemente Eisen und Zink herabsetzen können.

Eine vorgängige Arbeit (2) befaßte sich mit den Nährstoffgehalten der nach Verkaufszahlen wichtigsten schweizerischen Brotsorten und deren Beitrag zur entsprechenden Bedarfsdeckung.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Gehalte an Phytinsäure in schweizerischen Brotsorten zu bestimmen, die durchschnittliche Zufuhr an Phytinsäure durch Brot zu berechnen und kritisch zu beleuchten.

### Ernährungsphysiologische Bedeutung der Phytinsäure

Mit Phytinsäure wird das myo-Inositol — 1,2,3,4,5,6 — hexa-kis-dihydrogenphosphat bezeichnet. Unter dem Begriff Phytin wird das Calcium-Magnesium-Salz der Phytinsäure verstanden. Phytinsäure ist in der Pflanzenwelt eine weit verbreitete Verbindung und in höheren Konzentrationen besonders in Samen von Getreide und Hülsenfrüchten zu finden. Über die Phytinsäure, ihre Bedeutung in der Pflanze und in der menschlichen Nahrung erschienen in den vergangenen Jahren unzählige Arbeiten. Hier sei auf zwei gute Übersichtsartikel hingewiesen (3, 4).

Die Ernährungswissenschaftler sind sich einig, daß Phytinsäure die biologische Verfügbarkeit (bioavailability) bestimmter Mineralstoffe und Spurenelemente (Ca, Mg, Fe, Zn) herabzusetzen vermag. Die ersten diesbezüglichen Beobachtungen an Menschen stammen von *McCance* und *Widdowson* (5–7). Sie stellten in ihren, heute schon klassischen Arbeiten fest, daß Personen, die dunkles Brot verzehrten, eine verminderte Eisenversorgung im Vergleich zu jenen aufwiesen, die weißes Brot konsumierten. Sie schrieben diese Beobachtungen der spezifischen Eigenschaft der Phytinsäure zu, Eisenionen zu binden und sie so der Resorption zu entziehen.

Im Laufe der vergangenen Jahre folgten zahlreiche, zum Teil sich widersprechende Arbeiten über die Beeinflussung der Mineralstoff- und Spurenelementresorption durch die Phytinsäure. Insbesondere wurden die Sojabohne und Sojaprodukte im Hinblick auf deren Bedeutung in der menschlichen Ernährung genau untersucht. *Young* und *Janghorbani* (8) betonen, daß die biologische Verfügbarkeit von Spurenelementen in der Nahrung von drei Faktorengruppen abhängt:

1. Nahrungsfaktoren (Zufuhr, chemische Form, Hemmstoffe wie Phytinsäure)
2. Wirtsfaktoren (Status)
3. Umweltfaktoren (biologische und soziale).

Dies soll zeigen, daß ein multifaktorielles System die Verfügbarkeit bestimmt und die Phytinsäure nur ein Faktor, sicher ein wichtiger, unter anderen ist. Weiter gingen die Autoren der Frage der Metabolisierung der Phytinsäure nach, denn metabolisierte Phytinsäure vermag keine Interaktionen mit Spurenelementen einzugehen. Sie stellten bei Versuchen mit Ratten fest, daß die Resorption der Phytinsäure dem Calciumgehalt der Nahrung umgekehrt proportional war. Ein hoher Calciumgehalt vermochte die Phytinsäureresorption stark zu hemmen und die unverdauliche Phytinsäure stand weiterhin für Interaktionen mit Spurenelementen zur Verfügung. Einen weiteren Nahrungsfaktor von Bedeutung stellen die Ballaststoffe dar. Es ist bekannt, daß einzelne Komponenten der Ballaststoffe Mineralstoffe und Spurenelemente zu binden vermögen, was deren physiologische Verfügbarkeit auch herabsetzt. Bei Getreideprodukten besteht eine enge Korrelation zwischen Ballaststoff- und Phytinsäuregehalt. So scheint es schwierig, die Hemmung der Resorption von Spurenelementen auf nur einen der beiden Faktoren zurückzuführen (9, 10). Bei Untersuchungen mit Brot konnten *Reinhold* et al. (11) durch den enzymatischen Abbau der Phytinsäure während der Teiggärung die biologische Verfügbarkeit von Zink im Endprodukt verbessern. Sie betonen aber, daß neben dem Phytinsäureabbau noch andere Reaktionen ablaufen müssen, da die Verbesserung der Zinkverfügbarkeit wesentlich größer war als dies dem Phytinsäureabbau entsprechen würde. In einer weiteren Arbeit von *Reinhold* et al. (12) führen sie die beim Verzehr von Weizenvollkornbrot beobachtete reduzierte Resorption von Calcium, Magnesium, Zink und Phosphor auf den hohen Ballaststoff- und Phytinsäuregehalt zurück. Da bei hohem Ballaststoffgehalt die Transitzeit der Nahrung reduziert ist, wird auch die Metabolisierung der Phytinsäure herabgesetzt, was sich auf die Resorbierbarkeit von Metallionen auswirken und obige Beobachtungen erklären könnte.

