

Veränderung der Phytaseaktivität und des Phytat-Phosphor-Gehaltes bei gekeimten Einzelfuttermitteln

K. Oloffs, E. Strobel und H. Jeroch

Changes of phytate-phosphorus content and phytase activity at germinated feedstuffs

1. Einleitung

Schon in älterer Literatur wird der Einsatz von Keimgetreide für die Geflügelfütterung empfohlen (MAIER, 1919; DÜRINGEN, 1922; WEINMÜLLER und VOIGT, 1933; GRZIMEK, 1937). Auch Versuchsergebnisse jüngerer Datums zeigen positive Auswirkungen des Keimvorganges verschiedenster Futterkomponenten auf, wobei auch die Reduktion von antinutritiven Inhaltsstoffen Berücksichtigung fand (AKINLOSOTU und AKINYELE, 1991; CAMACHO et al., 1992; KUMAR und CHAUHAN, 1993; DANISOVA et al., 1994; BAU et al., 1997; SRIPRIYA et al., 1997; KYRIAKIDIS et al., 1998). Allerdings war die jeweilige Versuchsanstellung sehr unterschiedlich. Auch im ökologischen Landbau wird das Thema immer wieder diskutiert. Bisher liegen jedoch nur wenige bzw. keine vergleichbaren Angaben zu den Auswirkungen der Keimung von Getreide bzw. anderen Futtermitteln auf Veränderungen des Phytat-Phosphor-Gehaltes sowie der nativen Phytaseaktivität vor. Insbesondere ein

Vergleich verschiedener Futtermittel unter einheitlichen Versuchsbedingungen ist nicht gegeben. Der Phytat-Phosphor in Pflanzen wird für die geringe Verwertbarkeit bzw. Verfügbarkeit von Mineralstoffen, insbesondere Phosphor, verantwortlich gemacht. Für die Phytathydrolyse wird das Enzym Phytase benötigt. Um die positive Auswirkung von gekeimtem Getreide auf eine bessere Phosphor-Verwertung beurteilen zu können, wurde in der folgenden Arbeit die Veränderung des Phytat-Phosphor-Gehaltes und der nativen Phytaseaktivität bei verschiedenen Einzelfuttermitteln während der Keimung ermittelt.

2. Material und Methoden

Die geprüften sortenreinen Einzelfuttermittel Roggen *Marder*, Gerste *Borwina* und *Grete*, Weizen *Alidos*, Triticale *Modus*, Hafer *Alf* und Erbsen *Katrin* stammen aus dem mitteldeutschen Anbaugebiet des Erntejahres 1996. Sie

Summary

The pure-bred feedstuffs rye *Marder*, barley *Grete* and *Borwina*, wheat *Alidos*, triticale *Modus*, oats *Alf* and peas *Katrin* were germinated in a germ appliance. The germ process exists out of a change of water and air influx. In different time spacings (4, 8, 12, 16, 20, 24, 36, 48, 72 h) preferably homogeneous samples was pulled, immediately lyophilized, and native phytase activity, phytate phosphorus and total phosphorus content determined. In all feedstuffs could have been observed a decrease during germination of phytase activity of 84 % until 800 % (wheat + 94 %, triticale + 105 %, oats + 800 %, barley + 174 %, rye + 84,4 %, peas + 750 %). Against that the reduction in phytate phosphorus fell out very different. At wheat (– 36,6 %), rye (– 46,3 %) and barley (– 30,7 % vs. – 18,5 %) she is very high after 72 hours of germination. Oats, peas and triticale comparatively showed off a small reduction in phytate phosphorus. The total phosphorus content at all feedstuffs showed an approximately unchanging content.

Between duration of germination and native phytase activity all tested feedstuffs resulted in a high significant correlation of 0.74 until 0.97.

Key words: Germinated feedstuffs, phytase activity, phytat-phosphorus, phosphorus.

Zusammenfassung

Die geprüften sortenreinen Einzelfuttermittel Roggen *Marder*, Gerste *Grete* und *Borwina*, Weizen *Alidos*, Triticale *Modus*, Hafer *Alf* und Erbsen *Katrin* wurden mittels eines Keimapparates zur Keimung gebracht. Der Keimvorgang besteht aus einem Wechsel von Wasser- und Luftzufuhr. In unterschiedlichen Zeitabständen (4, 8, 12, 16, 20, 24, 36, 48, 72 h) wurden möglichst homogene Proben gezogen, sofort eingefroren, gefriergetrocknet und die native Phytaseaktivität, der Phytat-Phosphor- und der Phosphor-Gehalt bestimmt. Bei allen Futtermitteln konnte durch den Keimvorgang (72 Stunden) eine Aktivierung der Phytase in einem Bereich um 84 % bis 800 % beobachtet werden (Weizen + 94 %, Triticale + 105 %, Hafer + 800 %, Gerste + 174 %, Roggen 84,4 %, Erbsen +750 %). Der Phytatabbau dagegen fiel sehr unterschiedlich aus. Bei Weizen (– 31,6 %), Roggen (– 46,3 %) und Gerste (– 30,7 % bzw. – 18,5 %) ist er nach 72 Stunden Keimdauer sehr hoch. Bei Hafer, Erbsen und Triticale zeigte sich ein vergleichsweise geringer Phytatabbau. Der Gesamt-Phosphor-Gehalt zeigte bei allen Futtermitteln ein in etwa gleichbleibendes Niveau auf.

