

Bearbeitungsverfahren von Kraftfutter für Rinder

Processing methods of concentrates for cattle

Franz Tiefenthaller^{1*}

Zusammenfassung

Wie fein Getreide für Rinder geschrotet werden soll, wird immer wieder diskutiert. Durch den Schrotvorgang wird das Korn aufgebrochen und der Stärkekörper freigelegt. Die Verdaulichkeit des Getreides steigt dadurch außer bei Hafer stark an. Die Mischbarkeit mit anderen Futterkomponenten wie Extraktionsschroten, Mineralfutter und dergleichen wird verbessert.

Sehr feines Schrotten verbessert die Verdaulichkeit, verstärkt aber die Staubbildung und senkt dadurch die Futteraufnahme. Eine erhöhte Gefahr von Pansenazidose durch Füttern von feinem Schrot gegenüber grobem ist nicht generell festzustellen, wobei alle Versuchsergebnisse aus der Literatur von Rationen mit TMR stammen.

Spezielle Behandlungsverfahren mit Hitze und Dampf erhöhen die Verdaulichkeit der Stärke um einen weiteren Grad. Der finanzielle Aufwand ist jedoch nur bei Kälberfutter gerechtfertigt.

Schlagwörter: Vermahlungsgrad, Pansen-pH-Wert

Summary

There is a permanent discussion about how finely cereals should be ground. Grinding opens the grain and starch is exposed. Therefore digestibility increases except of oats. The miscibility of ground cereals with other components like meals, minerals and others is improved.

Very fine grinding of grain on the one hand enhances its digestibility, on the other hand it encreases the appearance of dust and lowers feed intake. A higher risk of rumen acidosis because of finely ground grain does not really exist. All feeding experiments about this item have been carried out using total mixed rations.

Special treatments with dry heat or hot steam for example increase digestibility of starch in grain to a further degree. The financial efforts for these processes make sense in feedstuffs for calves only.

Keywords: grinding process, ruminal pH-value

Einleitung

Nach dem Grundfutter ist Kraftfutter ein wichtiger Energie- und Nährstofflieferant in der Milchviehfütterung. Der Kraftfutteranteil an der Trockenmasseaufnahme kann bei hochleistenden Tieren bis zur Hälfte der Ration betragen. Kraftfutter beeinflusst daher wesentlich die Verdauungsvorgänge von Milchkühen über lange Zeiträume. Welchen Einfluss haben verschiedene Bearbeitungsverfahren auf die Verdaulichkeit von Kraftfutter? Wie fein sollte Getreide für Wiederkäuer vermahlen werden? Gerade der Vermahlungsgrad wird immer wieder sehr kontroversiell diskutiert.

Über den nicht fachgerechten Einsatz von Kraftfutter liegen zahlreiche Publikationen vor. Bedingt durch den niedrigen Anteil an strukturwirksamen Komponenten sinkt die Wiederkäuergerechtheit von Rationen mit hohem Kraftfutteranteilen. Die Folgen sind hinlänglich bekannt: geringere Wiederkauaktivität, weniger Speichelproduktion, Absenkung des pH-Wertes im Pansen, Absinken der Anzahl faserverdauender Mikroorganismen, Freisetzung von Endotoxinen, negative Folgen für Klauen, Euter und Tiergesundheit im Allgemeinen.

Zur Bestimmung der Wiederkäuergerechtheit einer Ration wurden verschiedene Kennzahlen entwickelt. Neben dem Rohfasergehalt der Ration gewannen in den letzten Jahren auch die Strukturkohlenhydrate an Bedeutung. Besonders

die NDF (Neutral-Detergenzien-Faser (Hemicellulose, Cellulose und Lignin) stellt eine wichtige Kennzahl zur Beurteilung von Einzelfuttermitteln und Rationen dar.

Darüber hinaus gewinnt die Beurteilung der Partikellänge an Bedeutung. In der Praxis kann diese durch die Probe mit der Schüttelbox bei TMR-Rationen gut nachvollzogen werden.

Ziel dieser Bemühungen ist es, pansenphysiologisch verträgliche Kraftfutteranteile in Rationen zu ermitteln, die keine negativen Einflüsse auf die Tiergesundheit haben. Bei Kraftfutter kommt den Bearbeitungsverfahren große Bedeutung zu, da durch die Be- und Verarbeitung wesentlicher Einfluss auf die Verdaulichkeit, Abbaubarkeit und somit auf die Wirkung im Pansen ausgeübt werden kann. Neben einer verbesserten Verdaulichkeit der Stärke (Stärkeaufschluss) können auch weitere Effekte erzielt werden z.B. Abbau antinutritiver, d.h. verdauungshemmender Substanzen, Abtötung von Keimen, geringere Staubbildung, homogenere Mischungen, verbesserte Futteraufnahme und dergleichen mehr.

Untersuchungen über die Auswirkungen von Bearbeitungsschritten bei Getreidekomponenten auf produktionstechnische Kennzahlen liegen hauptsächlich aus den USA vor. Eine Beschreibung der wichtigsten Bearbeitungsverfahren und deren Wirkung auf die Leistungsparameter von Milchkühen sollen im Folgenden erläutert werden.

¹ Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Auf der Gugl 3, A-4021 Linz

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Franz Tiefenthaller, email: franz.tiefenthaller@lk-ooe.at



Beschreibung der Verfahren

Von Bearbeitungsvorgängen sind entweder einzelne Getreidekomponenten oder fertige Futtermischungen betroffen. Hauptsächlich werden Reinigungs- und Zerkleinerungsschritte in der Produktionsabfolge bei der Herstellung von Kraftfuttermischungen durchgeführt und anschließend durch Mischen der Einzelkomponenten Kraftfutter in mehligler oder pelletierter Form erzeugt.

Eine Einteilung der gängigsten Bearbeitung und Behandlungen von Futtermitteln kann nach dem zur Anwendung kommenden Verfahren vorgenommen werden:

- Reinigungsverfahren
- Mechanische Bearbeitung
- Biologische und chemische Behandlung
- Thermische, hydrothermische, thermisch-mechanische und hydrothermisch-mechanische Bearbeitung

Die verschiedenen Behandlungen wirken auf das Getreidekorn. Besonders auf die Verfügbarkeit der Stärke hat die durch die meisten Behandlungsverfahren entwickelte Erwärmung positive Effekte.