*Simpson* et al. (13) zeigten, daß Weizenkleie einen stark hemmenden Einfluß auf die Eisenresorption ausübt. Dieser Effekt blieb der gleiche, wenn die Phytinsäure in der Kleie vorgängig enzymatisch abgebaut wurde. Bei freiwilligen Probanden reduzierte die Zugabe von 12 g Weizenkleie zu einer leichten Mahlzeit die Eisenresorption um 51 bis 74% und dies auch bei gleichzeitiger Zugabe von Ascorbinsäure oder Häm-Eisen. *Björn-Rasmussen* (14) hatte schon früher die Eisenresorption aus Weizenbrot, die mit 0,3–10,0% Weizenkleie angereichert waren, untersucht und stellte eine klare Hemmung der Eisenaufnahme schon bei geringen Kleiezugaben fest. Er konstatierte ferner, daß die Zugabe von 7% Weizenkleie zu Weizenbrötchen (Mehl mit 71,5% Ausmahlungsgrad) die Eisenresorption halbiert.

Das zweite wichtige Spurenelement, das durch Phytinsäure in seiner physiologischen Verfügbarkeit stark beeinflußt wird und auch diesbezüglich untersucht wurde, ist Zink. *Oberleas* (15) postulierte, daß nicht die absolute Zufuhr an Phytinsäure, sondern das molare Verhältnis der Phytinsäure zu Zink maßgebend sei, um die biologische Verfügbarkeit von Zink in der Nahrung abzuschätzen. Verschiedene Arbeitsgruppen konnten dies in Rattenversuchen bestätigen (16, 17). Das molare Verhältnis stellt eine relativ einfach zu bestimmende Größe dar und variiert naheliegenderweise für die verschiedenen Lebensmittel (z. B. Soja oder Getreide). *Harland* und *Harland* (18) bestimmten in drei Brotsorten nach verschiedener Teigführung (Zeit, Hefemenge) das Phytinsäure : Zink-Verhältnis und stellten ein durch die Produktionsbedingungen beeinflusstes Absinken desselben fest. *Oberleas* und *Harland* (19) nennen aufgrund von Verzehrsgewohnheiten und epidemiologischen Daten ein molares Verhältnis Phytinsäure : Zink von 10 : 1 in der Nahrung für folgenlos, ein solches von 20 : 1 nach längerer Dauer für klinisch manifestierten Zinkmangel verantwortlich.

Versuche mit Ratten durch *Morris* und *Ellis* (20) bestätigen dies. Sie verfütterten Weizenkleie als Quelle für Zink und beobachteten nach vorgängigem, enzymatischem Phytinsäureabbau eine deutlich erhöhte Zinkversorgung der Tiere. Ein Phytinsäure : Zink-Verhältnis unter 12 : 1 brachte keine weitere Verbesserung. Dieses Verhältnis konnte in der Studie von *Morris* et al. (21) mit Menschen bestätigt werden, da sich der Zinkstatus bei einem molaren Verhältnis Phytinsäure : Zink von 10 : 1 und kleiner nicht mehr veränderte. Selbst in einer vegetarischen, sojareichen Diät blieb das molare Verhältnis Phytinsäure : Zink mit 7,5 : 1 unter dieser Schwelle (22). Nur bei einer strikten ovo-lactovegetabilen Ernährung und damit hoher Calciumzufuhr können sich gemäß den vorerwähnten Calcium-Phytinsäure-Interaktionen auch Einflüsse auf die Zink- und Eisenresorption ohne feststellbare Änderung des Phytinsäure : Zink-Verhältnisses bemerkbar machen. *Harland* und *Peterson* (23) untersuchten bei Mönchen mit ovo-lactovegetabiler Diät den Ernährungszustand und die Nährstoffzufuhr. Unter anderem stellten sie ein mittleres molares Verhältnis von Phytinsäure : Zink von 67 : 1 fest und bestimmten den durchschnittlichen Serumzinkgehalt bei den 16 Probanden mit 85,2 µg/100 ml, deutlich unterhalb des Normalbereiches von 100 µg/100 ml. *Solomons* (24) führt in seiner Arbeit über Faktoren, welche die Zinkverfügbarkeit beeinflussen, ergänzend aus, daß auch das Nicht-Häm-Eisen auf die Resorption



von Zink aus pflanzlichen Nahrungsmitteln einen hemmenden Einfluß ausüben kann.