Zwischen der Keimdauer und der Phytaseaktivität ergaben sich bei allen geprüften Futtermitteln hoch signifikante Korrelationen in einem Bereich von 0,74 bis 0,97.

Schlagworte: Gekeimte Einzelfuttermittel, Phytaseaktivität, Phytat-Phosphor, Phosphor.

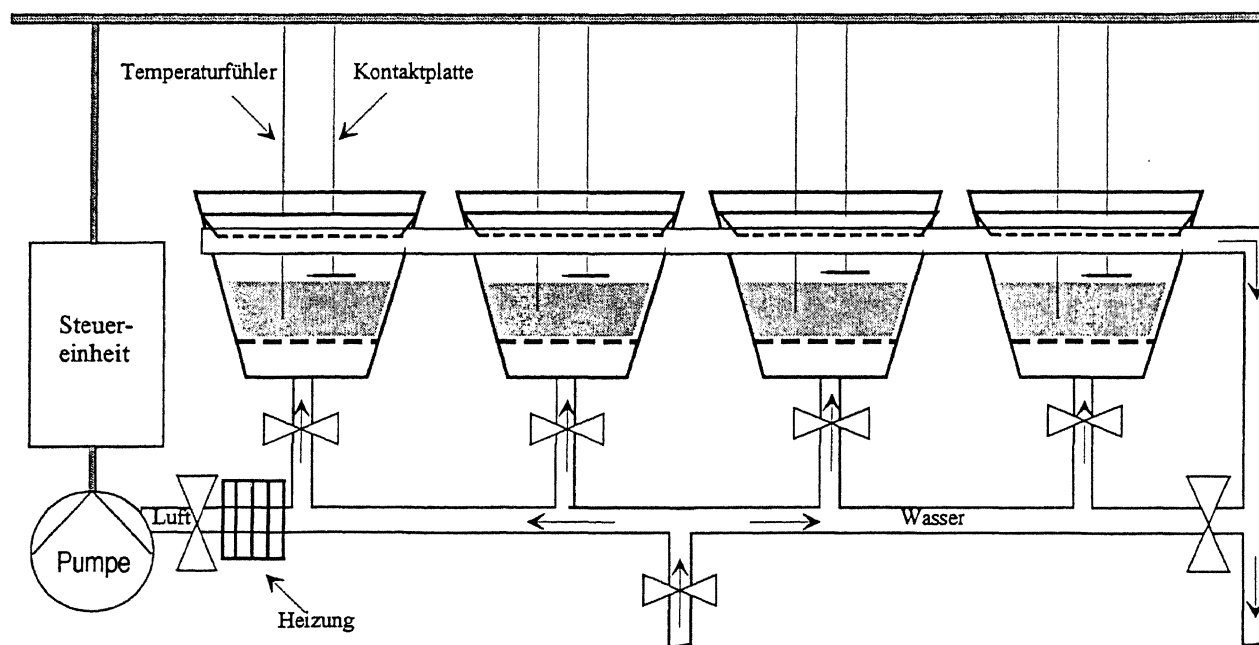


Abbildung 1: Keimapparat
Figure 1: Germ appliance

wurden mittels eines Keimapparates (Agro Anlagen Dresden GmbH) zur Keimung gebracht. Der Keimapparat besteht aus 8 Keimbehältern mit einem Fassungsvermögen von jeweils 25 kg Körnerfrüchten, der Wasserversorgung, dem Gebläse mit Heizung und einer Steuereinheit zur Regulierung von Wasser- und Luftdurchsatz. Der Keimvorgang lief dabei nach folgendem Regime ab: Nach der Beschickung der Keimbehälter mit dem jeweiligen Futter-

mittel erfolgte solange eine Zufuhr von kaltem Wasser (15 ° C) bis das gesamte Keimgut bedeckt war. Nach Abschluß der Wasserzufuhr wurde Kaltluft durch das Keimgut geblasen, so daß es zu einer Verquirlung des Wassers und somit zu einem Waschprozeß kam. Dieser Teilprozeß wurde nach zwei Stunden abgeschlossen, indem die Luftzufuhr beendet und der Wasserstand im Keimbehälter soweit erhöht wurde, daß das Wasser überlief. Dieser Vor-

gang ist zeitlich auf 20 Minuten begrenzt. Feinpartikel wie Spreu und Erde wurden aus dem Keimgut ausgespült. Als nächster Schritt erfolgte das Ablassen des Wassers und eine Luftzufuhr zum Keimgut. Die hinzugeführte Luft hat dabei eine Temperatur von 24° C und durchströmt das Keimgut 4 Stunden lang, wobei es auch erwärmt wird. Nach diesem Zeitraum wird die Luftzufuhr unterbrochen, das Keimgut wieder mit Wasser bedeckt und 20 Minuten in diesem Zustand belassen. Anschließend wird das Wasser wiederum abgelassen und eine erneute Luftzufuhr von vier Stunden Dauer setzt ein. Dieser Wechsel zwischen Luft- und Wasserzufuhr wiederholt sich solange, bis die Gesamtprozeßzeit erreicht ist.