Durch die Bearbeitung wird das Getreidekorn gebrochen, mit anderen Komponenten vermischt oder in einzelne Fraktionen aufgeteilt (Tabelle 1).

Bei Hofmischungen wird das Getreide üblicherweise grob geschrotet oder gequetscht. Durch Beigabe von Eiweißkomponenten und Mineralfuttermitteln wird eine fertige Futtermischung erzeugt. Weitere Bearbeitungsschritte sind nicht üblich. In Futtermittelwerken wird eine Vielzahl von Futterkomponenten verwendet, verarbeitet, behandelt und durch verschiedene Verfahren Fertigfuttermischungen hergestellt. Die Ziele all dieser Bearbeitungsschritte können folgendermaßen gegliedert werden (nach JEROCH et al. 2008):

- Qualitätserhaltung während der Lagerung
- Bessere Mechanisierung von Transport, Umschlag, Lagerung und Darbietung der Futtermittel
- Voraussetzung für homogene Futtermischung
- Beseitigung bzw. Reduzierung von antinutritiven Futtermittelbestandteilen
- Sicherung einer tiergerechten und hohen Futteraufnahme
- Optimale Verdauung der Futterinhaltsstoffe
- Optimierung pansenphysiologischer Prozesse
- Erhöhung des Futterwertes
- Verbessertes Hygienestatus

Die wichtigsten Be- und Verarbeitungsverfahren, die für Kraftfutter üblich sind, sollen im Folgenden beschrieben werden (nach JEROCH et al. 2008, geändert, Tabelle 2).

Auf dem landwirtschaftlichen Betrieb sind besonders das Schrotten und das Quetschen üblich. Für das Schrotten kommen meist Hammermühlen zum Einsatz. Dabei schlagen bewegliche und gehärtete Hammerplätt-

Tabelle 1: Verteilung der Nährstoffe im Getreidekorn (Roggen, Weizen)

	Fruchtschale	Samenschale	Aleuronschicht	Mehlkörper	Keimling
Anteil am Gesamtkorn (%)	5,5	2,5	7,0	82,5	2,5
Rohasche [XA] (%)	5	20	5 – 10	1	4,5
Rohprotein [XP] (%)	7,5	18	30 – 38	9 – 14	26
Rohfett [XL] (%)	0	0	10	1 – 2	10
Rohfaser [XF] (%)	38	1	6	0,2	2
N-freie Extraktstoffe [XX] (%)	50	50	30 – 40	81 – 87	50

(Quelle: Universität Hohenheim 2010)

Tabelle 2: Mechanische Bearbeitung und Behandlung von Futtermitteln

Verfahren	Futtermittel	Technik	Zielstellung und Nutzen	Mögliche Nachteile
Schrotten	Körnerfrüchte (Getreide, Leguminosen, Ölfrüchte), Nebenprodukte aus der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe (z.B. Ölkuchen, Expeller)	Hammermühle, Walzenstuhl	Voraussetzung für Mischfähigkeit und gute Pelletierbarkeit, verbesserte Aufnahme und höhere Verdaulichkeit (deutlich bei Rindern und Schweinen; gering bei Schafen)	Bei zu intensiver Zerkleinerung Mäggenschwüre und Akzeptanzprobleme
Quetschen, Walzen	Getreide Maiskörner siloreifer Maispflanzen (Rinder)	Walzenstuhl Zusatzeinrichtungen (Reibboden, Quetschwalzen) am Exaktfeldhäcksler	Verbesserte Verdaulichkeit (Rind), gleiche Wirkung wie Schrotten, aber geringerer Energieaufwand Vermeiden von unverdaulichen Körnern bzw. Kornbruchstücken im Rinderkot, dadurch höhere Stärkeverdaulichkeit und höherer energetischer Futterwert	
Entspelzen, Schälen	Getreidekörner, Leguminosen, Ölfrüchte	Schälmaschine	Abtrennen der faserreichen Spelzen, Schalen und Hülsen; Verdaulichkeitsanstieg und höherer energetischer Futterwert, Reduzierung antinutritiver Inhaltsstoffe (z.B. Tannine in Ackerbohnen und Erbsen), Einsatzweiterung	Substanzverlust; bei zu intensiver Bearbeitung auch Verluste an Erdspermsubstanz

Tabelle 3: Thermische Behandlungsverfahren (zum Teil kombiniert mit Druck und Wasserdampf)

