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

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 70 (1979)

Heft: 2

Artikel: Rohproteingehalt und lösliche Eiweissfraktionen in Haferpflanzen bei Stickstoffernährung mit Abfalldünger

Autor: Schnetzer, H.L. / Chetelat, Andréane / Nguyen, D.H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983717

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: 12.07.2025

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

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **70**, 191—202 (1979)
Eingegangen 12. Februar 1979. Angenommen 16. März 1979

Rohproteingehalt und lösliche Eiweißfraktionen in Haferpflanzen bei Stickstoffernährung mit Abfalldünger

H. L. Schnetzer, Andréane Chetelat und *D. H. Nguyen*
Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern
(Direktor: Dr. *E. Bovay*)

Einleitung

Was unter «Abfalldünger» zu verstehen ist, wird in dem vom Eidg. Volkswirtschaftsdepartement herausgegebenen Landwirtschaftlichen Hilfsstoffbuch, Abschnitt Düngemittel («Düngemittelbuch»), in den Artikeln 90 bis 95 umschrieben. Nach Artikel 94 und 95 werden auch die bei den mechanischen, biologischen oder chemischen Reinigungsstufen von Abwässern in zentralen Abwasser-Reinigungs-Anlagen (ARA) anfallenden «Klärschlämme» dazu gerechnet. Angaben der Literatur (1, 2) und einer schweizerischen Erhebung der vergangenen Jahre ist zu entnehmen, daß der Düngerwert von Abwasserschlämmen vorwiegend auf ihrem Gehalt an Stickstoff (10—203 g N/kg TS) und Phosphat (4—55 g P/kg TS) beruht. Der Kaliumgehalt ist dagegen ungewöhnlich niedrig, es werden aber bemerkenswerte Mengen Calcium und Magnesium gefunden (3).

Neben diesen Pflanzennährstoffen sind kommunale Abwässer meist mehr oder weniger stark mit verschiedensten Stoffen organischer und anorganischer Natur verunreinigt, die auch nach Durchlaufen der ARA im gereinigten Abwasser noch vorhanden sind. Es sei hier nur an die oftmals recht hohen Frachten gelöster Schwermetallionen im Abwasser städtischer Agglomerationen mit Schwer- und/oder metallverarbeitender Industrie erinnert (4). Unter solchen Umständen können dann bei unsachgemäßer Anwendung von Abwasserschlämmen zur Pflanzenernährung ernste Gefahren für das Pflanzenwachstum bestehen.

Der vorliegende Vegetationsversuch verfolgt jedoch in erster Linie das Ziel, die Wirkung einer steigenden Düngung mit Stickstoff auf den Gehalt und die Zusammensetzung des Rohproteins von Haferpflanzen zu untersuchen. Daß dabei als N-Quelle ein Abwasserschlamm verwendet wurde, hängt teilweise mit der aktuellen Frage der ökologisch und ökonomisch sinnvollen Verwertung von ARA-Abwässern zusammen, ist aber für den hier beschriebenen Gefäßversuch nur insofern von Bedeutung als parallel zur N-Steigerung auch die übrigen Nähr- bzw. Schadstoffe, die im Schlamm enthalten sind, erhöht werden. Ein Einfluß auf die Pflanzenentwicklung wäre von dieser Seite her möglicherweise hier vom Kalk und den Spurenelementen Kupfer, Zink und Eisen zu erwarten.

Mehrere Gründe ließen Hafer als besonders gut geeignete Versuchspflanze erscheinen. Als Körnerfrucht dient er einmal wegen seines anerkannten Gesundheitswertes in ausgedehntem Maße als Nahrungs- und Futtermittel, während er andererseits auch als Grünhafer ein wertvoller Bestandteil in Grünfuttermischungen mit ihren ernährungsphysiologisch hochwertigen Proteinen ist.

Die Auftrennnung der Haferproteine in die nichteiweißgebundenen Stickstoffverbindungen und die löslichen Eiweißfraktionen soll die Kenntnis über die «innere» Qualität der Grünhafer- und Kornproteine vertiefen helfen.

Versuchsanlage

Je 48 durchbohrte Wagner-Töpfe mit einem sauren (pH = 5,2) und einem alkalischen (pH = 7,2) Boden wurden mit Hafer angesät. Von den ersten 24 Töpfen wurden die oberirdischen Pflanzenteile beim Rispenschieben als Grünschnitt genommen; die restlichen 24 Gefäße wurden bei Vollreife der Haferkörner abgeerntet.