Nach obigen Ausführungen stellt sich eine wichtige Frage in bezug auf die Bedeutung der Phytinsäure: die Anpassung des Verdauungssystems an die Kost. Dafür sprechen Untersuchungen, bei denen trotz konstanter, hoher Phytinsäurezufuhr die anfänglich negative Bilanz ausgewählter Nährstoffe (Ca, P, Zn) nach einigen Wochen unter gleichen Versuchsbedingungen wieder positiv ausfiel (25). Diese «Phytinsäuretoleranz» wurde mit der Bildung darmeigener Enzyme oder der Anpassung der Darmflora erklärt. *Moore* und *Veum* (26) untersuchten bei Ratten diese Adaption des Verdauungssystems. Sie stellten eindeutig eine Anpassung des Organismus an Phytinsäure als Phosphorquelle bei Phosphormangel fest, indem die Resorption und Retention von Phosphor aus Phytinsäure und übrigem Nahrungsphosphor erhöht wurde. Diese Anpassung konnten sie aber nicht auf intestinale Phytase oder alkalische Phosphatasen zurückführen, sondern nur auf eine Adaption der Darmflora mit Bildung dieser Enzyme und Abbau der Nahrungsphytinsäure. Jedoch blieben auch dann Zeichen von Phosphormangel, was auf eine schlechte Verwertbarkeit dieser Phosphorquelle hindeutet.

### Material und Untersuchungsmethoden

Wie auch in der vorgängigen Arbeit (2) wurden die zu untersuchenden Brotsorten aufgrund ihrer Bedeutung auf dem schweizerischen Markt erhoben. Die folgenden acht Sorten umfassen insgesamt rund 97% des Brotkonsums (in Klammern: Anteil am Konsum in %): Ruchbrot (41%), Halbweißbrot (32%), Weißbrot (12%), Bauernbrot (7,7%), Roggenbrot (2,3%), Grahambrot (1,2%), Kleiebrot (0,9%) und Sojabrot (ca. 0,1%). Die je nach Sorte 350–500 g schweren Brotlaibe wurden gevierteilt, mit destilliertem Wasser mittels eines Polytron-Homogenisators homogenisiert und in den Homogenaten die Gehalte an Trockenmasse, Ballaststoffen, Eisen, Zink, Phosphor sowie Phytinsäure bestimmt.

**Trockenmasse:** Zur Bestimmung wurde ein Teil der Homogenate bei 105 °C während 24 Stunden getrocknet.

**Ballaststoffe:** Die Gehalte an Ballaststoffen wurden mit der enzymatischen NDF-Methode (*Bacillus subtilis* Amylase) von *Robertson* und *Van Soest* (27) bestimmt.

**Eisen, Zink:** Die Gehalte an Eisen und Zink wurden mittels Atomabsorptionsspektrophotometrie ermittelt (28).

**Phosphor:** Die Bestimmung der Phosphorgehalte erfolgte spektrophotometrisch als Phosphormolybdänblau (29).

**Phytinsäure:** Die Phytinsäuregehalte wurden nach der Methode von *Wheeler* und *Ferrel* (30) bestimmt.

### Resultate und Diskussion

Die durchschnittlichen sowie die minimalen und maximalen Gehalte an Trockenmasse, Ballaststoffen, Eisen, Zink, Phosphor, Phytinsäure und Phytinsäu-

Tabelle 1. Gehalte an Trockenmasse, Ballaststoffen, Eisen, Zink, Phosphor und Phytinsäure der untersuchten Brote