In unterschiedlichen Zeitabständen (4, 8, 12, 16, 20, 24, 36, 48, 72 h) wurden dann möglichst homogene Proben gezogen, sofort eingefroren, dann gefriergetrocknet und für die jeweilige Analytik entsprechend vorbereitet. Der Gesamt-Phosphor ist spektrophotometrisch bei einer Wellenlänge von 420 nm (Spectrophotometer Pharmacias „LKB-Ultrospec III“) nach Mineralisierung im Aufschluß (Trockenaufschluß) und Umsetzung mit Molybdat-Vanadat nach der VDLUFA-Methode bestimmt worden (NAUMANN und BASSLER, 1993). Die Erfassung des Phytat-Phosphors wurde mit Hilfe der Säulenchromatographie nach der AOAC- Methode (1990) über Anionenaustausch vorgenommen. Die Bestimmung der Phytaseaktivität wurde nach der Methode von ENGELN et al. (1994) durchgeführt.

Die Bearbeitung des Datenmaterials erfolgte mit dem Programmpaket Statistica for WindowsTM (STATSOFTINC., 1995).

3. Ergebnisse

Vorauszubemerkend ist, daß der Waschprozeß sicher als negativ hinsichtlich der Aus- bzw. Wegschwemmung von wasserlöslichen Inhaltsstoffen anzusehen ist, doch dient der Keimapparat in erster Linie für die Erzeugung von Keimgetreide für die Humanernährung mit möglichst hohen hygienischen Voraussetzungen.

Als Ergebnis ist festzuhalten, daß bei allen untersuchten Futtermitteln gegenüber dem Ausgangswert durch den Keimvorgang eine Erhöhung der Phytaseaktivität ermittelt wurde (Tab. 1).

Dabei fiel die Erhöhung der Phytaseaktivität bei den einzelnen Futtermitteln jedoch recht unterschiedlich aus. Während der Keimdauer von 4 bis 72 Stunden konnte bei einigen Proben zwischendurch auch ein Abfall beobachtet werden.

Allein schon ein Keimvorgang von 4 Stunden Dauer zeigt bei allen untersuchten Futtermitteln eine Auswirkung auf die Veränderung der nativen Phytaseaktivität; sie nimmt in allen Fällen zu. Dabei ist insbesondere bei den Futtermitteln Hafer und Erbsen, die mit geringer korneigener Phytaseaktivität ausgestattet sind, eine relativ hohe Zunahme der Phytaseaktivität zu verzeichnen. Der Vergleich von 72 Stunden Keimdauer mit dem Ausgangswert, d. h. mit den nicht gekeimten Proben, ergibt nochmals eine Zunahme in der Phytaseaktivität. Wieder sind hohe Steigerungsraten bei Hafer und Erbsen festzustellen, jedoch erreichen die Aktivitäten nie ein vergleichbares Niveau im Vergleich zu den anderen Futtermitteln (Tab. 2). Die relative Steigerung der Phytaseaktivität bei Erbsen und Hafer ist hoch. Berücksichtigt werden muß aber, daß diese Körnerfrüchte ein geringes absolutes Phytaseaktivitätsniveau haben.

Tabelle 1: Veränderung der nativen Phytaseaktivität während der Keimung verschiedener Futtermittel

Table 1: Changes of native phytase activity during germination at different feedstuffs

Keimdauer	Weizen <i>Alidos</i>	Triticale <i>Modus</i>	Hafer <i>Alf</i>	Gerste <i>Grete</i>	Gerste <i>Borwina</i>	Roggen <i>Marder</i>	Erbsen <i>Katrin</i>
Stunden	Phytaseaktivität (FTU/kg T)						
0	920	1200	10	640	270	3200	20
4	1300	1400	20	780	290	3500	40
8	1320	1580	40	640	270	3600	20
12	1340	1550	30	640	330	4100	10
16	1280	1320	40	640	270	4000	20
20	1240	1650	n.b.	660	250	5000	40
24	1400	1540	40	680	360	5100	30
36	1560	1870	60	840	490	6100	80
48	1740	2120	70	n.b.	560	4800	50
72	1780	2460	90	n.b.	740	5900	170

n.b. nicht bestimmt

Tabelle 2: Prozentuale Veränderung der nativen Phytaseaktivität bei 4 und 72 Stunden Keimdauer gegenüber dem Ausgangswert (0 h = 100 %)
 Table 2: Percentage change of native phytase activity at 4 and 72 hours of germination compared with the starting-point

Keimdauer	Weizen <i>Alidos</i>	Triticale <i>Modus</i>	Hafer <i>Alf</i>	Gerste <i>Borwina</i>	Roggen <i>Marder</i>	Erbsen <i>Katrin</i>
Stunden	Veränderung der Phytaseaktivität (FTU/kg T)					
4	+ 41,3 %	+ 16,7 %	+ 100 %	+ 7,4 %	+ 9,4 %	+ 100 %
72	+ 93,5 %	+ 105 %	+ 800 %	+ 174 %	+ 84,4 %	+ 750 %

Ein Vergleich von zwei verschiedenen Gerstensorten, Borwina und Grete, zeigt neben der Zunahme der Phytaseaktivität während der Keimung, daß zudem auch Sortenunterschiede vorhanden sind. Die Gerste Grete ist mit einer nativen Phytaseaktivität von 270 Einheiten ausgestattet und zeigt nach 36 Stunden Keimdauer im Vergleich zum Ausgangswert eine Zunahme in der Phytaseaktivität um 81 % auf 490 FTU/kg. Nach 72 Stunden Keimdauer wird der Ausgangswert der im Vergleich dargestellten Sorte Borwina erreicht bzw. um 100 Phytaseeinheiten überschritten. Im Vergleich dazu weist die Gerstensorte Borwina mit 640 FTU/kg eine für Gerste sehr hohe native Phytaseaktivität auf. Hier beträgt die Steigerung der Phytaseaktivität nach 36 Stunden Keimdauer dagegen nur 31 %.

