

wesenheit von Samen anderer Pflanzen – in der vorliegenden Arbeit gar nicht erwähnt wurden. Bei der korrekten Anwendung des Getreideprobers unter Beachtung der wichtigsten Messvorschriften ist es möglich, zuverlässige Messwerte zu erhalten. Von diesem Standpunkt aus gesehen ist die Bestimmung des Hektolitergewichts in der Praxis voll gerechtfertigt. Über den Zusammenhang zwischen

dem Hektolitergewicht und dem Nährwert von Getreide, der in unserer Untersuchung ebenfalls abgeklärt wurde, wird im zweiten Teil dieser Publikation die Rede sein.

Literatur

CHRISTISON G. I. and BELL J. M., 1975. An assessment of bulk weight and other simple criteria for predicting the digestible energy values of feed grains. *Can. J. Plant Sci.* 55, 515-528.

HOOK Simon C. W., 1984. Specific weight and wheat quality. *J. Sci. Food Agric.* 35, 1136-1141.
PUSHMAN Fiona M., 1975. The effects of alteration of grain moisture content by wetting or drying on the test weight of four winter wheats. *J. agric. Sci.* 84, 187-190.

PUSHMAN Fiona M. and BINGHAM J., 1975. Components of test weight of ten varieties of winter wheat grown with two rates of nitrogen fertilizer application. *J. agric. Sci.* 85, 559-563.

ZILLICH R. Experimentelle Untersuchungen über das Litergewicht bei Weizen und Roggen. *Landw. Versuchsst.* 116, H. 1/2.

Summary

Hectoliter weight and nutritive value of barley, oats and wheat
Part 1: Measurement and reliability of the hectoliter weight

The measurement of the hectoliter weight of bread and feed grains often serves as quality criterion for price fixing. In order to examine the characteristics of this parameter an investigation was carried out at the Research Station Grangeneuve-Posieux. Various factors influencing the result of the measurement were described and the reliability of the hectoliter weight was tested. The coefficient of variation and the repeatability of the measurement of one sample proved to be good.

Key words: hectoliter weight, barley, oats, wheat, specific weight, cereal.

Résumé

Poids à l'hectolitre et valeur nutritive de l'orge, de l'avoine et du blé
1^{re} partie: Mesure et fiabilité du poids à l'hectolitre

La mesure du poids à l'hectolitre des céréales panifiables et fourragères est une notion universelle, fréquemment utilisée notamment comme critère de qualité lors de l'établissement des prix. Les caractéristiques de ce paramètre ont été mises en évidence dans le cadre d'une étude réalisée à la Station fédérale de Grangeneuve. Différents facteurs d'influence agissant sur le résultat de la mesure sont décrits et la fiabilité de ce critère a été mise à l'épreuve. La répétabilité et le coefficient de variation de la mesure sur un même échantillon peuvent être considérés comme bons.

Riassunto

Peso per ettolitro e valore nutritivo dell'orzo, dell'avena e del frumento
Parte prima: Misura del peso per ettolitro e sua affidabilità

La misura del peso per ettolitro dei cereali panificabili e foraggeri è una nozione universale e spesso impiegata come criterio di valutazione della qualità al momento in cui si stabiliscono i prezzi. Le caratteristiche di questo parametro sono state esaminate nell'ambito di uno studio realizzato presso la Stazione Federale di Grangeneuve. Sono descritti diversi fattori la cui influenza può alterare i risultati della misurazione e si è messa alla prova l'affidabilità di questo criterio di misura. La ripetibilità ed il coefficiente di variazione della misura, eseguita più volte sullo stesso campione, possono essere considerati come buoni.

2. Teil: Zusammenhang zwischen Hektolitergewicht und Nährwert

Isabelle EGGER und J. MOREL, Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Grangeneuve, CH-1725 Posieux

Zusammenfassung

Es existieren nur wenige publizierte Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen dem Hektolitergewicht und dem Nährwert von Getreide, deren Resultate zudem oft nicht auf die schweizerischen Verhältnisse übertragen werden können. Deshalb führten wir eine Untersuchung an Gerste, Hafer und Weizen inländischer Herkunft durch. In verschiedenen Mühlen der ganzen Schweiz wurden insgesamt 124 Proben gezogen. Anhand des Hektolitergewichts und des Nährwertes der Proben, der aus dem Gehalt an Hauptnährstoffen berechnet worden war, wurde der Zusammenhang zwischen Hektolitergewicht und Nährwert untersucht. Eine enge Beziehung zwischen diesen beiden Grössen wurde bei der Gerste und beim Hafer gefunden, so dass Regressionsgleichungen erstellt werden konnten. Mit Hilfe des Rohfasergehaltes kann der Nährwert dieser Getreide jedoch genauer abgeschätzt werden. Es wurden auch Regressionen erstellt, welche die Abschätzung der verdaulichen Energie Schwein anhand des Rohfasergehaltes ermöglichen. Beim Weizen fanden wir keine signifikante Korrelation zwischen dem Hektolitergewicht und dem Nährstoffgehalt bzw. dem Nährwert.

Einleitung

Bereits in der Steinzeit wurde wilde Gerste von unseren Vorfahren genutzt. Im Verlaufe der Zeit wurden verschiedene Formen gezüchtet, speziell die sechszeilige Gerste. Die zwei-zeilige Form wird zur Zeit in der Schweiz am häufigsten angebaut. Bezüglich Sortenzahl und Anbaufläche dominiert die Wintergerste eindeutig, da sie einen höheren Ertrag und eine bessere Standfestigkeit als die Sommergerste aufweist. Die Gerste ist vor allem in der Schweineernährung die häufigste Einzelkomponente von Mischfuttermitteln. Da sie in der Tierfütterung eine wichtige Rolle spielt, ist die Kenntnis ihres Nährwertes von grosser Bedeutung.

