

# Mais in der Rinderfütterung

Ernte und Konservierung

ZUKUNFT SÄEN  
SEIT 1856

**KWS**



<b>1</b>	<b>Maissilage – Grundlage für eine erfolgreiche Rinderfütterung</b>	<b>5</b>		
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Verdauungsphysiologie beim Wiederkäuer</b>	<b>8</b>		
2.1	Der Aufbau und die Funktion des Verdauungstraktes beim Wiederkäuer	9		
2.2	Umsetzungsprozesse im Pansen	15		
2.2.1	Verdauung der Kohlenhydrate im Pansen	16		
<b>3</b>	<b>Nährstoffbedarf laktierender Kühe</b>	<b>24</b>		
3.1	Energiebedarf	25		
3.2	Proteinbedarf	27		
3.3	Futteraufnahme	27		
3.4	Controlling der Futteraufnahme	29		
3.4.1	Bestimmung des TM-Gehaltes	29		
3.4.2	Körperkonditionsbeurteilung (BCS)	30		
3.4.3	Beurteilung der Pansenfüllung	33		
3.4.4	Beurteilung des Kotes	36		
<b>4</b>	<b>Grundlagen der Milchviehfütterung mit Mais</b>	<b>41</b>		
4.1	Silomais in der Rinderfütterung	41		
4.1.1	Der Strukturwert von Silomais	44		
4.1.2	Pansenacidose	49		
4.1.3	Strukturversorgung sichern mittels Futtercontrolling	54		
4.1.4	Die besondere Bedeutung der Maisstärke	60		
4.1.5	Mineralstoffe und Vitamine	62		
4.1.6	Abreife und Verdaulichkeit der Maispflanze	63		
4.1.7	Hochschnittverfahren	75		
4.1.8	Orientierungswerte Maissilage guter Qualität	77		
4.2	Körnermais in der Rinderfütterung	80		
4.2.1	Getrockneter Körnermais	81		
4.2.2	Silierung von Maiskolben und -körnern	84		
4.3	Rationen	89		
4.3.1	Maissilagebetonte Rationen	96		
4.3.2	Grassilagebetonte Futtermitteln	99		
<b>5</b>	<b>Einsatz von Mais in der Bullenmast</b>	<b>100</b>		
5.1	Nährstoffbedarf von Mastbullen	102		
5.2	Rationsgestaltung in der Bullenmast	105		
5.3	Praktische Rationsbeispiele auf Basis von Mais	108		
<b>6</b>	<b>Futtermittelanalyse</b>	<b>110</b>		
6.1	Methoden zur Bewertung der Inhaltsstoffe von Futtermitteln	111		
6.1.1	Weender Analyse	111		
6.1.2	NIRS-Methode	115		
6.2	Methoden zur Bewertung von Verdaulichkeit von Futtermitteln	118		
6.2.1	Hohenheimer Futterwerttest	118		
6.2.2	Tilly & Terry-Methode	119		
6.2.3	Cellulase-Methode	120		
<b>7</b>	<b>Ernte und Konservierung</b>	<b>121</b>		
7.1	Anforderungen an den Ernteprozess	122		

# 1 Maissilage – Grundlage für eine erfolgreiche Rinderfütterung

7.1.1 Wahl des optimalen Erntezeitpunktes	122
7.1.2 Aufschluss der Körner und Wahl der Häcksellänge	128
7.1.3 Vermeidung der Futtermittelverschmutzung	131
7.2 Silagebereitung	132
7.2.1 Anforderungen an die Einlagerung	132
7.2.2 Ablauf des Silierprozesses	136
7.2.3 Fehlgärungen	140
7.2.4 Einsatz von Siliermitteln	150
7.3 Silomanagement	156
<b>8 Sortenwahl</b>	<b>159</b>



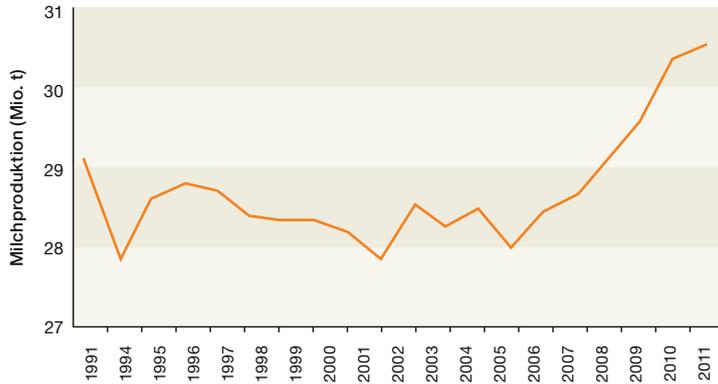
Die landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland und Europa befinden sich seit Jahren in einem starken **Strukturwandel mit zunehmender Spezialisierung** und hohen ökonomischen und produktionstechnischen Anforderungen.