Die Veränderung des Phytat-Phosphor-Gehaltes während der Keimung verdeutlicht Tabelle 3. Im Gegensatz zur Phytaseaktivität, die während der Keimung zunimmt, ist beim Phytat ein Abbau zu beobachten, der jedoch sehr unterschiedlich ausfiel.

Bei Vergleich des Ausgangswertes mit 72 Stunden Keimdauer ist er bei Weizen (– 31,6 %), Roggen (– 46,3 %) und Gerste (– 30,7 bzw. – 18,5 %) sehr hoch. Hafer und Erbsen weisen zwar eine hohe Zunahme in der Phytaseaktivität auf, doch reicht diese Menge aufgrund geringer Ausgangsphytase nicht aus, den Phytatabbau wirksam werden zu lassen. Bei Hafer betrug der Abbau in diesem Fall – 0,6 % und

bei Erbsen – 1,3 %. Triticale zeigt bei einer hohen Anfangsphytaseaktivität, die sich in 72 Stunden verdoppelt, während der Keimung über 72 Stunden ebenso nur einen Phytatabbau von – 7,2 %. Hier könnte vermutet werden, daß infolge der Bastardisierung Phytatkomplexe gebildet werden, die durch die Eigenphytaseaktivität der Triticale nicht gespalten werden können. Bei Roggen und Weizen hingegen wurde ein relativ hoher Abbau festgestellt. Bei Weizen, Gerste, Roggen und Erbsen wird der höchste Phytatabbau nach 72 Stunden Keimdauer in diesem Experiment erreicht. Triticale zeigt nach 20 Stunden einen geringfügig höheren (8,8 %) Abbau als nach 72 Stunden. Bemerkenswerter ist, daß Hafer bereits nach 4 Stunden Keimung den höchsten Phytatabbau von 5,3 % erreicht hat. Für diese Getreideart ließe sich anhand des durchgeführten Versuches bereits mit 4 Stunden für den Parameter Phytat-Phosphor-Gehalt die optimale Keimdauer festlegen. Allerdings wäre auch hier zu überprüfen, ob mit einer Keimdauer von mehr als 72 Stunden weiterer Abbau des Phytat-Phosphors zu ermitteln wäre.

Tabelle 4 charakterisiert den Verlauf des Gesamt-Phosphor-Gehaltes über 72 Stunden Keimdauer. Dabei ist bei fast allen analysierten Proben der verschiedenen Einzelfuttermittel eine gleichbleibende Tendenz zu beobachten, wenn die Einzelwerte auch gewisse Schwankungen nach oben und unten aufzeigen. Nach 72 Stunden Keimdauer ist

Tabelle 3: Veränderung des Phytat-Phosphor-Gehaltes während der Keimung verschiedener Futtermittel
 Table 3: Changes of phytate phosphorus content during germination at different feedstuffs

Keimdauer	Weizen <i>Alidos</i>	Triticale <i>Modus</i>	Hafer <i>Alf</i>	Gerste <i>Grete</i>	Gerste <i>Borwina</i>	Roggen <i>Marder</i>	Erbsen <i>Katrin</i>
Stunden	Phytat-P (g/kg T)						
0	2,89	2,81	2,19	2,39	2,42	2,58	2,70
4	2,86	2,77	2,09	2,36	2,39	2,54	2,73
8	2,87	2,68	2,14	2,35	2,38	2,41	2,82
12	2,76	2,67	2,42	2,37	2,41	2,51	2,82
16	2,62	2,65	2,30	2,35	2,42	2,54	2,68
20	2,61	2,58	-	2,28	2,30	2,44	2,69
24	2,69	2,62	2,43	2,32	2,29	2,37	2,78
36	2,55	2,58	2,35	2,25	2,21	2,05	2,89
48	2,41	2,69	2,46	2,09	1,68	1,52	2,85
72	1,98	2,60	2,19	1,94	1,68	1,39	2,66

Tabelle 4: Veränderung des Gesamt-Phosphor-Gehaltes während der Keimung verschiedener Futtermittel
 Table 4: Changes of total phosphorus content during germination at different feedstuffs