Die in der Schweiz offizielle Methode zur Berechnung des Nährwertes von Einzelkomponenten beruht auf Regressionen, die anhand der Resultate zahlreicher Verdauungsversuche am Tier ermittelt wurden. Die Basis für die Anwendung dieser Regressionen bildet der analysierte Nährstoffgehalt der Komponenten. Bedingt durch die chemischen Analysen ist diese Methode jedoch zeitaufwendig und teuer. Da in vielen Fällen eine ungefähre Schätzung des Nährwertes ausreichen würde, um beispielsweise Getreide ähnlicher Qualität ins gleiche Silo zu füllen, war man schon immer an einer einfachen Methode zur Nährwertschätzung interessiert.

Das Hektolitergewicht ist eines der ältesten Beurteilungskriterien für Getreide. Es wird als Qualitätsmassstab zur Abschätzung des Flächenertrages oder beim Brotgetreide zur Abschätzung der Mehlausbeute verwendet. In der Schweiz und in der EG basiert die Qualitätsbezahlung des Getreides durch die Getreideannahmestellen auf dem Hektolitergewicht. Viele Mühlen und Futtermittelhersteller besitzen Getreideprober, um mit Hilfe des Hektolitergewichts den Nährwert ihrer Rohkomponenten abzuschätzen. Das Hektolitergewicht des Getreides wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, unter anderem vom spezifischen Gewicht des Kornes und von den Eigenschaften der Hülle (PUSHMAN *et al.* 1975). Im ersten Teil dieser Arbeit wurde aufgezeigt, welche Faktoren das Wägeresultat beeinflussen (EGGER 1989).

In der Literatur existieren nur wenige Angaben über den Zusammenhang zwischen dem Hektolitergewicht und dem Nährwert. In einer mit der vorliegenden Arbeit vergleichbaren Untersuchung hat MOEHRING (1988) für Gerste Regressionen zur Schätzung der NEL und der VES aufgrund des Hektolitergewichts ermittelt. Die Korrelationskoeffizienten dieser Regressionen sind eher schwach, betragen sie doch nur rund 0,5 für Wintergerste und 0,3 für Sommergerste. BAUMER und FRITZ (1984) untersuchten, wie zuverlässig der Nährwert (GN) verschiedener Getreide anhand des Tausendkornengewichts, des Hektolitergewichts und der Granulometrie geschätzt werden konnte. Das Hektolitergewicht erwies sich dabei als der schlechteste Parameter. Nach CHRISTISON und BELL (1975) lässt sich die VES von Gerste und Weizen anhand des Hektolitergewichts nicht genügend genau abschätzen; beim Hafer dagegen fanden sie eine bessere Korrelation. TRACHUK

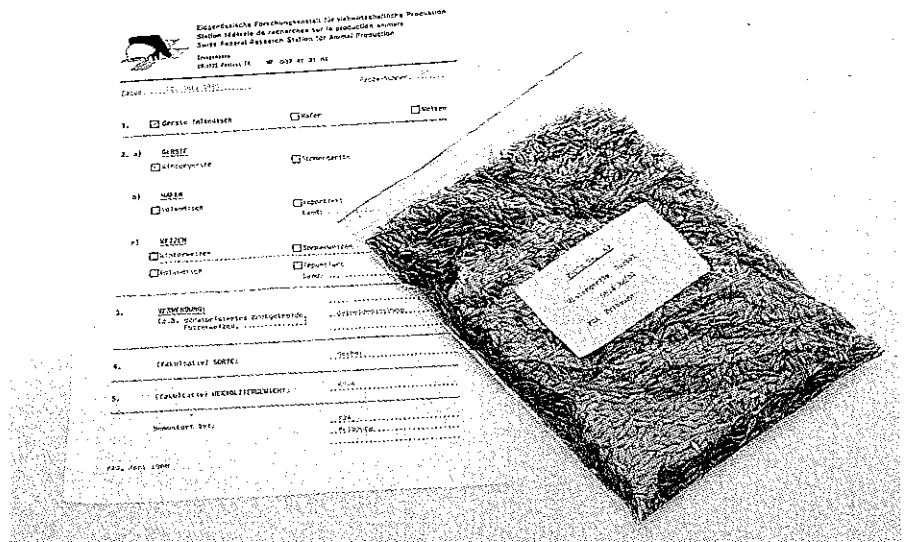


Abb. 1. Getreideprobe mit Probeformular.

und KUSINA (1979) fanden eine signifikante positive Korrelation zwischen dem Hektolitergewicht und dem Rohproteingehalt von Sommerweizen. PEREZ *et al.* (1980) veröffentlichten eine Regression zur Berechnung der VES von Gerste anhand des Hektolitergewichts. Diese Regression wird zur Zeit in der Schweiz allgemein angewandt. Sie basiert jedoch auf nur sieben sehr heterogenen Gersteproben, welche zudem für die in der Schweiz vorkommenden Sorten nicht repräsentativ sind. Es schien uns deshalb angebracht, den Zusammenhang zwischen dem Hektolitergewicht und dem Nährwert anhand einer grösseren Anzahl inländischer Gersteproben zu untersuchen. Da auch bei anderen Getreidearten starke Schwankungen des Hektolitergewichts bestehen, wurde die Untersuchung auf Hafer und Weizen ausgedehnt.