|              | Sorte          | Anzahl Proben | Trockenmasse | Ballaststoffe | Eisen       | Zink   | Gesamtphosphor | Phytinsäure | Phytinsäure-Phosphor      |
|--------------|----------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--------|----------------|-------------|---------------------------|
|              |                |               | g/100 g FG   | g/100 g FG    | mg/100 g FG |        |                |             | Anteil am Gesamtphosph. % |
| Durchschnitt | RUB            | 25            | 65,29        | 2,75          | 1,73        | 1,26   | 150,1          | 121,9       | 22,9                      |
| min. –       |                |               | 60,81 –      | 2,08 –        | 1,39        | 0,99 – | 113,7 –        | 61,7 –      | –                         |
| max.         |                |               | 68,93        | 3,64          | 2,23        | 1,66   | 176,4          | 174,5       | –                         |
| Durchschnitt | HWB            | 9             | 66,88        | 1,94          | 1,32        | 0,73   | 111,3          | 17,5        | 4,43                      |
| min. –       |                |               | 63,53 –      | 1,78 –        | 1,03 –      | 0,61 – | 91,6 –         | < 10 –      | –                         |
| max.         |                |               | 70,08        | 2,13          | 1,42        | 0,82   | 120,5          | 41,8        | –                         |
| Durchschnitt | HWB (revit. *) | 12            | 67,24        | 1,85          | 2,34        | 0,76   | 111,0          | 22,0        | 5,56                      |
| min. –       |                |               | 64,00 –      | 1,64 –        | 1,66 –      | 0,66 – | 102,7 –        | < 10 –      | –                         |
| max.         |                |               | 69,94        | 2,10          | 2,73        | 0,96   | 119,3          | 27,9        | –                         |
| Durchschnitt | WB             | 4             | 67,35        | 1,75          | 0,81        | 0,48   | 83,3           | < 10        | < 3,38                    |
| min. –       |                |               | 64,98 –      | 1,42 –        | 0,61 –      | 0,41 – | 70,3 –         | –           | –                         |
| max.         |                |               | 68,37        | 2,11          | 0,90        | 0,55   | 95,5           | –           | –                         |
| Durchschnitt | WB (revit. *)  | 10            | 67,49        | 1,82          | 2,76        | 0,40   | 75,0           | < 10        | < 3,82                    |
| min. –       |                |               | 65,28 –      | 1,56 –        | 1,80 –      | 0,32 – | 66,6 –         | –           | –                         |
| max.         |                |               | 69,19        | 2,11          | 4,02        | 0,53   | 80,8           | –           | –                         |
| Durchschnitt | BRB            | 4             | 64,37        | 2,72          | 1,95        | 1,12   | 129,1          | 116,5       | 25,4                      |
| min. –       |                |               | 62,33 –      | 2,35 –        | 1,61 –      | 0,86 – | 119,0 –        | 67,9 –      | –                         |
| max.         |                |               | 65,22        | 3,09          | 2,74        | 1,30   | 136,7          | 193,3       | –                         |
| Durchschnitt | ROB            | 4             | 66,11        | 3,59          | 1,97        | 1,04   | 124,3          | 73,4        | 16,6                      |
| min. –       |                |               | 61,90 –      | 2,88 –        | 1,74 –      | 0,78 – | 97,1 –         | 47,1 –      | –                         |
| max.         |                |               | 71,96        | 4,33          | 2,22        | 1,44   | 177,0          | 108,6       | –                         |
| Durchschnitt | GRB            | 4             | 62,99        | 6,25          | 2,59        | 1,73   | 196,7          | 340,0       | 48,7                      |
| min. –       |                |               | 58,47 –      | 4,35 –        | 1,84 –      | 1,58 – | 165,8 –        | 192,6 –     | –                         |
| max.         |                |               | 65,03        | 7,72          | 3,24        | 1,83   | 213,0          | 398,9       | –                         |
| Durchschnitt | KLB            | 4             | 59,42        | 10,67         | 3,28        | 2,18   | 264,2          | 554,3       | 59,1                      |
| min. –       |                |               | 53,65 –      | 9,53 –        | 2,63 –      | 1,52 – | 220,1 –        | 332,6 –     | –                         |
| max.         |                |               | 62,44        | 12,30         | 4,30        | 3,25   | 336,3          | 789,0       | –                         |
| Durchschnitt | SOB            | 4             | 61,25        | 4,51          | 2,61        | 1,79   | 228,9          | 466,7       | 57,4                      |
| min. –       |                |               | 56,62 –      | 3,76 –        | 2,32 –      | 1,07 – | 172,7 –        | 260,3 –     | –                         |
| max.         |                |               | 64,11        | 5,03          | 2,84        | 2,08   | 256,1          | 684,2       | –                         |

Abkürzungen: RUB = Ruch-, HWB = Halbweiß-, WB = Weiß-, BRB = Bauern-, ROB = Roggen-, GRB = Graham-, KLB = Kleie-, SOB = Sojabrot.  
 \* Zusätzlich mit Eisen angereichert.

re-Phosphor der untersuchten Brote sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Daraus ist ersichtlich, daß Weißbrot praktisch keine Phytinsäure enthält und Kleiebrot den höchsten Phytinsäuregehalt aufweist. Die Ballaststoffgehalte verhalten sich ähnlich, was naheliegend ist: Eine Erhöhung der Mehlausbeute (z. B. von Weißmehl zu Ruchmehl) erhöht den Anteil der Schalteile im Mehl und damit die Phytinsäure- und Ballaststoffgehalte. Es besteht eine Korrelation zwischen den Gehalten an Phytinsäure und Ballaststoffen in Broten aus Getreide, wie aus Abbildung 1 ersichtlich ist. Sojabrot, mit einem geschätzten Anteil von 10 bis 25% Sojamehl, weist einen gegenüber dem Ballaststoffgehalt stark erhöhten Phytinsäuregehalt auf. Sojamehl ist bekanntlich sehr reich an Phytinsäure (3) und gehört nicht zu den Getreideprodukten. Ein Vergleich mit Daten aus der Literatur (18) ergibt für Weiß- und Graubrot (30 bzw. 560 mg Phytinsäure/100 g TM) eine recht gute, für Roggenbrot (420 mg/100 g TM) eine schlechte Übereinstimmung. Hier spielen die Rezeptur (Anteil Weizenmehl) und die Teigführung (Roggenmehl ist phytasereich) eine große Rolle und müssen offensichtlich von unseren verschiedenen gewesen sein.

Die relativ hohen Phosphorgehalte der Brote und damit eine gegenüber der Energiezufuhr wesentlich höhere Phosphorzufuhr (2) ist ernährungsphysiologisch wenig wünschenswert (31). Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, liegt jedoch in den verschiedenen Brotsorten ein bestimmter Anteil des Gesamtphosphors als Phytinsäure-Phosphor vor. Wie bereits ausgeführt wurde, wird die Phytinsäure, und damit auch der Phytinsäure-Phosphor, im Darm nur z. T. metabolisiert (10).