Keim-Dauer Stunden	Weizen <i>Alidos</i>	Triticale <i>Modus</i>	Hafer <i>Alf</i>	Gerste <i>Grete</i>	Gerste <i>Borwina</i>	Erbsen <i>Katrin</i>
	Gesamt-P (g/kg T)					
0	4,03	3,99	3,89	3,64	3,75	4,54
4	4,26	4,09	3,91	3,66	3,77	4,61
8	4,17	4,06	4,00	3,75	3,78	4,68
12	4,04	4,05	4,13	3,69	3,76	4,75
16	4,01	4,04	4,02	3,74	3,76	4,67
20	4,19	4,03	4,12	3,74	3,73	4,66
24	4,08	4,15	n.b.	3,72	3,74	4,66
36	3,96	4,15	4,08	3,74	3,79	4,73
48	4,27	4,10	4,15	3,84	3,83	4,78
72	4,74	4,09	4,18	3,93	3,92	4,77

n.b. nicht bestimmt

jedoch bei allen Proben ein höherer Phosphorwert als im Ausgangsmaterial analysiert worden. Dabei wurde für Triticale ein minimaler Gehaltszuwachs von 2,5 % bestimmt und für Erbsen von 4,9 %. Aus dem Rahmen fällt der Weizen, der bereits nach 36 Stunden Keimdauer einen starken Zuwachs im Gesamt-Phosphor-Gehalt aufweist. 4,74 g Phosphor/kg T wurden nach 72 Stunden analysiert, der Ausgangswert (trockenes Korn) betrug 4,3 g Phosphor/kg T. Hier errechnete sich eine Steigerung von 17,6 %.

4. Diskussion

Phytat-Phosphor ist in unterschiedlichen Mengen in pflanzlichen Futtermitteln enthalten. Different Versuchsergebnisse besagen, daß Phytat-Phosphor negative Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von essentiellen Mineralstoffen hat, so auch von Phosphor. Der in den Pflanzen vorkommende Phytat-Phosphor kann als Speicher für Phosphor angenommen werden, der bei der Keimung freigesetzt wird. Diese Freisetzung wird durch das Enzym Phytase hervorgerufen. Dieses Enzym ist zum Beispiel in allen Getreidearten nachgewiesen, jedoch mit sehr unterschiedlichen Aktivitäten. Der Vorgang der Phytat-Hydrolyse kann durch Ergänzung von mikrobieller Phytase zu Futtermischungen erzielt werden, ist aber auch durch die im Futtermittel vorkommende native Phytase möglich. Im vorliegenden Experiment wurde bei allen untersuchten Einzelfuttermitteln über 72 Stunden Keimdauer eine Zunahme in der Aktivität der korneigenen Phytase ermittelt. Gleichgerichtete Ergebnisse fand PEERS (1953), wo bei Weizen nach 5tägiger Keimung die Phytaseaktivität um das 6,5 fache anstieg. Steigerungen der nativen Phytaseaktivität bei Erbsen und Sojabohnen wurden ebenso von CHEN und

PAN (1977) beobachtet. BARTNIK und SZAFRANSKA (1987) stellten in den untersuchten Getreidearten Weizen, Roggen, Gerste und Hafer während des Keimvorganges eine Zunahme der Phytaseaktivität fest, wohingegen auch hier der Phytat-Phosphor-Gehalt sank. Ebenso wie in den dargestellten Versuchsergebnissen wurden auch hier im gekeimten Material bei Roggen die höchsten und bei Hafer die geringsten korneigenen Phytaseaktivitäten analysiert. Die Autoren beobachteten weiterhin, daß bei Hafer erst ab 26 Stunden Keimdauer eine Veränderung, d. h. Zunahme der Phytaseaktivität zu bemerken war. Auch in Versuchen von BAU et al. (1997) mit gekeimten Sojabohnen und SRI-PRIYA et al. (1997) mit Ragihirse (Korakan) aus Indien sowie KYRIKAKIDIS et al. (1998) bei vier Leguminosen Species (Linse, Kichererbse, Saubohne und Feuerbohne) konnte bestätigt werden, daß mit der Keimung der Futtermittel eine Steigerung der Phytaseaktivität einherging. Die z. T. drastischen Phytasezunahmen können von FRETZDORFF und WEIPERT (1986) nicht bestätigt werden. Hier zeigte sich bei dreitägiger Keimung von Roggen eine konstant bleibende Phytaseaktivität. Die Phytaseaktivität stieg zwar durch das Einweichen leicht an, blieb aber während des Keimens konstant, wohingegen der Phytinsäuregehalt um ein Drittel abnahm.

Die in dieser Untersuchung bei allen Futtermitteln beobachtete Zunahme in der Aktivität pflanzeneigener Phytase war in unterschiedlichem Ausmaß mit einer Reduzierung des Phytat-Phosphor-Gehaltes verbunden. Die ermittelten Versuchsdaten lassen sich durch verschiedene Literaturangaben untermauern. Gekeimte Sojabohnen und zwei Erbsenvarianten wurden einen, drei und fünf Tage lang gekeimt und jeweils Proben entnommen, die einen Rückgang des Gehaltes an Phytat-Phosphor aufzeigten (CHEN und PAN, 1977). Ähnliche Versuchsergebnisse stellten