Die Nährstoffversorgung der Pflanzen erfolgte über eine für alle Gefäße einheitliche Grunddüngung (GD) mit einem Mehrnährstoffdünger (N = 12,5%; P_2O_5 = 18,1%; K_2O = 18,3%). Für die zusätzliche Abwasserschlammgabe in den N-Steigerungsstufen erwies sich aus arbeitstechnischen Gründen «Trocken-Klärschlamm» (aus der ARA einer größeren Schweizerstadt am Genfersee) als sehr praktisch. Der Trockenklärschlamm (TKS) wurde nach folgendem Düngungsplan verabfolgt:

Verfahren

Stufe 0	6,0 g GD/Gef.	≙ 0,75 g N
Stufe 1	6,0 g GD/Gef. + 120 g TKS	≙ 1,75 g N
Stufe 2	6,0 g GD/Gef. + 240 g TKS	≙ 2,75 g N
Stufe 3	6,0 g GD/Gef. + 480 g TKS	≙ 4,75 g N

Jedes Verfahren wurde 6fach wiederholt. Leider ergab sich bei der Aufarbeitung des Pflanzengutes, daß der Trockensubstanzertrag einzelner Gefäße sehr niedrig war, so daß pro Verfahren immer 3 Gefäße zu einer Mischprobe vereinigt werden mußten, um alle vorgesehenen Analysen durchführen zu können.

Die Analyse des Trockenklärschlamms ergab untenstehende Zusammensetzung mit folgenden Gehaltswerten:

Trockensubstanz	73,8 %	Fe	18320,9 ppm
Stickstoff (0,03% NH_3-N)	0,85%	Cu	496,6 ppm
P_2O_5	1,0 %	Co	1,0 ppm
K_2O	0,16%	Mo	9,4 ppm
Ca	9,86%	Zn	2215,4 ppm
Mg	0,44%	Bor	5,8 ppm
Na	0,04%		
S	0,34%		

Es ist zu beachten, daß bei solchen verschieden zusammengesetzten Abfalldüngern nicht nur die darin enthaltenen Nährstoffe zunehmen, wenn die Zufuhr gesteigert wird. So erhöhen sich hier ebenfalls bestimmte Spurenelemente, wie z. B. Zink, von 266 mg/Gefäß (Stufe 1) über 532 mg bis zu 1064 mg Zn/Gefäß bei Düngungsstufe 3 recht erheblich. Die entsprechenden Werte betragen für Kupfer 60 mg, 120 mg und 240 mg Cu/Gefäß und für Eisen 2198 mg, 4397 mg bzw. 8794 mg Fe/Gefäß.

Analysenmethoden

Der Grünhafer wurde bei 60 °C im Trockenschrank mit Luftumwälzung bis zur «Lufttrockne» getrocknet und anschließend in einer kleinen Schlagmühle fein vermahlen (0,5 mm); desgleichen die reifen Haferkörner (mit Spelzen). Das Haferstroh wurde nicht untersucht.

Alle Analysen wurden in der lufttrockenen Substanz vorgenommen und die Resultate nach Bestimmung des Wassergehaltes auf die Trockensubstanz umgerechnet.

Roh-, Rein- und Nichtproteinstickstoff

In allen Proben wurde *Rohprotein* (Kieldahl-N · 6,25) nach Vorschrift der Weender Analysenmethoden für Futtermittel bestimmt (5).

Für die Bestimmung des *Reinproteins* sind je nach Beschaffenheit der zu analysierenden Proben mehrere Wege gangbar. Hier wurde im Grünhafer die Bestimmung des Reineiweiß-N nach *Mothes* angewendet (6).

Das «Reineiweiß» als solches hat nach neueren ernährungsphysiologischen Erkenntnissen in der Tierernährungspraxis kaum noch eine größere Bedeutung; deshalb wird seine Bestimmung in Futtermitteln auch nur noch selten vorgenommen. In der Pflanzenanalyse und auch bei der Auswertung von Vegetationsversuchen kann der «Reineiweiß»-Stickstoff jedoch oftmals eine nützliche Hilfe bei der Deutung von Versuchsergebnissen sein. Darüber hinaus läßt sich auch der *Nichtproteinstickstoff* (NPN = No Protein Nitrogen) im Rohprotein der Pflanzen auf einfache Weise berechnen, wenn der Eiweiß-N bekannt ist.