Seit den Neunzigerjahren hat sich die Anzahl an Milchviehbetrieben stark verringert. Während im Jahr 1991 noch 236.000 Betriebe mit durchschnittlich 23 Kühen gezählt wurden, waren es 2012 nur noch 83.000 Betriebe mit durchschnittlich 50 Kühen pro Betrieb. Insgesamt ist die Anzahl an Kühen in Deutschland in diesem Zeitraum von 5,4 Mio. auf 4,1 Mio. Tiere gesunken.

Im Vergleich dazu ist die erzeugte Milchmenge im Land um mehr als 2,5 Mio. t angestiegen.

Diese Entwicklung spiegelt ein **deutlich intensiveres Produktionssystem** wider, in dem der **hohe Anspruch an qualitativ hochwertiges und ökonomisch produziertes Grobfutter** stetig wächst.

**Abb. 1: Milchproduktion in Deutschland**



Quelle: Universität Göttingen 2013; milchtrends.de

Sowohl in der Milchviehhaltung als auch in der spezialisierten Bullenmast bilden die **Grundfutterkosten** einen **eminenten Anteil an den gesamten Produktionskosten**. Im Milchviehbetrieb liegt der Anteil an den Vollkosten unabhängig von der Region bei ca. 32 %. Die Konzentration der Viehhaltung in bestimmten Kernregionen sowie steigende Kosten für Arbeitserledigung und Fläche erfordern daher eine hohe Effizienz in der Futterproduktion. Ökonomische Auswertungen zeigen, dass **Silomais im Vergleich zu anderen Grobfuttermitteln eines der kostengünstigsten Produktionssysteme** darstellt. Maissilage ist daher auf vielen viehhaltenden Betrieben das wichtigste Grobfutter.

Der Maissilageanteil an der Gesamtration beträgt vor allem auf Ackerbaustandorten 35 % und mehr. Auch die spezialisierte Bullenmast wird überwiegend auf Maissilagebasis mit Anteilen von mehr als 50 % Maissilage in der Ration betrieben.

#### **Vorzüge der Maissilage:**

- Grobfutter mit hoher Energiedichte
- kostengünstigstes Grobfutter von der Hauptfutterfläche
- problemloser Anbau
- gute Mechanisierung von der Ernte bis zum Trog
- geringer Arbeitskraft-Bedarf
- sehr gute Vergärbarkeit
- hohe Trockenmasseaufnahme mit ausreichender Struktur
- günstiger Energieausgleich zu eiweißreichen Grasprodukten
- hohe Stärkegehalte bei guter Kornausreife
- hohe Hektarerträge
- Ertragssicherheit



## 2 Grundlagen der Verdauungsphysiologie beim Wiederkäuer

Das **Verdauungssystem des Wiederkäuers ist im Vergleich zu monogastrischen Tieren sehr viel komplexer**. Es ist daher wichtig die Zusammenhänge

zu verstehen, um ein genaueres Verständnis für eine optimale Fütterung zu bekommen.

Je intensiver sich der Landwirt mit diesen Zusammenhängen auseinandersetzt, desto gezielter kann er auf die Bedürfnisse seiner Tiere eingehen.

Eine **optimale und leistungsangepasste Fütterung** sowie eine

Optimierung der Produktionskosten ist in der heutigen Zeit der **Schlüssel zu hohen Milchleistungen und Wirtschaftlichkeit** in der Milch- und Fleischproduktion.

Im folgenden Kapitel wird der Verdauungstrakt des Rindes in seinem Aufbau und seiner Funktion genauer beschrieben und im Anschluss wird auf die Umsetzung und Verdauung der wesentlichen Nährstoffe im Pansen eingegangen.