bereits MAYER und POLJAKOFF-MAYVER (1963) bei (Kopf-) Salat-Samen fest, wo nach drei Tagen Keimdauer kein Phytat-Phosphor mehr vorhanden war. Bei den untersuchten Getreidearten Weizen, Roggen, Gerste und Hafer sank der Gehalt an Phytat-Phosphor mit zunehmender Keimdauer (BARTNIK und SZAFRANSKA, 1987). Gerste zeigte einen Rückgang des Gehaltes an Phytat-Phosphor von 11 %, Hafer von 17 % und Roggen von 30 % bei einer Keimdauer von 96 Stunden. Bei Weizen wurde nach dieser Keimdauer der Phytat-Phosphor-Gehalt um ungefähr 30 % gegenüber dem Ausgangswert reduziert. In der eigenen Versuchsreihe zeigte Weizen nach 72 Stunden Keimdauer einen Rückgang des Phytat-Phosphor-Gehaltes von 31,6 %. Die Autoren schreiben weiterhin, daß es für alle Getreidearten charakteristisch war, daß die größte Reduktion im Phytat-Phosphor-Gehalt innerhalb der ersten sechs Stunden der Keimung beobachtet wurde (Weizen und Roggen ca. 19 %, Gerste und Hafer ca. 9 %). Während weitergehender Keimung reduzierte sich der Phytat-Phosphor-Gehalt kontinuierlich, aber mit einer langsameren Rate. In den eigenen Untersuchungen wurde nur bei Hafer innerhalb von 4 Stunden Keimdauer die stärkste Reduzierung beim Parameter Phytat-Phosphor konstatiert. Alle anderen untersuchten Einzelfuttermittel zeigten den höchsten Phytatabbau bei fortgeschrittener Keimdauer von 48 bzw. 72 Stunden. Bei Roggen wurde die höchste Reduzierung des Phytatphosphors (46,3 %) erst nach 72 Stunden erreicht. Da von höheren Abbauraten berichtet wird, stellt sich die Frage, ob 72 Stunden Keimdauer überhaupt schon ausreichend sind und den maximalen Umfang der Hydrolyse ermöglichen. So wurden von ALVAREZ-VENEGAS et al. (1997) zwei Sorghum Sorten gekeimt und dabei festgestellt, daß die Phytinsäure innerhalb von 96 Stunden bei beiden Sorten um 90 % reduziert war. Bei Kichererbsen und Taubenerbsen (Straucherbsen) wurde durch die Kei-

mung der Phytinsäure-Gehalt um 60 %, bei Mung Bohnen (Jerusalem Bohne), Bohnen und Sojabohnen um 40 % reduziert (CHITRA et al., 1996). SHARMA und KAPOOR (1996) betrachten die Keimung als einen sehr effektiven Prozess, um die Phytinsäure von Perlhirse (*Pennisetum typhoideum*) zu reduzieren. Der Phytatabbau bei sechs Leguminosen während der Keimung wurde analysiert und ließ die Schlußfolgerung zu, daß während der Keimung ein statistisch signifikanter Rückgang von IP6 (Inositol-Hexaphosphat) ermittelt werden konnte (AGTE-VAISHALI et al., 1998). Nach 10 Tagen Keimung variierte der Rückgang im Phytat-Phosphor-Gehalt zwischen 83 % bei der Saubohne und 64 % bei der Feuerbohne (KYRIAKIDIS et al., 1998). Diese Untersuchungen, die alle durch die Keimung einen Rückgang des Phytat-Phosphor-Gehaltes bei den verschiedensten Futtermitteln beobachteten, unterstützen die gefundenen Ergebnisse, die ebenso diesen Trend hervorbringen.

Am Beispiel der Getreidearten Roggen und Gerste soll die Veränderung bestimmter Inhaltsstoffe durch die Keimung dargelegt werden (Tabelle 5). Sowohl bei Roggen als auch Gerste werden Stärke und Fett zum Energiegewinn abgebaut, was einen Verlust an organischer Substanz nach sich zieht. Dadurch steigt im Verhältnis der Anteil an Rohasche und Rohfaser an und damit lassen sich auch die über die Keimdauer von 72 Stunden zunehmenden Phosphorgehalte erklären. Der initiale Waschprozeß des hier vorgestellten Keimverfahrens führt zu Verlusten besonders der löslichen Nichtstärke-Polysaccharide. Eine Schätzung aufgrund von Analysendaten ergab eine Größenordnung von rund 2 %.

RIBEIRO et al. (1997) bestimmten den Effekt der Keimung von Sojabohnen auf die Mineralstoffzusammensetzung, so auch von Phosphor. Hier wurde bei bis zu 72 Stunden Keimdauer ein konstanter Phosphor-Gehalt

Tabelle 5: Prozentuale Veränderung einiger Inhaltsstoffe bei 4 und 72 Stunden Keimdauer gegenüber dem Ausgangswert (0 h = 100 %)

Table 5: Percentage change of some nutrients at 4 and 72 hours of germination compared with the starting point

	Keimdauer Stunden	Rohasche	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Stärke
			% in der Trockenmasse			
Roggen <i>Marder</i>	0	1,10	10,67	2,75	2,27	86,41
Gerste <i>Grete</i>	0	1,72	11,35	4,73	3,10	74,86
		Veränderung gegenüber dem Ausgangswert (%)				
Roggen <i>Marder</i>	4	+ 9,5	+ 0,4	+ 1,5	- 0,9	- 1,9
	72	+ 29,1	+ 6,7	+ 22,91	- 13,7	- 22,7
Gerste <i>Grete</i>	4	+ 4,0	+ 0,4	+ 3,4	- 1,9	- 1,0
	72	+ 52,0	+ 3,8	+ 48,4	- 8,4	- 11,2