Verfahren	Verfahrensprinzip	Futtermittel	Zielstellung und Nutzen	Mögliche Nachteile
Pelletieren in der Presse; Kühlen und Trocknen; Presse einwirken: bis 80 °C, >10 sec., Umgebungsdruck	Konditionieren durch Wasserdampfzugabe, Verdichten physikalische Bedingungen, die auf das Futter in der Presse einwirken: bis 80 °C, >10 sec., Umgebungsdruck	Mischfutter, vor allem für Kälber, Ferkel, Mastgeflügel, Fische	Reduzierung der Keimzahl, Inaktivierung antinutritiver Substanzen, kein Entmischen beim Futtertransport, gute Fließigenschaften der Pellets; vermindertes Volumen, höhere Futtermittelaufnahme und dadurch bessere Nährstoff- und Energieversorgung, Leistungsverbesserung, weniger Futtermittelverluste, keine Selektionsmöglichkeit der Tiere, z. T. verbesserte Verdaulichkeit	Vitaminverluste, bedarfsübersteigende Nährstoff- und Energieaufnahme
Expandieren	Förderung des Futters mittels Schnecke durch einen druckfesten Zylinder gegen ein Druckgefälle unter Einleitung von Wasserdampf; hydrothermisch-mechanische Druckkonditionierung: physikalische Bedingungen: 100–130 °C, ca. 5–10 sec., ca. 40 bar	Getreide, Leguminosen, Ferkelfutter, Geflügelfutter, Eiweißfuttermittel für Wiederkäuer	Stärkeaufschluss, aber nur geringe Verdaulichkeitsverbesserung, Inaktivierung von antinutritiven Substanzen, Keimreduzierung, Salmonellenabtötung, Verbesserung der Pressfähigkeit und damit der Pelletfestigkeit für Mischungen mit hohen Anteilen schwer pelletierbarer Komponenten	Proteinschädigung, Vitaminabbau, Inaktivierung von Enzymen (z.B. Phytase) und Probiotika
Extrudieren	Förderung des Futters durch einen druckfesten Zylinder mit ein oder zwei Schnecken gegen ein Druckgefälle bei Wasserdampfzusatz; hydrothermisch-mechanische Beanspruchung mit abschließender Formgebung; physikalische Bedingungen, die auf das Futter einwirken: 130–160 °C, ca. 5–10 sec., ca. 60 bar	Heimtierfutter, Fischfutter, Ferkelfutter, Eiweißfutter für Wiederkäuer	Stärkeaufschluss und deutlich verbesserte Verdaulichkeit, Zerstörung von Proteaseinhibitoren, Keimreduzierung, Senkung der Proteinlöslichkeit im Pansen, Extrudat (Endprodukt) vergleichbar mit Pellets, jedoch geringere Dichte	Proteinschädigung, Verlust an futterbürtiger Phytaseaktivität, Vitaminabbau
Toasten	Behandlung mit Wasserdampf unter Druck In Schneckenpressen werden Temperaturen nicht erreicht, die einen „Toast-Effekt“ auslösen	Extraktionsschrote (Soja, Raps), aber auch ölige Samen, Körnerleguminosen	Entfernen von Extraktionsmitteln, Inaktivierung von Verdauungsenzyminhibitoren (dadurch verbesserte Verdaulichkeit und Verwertung des Proteins bei Monogastriden) und weiteren antinutritiven Substanzen (z.B. Glucosinolate), Verminderung des Proteinabbaus im Pansen	Beeinträchtigung der Proteinlöslichkeit, Lysinverlust
Mikronisieren	Schlagartige Erhitzung (100–120 °C) im Infrarotofen bei einer Verweildauer von 20–40 sec.	Getreide, Mischfutter	Aufplatzen der Körner mit anschließender Flockierung, Trocknung von Getreide, Stärkeaufschluss, Verdaulichkeitsanstieg, Zerstörung von Inhibitoren	Proteinschädigung
Jet-Sploding	Kurzzeitige Erhitzung durch Einwirkung trockener Wärme (105–120 °C oder auch höher)	Getreide, Eiweißfuttermittel	Getreidetrocknung, Senkung der Proteinlöslichkeit im Pansen (z.B. bei Rapsprodukten), Stärkeaufschluss bei anschließender Flockierung	Rückgang der Löslichkeit bzw. Verdaulichkeit des Proteins
Puffen	Rasche Erhitzung ohne Wasserzusatz	Getreide, z.B. Mais, Milocorn	Stärkeaufschluss für Jungtiere (Ferkel, Kälber)	-
Dampfflockung	Dämpfen und Walzen	Getreidekörner (Mais), Haferflocken	Inaktivierung von Lipasen, Peroxidasen, dadurch bessere Lagerfähigkeit, Stärkeaufschluss für Jungtiere (Ferkel, Kälber)	-

chen die Körner durch Lochsiebe oder Edelstahldrahtgeflechte. Die Feinheit des Schrottes einer Getreideart wird durch die Schlägeranzahl, die Drehzahl der Mühle und den Lochdurchmesser des Siebes bzw. Drahtgeflechtes bestimmt. Auch der Abnutzungsgrad der Hämmer beeinflusst die Schrotqualität. Dabei gilt, je mehr die Schläger abgenutzt sind, desto länger braucht die Mühle, um die Körner soweit zu zerkleinern, dass sie durch das Sieb aus der Mühle abtransportiert werden können. Dadurch sinkt die Leistung der Mühle, das Mahlgut verbleibt länger in der Mühle. Es wird dabei stärker erhitzt und braucht daher längere Zeit zur Abkühlung. In dieser Phase können sich Mikroorganismen eher vermehren. Daher sollte die Mühle bzw. Quetsche jährlich gewartet werden.

In Futtermittelwerken können zusätzlich durch spezielle Behandlungen, meist mit Wasserdampf und Wärme (Toasten), antinutritive Substanzen reduziert werden. Diese Stoffe kommen in vielen Futtermitteln natürlich vor, insbesondere aber in Leguminosen (Ackerbohnen, Erbsen, Sojabohnen etc.). Sie behindern die Aktivität der Verdauungsenzyme und senken so die Nährstoffverfügbarkeit von Futtermitteln. Durch die Bestimmung der Ureaaktivität kann die Wirksamkeit des Toastens überprüft werden. Urease ist ein Enzym, das aus N-haltigen Verbindungen wie Harnstoff unter CO₂-Bildung Ammoniak erzeugt. Durch das Toasten wird auch dieses Enzym in seiner Aktivität gedrosselt, es wird weniger Ammoniak freigesetzt. Durch die Bestimmung der Aktivität der Urease kann auf die Wirksamkeit des Toastens geschlossen werden. Ist die Ureaseaktivität gering, so wurden auch die anderen antinutritiven Substanzen inaktiviert, welche die Verdauungsenzyme an ihrer Tätigkeit behindern könnten.

Die Art der Behandlung einzelner Futterkomponenten bzw. Getreidearten übt einen großen Einfluss auf deren Verdaulichkeit aus. Beim Kauf von Fertigfutter

sollte daher die angewendete Technik bei der Produktion der Futtermischung mit beachtet werden (*Tabelle 3*).

Hofmischungen können nur in sehr eingeschränktem Maße Behandlungsverfahren unterzogen werden. Meist wird das hofeigene Getreide geschrotet bzw. gequetscht, weitere Bearbeitungsschritte sind kaum möglich. Wie wichtig jedoch die Schrotung des Getreides für die Verdaulichkeit ist, verdeutlichen die Angaben in *Tabelle 4*.

Auffällig ist, dass Schafe intakte Getreidekörner praktisch gleich gut verdauen können wie geschrotete. Schafe kauen beim Fressen wesentlich intensiver als Rinder, dadurch werden ganze Getreidekörner zerkleinert und auch sehr gut verdaut.