Material und Methoden

Die 124 untersuchten Getreideproben (Wintergerste 39, Sommergerste 25, Hafer 26, Winterweizen 24 Proben) stammten von 50 Mühlen, Futtermittelherstellern und Landwirten aus der ganzen Schweiz. Bei allen Proben handelte es sich um einheimisches Getreide, das grösstenteils 1988 geerntet worden war (Abb. 1). Bei der Gerste und dem Weizen wurde zwischen Sommer- und Wintergetreide unterschieden. Infolge der kleinen Probenzahl wurde der Sommerweizen allerdings nicht in die Auswertung einbezogen.

Nachdem Verunreinigungen (Stroh und Samen anderer Getreide) von Hand entfernt worden waren, erfolgte die Bestimmung des Hektolitergewichts mit einem offiziellen Getreideprober (¼ Liter, Hersteller: Büchi Optik AG, Bern) und mit Hilfe von Umrechnungstabellen. Das Gerät ist mit denen der Eidgenössischen Getreideverwaltung vergleichbar.

Abkürzungen

TS	= Trockensubstanz
FS	= Frischsubstanz
RA	= Rohasche
RP	= Rohprotein
RF	= Rohfaser
SF	= Rohfett (Soxhlet-Fett)
Stä	= Stärke
SN	= Löslichkeit der stickstoffhaltigen Substanz
ADF	= acid detergent fibre
NDF	= neutral detergent fibre
Lig	= Lignin
Ca	= Kalzium
P	= Phosphor
Mg	= Magnesium
NEL	= Netto-Energie Milch
NEV	= Netto-Energie Mast
APD	= Absorbierbares Protein Darm
VES	= Verdauliche Energie Schwein
VPS	= Verdauliches Protein Schwein
GN	= Gesamtnährstoffe
MJ	= Megajoule
r	= Korrelationskoeffizient

Tabelle 1. Getreideproben der Erhebung FAG 1988; analysierte Gehaltswerte

Getreide	n	je kg Trockensubstanz / (je kg Futter)												
		TS %	RA g	RP g	RF g	SF g	Stä g	SN %	Ca g	P g	Mg g	ADF g	NDF g	Lig g
Wintergerste	39	100 (87)	26 (23)	113 (99)	57 (49)	15 (13)	587 (511)	23,0 (20,0)	0,61 (0,53)	4,5 (3,9)	1,19 (1,04)	77,3 (67,2)	183,4 (159,5)	17,8 (15,5)
Sommergerste	25	100 (87)	25 (21)	119 (104)	42 (37)	17 (15)	611 (532)	23,7 (20,6)	0,54 (0,47)	4,5 (3,9)	1,19 (1,04)	57,1 (49,7)	150,2 (130,7)	13,1 (11,4)
Gerste	64	100 (87)	26 (22)	116 (101)	51 (45)	16 (14)	597 (519)	23,3 (20,3)	0,59 (0,51)	4,5 (3,9)	1,19 (1,04)	67,7 (59,0)	167,6 (145,8)	15,6 (13,6)
Hafer	36	100 (89)	30 (27)	111 (99)	111 (99)	48 (43)	470 (419)	38,0 (33,8)	0,85 (0,76)	4,1 (3,6)	1,15 (1,02)	142,0 (126,4)	257,4 (229,1)	44,6 (39,7)
Winterweizen	24	100 (87)	19 (16)	150 (131)	24 (21)	16 (14)	676 (588)	22,9 (19,9)	0,49 (0,43)	4,2 (3,6)	1,14 (0,99)	35,4 (30,8)	96,2 (83,7)	10,5 (9,2)

In jeder Probe wurde der Gehalt an Wasser, Asche, Rohfaser, Rohprotein, Rohfett, Mineralstoffen (Ca, P, Mg) und Stärke sowie die Löslichkeit der stickstoffhaltigen Substanz analytisch bestimmt. In 20 Proben jeder Getreideart wurde zudem der Gehalt an ADF, NDF und Lignin bestimmt. Der Gehalt an NEL und NEV wurde mit den im Grünen Buch (Fütterungsnormen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer, Verlag Landw. Lehrmittelzentrale, CH-3052 Zollikofen, 1984) beschriebenen Formeln berechnet; die Regression von VERITE und SAUVANT (1981) diente zur Berechnung des APD. Zur Berechnung der VES wurde die Regression der FAG/ETH (MOREL 1983) verwendet. Das VPS wurde mit der von HUENI (1955) beschriebenen Regression berechnet.

Resultate und Diskussion

Nährstoffgehalt und Nährwert

Die analysierten Parameter sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Gehaltswerte wurden für jedes Getreide auf den durchschnittlichen TS-Gehalt der Proben standardisiert, der bei Gerste und Weizen 87%, beim Hafer 89% betrug. Der Gehalt in der TS ist ebenfalls angegeben.

Unsere Daten stimmen weitgehend mit denen des Grünen Buches überein. Eine Ausnahme bildet der Rohfettgehalt, der in unseren Proben tiefer ist. Der Rohproteingehalt im Weizen ist mit 150 g/kg TS leicht höher als die im Grünen Buch und in der Literatur allgemein angegebenen Werte. Es ist bekannt, dass die Klimaverhältnisse und die Düngung diesen Wert stark beeinflussen. Der Gehalt an Kalzium und Magnesium liegt unter den Werten des Grünen Buches, der Phosphorgehalt dagegen darüber.