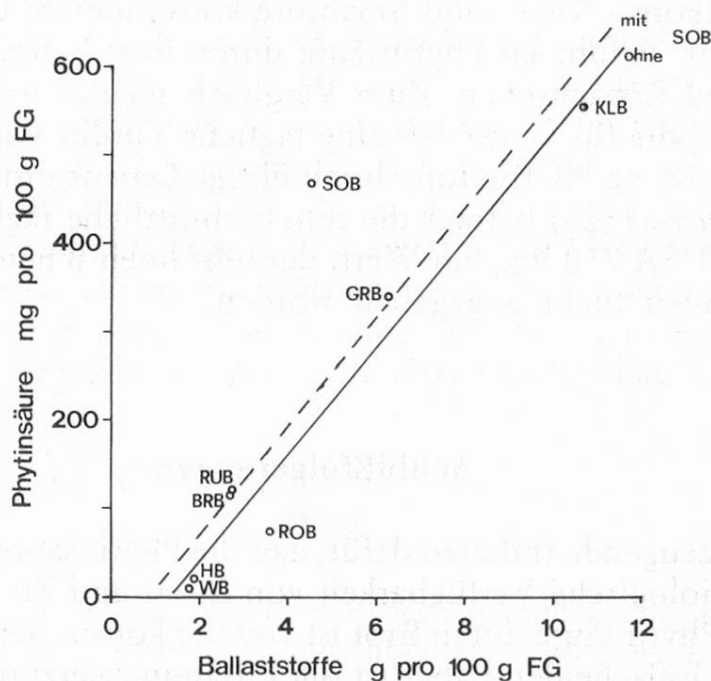


Abb. 1. Korrelation zwischen Ballaststoff- und Phytinsäuregehalt der untersuchten Brote. (Korrelationskoeffizient:  $r = 0,982$  ohne SOB;  $r = 0,873$  mit SOB)

Zeichenerklärung siehe Tabelle 1



Somit müssen die hohen Gesamtposphorgehalte der Brote, insbesondere der Vollkorn-, Kleie- und auch Sojabrote, relativiert werden.

Die Eisengehalte der Brote nehmen mit zunehmendem Phytinsäure- und Ballaststoffgehalt auch zu und vermögen so die steigende Bindung des Eisens an die Phytinsäure und an die Ballaststoffe teilweise auszugleichen. *Erdman* (32) gibt die biologische Verfügbarkeit des Eisens in Tierversuchen mit 54% für Weizenvollkorn- und mit 38% für Spezialbrote an. Obwohl aus der Literatur keine gesicherten Werte für das molare Verhältnis Phytinsäure : Eisen bekannt sind, wurden diese für die untersuchten Brote berechnet und in Tabelle 2 wiedergegeben.

Für Zink ist mehrfach das molare Verhältnis von Phytinsäure : Zink als brauchbarer Indikator für die physiologische Verfügbarkeit herangezogen worden. Für die untersuchten Brote wurde dieses ebenfalls ermittelt und in Tabelle 2 aufgeführt. In Broten aus höher ausgemahlene Mehlen, Vollkornmehlen und Weizenmehlen mit Kleiezusatz ist der Zinkgehalt auch höher, doch steigt der Phytinsäuregehalt noch stärker an, was sich in einem ungünstigeren Phytinsäure : Zinkverhältnis niederschlägt. Wie auf Seite 350 ausgeführt wurde, kann ein Verhältnis von 20 : 1 zu verminderter Zinkresorption führen. Tabelle 2 zeigt, daß für Kleie- und Sojabrot dies zutreffen könnte. In der schon erwähnten Arbeit von *Harland* und *Harland* (18) wird nach zweistündiger Teiggärung ein molares Verhältnis von Phytinsäure : Zink für Weißbrot von 6 : 1, für Roggenbrot von 20 : 1 und für Vollkornbrot von 21 : 1 genannt.

Weiter erlauben unsere Ergebnisse, die Zufuhr an Phytinsäure durch die einzelnen Brotsorten, wie auch durch das durchschnittlich konsumierte Brot, zu errechnen (Tabelle 3). Die Aufnahme an Phytinsäure ist für jene Personen, die ausschließlich Vollkorn-, Kleie- und Sojabrote konsumieren, beachtlich hoch. Die durchschnittliche Zufuhr an Phytinsäure durch Brot beträgt demgegenüber 107 mg pro Tag und Erwachsenen. Zum Vergleich sei die Arbeit von *Torelm* und *Bruce* (33) zitiert, die für Schweden eine tägliche Zufuhr von 110 mg Phytinsäure durch Brot und 70 mg Phytinsäure durch übrige Lebensmittel bestimmten. Nach *Harland* und *Peterson* (23) beträgt die durchschnittliche tägliche Zufuhr an Phytinsäure in den USA 750 mg, ein Wert, der sehr hoch scheint. Der Beitrag durch Brot ist von ihnen nicht angegeben worden.