Anforderungen an Kraftfutter für Rinder

Stärke ist unter den Nichtstruktur-Kohlenhydraten eine der wichtigsten, wenn nicht überhaupt die wichtigste Energiequelle im Kraftfutter für Rinder. Sie wird vornehmlich durch den Einsatz von Getreide in die Ration gebracht. Diese Entwicklung ist auch aufgrund der günstigen Verfügbarkeit von Getreide ermöglicht worden. Durch die gestiegene Leistungsentwicklung werden höhere Energiegehalte in den Rationen erforderlich, die auch eine erhöhte Stärkeverdaulichkeit notwendig machen.

Immer wieder wird dabei die Mahlfineinheit von Getreide diskutiert. Aus der Schweinefütterung ist bekannt, dass Getreide besser verdaut wird, wenn es feiner geschrotet wird. Zu feines Schroten begünstigt jedoch aufgrund der fehlenden Struktur Magengeschwüre bei Schweinen. Ein Kompromiss zwischen feiner Vermahlung mit hoher Verdaulichkeit und grober Struktur zur Erhaltung der Magengesundheit muss gefunden werden.

Auch in der Wiederkäuerfütterung wird diskutiert, wie fein Kraftfutter für Milchkühe sein darf bzw. muss. Mancherorts wird das Schroten von Getreide in Frage gestellt und das Quetschen als jene Bearbeitung bezeichnet, die für Rinderfutter die richtige wäre. Tatsache ist, dass geschrotetes Getreide mit anderen Futterkomponenten wie Extraktionschrot, besonders aber mit Komponenten mit höherem spezifischem Gewicht, wie Mineralfutter, Vihsalz oder Futterkalk, besser mischbar ist als gequetschtes Getreide. Eine Entmischung findet nur geringfügig statt. Kraftfuttermischungen aus geschroteten Komponenten bleiben homogener und stabiler als Mischungen aus Quetschgetreide. Der Staubanteil ist jedoch bei Quetschgetreide geringer.

Zur Verbesserung der Homogenität und besonders der Stabilität von Futtermischungen verwendet die Futtermittel-

wirtschaft das Verfahren der Pelletierung. Damit Pellets jedoch stabil bleiben und möglichst wenig Abrieb haben, müssen die einzelnen Komponenten sehr fein vermahlen werden. Pelletiertes Futter weist daher noch geringere Strukturwirkung auf als geschrotetes Futter.

Zur Überprüfung der Mahlfineinheit von Futterschroten können Proben in Futtermittellabors eingesendet werden. Dort wird eine genaue Bestimmung der einzelnen Siebfractionen durchgeführt. Eine einfache Schnellbestimmung ist auch vor Ort mit einem Kraftfutterschüttelsieb möglich. Dabei wird eine genormte Kraftfuttermenge in vier Siebfractionen (>3 mm, 3 – 2 mm, 2 – 1 mm, <1 mm) geteilt und diese prozentuell zugeordnet. Dadurch ist sehr rasch eine Einstufung einer Kraftfuttermischung in grobe und feine Anteile und eine Beurteilung der Verarbeitungsqualität möglich. Generell wird empfohlen, Rinderfutter nicht zu fein schroten, um einen raschen Stärkeabbau und eine damit einhergehende rasche Absenkung des Pansen-pH-Wertes zu vermeiden. Damit soll subakute und akute Pansenazidose vermieden werden. Kraftfuttermischungen sollten daher einen möglichst niedrigen Staubanteil aufweisen, also eine Partikelgröße kleiner 1 mm.

Neben der Mahlfineinheit sind die Kraftfuttermenge und die Verabreichungsform des Kraftfutters von großer Bedeutung. Das täglich gefütterte Kraftfutter sollte auf Einzelgaben unter zwei Kilogramm aufgeteilt werden. Die geringste Absenkung des Pansen-pH-Wertes kann erreicht werden, wenn Grund- und Kraftfutter gleichzeitig gefüttert werden, wie dies bei der Totalmischung der Fall ist. Dann spielt auch die Mahlfineinheit eine untergeordnete Rolle. Im Gegenteil, fein vermahlene Kraftfutter lässt sich gleichmäßiger in der TMR verteilen, haftet besser an den Grundfutterpartikeln und kann so durch die Tiere nicht ausselektiert werden.

In der Fachliteratur sind zu diesem Thema nur wenige Arbeiten zu finden. Die meisten stammen aus den USA und beschäftigen sich mit verschiedenen Vermahlungsgraden bzw. mit dampfbehandeltem Getreide.

Wirkung der Bearbeitung von unterschiedlichen Getreidearten bei Rindern

In verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten wird die Wirkung verschiedener Be- und Verarbeitungsprozesse beschrieben. Die Verbesserung der Verdaulichkeit von geschrotetem Getreide wird hauptsächlich auf die Vergrößerung der Angriffsfläche für die Mikroorganismen im Pansen und die Verdauungsenzyme im unteren Verdauungstrakt zurückgeführt.

Tabelle 4: Einfluss des Zerkleinerns von Getreidekörnern auf die Nährstoffverdaulichkeit bei verschiedenen Tierarten (nach verschiedenen Literaturquellen, zitiert in JEROCH et al. 2008)

Tierart	Getreideart	Kornbeschaffenheit	Verdaulichkeit (%)			
			OM	XP	XX	Σ (XX+XF)
Rind	Weizen	intakt	55	53	-	43
		Schrot	90	77	-	92
Schaf	Weizen	intakt	88	77	-	80
		Schrot	89	81	-	91
Schwein	Gerste	intakt	64 – 67	58 – 60	75	-
		Schrot (mittelfein bis fein)	78 – 85	78 – 84	88 – 90	-

OM = organische Masse, XP = Rohprotein, XX = N-freie Extraktstoffe, XF = Rohfaser

In einer norwegischen Arbeit von SVIHUS et al. (2005) wird berichtet, dass Pelletieren und Expandieren kaum einen Einfluss auf die Verdaulichkeit von Getreide ausübt. Durch intensivere Behandlung der Getreidestärke aber, wie sie bei der Extrusion geschieht, wird die Verdaulichkeit positiv beeinflusst. Durch das Vermahlen des Getreides wird die Schale zerstört und der Stärkekörper freigelegt. Dadurch können die Enzyme der Pansenmikroben besser zur Wirkung gelangen.