Der NPN ergibt sich dann aus der Subtraktion

$$\text{Rohprotein-N} - \text{Reinprotein-N} = \text{Nichtprotein-N}$$

Neben seiner eigentlichen Aussage über den Reineiweißgehalt wurde hier mit der Bestimmung des Reinproteinstickstoffs noch der Zweck verfolgt, unter Verwendung obiger Gleichung auch den NPN-Anteil im Grünhafer zu berechnen («Differenzmethode» zur Berechnung des NPN). Diese Möglichkeit, ohne zusätzliche Analysenarbeit 2 bestimmte N-Bindungsformen in den pflanzlichen Geweben erfassen zu können, dürfte vielleicht auch in Zukunft der «Reineiweißbestimmung» noch ihren Platz in der Pflanzenanalyse sichern.

Die Auftrennung des Rohproteins in
wasserlöslichen Nichtproteinstickstoff (NPN)
leichtlöslichen Eiweiß-N
und nicht extrahierbaren Eiweiß-N

wurde im Prinzip nach der von *Schwerdtfeger* (7) beschriebenen Methode, jedoch in der unten angegebenen leicht modifizierten Form, vorgenommen (Blockdiagramm Abb. 1)

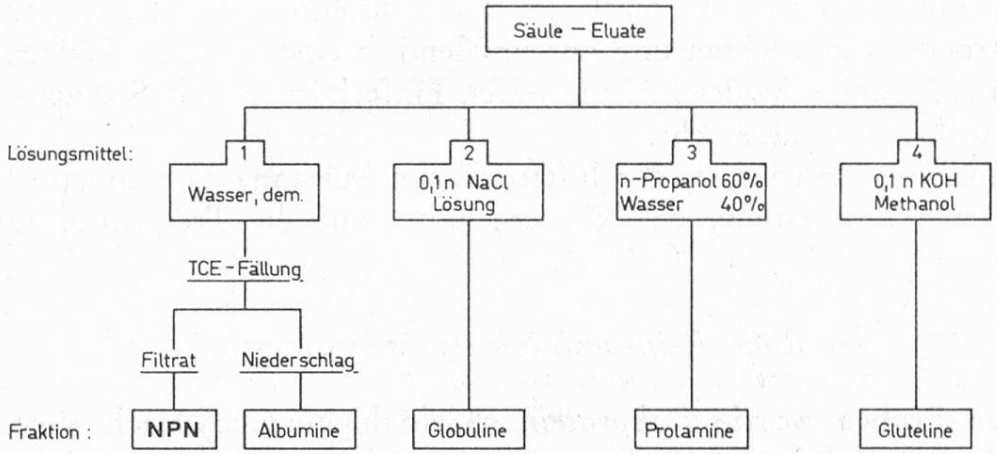

Abb. 1 Blockdigramm: Fraktionierung des löslichen Rohproteins

Arbeitsvorschrift

Reagenzien
Seesand, gewaschen und geglüht
Natriumchlorid, NaCl, p. a. (Merck), 0,1 n Lösung
Kaliumhydroxid, KOH, p. a. (Merck), 0,1 n Lösung
Trichloressigsäure krist. (Merck, 5%ig. und 0,5%ig. Lösungen
n-Propanol, p. a. (Fluka), 60%ige wässerige Lösung (v/v)
Methanol absol., p. a. (Fluka) acetonfrei
Methanolische Kalilauge, 0,1 n KOH: Methanol 1:1 (v/v)

1,00 g lufttrockene, feingemahlene Pflanzensubstanz wird mit 140 g Seesand gut gemischt und in ein Glasrohr von 450 mm Länge und 20 mm lichter Weite eingefüllt. Den unteren Abschluß des Rohres bildet ein Glashahn, über dem eine Glasfritte G 1 eingeschmolzen ist. Zum Schutz gegen Verstopfen mit Sandkörnchen wird die Fritte vor dem Einfüllen des Sand/Substanzgemisches mit einer 10 mm dicken Schicht aus entfetteter Watte bedeckt. Als oberer Abschluß wird zur Aufnahme der Lösungsmittel ein Tropftrichter mit NS 29/32 aufgesetzt (Abb. 2).