In Tabelle 2 sind die berechneten Werte aufgeführt. Der im Vergleich zur Wintergerste höhere Nährwert der Sommergerste ist vorwiegend durch ihren tieferen Rohfasergehalt und ihren höheren Rohproteingehalt bedingt. Der APD-Gehalt aller drei Getreidearten liegt über den im Grünen Buch angegebenen Werten.

Da in der Schweiz keine offiziellen Nährwerttabellen für Schweine existieren, können wir keine Vergleiche mit Standardwerten aufstellen. Die Energiegehaltswerte decken sich mit den üblicherweise verwendeten Richtwerten; einzig beim Weizen liegt der VES-Wert leicht unter diesen Werten.

Zusammenhang zwischen Hektolitergewicht und Nährstoffgehalt bzw. Nährwert

Winter- und Sommergerste

Das mittlere Hektolitergewicht von Wintergerste beträgt 62,9 kg, wobei die Extremwerte bei 55,8 und 71,5 kg liegen. Die Sommergerste mit einem Hektolitergewicht zwischen 66,2 und 74,4 kg ist schwerer und homogener als die Wintergerste. Für die vorliegende

Evaluation stand somit ein breites Spektrum von Proben zur Verfügung. Die Tabellen 3 und 4 zeigen die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Hektolitergewicht und den wichtigsten analysierten und berechneten Parametern in der standardisierten Frischsubstanz (FS).

Zwischen dem Hektolitergewicht und dem Gehalt an RP, APD, VPS und Phosphor wurde keine Beziehung gefunden. Die stärkere Korrelation zwischen dem Hektolitergewicht und den übrigen Parametern bei der Wintergerste ist durch die grössere Variation des Hektolitergewichts bedingt. Wenn die Daten der Winter- und Sommergerste zusammengekommen werden, sind die Korrelationen noch besser (Tab. 3 und 4). Mit zunehmendem Hektolitergewicht nimmt der Gehalt an Stärke und Rohfett zu, während der Kalzium- und Magnesiumgehalt abnimmt. Die Beziehung zwischen dem Hektolitergewicht und den Zellwandbestandteilen (RF, ADF, NDF und Lignin) ist sehr eng. Die Korrelation zwischen dem Hektolitergewicht und dem Rohfasergehalt ist in Abbildung 2 dargestellt. Aus dieser geht hervor, dass sich die Sommergerste durch ein höheres Hektolitergewicht von der Win-

Tabelle 2. Getreideproben der Erhebung FAG 1988; berechneter Nährwert

Getreide	NEL MJ/kg TS (MJ/kg)	NEV MJ/kg TS (MJ/kg)	APD g/kg TS (g/kg)	VES MJ/kg TS (MJ/kg)	VPS g/kg TS (g/kg)
Wintergerste	7,65 (6,66)	8,35 (7,26)	110,0 (95,7)	14,54 (12,65)	91,9 (80,0)
Sommergerste	7,78 (6,77)	8,51 (7,40)	112,8 (98,1)	15,17 (13,20)	97,0 (84,3)
Gerste	7,70 (6,70)	8,41 (7,32)	111,1 (96,6)	14,79 (12,87)	93,9 (81,7)
Hafer	6,75 (6,01)	7,06 (6,29)	96,9 (86,3)	13,06 (11,62)	86,7 (77,1)
Winterweizen	8,44 (7,34)	9,39 (8,17)	128,4 (111,7)	16,00 (13,92)	124,7 (108,5)

Tabelle 3. Getreideproben der Erhebung FAG 1988; Korrelationskoeffizienten zwischen dem Hektolitergewicht und den wichtigsten analysierten Werten

	RP	RF	SF	Stä	Ca	P	Mg	ADF	NDF	Lig
Wintergerste	-0,173	-0,818**	-0,050	0,404**	-0,138	-0,299	-0,556**	-0,750**	-0,678**	-0,430*
Sommergerste	-0,282	-0,388	-0,115	0,441*	0,282	-0,167	-0,170	-0,235	-0,308	-0,474*
Gerste	0,023	-0,896**	0,476**	0,594**	-0,316**	-0,163	-0,313**	-0,851**	-0,842**	-0,733**
Hafer	0,004	-0,631**	0,418**	0,673**	-0,405*	0,065	-0,273	-0,677**	-0,732**	-0,141
Winterweizen	0,225	-0,146	-0,058	0,124	-0,030	0,272	0,103	0,243	-0,181	-0,094

* signifikant ($P \leq 0,05$)