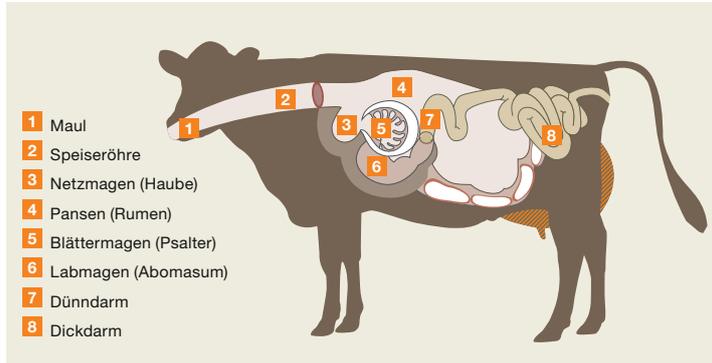


### 2.1 Der Aufbau und die Funktion des Verdauungstraktes beim Wiederkäuer

Der Verdauungstrakt des Wiederkäuers besteht aus insgesamt 4 verschiedenen Mägen. Dies sind **der Netzmagen** (Haube), **der Pansen** (Rumen), **der Blättermagen** (Psalter) und **der Labmagen** (Abomasum).

Der Labmagen, dem sich der Dünndarm anschließt, entspricht hierbei in seiner Funktion dem Magen der Nichtwiederkäuer, da hier eine enzymatische Verdauung vorherrscht. In den sogenannten Vormägen (Netzmagen, Pansen, Blättermagen) findet die Verdauung mithilfe von Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Protozoen) statt. Der Wiederkäuer ist dadurch in der Lage, Zellulose und Hemizellulose abzubauen und zu verwerten. Die Gesamtkapazität der vier Mägen beträgt etwa 180 bis ca. 230 l, wobei beim erwachsenen Rind ungefähr 80 % des Magenvolumens vom Pansen eingenommen wird.

Abb. 2: Der Verdauungstrakt des Rindes (schematisch)

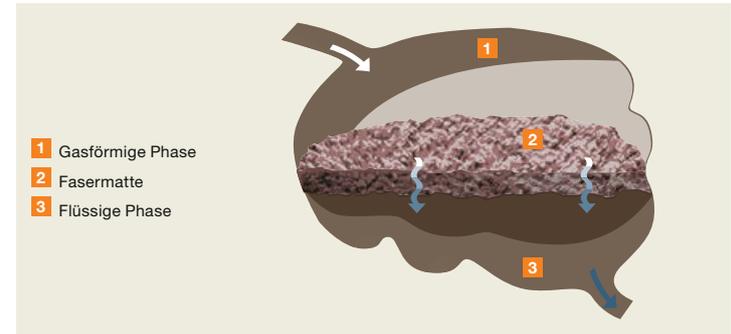


Der **Pansen** bildet mit dem Netzmagen eine funktionale Einheit und nimmt beinahe die **gesamte linke Hälfte der Bauchhöhle** in Anspruch.

Die vom Rind aufgenommene grob zerkleinerte Nahrung gelangt über die Speiseröhre zunächst in den Hauben-Pansen-Raum.

Im Pansen erfolgt eine Separation bzw. Schichtung der Futterbestandteile, die in Abbildung 3 schematisch dargestellt ist.

Abb. 3: Schematischer Querschnitt durch die verschiedenen Schichten des Pansens



Im unteren Bereich des Pansens sammeln sich aufgrund der höheren Dichte Flüssigkeiten und feinere Futterbestandteile, in der Mitte bildet sich eine Schwimmdecke, die sogenannte **Fasermatte**, aus. Hierüber wird der Austausch der Gase (vornehmlich Methan und Kohlendioxid) ermöglicht, die bei der Verdauung entstehen. Das noch unzureichend zerkleinerte Futter sowie die Gase werden über **Kontraktionen des Pansens und des Netzmagens** zurück in den Mundraum befördert.

Beim Wiederkauen werden die entstehenden Gase ausgestoßen und die Nahrungsbestandteile weiter zerkleinert, bevor sie erneut in den Pansen abgeschluckt werden. Im **Pansen** finden ca. **70 % der gesamten Verdauung des Rindes** statt.