### Schlußfolgerungen

Es gibt überzeugende Indizien dafür, daß die Phytinsäure, neben anderen Faktoren, für die biologische Verfügbarkeit von Eisen und Zink von Bedeutung ist. Die Zufuhr an Phytinsäure durch Brot ist von der konsumierten Menge und Brotsorte abhängig. Entscheidend aber ist die Zusammensetzung der gesamten Nahrung, welche die biologische Verfügbarkeit der Spurenelemente beeinflusst. Erst beim Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Faktoren (Verzehr von sehr phytinsäurereichen Nahrungsmitteln, einseitige Ernährung, krankheitsbedingte Störungen der Resorption) ist mit nachteiligen Folgen zu rechnen. Bei einer abwechs-



*Tabelle 2.* Molares Verhältnis von Phytinsäure zu Zink und Phytinsäure zu Eisen der untersuchten Brote

| Brotsorte     | Phytinsäure :<br>Zink | Phytinsäure :<br>Eisen |
|---------------|-----------------------|------------------------|
| RUB           | 9,6 : 1               | 6,0 : 1                |
| HWB           | 2,4 : 1               | 1,1 : 1                |
| HWB (revit.*) | 2,9 : 1               | 0,8 : 1                |
| WB            | 2,1 : 1               | 1,1 : 1                |
| WB (revit.*)  | 2,5 : 1               | 0,3 : 1                |
| BRB           | 10,3 : 1              | 5,1 : 1                |
| ROB           | 7,0 : 1               | 3,2 : 1                |
| GRB           | 19,4 : 1              | 11,1 : 1               |
| KLB           | 25,2 : 1              | 14,3 : 1               |
| SOB           | 25,8 : 1              | 15,1 : 1               |

\* und mit Eisen angereichert  
Zeichenerklärung siehe Tabelle 1

*Tabelle 3.* Durchschnittliche Zufuhr an Phytinsäure durch 130 g Brot verschiedener Sorten

| Brot  | Phytinsäure in mg<br>pro 130 g Brot |
|---|-------------------------------------|
| RUB   | 159                                 |
| HWB   | 23                                  |
| HWB (revit.*)   | 29                                  |
| WB  | < 13                                |
| WB (revit.*)  | < 13                                |
| BRB   | 151                                 |
| ROB   | 96                                  |
| GRB   | 442                                 |
| KLB   | 721                                 |
| SOB   | 607                                 |
| Brot aller Sorten (Anteile gemäß Konsum in der Schweiz (2)) | 107                                 |

\* und mit Eisen angereichert  
Zeichenerklärung siehe Tabelle 1

lungsreichen Ernährung spielt die durch Vollkornbrote erhöhte Zufuhr an Phytinsäure wohl keine Rolle (34). Der Phytinsäuregehalt der Brote stellt daher kein grundsätzliches Argument gegen die Verwendung hoch ausgemahlener Mehle bzw. gegen den Zusatz von Speisekleie bei der Brotbereitung dar. Die Verwendung dieser Mehle und der Kleie bringt dagegen viele andere Vorteile (Ballaststoffe, Vitamine) mit sich. Da es wünschenswert ist, den Verzehr von Broten aus dunklen und Vollkornmehlen zu erhöhen und die Problematik der Phytinsäure noch nicht ganz geklärt ist, sollte durch technologische Maßnahmen bei der Brotherstellung versucht werden, den Phytinsäureabbau zu verstärken.

### *Dank*

Diese Arbeit wurde im Rahmen der Europäischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der wissenschaftlichen und technischen Forschung über die Auswirkung der thermischen Behandlung auf Qualität und Nährwert von Lebensmitteln (COST 91) durchgeführt. Sie ist finanziell vom Bundesamt für Bildung und Wissenschaft unterstützt worden, wofür auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Allen Mitarbeitern des Institutes für Ernährungsforschung, die an den analytischen Untersuchungen beteiligt waren, sei ebenfalls gedankt.

## *Zusammenfassung*

Der Phytinsäuregehalt der acht wichtigsten schweizerischen Brotsorten, die rund 97% des Konsums abdecken, wurde bestimmt. Die Ergebnisse zeigen, daß er proportional mit dem Ballaststoffgehalt zunimmt. So wiesen 100 g Halbweißbrot 20 mg Phytinsäure und 1,90 g Ballaststoffe, Vollkornbrot 340 mg bzw. 6,25 g und Kleiebrot 554 mg bzw. 10,7 g auf.

In der Schweiz beträgt der durchschnittliche Brotkonsum 20- bis 50jähriger Personen 130 g pro Tag. Aufgrund des Verzehrs der acht untersuchten Brotsorten und unserer Resultate gelangt man zu einer Phytinsäurezufuhr von 107 mg pro Kopf und Tag durch Brot.

Phytinsäure kann durch Komplexbildung mit Calcium, Eisen und Zink deren biologische Verfügbarkeit beeinträchtigen. Im Rahmen einer gesunden Ernährung wird nun aber empfohlen, den Konsum von Broten aus hochausgemahlenen oder Vollkornmehlen zu steigern, was auch eine erhöhte Phytinsäurezufuhr bewirken würde. Eine kritische Beurteilung der Literatur läßt allerdings die Schlußfolgerung zu, daß diese bei einer abwechslungsreichen Kost nicht mit nachteiligen Folgen verbunden wäre. Immerhin scheint es angezeigt, durch technologische Maßnahmen bei der Brotherstellung einen stärkeren Phytinsäureabbau herbeizuführen.