**signifikant ($P \leq 0,01$)

tergerste unterscheidet. Die beiden Regressionsgeraden unterscheiden sich nur unwesentlich voneinander. Man kann deshalb annehmen, dass die Sommer- und Wintergerste einer Grundgesamtheit angehören und sie deshalb für die folgenden Berechnungen als eine Gruppe betrachten. Die enge Beziehung zwischen dem Hektolitergewicht und dem Energiegehalt (Tab. 4) zeigt, dass aufgrund dieser Daten Regressionsgleichungen ermittelt werden können. Es gelten folgende Gleichungen:

$$\text{NEL (MJ/kg)} = 5,851 + 0,013 \cdot \text{hl (kg)} \\ (r = 0,79)$$

$$\text{NEV (MJ/kg)} = 6,198 + 0,017 \cdot \text{hl (kg)} \\ (r = 0,77)$$

$$\text{VES (MJ/kg)} = 8,989 + 0,059 \cdot \text{hl (kg)} \\ (r = 0,88)$$

Abbildung 3 zeigt die lineare Regression zwischen dem Hektolitergewicht und dem Gehalt an VES. Nach der Regression beträgt der Unterschied zwischen Gersteproben mit einem Hektolitergewicht von 56 bzw. 74 kg über 1 MJ VES. Zur groben Abschätzung des Energiegehaltes dürfte sich die Anwendung der oben beschriebenen Regression bewähren. Der Gehalt an VES kann anhand des Rohfasergehaltes noch genauer abgeschätzt werden. Basierend auf unseren Daten berechneten wir folgende Regression:

$$\text{VES (MJ/kg)} = 14,742 - 0,422 \cdot \text{RF (\%)} \\ (r = -0,99)$$

Die hochsignifikante Korrelation zwischen dem Gehalt an Rohfaser und VES geht aus Abbildung 4 hervor.

Der Nettoenergie-Gehalt für Wiederkäuer differiert zwischen der leichtesten und der schwersten Probe nur um 0,23 MJ NEL bzw. 0,31 MJ NEV. Es könnte deshalb folgende Einteilung vorgenommen werden:

MJ NEL/kg

6,6 für 56-61 kg/hl

6,7 für 62-69 kg/hl

6,8 für 70-74 kg/hl

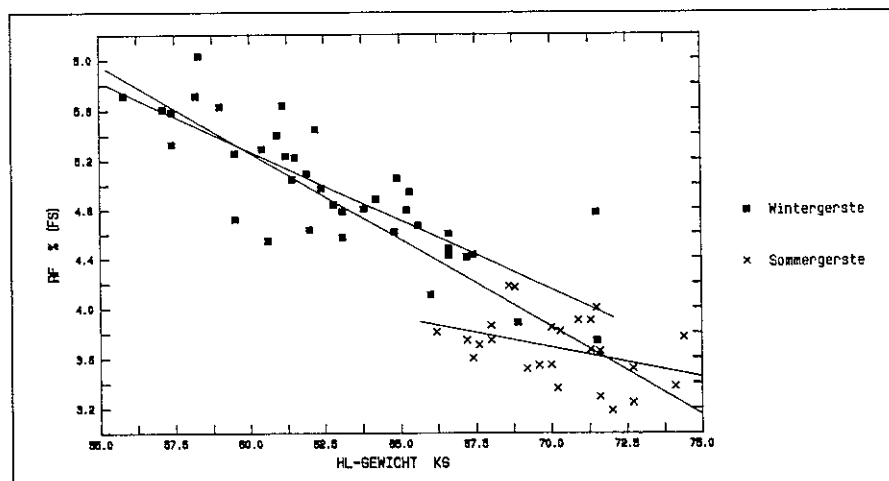


Abb. 2. Zusammenhang zwischen Hektolitergewicht und Rohfasergehalt von Gerste.

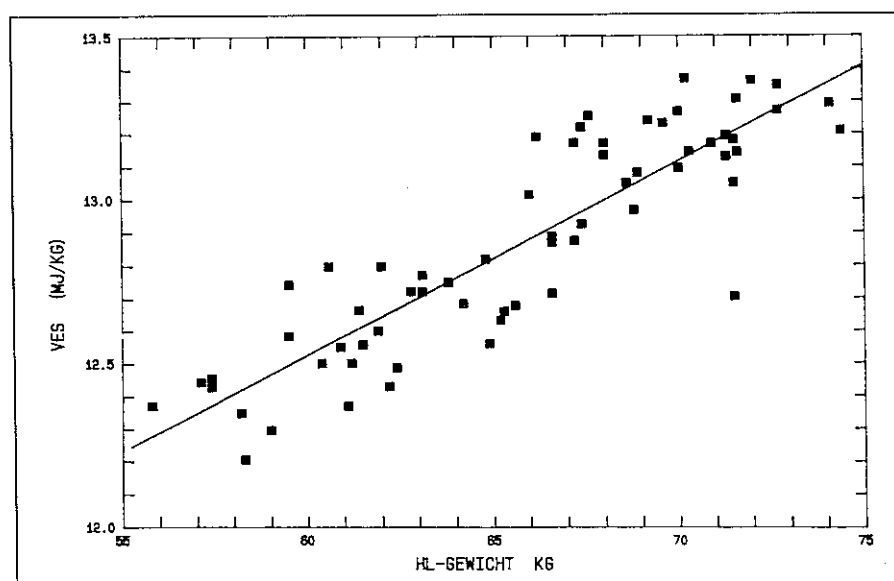


Abb. 3. Zusammenhang zwischen Hektolitergewicht und VES von Gerste.