Die Verdaulichkeit der Stärke hängt stark von der Partikelgröße der Stärke ab. Je feiner vermahlen wird, desto höher verdaulich ist die Stärke. Die Anzahl der aufgebrochenen Stärkekörner wird durch die Festigkeit der Bindung zwischen Stärke und Proteinmatrix beeinflusst. Bei Mais ist diese Bindung besonders stark. Das erklärt, warum feine Vermahlung die Verdaulichkeit von Mais stärker verbessert als bei anderen Getreidearten wie Gerste oder Weizen.

Durch die Pelletierung von Getreidearten wie Gerste, Hafer und Weizen müsste deren Verdaulichkeit durch die Einflüsse von Druck und Temperatur steigen. Dennoch fanden LJØKJEL et al. (2003) heraus, dass durch Pelletieren die Pansenabbaubarkeit nicht verbessert wurde. Als Grund wird angenommen, dass die Bedingungen des Pelletierens bei mäßiger Feuchtigkeit und Temperaturen um 80 °C nicht ausreichen, die Stärke aufzuschließen. Die Autoren zogen den Schluss, dass Getreidearten wie Mais und Hirse, die gegen den Abbau im Pansen relativ stabil sind, durch Behandlungen wie Vermahlen, Pelletieren, Extrudieren und Expandieren im Pansen besser abbaubar werden. Ohnedies sehr gut abbaubare Getreide wie Gerste, Hafer und Weizen reagieren auf diese Einflüsse nur sehr gering.

In einem Fütterungsversuch verglichen iranische Wissenschaftler die Auswirkung verschieden bearbeiteter Gerste auf die Trockenmasse-Aufnahme, Kauaktivität, Pansenfermentation und Milchleistung (SOLTANI et al. 2009). Gerste wurde fein vermahlen bzw. einer Dampfflockung unterzogen und zu 30 bzw. 35 % Trockenmasseanteil in der Gesamtration eingesetzt. Es wurde erwartet, dass vermahlene Gerste die Futteraufnahme wegen der Staubbildung und der raschen Freisetzung flüchtiger Fettsäuren senken würde. Die Studie ergab, dass zwischen beiden Gruppen keine Unterschiede bestanden. Das Risiko einer subakuten Pansenazidose wurde durch die Höhe des Gerstenanteiles in der Ration stärker beeinflusst als durch die Verarbeitungsart der Gerste.

In einem umfangreichen Versuch mit 60 Holstein-Kühen an der Universität von Alberta (Kanada) wurde der Einsatz von fein und grob geschroteter Gerste untersucht (McGREGOR et al. 2007). Die Schrotung wurde durch einen sogenannten Verarbeitungsindex (processing index, PI) ausgedrückt. Dabei wurde das Hektolitergewicht vor und nach der Vermahlung verglichen. Bei der groben Gerste betrug der PI 1:0,8, bei der feinen 1:0,6. Die verschiedenen Gerstenvermahlungen ergaben keine Auswirkung auf Trockenmasseaufnahme, Milchleistung, Milchennergieertrag (Fett- und Eiweißmenge) und Milchfettgehalt.

In einem Fütterungsversuch an der Universität von Isfahan (Iran) wurden acht mehrkalbige Holstein-Kühe jeweils über 21 Tage in vier Versuchsperioden mit vier verschiedenen behandelten Gerstenschroten mit einer TMR versorgt (SADRI et al. 2007). Es sollte der Einfluss der Verarbeitung von Gerste auf die Leistungsparameter von Milchkühen

untersucht werden. Die Gerste wurde fein gemahlen, einer Dampfflockung unterzogen, fein gequetscht oder grob gequetscht. Der Prozessindex der grob vermahlenden Gersten lag bei 1:0,7 bzw. 1:0,8. Auch in diesem Versuch konnten keine Auswirkungen auf die Futteraufnahme, Milchleistung oder die Pansengesundheit gefunden werden. Bei allen vier Gruppen lag die Trockenmasse-Aufnahme zwischen 23,2 und 24,0 kg und die Milchleistung zwischen 26,7 und 29,0 kg ohne signifikante Unterschiede.

In einem zweifach wiederholten brasilianischen Fütterungsversuch konnten zwölf fistulierte Milchkühe zwischen verschiedenem bearbeitetem Körnermais wählen (FERREIRA et al. 2007): Rohrzucker mit grob geschrotetem Mais, Rohrzucker mit fein geschrotetem Mais und Rohrzucker mit dampfflocktem Mais. Der Verzehr von dampfflocktem Mais war um 45,1 und 42,1% geringer als jener der beiden anderen Verarbeitungsarten. Dadurch ergab sich eine niedrigere Trockenmasse-Aufnahme um 24,5 bzw. 22,6 %, eine niedrigere Aufnahme an Nährstoffen und eine höhere Aufnahme an NDF. Dennoch ergaben sich keine Unterschiede in der Aufnahme an verdaulicher Trockenmasse und verdaulicher Stärke.

Eine schwedische Arbeit untersuchte Futtermittel und deren Verarbeitung hinsichtlich Attraktivität für Milchvieh (SPÖRNDLY et al. 2006). In elf Kurzzeitversuchen konnten Kalbinnen zwischen verschiedenen Futtermitteln und verschiedenen Verarbeitungsarten wählen: Gerstenschrot, Rapsextraktionsschrot, hitzebehandelter Rapsextraktionsschrot, Sojaextraktionsschrot, gemahlene Luzerne, Rapsexpeller, Erbsenschrot, Weizenschrot, Weizenkleie, Haferschrot, Palmkernexpeller, Gerstenschrot mit verschiedenen Zusätzen (Melasse, Zucker, Milchpulver, Zuckerrübenbendicksaft, Kokosöl, Rapsöl, Palmöl, Glycerin, diverse Fettprodukte). Die Futtermittel wurden zweimal täglich in einer Menge von 1 Kilogramm vorgelegt, die Futteraufnahme gemessen und die Restfuttermenge bestimmt. Die Untersuchungen zeigten, dass es schwer ist, besonders bevorzugte Futtermittel eindeutig zu identifizieren. Die am meisten bevorzugten Futterkomponenten waren Pellets, hitzebehandelter Rapsextraktionsschrot, Gerste mit 10 % Rapsöl, Gerste mit 10 % Palmöl und Gerste mit 10 % Glycerin. Unter allen getesteten Futtermitteln wurde gemahlener Palmkernexpeller am wenigsten gern gefressen. Beim Vergleich von gemahlener Gerste mit Pellets wurden eindeutig die Pellets bevorzugt. Zwischen einzelnen Arten von Pellets waren keine Unterschiede festzustellen.