## *Résumé*

La teneur en acide phytique des huit sortes principales de pain en Suisse, qui couvrent environ 97% de la consommation, a été déterminée. Les résultats prouvent qu'elle augmente en proportion de la teneur en fibres alimentaires. Ainsi 100 g de pain mi-blanc contiennent 20 mg d'acide phytique et 1,90 g de fibres alimentaires, le pain complet 340 mg resp. 6,25 g et le pain de son 554 mg resp. 10,7 g.

En Suisse, la consommation moyenne de pain par les personnes âgées de 20 à 50 ans est de 130 g par jour. En se basant sur la consommation des huit sortes de pain analysées et sur nos résultats, on obtient un apport d'acide phytique par le pain de 107 mg par personne et par jour.

L'acide phytique peut, par formation de complexes avec le calcium, le fer et le zinc, en inhiber la résorption biologique. Dans le cadre d'une alimentation saine, on recommande cependant d'augmenter la consommation de sortes de pain fabriquées à base de farines à taux de blutage élevé ou de farines intégrales, ce qui entraînerait également une augmentation de l'apport en acide phytique. Une interprétation critique de la littérature permet toutefois de conclure que, dans le cas d'une alimentation variée, ceci serait sans conséquences négatives. Il serait cependant indiqué d'abaisser de façon sensible la teneur en acide phytique par les procédés technologiques relatifs à la fabrication du pain.

## *Summary*

The phytic acid content of the eight most important Swiss bread varieties which account for approximately 97% of total consumption was determined. Results show that it increases in proportion to the dietary fibre content. 100 g of semi-white bread contained 20 mg of phytic acid and 1.90 g of dietary fibre, whole wheat bread 340 mg and 6.25 g respectively and high fibre bread (wheat bran added) 554 mg and 10.7 g respectively.

In Switzerland people in the 20 to 50 years age bracket eat an average of 130 g of bread per day. On the basis of the consumption of the eight bread varieties analyzed and our own results, a daily phytic acid intake of 107 mg per person through bread is calculated.

Phytic acid may complex calcium, iron, and zinc and thus reduce their bioavailability. On the other hand, it is recommended to increase the consumption of breads made of high-extraction or wholemeal flours, which would also lead to a higher phytic acid intake. A critical appraisal of pertinent literature leads to the conclusion that with a varied diet this would not result in any detrimental effects. Nevertheless it is deemed expedient to use appropriate technological procedures aiming at a stronger degradation of phytic acid during breadmaking.

### *Literatur*

1. *Ritzel, G.*: Der Brotkonsum in der Schweiz — ernährungssoziologische Aspekte. In: Ritzel, G. und Bickel H. (Hrsg.): Internationales Brotsymposium. Internat. J. Vit. Nutr. Res., Beiheft 21, 109–122 (1981).
2. *Blumenthal, A., Scheffeldt, P. und Schönhauser, R.*: Zum Nährstoffgehalt schweizerischer Brote und deren Beitrag zur Bedarfsdeckung der Bevölkerung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 74, 80–92 (1983).
3. *Reddy, N. R., Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K.*: Phytates in legumes and cereals. Adv. Food Res. 28, 1–92 (1982).
4. *Maga, J. A.*: Phytate: Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. J. Agric. Food Chem. 30, 1–9 (1982).
5. *McCance, R. A. and Widdowson, E. M.*: Mineral metabolism of healthy adults on white and brown bread varieties. J. Physiol. (London) 101, 44 (1942).
6. *Widdowson, E. M. and McCance R. A.*: Iron exchange of adults on white and brown bread diets. Lancet 1, 588 (1942).
7. *McCance, R. A., Edgcombe, C. N. and Widdowson, E. M.*: Phytic acid and iron absorption. Lancet 2, 126 (1943).
8. *Young, V. R. and Janghorbani, M.*: Soy proteins in human diets in relation to bioavailability of iron and zinc: A brief overview. Cereal Chem. 58, 12–18 (1981).
9. *Harmuth-Hoene, A.-E., Schelenz, R., Fretzdorff, B. und Seibel, W.*: Wirkung von Roggen- und Weizenbrot mit unterschiedlichem Ballaststoffgehalt auf die Resorption und Retention von Mineralstoffen und Spurenelementen in wachsenden Ratten. Getreide, Mehl u. Brot 35, 65–68 (1981).
10. *Nahapetian, A. and Young, V. R.*: Metabolism of  $^{14}\text{C}$ -phytate in rats: Effect of low and high dietary calcium intakes. J. Nutr. 110, 1458–1472 (1980).
11. *Reinhold, J. G., Parsa, A., Karimian, N., Hammick, J. W. and Ismail-Beigi, F.*: Availability of zinc in leavened and unleavened wholemeal wheaten breads as measured by solubility and uptake by rat intestine in vitro. J. Nutr. 104, 976–992 (1974).
12. *Reinhold, J. G., Faradji, B., Abadi, P. and Ismail-Beigi, F.*: Decreased absorption of calcium, magnesium, zinc and phosphorus by humans due to increased fiber and phosphorus consumption as wheat bread. J. Nutr. 106, 493–503 (1976).
13. *Simpson, K. M., Morris, E. R. and Cook, J. D.*: The inhibitory effect of bran on iron absorption in man. Am. J. Clin. Nutr. 34, 1469–1478 (1981).
14. *Björn-Rasmussen, E.*: Iron absorption from wheat bread: Influence of various amounts of bran. Nutr. Metabol. 16, 101–110 (1974).
15. *Oberleas, D.*: Factors influencing availability of minerals. Proc. West. Hemisphere Nutr. Congr., 4th, 1974, p. 156 (1975).