Die löslichen Proteinfraktionen werden nacheinander durch folgende Lösungen extrahiert:

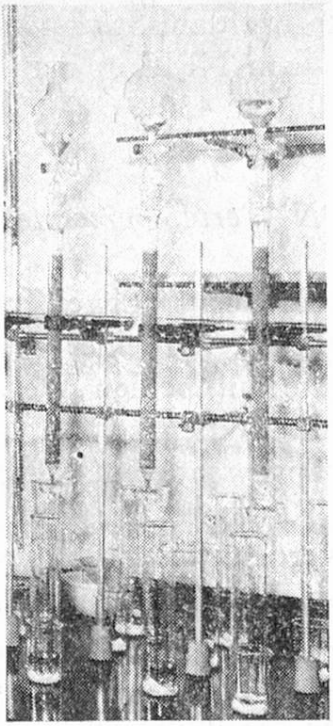

Abb. 2 Fraktioniersäulen zur Auftrennung des löslichen Roheiweißanteils

Eluationsmittel	*Gelöstes Eiweiß*
1. Wasser (demineralisiert)	Fraktion 1: NPN + Albumine
2. 0,1 n-Natriumchloridlösung	Fraktion 2: Globuline
3. n-Propanol 60%ig	Fraktion 3: Prolamine
4. methanol. Kalilauge	Fraktion 4: Gluteline

Zu Beginn der Extraktion werden vom 1. Elutionsmittel (aqua dem.) 125 ml auf die Säule gegeben bis der Flüssigkeitsspiegel etwa 30 mm über der Sandschicht steht. Die Tropfgeschwindigkeit beim Austritt aus der Säule wird auf 1 Tropfen/2—3 s einreguliert und darauf geachtet, daß die Säule während der Extraktion nicht trockenläuft, um keine Luft eindringen zu lassen.

Von jedem Elutionsmittel werden 100 ml aufgefangen. Dieses Vorgehen erlaubt eine befriedigende Auftrennung in die erwähnten Eiweißgruppen.

Zur Trennung der Albumine von den nichteiweißartigen N-Verbindungen werden 100 ml der Fraktion 1 in einem 200-ml-Becherglas mit 100-ml-Marke gesammelt. Unter rühren werden dann zur Abscheidung des fällbaren Proteins 15 ml 5%ige Trichloressigsäure (TCE) zugesetzt und über Nacht stehengelassen. Danach wird das ausgefallene Albumineiweiß abfiltriert (Filter S & S 2015 ⌀ 12,5), mit 0,5%iger TCE ausgewaschen und zusammen mit dem Filter dem Kjeldahl-Aufschluß unterworfen.

Das Filtrat mit den nichteiweißgebundenen N-Verbindungen sowie die Fraktionen 2 bis 4 werden in Aufschlußgläsern mit 100-ml-Marke (Abb. 2) aufgefangen, mit Schwefelsäure angesäuert, anschließend bis fast zur Trockne eingedampft und weiter nach Kjeldahl aufgeschlossen.

Der im einzelnen bestimmte Kjeldahl-Stickstoff entspricht dem N-Gehalt der Eiweißfraktionen 2 bis 4 und dem NPN in der Fraktion 1. Der Aufschluß erfolgt in der Aufschlußeinheit «Buechi 430».

Vergleich der NPN-Werte «berechnet» und «bestimmt»

Der Nichtproteinstickstoff in der 1. Eiweißfraktion, der hier im Gegensatz zum NPN der «Differenzmethode» auf einer quantitativen N-Bestimmung beruth, bietet die Möglichkeit, die auf beiden Wegen ermittelten N-Gehalte einander gegenüberzustellen. Grundsätzlich sollten beide NPN-Werte, unabhängig vom Analysenweg und der angewendeten Methode, übereinstimmen. Die in Tabelle 1 zusammengefaßten Resultate der Roh-, Rein- und Nichtprotein-N-Bestimmungen im Grünhafer werden zeigen, ob diese Forderung erfüllt worden ist.

Bei den einzelnen Daten in Tabelle 1 handelt es sich um Durchschnittswerte (Doppelbestimmung) einer Mischprobe, die immer das Erntegut von 3 Vegetationsgefäßen darstellt. Das gilt auch für die Wiederholungen (W). Die beiden letzten Spalten enthalten die «berechneten» und «bestimmten» NPN-Werte. Zudem sind noch die statistischen Tests angegeben.