In einer kanadischen Übersichtsarbeit wurde die Wirkung verschiedener Verarbeitungs- und Behandlungsverfahren auf Gerste beschrieben (DEGHAN-BANADAKY et al. 2006):

- *Schroten* von Gerste vergrößert die Oberfläche und bietet den Mikroben eine große Angriffsfläche. Sehr fein geschrotete Gerste wird rascher fermentiert als grob gequetschte und kann aber die Leistung senken.
- *Gewalzte bzw. gequetschte* Gerste weist eine einheitlichere Struktur auf und enthält weniger Feinanteile als geschrotete Gerste.
- *Wärmebehandlung* mit Dampf vermindert die Staubbildung und die Entstehung feiner Partikel. Eine Verbesserung der Verdaulichkeit kann nicht immer unterstellt werden.

- *Dampfflockung* erhöht die Verdaulichkeit der Stärke gegenüber der Zerkleinerung im Walzenstuhl. Dadurch kann es aber auch zu einer schnelleren pH-Absenkung kommen. Andere Studien berichten aber wieder von keiner Verbesserung der Verdaulichkeit durch die Dampfflockung.
- *Pelletieren* soll den Stärkeabbau im Pansen erleichtern und die Stärke gelatinisieren. In Versuchen wurden meist steigende Milchleistungen bei der Verfütterung von Pellets gefunden, zum Teil wurde der Milchfettgehalt gesenkt. Andere Arbeiten berichten von einer sinkenden ruminalen Verdaulichkeit von Rohprotein und Stärke durch den Pelletierungsprozess.

Die Literaturangaben über die Verdaulichkeit im Pansen und im gesamten Verdauungstrakt sind sehr uneinheitlich. Leider gibt es keinen brauchbaren Parameter, der die Wirkung der Behandlungsverfahren auf Getreide klar beschreibt. Der Verarbeitungsindex (processing index = PI) wurde in dieser Arbeit als nicht tauglich bewertet, die Wirkung von Bearbeitungs- und Behandlungsmethoden auf Gerste ausreichend zu beschreiben.

Aus den beschriebenen Untersuchungen geht also hervor, dass Effekte durch die Art der Verarbeitung – Schrotten, Quetschen, Walzen, Dämpfen oder Toasten – nur beschränkt Einfluss auf die Verdaulichkeit und Wiederkäuergerechtigkeit ausüben. In einer kanadischen Untersuchung wurden die Unterschiede in der Verdaulichkeit von Getreidearten von ganzem im Gegensatz zu verarbeitetem Getreide betrachtet (MATHISON 1996):

- Für *Gerste* wurde festgestellt, dass junge Rinder ganze Gerste besser verdauen als ausgewachsene Rinder. In diversen Versuchen finden sich in der Fachliteratur eine verringerte Verdaulichkeit der organischen Masse um durchschnittlich 16,1 % (10 – 30 %) und von Stärke um durchschnittlich 37,2 % bei der Verfütterung ganzer Gerste im Vergleich zu gewalzter bzw. gequetschter Gerste. In einer anderen Untersuchung wurden einjährigen Maststieren ganze oder gequetschte Gerste (37 oder 90 % Kraftfutteranteil) gefüttert und die Kau- und Wiederkauaktivität gemessen. Dabei wurden keine Unterschiede in den Kauzeiten zwischen den Vorlageformen der Gerste, aber zwischen den beiden Kraftfutterniveaus festgestellt. In manchen Versuchen neigten Stiere zu Aufblähungen, die ganze Gerste erhielten. Die Gründe dafür sind weitgehend unbekannt, zumal bislang die Wahrscheinlichkeit für Pansenblähungen eher bei der Gabe fein vermahlener Gerste wegen der höheren Azidose-Neigung höher eingeschätzt wurde. Die optimale Partikelgröße für Gerste dürfte zwischen 1,5 und 2,5 mm liegen. Feinere Partikel bringen bessere Tageszunahmen, gröbere eine verbesserte Pansengesundheit.
- Wird *Hafer* ungeschrotet als ganzes Korn gefüttert, finden sich in mehreren Arbeiten Angaben über eine schlechtere Verdaulichkeit der organischen Masse um durchschnittlich 3 % und der Stärke um 4 – 6 %. Im Kot von Kälbern und Mastrindern, die zwei Drittel des Hafers ungeschrotet erhielten, fanden sich etwa 13 % ganze Körner wieder. Hafer dürfte, im Gegensatz zu anderen Getreidearten, auch ungeschrotet gut im Pansen aufgeschlossen werden. Untersuchungen bei Milchkühen zeigten keinen Effekt auf Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe bei der

Verfütterung von ganzem oder geschrotetem Hafer. Die Schrotung von Hafer verbessert daher im Schnitt die Verdaulichkeit um etwa 10 %, wahrscheinlich nur um etwa 5 %. Daher wird der Schluss gezogen, dass die Kosten der Vermahlung von Hafer nicht gerechtfertigt sind.

- Für ganzen *Weizen* wird eine durchschnittliche Verdaulichkeit von 65 – 75 % angenommen. Geschroteter oder gequetschter Weizen ist jedoch zu 85 – 90 % verdaulich. Die Stärkeverdaulichkeit steigt dabei von 83 auf 99 % an. Wird Weizen ungeschrotet an Kälber oder Maststiere verfüttert, finden sich etwa 30 % der Körner im Kot wieder. Für Weizen ist daher eine Verarbeitung dringend geboten. Dampfbehandlungen oder die Technik des Extrudierens bringen keine Vorteile gegenüber der trockenen Vermahlung.
- Für *Körnermais* gelten die gleichen Regeln. Auch hier steht außer Streit, dass eine Verarbeitung geboten ist. Dampfbehandlungen sind aus wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll.