16. *Davies, N. T. and Reid, H.*: An evaluation of the phytate, zinc, copper, iron and manganese contents of, and Zn availability from, soya-based textured-vegetable-protein meat-substitutes or meat-extendors. *Br. J. Nutr.* **41**, 579–589 (1979).
17. *Davies, N. T. and Olpin, S. E.*: Studies on the phytate: zinc molar contents in diets as a determinant of Zn availability to young rats. *Br. J. Nutr.* **41**, 591–603 (1979).
18. *Harland, B. F. and Harland, J.*: Fermentative reduction of phytate in rye, white, and whole wheat breads. *Cereal Chem.* **57**, 226–229 (1980).
19. *Oberleas, D. and Harland, B. F.*: Phytate content of foods: Effect on dietary zinc bioavailability. *J. Am. Dietet. Ass.* **79**, 433–436 (1981).
20. *Morris, E. R. and Ellis, R.*: Bioavailability to rats of iron and zinc in wheat bran: Response to low-phytate bran and effect of the phytate/zinc molar ratio. *J. Nutr.* **110**, 2000–2010 (1980).
21. *Morris, E. R., Ellis, R., Steele, P. and Moser, P.*: Inorganic nutrient balance of humans consuming whole wheat bran vs. dephytinized wheat bran. *Fed. Proc.* **39**, 787 (abstr.) (1980).
22. *Ellis, R., Morris E. R., Hill, A. D. and Smith, J. C.*: Phytate: zinc molar ratio, mineral, and fiber content of three hospital diets. *J. Am. Dietet. Ass.* **81**, 26–29 (1982).
23. *Harland, B. F. and Peterson, M.*: Nutritional status of lacto-ovo vegetarian Trappist monks. *J. Am. Dietet. Ass.* **72**, 259–264 (1978).
24. *Solomons, N. W.*: Factors affecting the bioavailability of zinc. *J. Am. Dietet. Ass.* **80**, 115–121 (1982).
25. *Reinhold, J. G., Nasr, K., Lahimgarzadeh, A. and Hedayati, H.*: Effects of purified phytate and phytate rich bread upon metabolism of zinc, calcium, phosphorus, and nitrogen in man. *Lancet* **1**, 283–288 (1973).
26. *Moore, R. J. and Veum, T. L.*: Adaptive increase in phytate digestibility by phosphorus-deprived rats and the relationship of intestinal phytase and alkaline phosphatase to phytate utilization. *Br. J. Nutr.* **49**, 145–152 (1983).
27. *Robertson, J. B. and Van Soest, P. J.*: Dietary fiber estimation in concentrate feedstuffs. *J. Anim. Sci.* **45**, Supplement 1, 254–255 (1977).
28. *Blumenthal, A., Meier, M. und von Känel, B.*: Zu den Nährstoffgehalten tischfertiger Nahrungsmittel, 2. Mitteilung. *Alimenta* **20**, 45–50 (1981).
29. Schweiz. Lebensmittelbuch, 2. Band, Kapitel 22, Diätetische Lebensmittel, 22/12.1. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1982.
30. *Wheeler, E. L. and Ferrel, R. E.*: A method for phytic acid determination in wheat and wheat fractions. *Cereal Chem.* **48**, 312–320 (1971).
31. Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Ernährungsbericht 1980. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Frankfurt/Main 1980.
32. *Erdman, J. W.*: Bioavailability of trace minerals from cereals and legumes. *Cereal Chem.* **58**, 21–26 (1981).
33. *Torelm, A. I. and Bruce, Å.*: Fytinsyra i livsmedel. *Vår Föda* **34**, 79–96 (1982).
34. *Sandström, B., Arvidsson, B., Cederblad, Å. and Björn-Rasmussen, E.*: Zinc absorption from composite meals. I. The significance of wheat extraction rate, zinc, calcium, and protein content in meals based on bread. *Am. J. Clin. Nutr.* **33**, 739–745 (1980).

Dr. A. Blumenthal  
 Dr. P. Scheffeldt  
 Institut für Ernährungsforschung der Stiftung «Im Grüene»  
 Seestraße 72  
 CH-8803 Rüschlikon