Tabelle 1. Rohprotein-N, Reinprotein-N und NPN in der Trockensubstanz von Grünhafer

Verfahren	Düngung g N/Gef.	Roh-Proteinstickstoff mg/g	Rein-Proteinstickstoff mg/g	NPN berechnet* mg/g	NPN bestimmt mg/g
Saurer Boden					
0	0,75	25,20	18,27	6,93	6,66
	W	22,89	16,80	6,09	6,15
1	1,75	15,75	11,62	4,13	3,79
	W	16,52	12,32	4,20	4,10
2	2,75	17,01	12,74	4,27	3,80
	W	18,34	14,00	4,34	4,84
3	4,75	19,95	14,98	4,97	4,67
	W	20,37	14,42	5,95	5,59
Alkalischer Boden					
0	0,75	15,47	12,39	3,08	3,04
	W	14,70	12,04	2,66	2,86
1	1,75	16,38	13,23	3,15	2,85
	W	16,31	13,30	3,01	3,08
2	2,75	18,13	14,21	3,92	3,81
	W	17,29	13,37	3,92	3,44
3	4,75	19,39	14,28	5,11	4,09
	W	20,30	15,19	5,11	4,59

* Differenzenmethode

Statistische Tests:

Test H_0:	$\alpha = 0$	$\bar{x}$ berechnet	4,43
H_0:	$\beta = 1$	$\bar{x}$ bestimmt	4,21
H_0:	$\alpha = 0$ u. $\beta = 1$	N	16
H_0:	$\sigma^2_x = \sigma^2_y$		

alle Tests gesichert zu 5%

Die statistische Prüfung der Korrelation zwischen den Werten «berechnet» und «bestimmt» ergibt, daß die nach der Differenzmethode ermittelten und die chemisch bestimmten NPN-Gehalte als gleichwertig gelten können. Mit anderen Worten heißt das, daß die oben erhobene Forderung nach Uebereinstimmung der Analysenzahlen in der Tat erfüllt ist. Darüberhinaus wird damit auch bestätigt, daß die Methoden der Roh- und Reinproteinbestimmung wie auch das Trennverfahren zur Eiweißfraktionierung, insgesamt also 3 voneinander unabhängige Analysenverfahren, auf verschiedenen Wegen schließlich übereinstimmende und gut reproduzierbare Resultate zu liefern vermögen.

In einer Zeit, in der die instrumentelle Analytik im chemischen Labor in stetem Fortschreiten begriffen ist, möge es erlaubt sein, angesichts der dargelegten Resultate darauf hinzuweisen, daß auch ohne teuren apparativen Aufwand mit altbewährten chemischen Methoden genaue Analysenergebnisse zu erzielen sind. Auf diese Weise wird nicht nur die Zuverlässigkeit der hier angewendeten chemischen Methoden erneut bekräftigt, es wird auch gleichzeitig der Aussagegehalt der Analysen entsprechend gestärkt.

Rohproteinfraktionen von Grünhafer und Korn

Die klassischen Untersuchungen von *T. B. Osborne* (8) an Pflanzenproteinen brachten die Erkenntnis, daß die Eiweißkörper botanisch verwandter Arten große Aehnlichkeiten in ihren physikalischen Eigenschaften und ihrem chemischen Verhalten aufweisen, zwischen den Arten jedoch nach Verteilung und Gehalt einzelner Aminosäuren deutliche Unterschiede bestehen können.

Aufgrund ihrer Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln lassen sich nach *Osborne* einfache Eiweißstoffe in bestimmte Klassen einordnen. Hierbei sind die Uebergänge von einer zur anderen Klasse etwas fließend; aber bei festgelegten Analysenbedingungen gelingt mit guter Reproduzierbarkeit eine Auftrennung in Albumine, Globuline, Prolamine und Gluteline, die im Pflanzenreich hauptsächlichsten Eiweißkörper.

Die Trennmethodik ist einfach und bei pflanzlichen Materialien sehr allgemein anwendbar. Auf dem oben schon beschriebenen Analysenwege kann im gleichen Arbeitsgang, wie auch in unserem Fall geschehen, neben den eigentlichen Eiweißstoffen auch der nicht eiweißgebundene Stickstoff bestimmt werden.

Es muß jedoch im Auge behalten werden, daß es sich bei diesen Eiweißfraktionen um ein Gemisch von einfachen Eiweißkörpern mit sehr ähnlichen Eigenschaften handelt und nicht um einheitliche Proteine. Trotz dieser kleinen

Einschränkung eröffnet sich hier aber ein Weg, mit Hilfe der genannten Eiweißgruppen mehr Kenntnisse über den Aufbau verschiedener Pflanzeneiweiße zu sammeln.