In einem Milliliter Pansensaft befinden sich ca.  $10^9$  bis  $10^{11}$  Bakterien sowie  $10^6$  Protozoen (Einzeller) und  $10^5$  Pilze, die die Verdauung der aufgenommenen Nahrung übernehmen.

Je nach Futterzusammensetzung schwankt die Zusammensetzung der Mikroorganismen. Insgesamt befinden sich schon allein 5 bis 7 Kilogramm reine Mikrobenfrischmasse im Pansen.

Die vorwiegend anaeroben (unter Sauerstoffabschluss) arbeitenden **Bakterien** sind in der Lage, **Kohlenhydrate und Proteine aufzuspalten**. Eine wichtige Voraussetzung für die optimale Pansenfermentation ist die Anpassung der Mikroorganismen an das jeweilige Milieu.

Bei Veränderungen der Nährstoffzufuhr in Menge und Qualität, also einem **Wechsel von Futterkomponenten**, dauert es mindestens **4 Wochen, bis sich die Mikroorganismen an die neue Futterzusammensetzung angepasst haben**, um eine optimale Verdauungsarbeit zu leisten. Ein Futterwechsel sollte aus diesem Grunde nie abrupt vorgenommen werden, sondern langsam und gleitend vollzogen werden. Das empfindliche Gleichgewicht darf möglichst wenig gestört werden, um Leistungseinbußen zu vermeiden.

Die Pansenwand ist mit Pansenzotten ausgekleidet, die die Oberfläche der Pansenschleimhaut etwa um das Siebenfache vergrößern und somit zu einem intensiven Stoffaustausch beitragen.

Die Zottenausbildung unterliegt in Bezug auf Form, Größe und Verteilung im Pansen ständigen Veränderungen, die vor allem von den Nahrungsbedingungen abhängen. So bilden sich bei einem sehr knappen Futterangebot die Pansenzotten stark zurück. Die Wiederausbildung nimmt bei ausreichendem Futterangebot ca. zwei bis drei Wochen in Anspruch. Die im Pansen vorverdaute Nahrung gelangt über den Netzmagen in den Blättermagen.

Der **Netzmagen** liegt direkt neben der Einmündung der Speiseröhre in den Pansen und übernimmt hauptsächlich die Aufgabe des „Ausießens“ der angefluteten Nahrung. Feine Partikel werden von hier aus direkt in den folgenden Blättermagen weitergeleitet. Verdauungsvorgänge finden im Netzmagen nicht statt.

Die Aufgabe des **Blättermagens** besteht in der Resorption von Wasser aus dem Nahrungsbrei. Durch Kontraktionen des Blättermagens wird Wasser aus dem Nahrungsbrei ausgepresst und dieser dadurch eingedickt. Mikrobielle Verdauung findet auch hier nur in geringem Umfang statt.

Im **Labmagen** produzieren die Drüsenzellen der Magenschleimhaut **Salzsäure und Enzyme für die Eiweißverdauung** (Pepsin); dadurch wird der pH-Wert des Nahrungsbreies stark abgesenkt (ca. pH 2,0–3,5). Keime werden im sauren Milieu abgetötet und die produzierten körpereigenen Enzyme werden aktiviert. Die Verdauungsprozesse im Labmagen sind prinzipiell mit denen der Monogastrier vergleichbar.

Zellulose oder Hemizellulose, die den Pansen unverdaut passiert haben, können hier also nicht weiter abgebaut werden. Das im Pansen nicht abgebaute Protein (UDP) sowie die im Nahrungsbrei enthaltenen Pansenmikroben werden im Labmagen weiterverdaut (siehe auch Kapitel 2.2.2 Verdauung der Proteine im Pansen).

Die **Voraussetzung für eine physiologische Verdauung im Labmagen** ist eine **optimale Funktion des Pansens** mit einer gleichmäßigen Anflutung von Nahrungsbrei in den Labmagen. Störungen dieser physiologischen Abläufe, wie sie beispielsweise bei den Stoffwechselerkrankungen Acidose und Ketose auftreten, können eine **Labmagenverlagerung** zur Folge haben. Durch mangelnde Füllung des Pansens kann der Labmagen seine Position im Bauchraum verlagern und die Kuh benötigt tierärztliche Betreuung.