In einem Versuch mit 48 Holstein-Kühen an der Universität von Arizona (USA) wurden verschiedene Verarbeitungsarten von Hirse und Körnermais untersucht (SANTOS et al. 1999). Es wurde Hirse und Mais dampfflockt und Mais auch nach einer Dampfbehandlung über den Walzenstuhl gebrochen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden, tendenziell brachten die Tiere mit den dampfbehandelten Futtermitteln um 1,5 kg mehr Milchleistung. Die Futtermittelverwertung wurde durch die Bearbeitung der Körner nicht beeinflusst.

In einem kanadischen Versuch mit 14 Holstein-Kühen wurde Kraftfutter pelletiert und geschrotet gefüttert (von KEYSERLINGK 1998). Bei pelletiertem Kraftfutter waren Milchmenge, Milcheiweißgehalt und Eiweißmenge höher, der Milchfettgehalt aber niedriger als bei geschrotetem Kraftfutter. Der Pansen-pH-Wert lag bei pelletiertem Futter tiefer (6,58) als bei geschrotetem (6,79). Auf die Menge an flüchtigen Fettsäuren hatte die Kraftfutterart keinen Einfluss. Auch die Trockenmasse-Aufnahme blieb unbeeinflusst. Tendenziell nahmen die Tiere mit pelletiertem Futter jedoch mehr Energie auf.

In einem norwegischen Versuch wurde Milchkühen neben 6,7 kg Trockenmasse Grassilage auch 10 kg Trockenmasse Gerstenschrot als TMR viermal täglich gefüttert (PRESTLØKKEN et al. 2001). Das Kraftfutter war pelletiert bei 75 – 80 °C oder expandiert bei 125 – 130 °C und anschließend pelletiert. Das expandierte Futter erhöhte die Verdaulichkeit der Stärke im Pansen, was zu einer Erhöhung der flüchtigen Fettsäuren und zu einem tieferen Pansen-pH-Wert führte. Der Gehalt an Buttersäure nahm zu, der von Propionsäure nahm ab. Überdies nahm das Pansenvolumen durch das expandierte Futter zu. Die Verdauung von NDF war gegenüber dem pelletierten Futter niedriger. Keine Unterschiede gab es in der N-Synthese durch die Pansenmikroben. Milchmenge, Milchfett und Milcheiweißgehalt waren höher, sodass eine bessere Nährstoffversorgung durch expandiertes Futter anzunehmen war.

In einem Fütterungsversuch der Universität von Arizona (USA) mit 40 Milchkühen wurde Mais nach fünf verschiedenen Bearbeitungsverfahren bei 40 % Rationsanteil 56 Tage lang eingesetzt (YU et al. 1997). Der Körnermais wurde fein vermahlen, grob geschrotet, dampfflockt mit

Tabelle 5: Korngrößenverteilung von verarbeitetem Körnermais (YU et al. 1997)

Körnermais, Art der Verarbeitung	Siebmaschenweite, mm						Boden	Ø Teilchengröße mm	
	4	2	1	0,85	0,60	0,43			0,25
Fein ¹	0,70	9,90	35,80	10,00	14,60	10,00	8,60	10,40	1,18
Grob ²	11,72	39,55	29,00	3,07	3,86	3,58	3,56	5,67	2,42
Dampfgeflockt ³	45,37	27,93	13,72	2,05	3,25	2,82	2,56	2,31	3,84
Dampfgeflockt ⁴	63,87	25,30	5,76	0,75	1,12	0,99	0,99	1,22	4,70
Dampfgewalzt ⁵	81,03	12,34	3,39	0,46	0,66	0,64	0,66	0,84	5,30

¹ fein gemahlener Körnermais, 580 g/Liter
² grob geschroteter Körnermais, 618 g/Liter
³ dampfgeflockter Körnermais mit geringer Dichte, 309 g/Liter
⁴ dampfgeflockter Körnermais mit mittlerer Dichte, 361 g/Liter
⁵ dampfgewalzter Körnermais, 490 g/Liter

geringer Dichte, dampfgeflockt mit mittlerer Dichte und dampfgewalzt. Die Gruppe, die dampfgeflockten Körnermais mit mittlerer Dichte erhielt, brachte eine höhere Milchleistung als die anderen Gruppen (37,1 kg). Die Gruppe mit dem fein vermahlenden Körnermais erbrachte eine mittlere Milchleistung (35,5 kg), hatte eine bessere Futtermittelverwertung aber eine niedrigere Trockenmasseaufnahme. Bei den Gruppen mit dem grob geschroteten und dem gewalzten Körnermais war der Milchfettgehalt höher. Milcheiweißgehalt, fettfreie Trockenmasse sowie Eiweiß- und Laktosemenge unterschieden sich in allen Gruppen nicht. Die Stärkeverdaulichkeit im gesamten Verdauungstrakt war bei jenen Gruppen, die grob geschroteten und dampfgewalzten Körnermais erhielten (87,4 und 91,3 %), niedriger als im Mittel der anderen Gruppen (96,3 %).

Schlussfolgerungen

Getreide wird im Allgemeinen vor der Verfütterung an Rinder geschrotet. Durch diese Verarbeitung wird das Korn aufgebrochen und der Stärkekörper freigelegt. Die Verdaulichkeit des Getreides steigt dadurch außer bei Hafer stark an. Die Mischbarkeit mit anderen Futterkomponenten wie Extraktionsschroten, Mineralfutter und dergleichen wird verbessert.

Sehr feines Schroten verbessert die Verdaulichkeit, verstärkt aber die Staubbildung und senkt dadurch die Futteraufnahme. Eine vermehrte Gefahr der Pansenazidose gegenüber grobem Schrot ist nicht generell festzustellen, wobei alle Versuchsergebnisse aus Versuchen mit TMR stammen.

Spezielle Behandlungsverfahren mit Hitze und Dampf erhöhen die Verdaulichkeit der Stärke zusätzlich. Der finanzielle Aufwand ist jedoch nur bei Kälberfutter gerechtfertigt. Pelletierung verhindert die Entmischung der einzelnen Futterkomponenten. Pellets werden gegenüber Schroten lieber aufgenommen, die Futteraufnahme ist somit höher. Durch die Erhitzung während des Pelletierens wird das Futter hygienisiert und die Stärke teilweise gelatinisiert. Dies bringt Vorteile für die Haltbarkeit und Verdaulichkeit. Durch das höhere spezifische Gewicht gegenüber Schroten kann mehr Futter bei gleichem Volumen transportiert werden.