Ueber die Analysenwerte der N-Bestimmungen von Rohprotein und Eiweißfraktionen im Hafer-Grünschnitt und im Haferkorn orientiert Tabelle 2. Darin sind Durchschnittswerte angegeben, denen jeweils 4 Einzelbestimmungen zugrunde liegen.

Tabelle 2. Rohprotein-N und Eiweißfraktionen-N von Grünhafer und Korn (Gehalt in der Trockensubstanz)

Verfahren	Roh-protein-N mg/g	NPN mg/g	Eiweißfraktionen			
			Albumin-N mg/g	Globulin-N mg/g	Prolamin-N mg/g	Glutelin-N mg/g
Saurer Boden						
Grünhafer						
Stufe 0	24,04	6,41	0,46	0,87	1,14	2,11
Stufe 1	16,14	3,94	0,28	0,49	0,85	1,52
Stufe 2	17,67	4,32	0,30	0,52	0,97	1,59
Stufe 3	20,16	5,12	0,40	0,52	1,06	1,61
Haferkorn						
Stufe 0	24,04	1,99	0,44	0,87	3,33	3,56
Stufe 1	(13,02)*	—	—	—	—	—
Stufe 2	26,56	2,11	0,35	0,81	3,91	4,26
Stufe 3	23,27	1,80	0,56	0,97	3,62	3,42
Alkalischer Boden						
Grünhafer						
Stufe 0	15,00	2,95	0,32	0,37	0,83	1,16
Stufe 1	16,34	2,96	0,24	0,37	0,86	1,13
Stufe 2	17,71	3,62	0,26	0,39	0,87	1,18
Stufe 3	19,69	4,34	0,29	0,42	1,02	1,16
Haferkorn						
Stufe 0	20,02	1,44	0,38	0,74	2,75	3,43
Stufe 1	21,63	1,55	0,52	0,82	2,85	3,47
Stufe 2	22,61	1,59	0,47	0,81	3,02	3,31
Stufe 3	25,27	1,68	0,48	0,90	3,27	3,72

* Aus unbekannter Ursache war der Kornertrag hier so niedrig, daß nur noch eine Rohproteinbestimmung möglich war; sie ist nur vollständigkeitshalber aufgeführt.

Die Daten (mg N/g TS) in Tabelle 2 dienen in erster Linie der Information über die Größenordnung, in welcher sich Rohprotein-N, NPN und die N-Gehalte der Proteinfraktionen in Grünhafer und Haferkorn vorfinden. Die auf-

geführten Werte stellen absolute Stickstoffgehalte der Fraktionen und des Rohproteins dar.

Während sich der Rohproteingehalt in Körnern und Grünhafer annähernd auf gleicher Höhe hält, scheinen innerhalb des N-Gehaltes der Fraktionen zwischen Grünschnitt und Korn gewisse Unterschiede zu bestehen. Da aber die Verteilung des Fraktionenstickstoffs ebenso wie auch der NPN-Anteil vom korrespondierenden Rohprotein abhängig ist, bereitet es meist Schwierigkeiten, wahre oder nur scheinbare Unterschiede aufgrund der absoluten Analysenzahlen richtig zu erkennen. Darum ist es hier zweckmäßiger, zum objektiven Vergleich des Fraktionen-Musters der beiden Eiweißarten die entsprechenden Relativzahlen, wie sie in Tabelle 3 aufgeführt sind, zu verwenden.

Tabelle 3. Prozentuale Verteilung der 5 Fraktionen im Rohprotein von Grünhafer und Korn (Rohprotein ≙ 100%)

	NPN %	Albumin-N %	Globulin-N %	Prolamin-N %	Glutelin-N %
Saurer Boden					
Grünhafer					
Stufe 0	26,65	1,93	3,64	4,88	8,79
Stufe 1	24,44	1,77	3,07	5,28	9,39
Stufe 2	24,37	1,67	2,91	5,49	9,02
Stufe 3	25,43	1,99	2,58	5,26	8,02
Korn					
Stufe 0	8,30	1,82	3,62	13,84	14,81
Stufe 1	—	—	—	—	—
Stufe 2	8,10	1,36	3,07	14,78	16,03
Stufe 3	7,71	2,40	4,17	15,57	14,67
Alkalischer Boden					
Grünhafer					
Stufe 0	19,56	2,12	2,45	5,50	7,71
Stufe 1	18,14	1,47	2,30	5,23	6,92
Stufe 2	20,46	1,47	2,23	4,94	6,66
Stufe 3	21,70	1,46	2,15	5,17	5,91
Korn					
Stufe 0	7,22	1,89	3,72	13,75	17,16
Stufe 1	7,17	2,43	3,79	13,18	16,08
Stufe 2	7,06	2,11	3,59	13,41	14,65
Stufe 3	6,63	1,92	3,56	12,96	14,73

Tabelle 3 enthält die prozentuale Verteilung des NPN und des Albumin-, Globulin-, Prolamin- und Glutelinstickstoffs im Rohprotein der Haferpflanzen, wobei der gesamte Rohprotein-N gleich 100% gesetzt wurde.