Im **Dünndarm** wird der saure Nahrungsbrei aus dem Labmagen durch Bauchspeicheldrüsen-, Gallen- und Pansensekrete neutralisiert und die Verdauung des vorfermentierten Substrates fortgesetzt. Körpereigene Enzyme (Lipasen und Amylasen) sind hier für die **Fett- und Stärkeverdauung** zuständig. Im Vergleich zum Monogastrier ist die Enzymaktivität im Dünndarm eher gering und daher die **Verdauungskapazität für Stärke und Fett** eingeschränkt. So sollte beispielsweise die Menge für **Stärke am Dünndarm maximal 1,5 kg pro Kuh und Tag** betragen, da andernfalls eine erhöhte Gefahr von Fehlgärungen bzw. Blähungen besteht.

Eine zu hohe Anflutung von Proteinen im Dünndarm führt ebenfalls zu Dünndarmkoliken und Durchfällen.

Im **Dickdarm** findet die **Resorption von Wasser** ( $H_2O$ ) aus dem Nahrungsbrei statt und in geringem Umfang auch eine mikrobielle Verdauung von Stärke und Proteinen, die sich noch im Nahrungsbrei befinden. Die hierbei entstehenden kurzkettigen Fettsäuren (Acetat, Propionat und Butyrat) können allerdings nun nicht mehr für die Energieversorgung des Rindes genutzt werden.

## 2.2 Umsetzungsprozesse im Pansen

Die optimale Funktion des Pansens ist eine Grundvoraussetzung für hohe Futteraufnahmen, eine effiziente Nutzung der Futterinhaltsstoffe und eine geringe Umweltbelastung.

Die an der Verdauung im Pansen beteiligten **Mikroorganismen stehen in engen Wechselbeziehungen zueinander**. So stehen beispielsweise die Stoffwechselprodukte einer Spezies, die sie selbst nicht verwerten kann, einer anderen zur Verfügung. Die Zusammensetzung der Mikrobe population, die Geschwindigkeit und der Umfang der Umsetzungs Vorgänge im Pansen sowie der dort vorherrschende pH-Wert sind von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Von **besonderer Bedeutung sind hier die Nährstoffzusammensetzung, die Menge des aufgenommenen Futters und die Verweildauer der Nahrung im Pansen** (Passagerate).

So nimmt beispielsweise die Aufenthaltsdauer des Futters mit steigender Nahrungsaufnahme ab. Die Passagerate nimmt also zu.

Zum besseren Verständnis wird im Folgenden auf die Verdauung wesentlicher Nährstoffe eingegangen.



### 2.2.1 Verdauung der Kohlenhydrate im Pansen

Kohlenhydrate liegen in der pflanzlichen Nahrung in zwei Hauptformen vor. Es sind die sogenannten „**Reservekohlenhydrate**“ und die „**Strukturkohlenhydrate**“.

Zu den Reservekohlenhydraten gehören in erster Linie Saccharose und Stärke. Sie gehören gemeinsam mit den Pektinen zu den Nichtfaser-Kohlenhydraten (NFC).

Strukturkohlenhydrate lassen sich unter dem Oberbegriff Rohfaser weiter untergliedern in **Zellulose und Hemizellulose**.

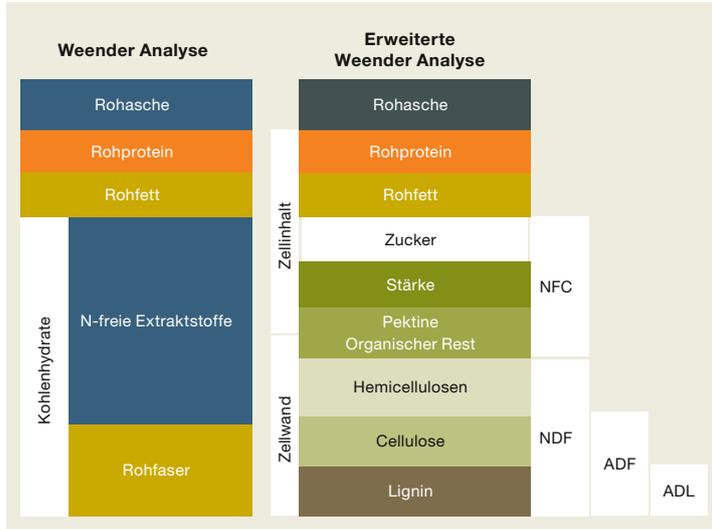
Sie geben der lebenden Pflanze ihre Stabilität und sind daher vornehmlich **Bestandteil der Zellwände**. Bei den Strukturkohlenhydraten wird auch das Lignin, der sogenannte „Holzstoff“, erfasst.