Tabelle 4. Getreideproben der Erhebung FAG 1988; Korrelationskoeffizienten zwischen dem Hektolitergewicht und den berechneten Nährwerten

	NEL	NEV	APD	VES	VPS
Wintergerste	0,608**	0,599**	-0,086	0,779**	-0,096
Sommergerste	0,437*	0,433*	-0,248	0,317	-0,276
Gerste	0,793**	0,774**	0,074	0,882**	0,059
Hafer	0,686**	0,698**	-0,002	0,749**	0,002
Winterweizen	0,092	-0,141	-0,357	0,186	0,234

* signifikant ($P \leq 0,05$)

**signifikant ($P \leq 0,01$)

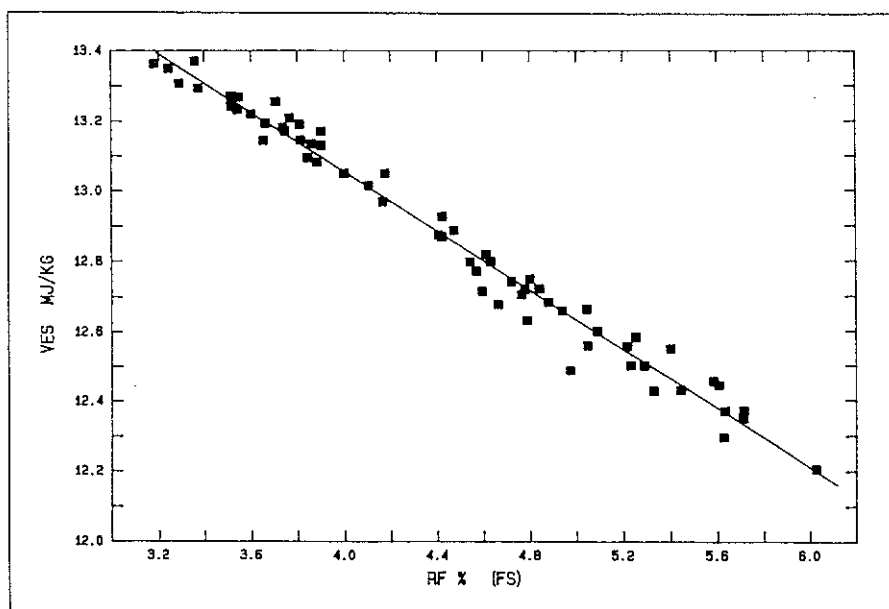


Abb. 4. Zusammenhang zwischen Rohfasergehalt und VES von Gerste.

MJ NEV/kg

7,2 für 56-61 kg/hl
7,3 für 62-67 kg/hl
7,4 für 68-73 kg/hl
7,5 für über 73 kg/hl

Wie im Grünen Buch und in anderen Nährwerttabellen, wurde für die Darstellung des Gehaltes an Nähr- und Mineralstoffen und des Nährwertes in den Tabellen 5 und 6 eine Einteilung in «Gerste leicht», «Gerste mittel» und «Gerste vollkörnig», vorgenommen. Das Hektolitergewicht der drei Kategorien ist ebenfalls aufgeführt. Bei den Parametern, welche signifikant mit dem Hektolitergewicht korreliert sind, verändert sich der Gehalt von der leichten bis zur vollkörnigen Gerste. Im Gegensatz zu den Daten im Grünen Buch nimmt in unseren Proben der Rohfettgehalt mit steigendem Hektolitergewicht signifikant zu ($p \leq 0,01$); der Unterschied im Rohfasergehalt zwischen der leichten und mittleren Gerste ist in unseren Proben kleiner.

Hafer

Wie bei der Gerste haben wir auch beim Hafer repräsentative Proben, deren Hektolitergewicht stark voneinander abweichen: Bei einem Mittelwert von 52,2 kg variieren die Werte zwischen 41,3 und 58,3 kg. Die Tabellen 3 und 4 zeigen die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Hektolitergewicht und den wichtigsten analysierten und berechneten Werten. Die Zusammenhänge sind ähnlich wie bei der Gerste, wobei die Korrelationskoeffi-

zienten etwas kleiner, aber immer noch signifikant sind. Es wurden folgende Regressionsgleichungen ermittelt:

$$\text{NEL (MJ/kg)} = 4,704 + 0,025 \cdot \text{hl (kg)} \quad (r = 0,69)$$

$$\text{NEV (MJ/kg)} = 4,651 + 0,031 \cdot \text{hl (kg)} \quad (r = 0,70)$$

$$\text{VES (MJ/kg)} = 6,222 + 0,103 \cdot \text{hl (kg)} \quad (r = 0,75)$$

Das Hektolitergewicht kann beim Hafer stark variieren, wobei grosse Unterschiede vor allem zwischen einheimischer und importierter Ware gefunden werden. Aus diesem Grunde kann eine erste Schätzung des Nährwertes – beispielsweise bei der Annahme einer Charge – von Nutzen sein. Die Regression ermöglicht somit eine unge-

fähre Nährwertschätzung. Wie bei der Gerste kann der Gehalt an VES anhand des RF-Gehaltes etwas genauer abgeschätzt werden:

$$\text{VES (MJ/kg)} = 15,638 - 0,408 \cdot \text{RF (\%)} \quad (r = -0,84)$$

Der Gehalt an NEL und NEV variiert in Abhängigkeit des Hektolitergewichts wie folgt:

MJ NEL/kg

5,8 für 42-45 kg/hl
5,9 für 46-49 kg/hl
6,0 für 50-53 kg/hl
6,1 für 54-57 kg/hl

MJ NEV/kg

6,0 für 42-45 kg/hl
6,1 für 46-48 kg/hl
6,2 für 49-51 kg/hl
6,3 für 52-54 kg/hl
6,4 für 55-58 kg/hl

Wie bei der Gerste wurde in den Tabellen 7 und 8 eine Einteilung in drei Kategorien (leicht, mittel, vollkörnig) vorgenommen. Der leichte Hafer des Grünen Buches (5,9 MJ NEL/kg TS) kann nicht mit dem leichten Hafer unserer Untersuchung (6,6 MJ NEL/kg TS) verglichen werden. In unserer Erhebung besteht ein kleinerer Unterschied zu den schwereren Kategorien. Speziell im Rohfasergehalt unterscheidet sich der leichte vom vollkörnigen Hafer im Grünen Buch stärker als in unserem Material.