Die Varianzanalyse für die Grünhafer- und Kornwerte in Tabelle 3 ergibt, daß weder die Bodenreaktion (sauer oder alkalisch) noch eine stufenweise erhöhte Stickstoffernährung der Haferpflanzen einen entscheidenden Einfluß auf die Albumin-, Globulin-, Prolamin, und Glutelinfraktionen ausüben.

Da somit im Eiweiß der grünen Pflanzen wie auch bei den Kornproteinen keine Veränderungen in den prozentualen Anteilen feststellbar sind, können die Grünhaferdaten auf der einen Seite und die Kornwerte auf der andern als einer gleichen Grundgesamtheit angehörend betrachtet werden, und man kann mit Hilfe des t-Testes untersuchen, ob und gegebenenfalls wo sich die beiden Eiweißarten im Fraktionenmuster unterscheiden.

Tabelle 4. Vergleich der Fraktionenverteilung im Grünhafer- und Kornprotein

Im Rohprotein enthalten		Hafer grün $\bar{x}$	Hafer grün s	Hafer Körner $\bar{x}$	Hafer Körner s	t-Test
NPN	%	22,61	3,16	7,46	0,83	***
Albumin-N	%	1,73	0,32	1,99	0,43	n. s.
Globulin-N	%	2,66	0,51	3,64	0,38	***
Prolamin-N	%	5,22	0,37	13,93	0,98	***
Glutelin-N	%	7,78	1,23	15,44	1,23	***

t-Test: n. s. = nicht signifikant; *** = signifikant für $P_{0,001}$; $\bar{x}$ = Mittelwert; s = Standardabweichung

Dabei zeigt sich nun, daß zwischen dem Eiweiß der grünen Haferpflanze und dem des Kornes klar unterschieden werden kann. Eine ziemlich gute Uebereinstimmung scheint nur im Albuminanteil der beiden Eiweißarten zu bestehen. Bei den 4 übrigen Fraktionen treten z. T. recht erhebliche Abweichungen auf. So ist der Anteil an Globulinen im Korn deutlich höher als beim Grünhafer und auch die Prolamine und Gluteline übertreffen im Korn die entsprechenden Anteile in der grünen Pflanzensubstanz um rund das Doppelte. Da die letzteren beiden Eiweißstoffe vorwiegend in die Samenkörner transportiert und dort als Reserveproteine gespeichert werden, ist das Resultat ohne weiteres verständlich. Etwas überraschend ist indessen der relativ hohe Prolamin- und Glutelinanteil auch im Protein des Grünhafers, bei dem es sich ja zur Hauptsache um stoffwechselaktives Enzymeiweiß handelt.

Hervorzuheben ist weiter der fast ein Viertel des Rohproteins betragende Anteil an nicht eiweißgebundenem Stickstoff im grünen Hafer. Er macht rund das Dreifache dessen aus, was sich an NPN im Haferkorn findet.

Wie bereits oben ausgeführt wurde, hat die steigende Stickstoffdüngung sich in den Eiweißfraktionen nicht entscheidend ausgewirkt und es wäre abschließend nach dem Verbleiben des im Ueberschuß assimilierten Stickstoffs zu fragen. Der Nitratstatus der Pflanzen ist hierfür ein sehr guter Indikator. In der Tat erfährt der Nitratspiegel mit steigender N-Düngung im Grünhafer eine enorme Zunahme,

die von 278 ppm NO_3-N in Stufe 0 bis zu 1208 ppm NO_3-N in Stufe 3 reicht. Demgegenüber bleibt der Nitratgehalt im Korn durchweg unter 250 ppm NO_3-N.