festgestellt. Die von uns analysierten Futtermittel zeigten hinsichtlich dieses Parameters gewisse Unterschiede. Bis auf Triticale wurden statistisch signifikante Zunahmen des Phosphor-Gehaltes mit zunehmender Keimdauer beobachtet. Roggen wurde in der vorliegenden Arbeit hinsichtlich des Phosphor-Gehaltes nicht untersucht. Auch NAHAPETIAN und BASSIRI (1975) konnten feststellen, daß die Konzentration des Gesamt-Phosphors einen signifikanten Aufwärtstrend während der gesamten Keimperiode bei 11 Weizenproben zeigte. ERGLE und GUINN (1959) keimten drei verschiedene Baumwollarten bis zu sechs Tage und beobachteten einen sukzessiven Abbau des Phytat-Phosphors mit der Zeit, korrespondierend mit einer Zunahme der Konzentration von anorganischem Phosphor. Auch die Autoren EL-AAL und RAHMA (1986) berichten von bemerkenswerten Phosphorzunahmen bei Bockshornkleesamen nach 3 und 5 Tagen Keimung. Gekeimte Perlhirse zeigte ebenfalls signifikante Steigerungen beim Gehalt an anorganischem Phosphor (KHETARPAUL und CHAUHAN, 1989).

Zwischen der Keimdauer und der Phytaseaktivität ergaben sich bei allen geprüften Futtermitteln einheitlich hoch signifikante positive Korrelation in einem Bereich von 0,74 bis 0,97 (Tab. 6). Nicht so einheitlich fällt die Beziehung der Veränderung des Phytat-Phosphor- und Gesamt-Phosphor-Gehaltes in Abhängigkeit der Keimdauer aus, was bereits aus den Tabellen 3 und 4 ersichtlich ist.

Bis auf sehr wenige Aussagen, zeigte die Literaturschau ebenso wie die Versuchsdarstellung eine eindeutige Zunahme der Phytaseaktivität während des Keimvorganges und eine Abnahme des Phytat-Phosphor-Gehaltes. Durch diese Tatsache dürfte sich auch bei gekeimten Futtermitteln ein positiver Effekt auf die Phosphor-Verwertung bei monogastrischen Tieren bemerkbar machen. Um dazu genaue Aussagen treffen zu können, sind Bilanzversuche erforderlich.

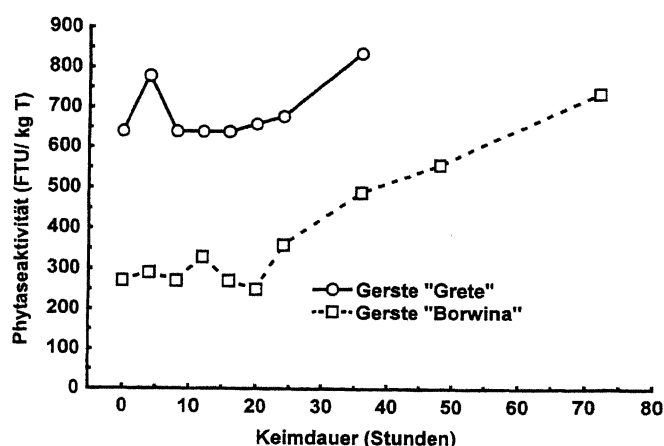


Abbildung 2: Veränderung der Phytaseaktivität bei zwei gekeimten Gerstensorten

Figure 2: Change of native phytase activity at two germinated kinds of barley

Literatur

- AGTE-VAISHALI, JOSHI-SADHANA, KHOT-SEEMA, PAKNIKAR-KISKORE, CHIPLONKAR-SHASHI (1998): Effect of processing on phytate degradation and mineral solubility in pulses. *Journal of Food Science and Technology*, 35 (4), 330–332.
- AKINLOSOTU, A. and I. O. AKINYELE (1991): The effect of germination on the oligosaccharide and nutrient content of cowpeas (*Vigna unguiculata*). *Food Chemistry* 39 (2), 157–166.
- ALVAREZ-VENEGAS, R., R. CASTELLANOS-MOLINA, F. MARTINEZ-BUSTOS And C. CRUZ-MONDRAGON (1997): Antiphenological and nutritional factor changes in sorghum (*sorghum bicolor* (L.) Moench) seeds during germination. *Arch-Latinoam-Nutr.* 1997, 47 (2), 136–140.
- AOAC (ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS) (1990): *Meth. of AOAC*. Helrich, K. (Ed.), 15th Ed., Arlington, (2), 800.
- BARTNIK, M. and I. SZAFRANSKA (1987): Changes in phytate content and phytase activity during the germination of some cereals. *J. Cereal Sci.*, 5–23.

Tabelle 6: Korrelationen zwischen Dauer der Keimung und Veränderung der Phytaseaktivität, des Phytat-Phosphor- und Gesamt-Phosphor-Gehaltes bei den geprüften Futtermitteln

Table 6: Correlation between duration of germination and changes of phytase activity, phytate phosphorus content at the tested feedstuffs