Auf dem landwirtschaftlichen Betrieb ist die Schrotung die gängigste Verarbeitungsart. Zu feines Vermahlen sollte auf jeden Fall vermieden werden. Dies wird durch großmaschige Mühlensiebe (5 mm Lochdurchmesser) und geringe Motordrehzahl der Mühle erreicht. Bei dieser Vorgangsweise wird eine Erwärmung des Futters weitgehend vermieden

und hoher Staubanteil am effektivsten verhindert. Zur Staubbildung sollte zudem stets 1 % Futteröl beigemischt werden. Das Quetschen von Rinderfutter bringt gegenüber dem Schroten keine Vorteile. Im Mittel sollten die Kraftfutterteilchen 2,5 mm Größe aufweisen (mittelgrob), was mit einem Kraftfutterschüttelsieb vor Ort einfach zu überprüfen ist. Wichtig ist auch die Kontrolle der Kraftfütterzuteilung vor Ort durch Abwiegen der Futtermengen, die pro Schaufel mit der Hand zugeteilt werden. Bei Kraftfütterautomaten muss regelmäßig überprüft werden, ob die an der Station eingegebene Menge mit der tatsächlich ausdosierten übereinstimmt. Spätestens bei einem Futterwechsel ist dies zu kontrollieren, da sich sowohl selbst erzeugte Mischfutter, besonders aber Fertigfuttersorten, in ihrem spezifischen Gewicht stark unterscheiden können.

Literaturverzeichnis

CHESTER-JONES, H.D., M. ZIEGLER und J.G. MEISKE, 1991: Feeding whole or rolled corn with pelleted supplement to Holstein steers from weaning to 190 kilograms. *J. Dairy Sci.* 74, 1765-1771.

DEGHAN-BANADAKY, M., R. CORBETT und M. OBA, 2007: Effects of barley grain processing on productivity of cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 137, 1-24.

FERREIRA, F.A., R. PASSINI, L.M.O. BORGATTI, R.T.Y.B. DE SOUZA, P.M. MEYER und P.H.M. RODRIGUES, 2007: Effect of maize processing on diet selection in cows. *Livest. Sci.* 112, 151-160.

FIRKINS, J.L., M.L. EASTRIDGE, N.R. ST-PIERRE und S.M. NOFTS-GER, 2001: Effect of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 79, E218-E238.

GARDNER, W.C., M.A.G. VON KEYSERLINGK, J.A. SHELFORD und L.J. FISHER, 1997: Effect of feeding textured concentrates with alfalfa cubes to lactating dairy cows producing low fat milk. *Can. J. Anim. Sci.* 77, 735-737.

JEROCH, H., W. DROCHNER und O. SIMON, 2008: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. 2. Aufl., Eugen Ulmer GmbH. & Co, Stuttgart, 281-291.

MATHISON, G.W., 1996: Effects of processing on the utilization of grain by cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 58, 113-125.

McGREGOR, G., M. OBA, M. DEGHAN-BANADAKY und R. CORBETT, 2007: Extent of processing of barley grain did not affect productivity of lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138, 272-284.

OFFNER, A., A. BACH und D. SAUVANT, 2003: Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106, 81-93.

- PRESTLØKKEN, E. und O.M. HARSTAD, 2001: Effects of expander-treating a barley-based concentrate on ruminal fermentation, bacterial N synthesis, escape of dietary N, and performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90, 227-246.
- SADRI, H., G.R. GHORBANI, M. ALIKHANI, M. BABAEI und A. NIKKHAH, 2007: Ground, dry-rolled and steam-processed barley grain for midlactation Holstein cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138, 195-204.
- SANTOS, J.E.P., J.T. HUBER, C.B. THEURER, L.G. NUSSIO, M. TARRAZON und F.A.P. SANTOS, 1999: Response of lactating dairy cows to steam-flaked Sorghum, steam-flaked corn, or steam-rolled corn and protein sources of differing degradability. *J. Dairy Sci.* 82, 728-737.
- SOLTANI, A., G.R. GHORBANI, M. ALIKHANI, A. SAMIE und A. NIKKHAH, 2009: Ground versus steam-rolled barley grain for lactating cows: A clarification into conventional beliefs. *J. Dairy Sci.* 92, 3299-3305.
- SPÖRNDLY, E. und T. ASBERG, 2006: Eating rate and preference of different concentrate components for cattle. *J. Dairy Sci.* 89, 2188-2199.
- SVIHUS, B., A.K. UHLEN und O.M. HARSTAD, 2005: Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value on cereal starch: A Review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 122, 303-320.
- THOMAS, M. und A.F.B. VAN DER POEL, 1995: Physical quality of pelleted animal feed. 1. Criteria for pelleted quality. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61, 89-112.
- THOMAS, M., D.J. VAN ZUILICHEM und A.F.B. VAN DER POEL, 1996: Physical quality of pelleted animal feed. 2. Contribution of processes and its conditions. *Anim. Feed Sci. Technol.* 64, 173-192.
- THOMAS, M., T. VAN VLIET und A.F.B. VAN DER POEL, 1997: Physical quality of pelleted animal feed. 3. Contribution of feedstuff components. *Anim. Feed Sci. Technol.* 70, 59-78.
- VAN KEYSERLINGK, M.A.G., W.C. GARDNER, L.J. FISHER und J.A. SHELFORD, 1998: A comparison of textured versus pelleted concentrates on rumen degradability, dry matter intake, milk yield and composition in lactating Holstein cows. *Can. J. Anim. Sci.* 78, 219-224.
- YAMDAGNI, S., R.G. WARNER und J.K. LOOSLI, 1967: Effects of pelleting concentrate mixtures of varying starch content on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 50, 1606-1611.
- YU, P., J.T. HUBER, F.A.P. SANTOS, J.M. SIMAS und C.B. THEURER, 1998: Effects on ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81, 777-783.