Winterweizen

Das mittlere Hektolitergewicht des Winterweizens beträgt in unseren Proben 80,3 kg, wobei Extremwerte von 73,0 und 84,3 kg gefunden wurden.

Tabelle 5. Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen von Gerste in Abhängigkeit vom Hektolitergewicht (je kg Futter)

	TS %	RA g	RP g	RF g	SF g	Stä g	Ca g	P g	Mg g	ADF g	NDF g	Lig g
Gerste leicht (55-61 kg/hl)	87	24	103	54	13	502	0,55	4,10	1,10	72	171	16
Gerste mittel (62-69 kg/hl)	87	22	98	44	14	521	0,50	3,84	1,01	60	146	14
Gerste vollkörnig (70-74 kg/hl)	87	22	103	37	15	531	0,49	3,96	1,04	50	130	11

Tabelle 6. Nährwert von Gerste in Abhängigkeit vom Hektolitergewicht (je kg Futter)

	NEL MJ	NEV MJ	APD g	VES MJ	VPS g
Gerste leicht (55-61 kg/hl)	6,6	7,2	97,0	12,5	83
Gerste mittel (62-69 kg/hl)	6,7	7,3	95,7	12,9	80
Gerste vollkörnig (70-74 kg/hl)	6,8	7,4	98,0	13,2	84

Tabelle 7. Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen von Hafer in Abhängigkeit vom Hektolitergewicht (je kg Futter)

	TS %	RA g	RP g	RF g	SF g	Stä g	Ca g	P g	Mg g	ADF g	NDF g	Lig g
Hafer leicht (42-49 kg/hl)	89	28	98	109	38	399	0,82	3,65	1,05	136,6	249,1	39,9
Hafer mittel (50-53 kg/hl)	89	27	100	97	43	419	0,80	3,66	1,03	124,2	227,8	39,5
Hafer vollkörnig (54-57 kg/hl)	89	25	98	93	45	432	0,67	3,60	1,00	118,6	212,2	39,9

Wie aus den Tabellen 3 und 4 hervorgeht, sind die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Hektolitergewicht und den verschiedenen analysierten und berechneten Werten nicht signifikant. Das Hektolitergewicht des Weizens gibt uns also keine Information über seinen Nährwert.

Schlussfolgerungen

Von den drei untersuchten Getreidearten ist die Gerste zur Schätzung des Nährwertes und speziell der VES anhand des Hektolitergewichts am besten geeignet. Die in dieser Untersuchung ermittelten Regressionen zur Schätzung der VES sollten diejenigen von PEREZ und Mitarbeitern (1980) ersetzen. Aufgrund des Hektolitergewichts kann auch eine Aussage über den Nettoenergiegehalt für Wiederkäuer gemacht werden, ohne dass unbedingt eine Regression verwendet werden muss.

Es wurden Unterschiede zwischen Winter- und Sommergerste aufgezeigt, die unter anderem auf ein unterschiedliches Hektolitergewicht zurückzuführen sind. Die im Frühjahr gesäten Sorten sind in der Regel schwerer und rohfaserärmer; dadurch haben sie einen höheren Energiegehalt. Da der Zusammenhang zwischen dem Hektolitergewicht und den Gehaltswerten, speziell dem Gehalt an Rohfasern und VES, bei beiden Sorten deutlich ist, muss trotzdem nicht zwischen Winter- und Sommergerste unterschieden werden (Abb. 2 und 3). Der Energiegehalt des Hafers kann ebenfalls anhand des Hektolitergewichts abgeschätzt werden, wobei die Schätzgenauigkeit geringer ist als bei der Gerste. Da die Messgenauigkeit bei der Bestimmung des Hektolitergewichts von Hafer zudem etwas gerin-



Abb. 5. Wintergerste: leicht (1), vollkörnig (2); Sommergerste: leicht (3), vollkörnig (4), Hafer: leicht (5), vollkörnig (6); Weizen: leicht (7), vollkörnig (8).

ger ist als bei der Gerste, sind die erhaltenen Werte vorsichtig zu beurteilen und müssen als grobe Annäherungswerte aufgefasst werden. In der vorliegenden Untersuchung wurde keine signifikante Beziehung zwischen dem Hektolitergewicht von Weizen und den analysierten bzw. berechneten Parametern gefunden. Dies ist nicht von grosser praktischer Bedeutung, da Weizen in der Tierernährung weniger häufig als Gerste und Hafer eingesetzt wird.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Bestimmung des Hektolitergewichts ein rasches und einfaches Mittel ist, um den Nährwert von Gerste und Hafer grob abzuschätzen. Eine genauere Schätzung ist anhand des Rohfasergehaltes möglich.