	Weizen <i>Alidos</i>	Triticale <i>Modus</i>	Hafer <i>Alf</i>	Gerste <i>Grete</i>	Gerste <i>Borwina</i>	Roggen <i>Marder</i>	Erbsen <i>Katrin</i>
Phytase-Aktivität (FTU/kg T)	0,88	0,95	0,97	0,91	0,95	0,74	0,88
Phytat-P g/kg T	- 0,96	- 0,44	- 0,19	- 0,86	- 0,92	- 0,95	- 0,09
Gesamt-P g/kg T	0,70	0,48	0,77	0,89	0,93	n.b.	0,75

fett - signifikant ($p < 0,05$) n.b. nicht bestimmt

- BAU, H. M., C. VILLAUME, J. P. NICOLA and L. MEJEAN (1997): Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soy bean (*Glycine max*) seeds. *J. of the Science of Food and Agriculture* 73 (1), 1–9.
- CAMACHO, L., C. SIERRA, R. CAMPOS, E. GUZMAN and D. MARCUS (1992): Nutritional changes caused by the germination of legumes commonly eaten in Chile. *Arch. Latinoam Nutr.*, 42 (3), 283–290.
- CHEN, L. H. and S. H. PAN (1977): Decrease of phytase during germination of pea seeds. *Nutr. Rep. Int.*, 16, 125–131.
- CHITRA, U., U. SINGH and P. V. RAO (1996): Phytic acid, in vitro protein digestibility, dietary fiber, and minerals of pulses as influenced by processing methods. *Plant-Food-Hum-Nutr.*, 1996, 49 (4), 307–316.
- DANISOVA, C., E. HOLOTNAKOVA, B. HOZOVA and V. BUCHTOVA (1994): Effect of germination on a range of nutrients of selected grains and legumes. *Acta Alimentaria* 23 (3), 287–298.
- DÜRINGEN, B. (1922): *Die Geflügelzucht – 2. Band: Haltung, Züchtung und Nutzung des Geflügels*. Paul Parey, Berlin, 3. Auflage (1989).
- EL-AAL, M. H. A. and E. H. RAHMA (1986): Changes in gross chemical composition with emphasis on lipid and protein fractions during germination of fenugreek seeds. *Food Chemistry* 22 (3), 193–208.
- ENGELN, A. J., F. C. VAN DER HEEFT, P. H. G. RANDSDORP and E. L. C. SMIT (1994): Simple and rapid determination of phytase activity. *J. AOAC Int.*, 77, 760–764.
- ERGLE, D. R. and G. GUINN (1959): Phosphorus compounds of cotton embryos and their changes during germination. *Plant Physiology*, 34, 476–481.
- FRETZDORFF, B. und D. WEIPERT (1986): Phytinsäure in Getreide und Getreideerzeugnissen Mitteilung I: Phytinsäure und Phytase in Roggen und Roggenprodukten. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 182, 287–293.
- GRIZMEK, B. (1937): *Geflügel richtig füttern*. Verlag der Geflügelbörse, Leipzig, 2. Auflage, 59–60.
- KHETARPAUL, N. and B. M. CHAUHAN (1989): Effect of germination and pure culture fermentation on hydrochloric acid-extractability of minerals of pearl millet (*Pennisetum typhoideum*). *International J. of Food Science & Technology* 24 (3), 327–332.
- KUMAR, A. and B. M. CHAUHAN (1993): Effects of phytic acid on protein digestibility (in vitro) and hydrochloric acid extractability in minerals in pearl millet sprouts. *Cereal Chemistry* 70 (5), 504–506.
- KYRIAKIDIS-NIKOLAOS, B., M. GALIOTOU-PANAYOTOU and A. STAVROPOULOUS (1998): Increase in phytase activity and decrease in phytate during germination of four common legumes. *Biotechnology-Letters*, 20 (5), 475–478.
- MAIER, W. (1919): *Praktische Geflügelfütterung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2. Auflage (1936).
- MAYER, A. M. and A. POLJAKOFF-MAYVER (1963): *The germination of seeds*. Pergamon Press, N.Y., 1963, 128.
- NAHAPETIAN, A. and A. BASSIRI (1975): Changes in concentration and interrelationships of Phytate, Phosphorus, Magnesium, Calcium, and Zinc in wheat during maturation. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 23 (6), 1179–1182.
- NAUMANN, C. und R. BASSLER (1993): *Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. Darmstadt, VDLUFA-Verlag.
- PEERS, F. G. (1953): The phytase of wheat. *Biochem. J.* 53, 102.
- RIBEIRO, M. L., D. E. IDA and M. C. DE OLIVEIRA (1997): Germination of soybeans BR-13 and Parana: effects on mineral constituents. *Arch-Latinoam-Nutr.*, 47 (4), 352–358.
- SHARMA, A. und A. C. KAPOOR (1996): Levels of antinutritional factors in pearl millet as affected by processing treatments and various types of fermentation. *Plant-Foods-Hum-Nutr.*, 49 (3), 241–252.
- SRIPRIYA, G., U. ANTONY and T. S. CHANDRA (1997): Changes in carbohydrate, free amino acids, organic acids, phytate and HCL extractability of minerals during germination and fermentation of finger millet (*Eleusine coracana*). *Food Chemistry* 58 (4), 345–350.
- STATSOFTINC (1995): *TULSA OK: Statistica for windows™ operating system (version 5)*.
- WEINMÜLLER, L. und K. VOIGT (1933): Hafer und Keimhafer als Hühnerfutter. *Archiv für Geflügelkunde*, 7, 302–309.

Anschrift der Autoren

Dr. Kerstin Oloffs, Univ.-Prof. **Dr. Heinz Jeroch**, Institut für Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Emil-Abderhalden-Straße 26, D-06099 Halle (Saale); e-mail: Oloffs@mlutgers1.landw.uni-halle.de
Dr. Egbert Strobel, Agrarökologisches Institut e. V. an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Nutztierwissenschaftliches Zentrum Merbitz, D-06193 Nauendorf

Eingelangt am 2. November 1999
 Angenommen am 12. Jänner 2000