Dank

Herrn *A. Marquardt* danken wir für die zuverlässigen, mit Geschick ausgeführten Eiweißfraktionierungen und die Stickstoffanalysen. Unseren Dank verdienen auch Frau *I. Knecht* für die Anfertigung des Blockdiagramms und die Herren *Bonafini* und *Haettenschwiler* für die photographische Aufnahme.

Zusammenfassung

In einem Gefäßversuch wird die Wirkung einer steigenden Stickstoffdüngung auf die Zusammensetzung der Grünhafer- und Kornproteine untersucht. Dabei zeigt sich, daß die beiden Eiweißarten einzig in der Albuminfraktion ziemlich gut übereinstimmen. Im Kornprotein ist der Globulinanteil, vor allem aber Prolamine und Gluteline, signifikant höher als im Eiweiß der grünen Pflanzen. Umgekehrt verhält es sich mit dem NPN, dessen Anteil im Grünhafer rund dreimal mehr beträgt als in den Körnern.

Die Resultate zeigen auch, daß weder die Bodenreaktion noch steigende Klärschlammgaben einen entscheidenden Einfluß auf die Albumin-, Globulin-, Prolamin- und Glutelinanteile ausüben. Zu beachten ist jedoch, daß der Nitratgehalt mit steigender N-Düngung im Grünhafer stark zunimmt, im Korn hingegen unter 250 ppm bleibt.

Die Eiweißfraktionierung wird beschrieben und auf die Zuverlässigkeit der hier angewendeten Analysenmethoden am Beispiel $NPN_{berechnet}$ und $NPN_{bestimmt}$ aufmerksam gemacht.

Résumé

Dans un essai en vases de végétation, on a étudié l'influence de doses croissantes d'azote sous forme de boues d'épuration sur la composition des protéines de l'avoine fauchée en vert (épiaison) et des grains (pleine maturité) d'avoine. Les protéines de l'avoine verte correspondent approximativement à celles des grains uniquement dans la fraction albumine. Dans les protéines du grain, les proportions de globuline, mais surtout de prolamine et de glutéline sont significativement supérieures à celles trouvées dans la plante verte. On rencontre l'inverse pour la fraction azotée non-protéique, à savoir que sa teneur est 3 fois plus élevée dans l'avoine verte.

Les résultats montrent en outre que ni la réaction du sol (pH) ni l'accroissement des doses de boues d'épuration n'ont influencé de façon décisive les taux d'albumine, de globuline, de prolamine et de glutéline. Cependant la teneur en nitrates augmente fortement avec une fumure azotée croissante dans l'avoine verte, alors que cette teneur reste inférieure à 250 ppm dans les grains.

On décrit également la technique de fractionnement des protéines et on considère d'un point de vue critique la fiabilité de la méthode analytique utilisée en discutant l'exemple des fractions non-protéiques «calculée» et «déterminée».

Literatur

1. *El-Bassam, N.* und *Tietjen, C.:* Kommunale Abwässerschlämme als organische Düngemittel unter besonderer Berücksichtigung des Gehaltes an Schwermetallen. Landbauforsch. Völkenrode **27**, 121—122 (1977).
2. *Gleisberg, D., Kandler, J., Ulrich, H.* und *Hartz, P.:* Eutrophierung und Abwasserreinigung. Angew. Chem. **88**, 354—365 (1976).
3. *Furrer, O. J.* und *Roulet, M.:* Gehalt an Nährstoffen und Mikroelementen in Klärschlamm aus schweizerischen Abwasserreinigungsanlagen. Landwirtsch. Forsch. Sonderheft 33/1, 206—209 (1977).
4. *Berrow, M. L.* and *Webber, J.:* Trace elements in sewage sludges. J. Sci. Food Agr. **23**, 91—100 (1972).
5. VDLUFA-Methodenbuch Bd III, 4.1.1., J. Neumann-Neudamm, Melsungen, Berlin, Basel, Wien 1976.
6. VDLUFA-Methodenbuch Bd III, 4.4.2., ib.
7. *Schwerdtfeger, E.:* Ueber die Extraktion pflanzlicher Proteine. Wiss. Abhandl. Deut. Akad. Landw. Wiss. **37**, 153—163 (1958).
8. *Osborne, T. B.:* The proteins in the wheat kernel. Am. Chem. J. **14**, 629 (1892).

Dr. H. L. Schnetzer
lic. phil. nat. Andréane Chételat
lic. rer. pol. D. H. Nguyen
Eidg. Forschungsanstalt für
Agrikulturchemie und Umwelthygiene
CH-3097 Liebefeld-Bern