Résumé

Poids à l'hectolitre et valeur nutritive de l'orge, de l'avoine et du blé. 2^e partie: Interaction entre le poids à l'hectolitre et la valeur nutritive

L'étude de la littérature montre que l'interaction entre le poids à l'hectolitre et la valeur nutritive des céréales n'a que très rarement été évaluée, ou dans des conditions différentes des nôtres. Il était dès lors intéressant d'étudier cette relation pour les orges, avoines et blés cultivés dans notre pays. 124 échantillons au total ont été prélevés dans différents moulins de Suisse. Après la mesure du poids à l'hectolitre, les teneurs en principaux nutriments et minéraux ont été analysées et les valeurs nutritives calculées. Pour l'orge et pour l'avoine, d'étroites relations ont été constatées entre la valeur énergétique et le poids à l'hectolitre. Des équations de régression ont pu être élaborées. La teneur en cellulose brute permet toutefois d'estimer avec une plus grande précision la valeur énergétique de ces céréales. Pour l'énergie digestible porcs, les régressions à partir de la teneur en cellulose brute ont également été calculées. Aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence entre les différents paramètres analysés et calculés et le poids à l'hectolitre du blé.

Tabelle 8. Nährwert von Hafer in Abhängigkeit vom Hektolitergewicht (je kg Futter)

	NEL MJ	NEV MJ	APD g	VES MJ	VPS g
Hafer leicht (42-49 kg/hl)	5,9	6,1	85,7	11,1	77
Hafer mittel (50-53 kg/hl)	6,0	6,3	87,2	11,6	79
Hafer vollkörnig (54-57 kg/hl)	6,1	6,4	85,7	12,0	76

Dank

Wir möchten an dieser Stelle den Futtermühlen, welche uns die Getreideproben überlassen haben, und Herrn Heinz Gerber für das Sammeln der Proben unseren Dank aussprechen.

Literatur

- BAUMER M. und FRITZ A., 1984. Versuch zur Schätzung des energetischen Futterwertes der Wintergerste. *Getreide, Mehl und Brot* 1, 20-23.
- CHRISTISON G. I. and BELL J. M., 1975. An assessment of bulk weight and other simple criteria for predicting the digestible energy values of feed grains. *Can. J. Plant Sci.* 55, 515-528.
- EGGER Isabelle, 1989. Hektolitergewicht und Nährwert von Gerste, Hafer und Weizen. I. Teil: Bestimmung des Hektolitergewichts und Zuverlässigkeit der Messmethode. *Landw. Schweiz* 2 (4), 209-212.
- HUENI K., 1955. Die näherungsweise Berechnung des Futterwertes von Mischfutter. *Schweizerische landwirtschaftliche Monatshefte*. Sonderdruck 6, 1-4.
- KESSLER J., LEHMANN E., LEHMANN J., LANDIS J. und MOREL J., 1984. Bewertung der Futtermittel. Fütterungsnormen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. LMZ, 130 und 141-144.
- MOEHRING D., 1988. Futterwert von Gerste in Abhängigkeit von chemischen und physikalischen Messgrößen. *VDLFA-Schriftenreihe* 27, 123-124.
- MOREL J., 1983. Verdauliche Energie Schwein (VES), FAG/ETHZ. Zirkular an die Mischfutterhersteller und Futtermittelaboratorien.

PEREZ J. M., RAMOELINTSALAMA Brigitte et BOURDON D., 1980. Prévion de la valeur énergétique de l'orge pour le porc à partir des teneurs en constituants membranaires. *Journées rech. porcine en France*, 273-284.

TKACHUK Russel and KUZINA F. D., 1979. Wheat: relations between some physical and chemical properties. *Can. J. Plant Sci.* 59, 15-20.

Riassunto

Peso per ettolitro e valore nutritivo dell'orzo, dell'avena e del frumento. Seconda parte: Interazione tra il peso per ettolitro e il valore nutritivo

Da ricerche letterarie risulta che l'interazione tra il peso per ettolitro e il valore nutritivo dei cereali è stato valutato molto di rado o in condizioni differenti dalle nostre. Per tale ragione si è realizzato uno studio su orzo, avena e frumento coltivati nel nostro paese. Sono stati prelevati complessivamente 124 campioni da diversi mulini della Svizzera. Dopo aver misurato il peso per ettolitro è stato analizzato il tenore delle principali sostanze nutritive e minerali, e se ne sono calcolati i valori nutritivi. Sono state osservate strette relazioni tra il valore energetico e il peso per ettolitro dell'orzo e dell'avena e si sono potute elaborare equazioni di regressione. Il tenore di fibra greggia permette tuttavia di stimare con maggiore precisione il valore energetico di questi cereali. Sono state anche calcolate equazioni di regressione che permettono di stimare l'energia digeribile suini sulla base del contenuto di fibra greggia. Per il frumento non sono state osservate correlazioni significative tra i diversi parametri analizzati e calcolati e il peso per ettolitro.

Summary

Hectoliter weight and nutritive value of barley, oats and wheat.

Part 2: Relation between hectoliter weight and nutritive value

There are only a few published results on the relation between hectoliter weight and nutritive value of cereals. Moreover, these results cannot be applied to Swiss conditions. Therefore, a study was carried out on inland barley, oats and wheat. A total of 124 samples was taken in numerous mills all over Switzerland. The relation between the hectoliter weight and the nutritive value was examined. The nutritive value was determined by analysing the main nutrients. A close relation between the nutritive value and the hectoliter weight was found in barley and oats. Regression equations could be established. Yet, by means of the crude fibre content the nutritive value of these cereals can be estimated more precisely. In addition regressions were established which enable the estimation of Digestible Energy Pig on the basis of the crude fibre content. As to the wheat no significant correlation between the hectoliter weight and the content of nutrients, or the nutritive value was found.

Key words: Hectoliter weight, specific weight, nutritive value, barley, oats, wheat.