Lignin ist eine Phenolverbindung und gehört nicht zu den Kohlenhydraten. Die chemische Struktur des Lignins und der Anteil an Lignin an den Strukturkohlenhydraten sind je nach Pflanzenart unterschiedlich ausgeprägt.

**Lignin** ist **unverdaulich** und dadurch bestimmt auch der Ligninanteil die Verdaulichkeit einer Ration. Cellulose, Hemicellulose und Lignin tragen maßgeblich zur Strukturwirkung einer Ration im Pansen bei, denn ohne strukturierte Futterpartikel ist die Ausbildung der oben beschriebenen „Schwimmschicht“ nicht möglich und es kann keine physiologische Verdauung im Pansen stattfinden (siehe auch Kapitel 4.1.1 Strukturwert von Silomais). Die **Strukturkohlenhydrate** werden in der Futteranalytik zu der **Fraktion der Neutralen-Detergenzien-Fasern** (NDF) zusammengefasst. Cellulose und Lignin bilden darüber hinaus die Gruppe der **Säure-Detergenzien-Fasern** (ADF).

Die Abbildung 4 zeigt die Weender Analyse und die erweiterte Weender Analyse nach van Soest sowie die Einordnung der analytischen Bestandteile einer Pflanze.

**Abb. 4: Analytische Bestandteile einer Pflanze**



Detaillierte Darstellung der Kohlenhydrate in der erweiterten Weender Analyse.

- **NFC** = Nichtfaser-Kohlenhydrate und
- **NDF** = Neutrale-Detergenzien-Faser
- **NDF** stellt die **komplette Faserfraktion einer Pflanze** dar
- **ADF** = Säure-Detergenzien-Fasern
- **ADL** = Lignin
- **NDF** und **ADF** enthalten noch Silikate und Kieselsäure

Nach **Veraschung** werden **NDF org** und **ADF org** ermittelt.

Während Reservekohlenhydrate auch von Nichtwiederkäuern verdaut werden können, sind für den Aufschluss der Strukturkohlenhydrate hingegen Mikroorganismen, wie sie im Pansen der Wiederkäuer vorkommen, notwendig.

Kohlenhydrate werden im Pansen zu kurzkettigen Fettsäuren abgebaut.

Als wesentliche **Endprodukte des bakteriellen Kohlenhydratabbaus sind Essig-, Propion- und Buttersäure** zu nennen. So werden täglich ca. 3,5 Liter Propionsäure, 6 Liter Essigsäure sowie 0,5 Liter Buttersäure produziert. Die Säurenproduktion ist dabei abhängig vom pH-Wert im Pansen. Der ideale pH-Wert liegt zwischen 6,2 und 7,0. pH-Werte < 6,2 werden bereits als subklinische Pansenacidose bezeichnet (siehe auch Kapitel 4.1.2 Pansenacidose).

Neben den Säuren **entstehen bei der Fermentation gasförmiges Methan und Kohlendioxid**. Die im Methan enthaltene Energie geht dem Wiederkäuer unmittelbar verloren.

Die gebildeten kurzkettigen Fettsäuren werden durch die Pansenwand absorbiert. Das Fettsäuremuster, also das Verhältnis der Fettsäuren zueinander, ist von der Nährstoffzusammensetzung des Futters abhängig.

Die **Regulierung des pH-Wertes im Pansen** erfolgt sowohl **über die Nahrungszusammensetzung** als auch **über die Speichelbildung**. Speichel enthält einen hohen Anteil an basischem Natriumbicarbonat und weist einen pH-Wert von etwa 11 auf.

Das Rind produziert je nach Futteraufnahme und -zusammensetzung etwa 180 bis 300 Liter Speichel pro Tag und puffert damit die während des Verdauungsvorganges frei werdenden Säuren im Pansen ab. Ein weiterer Regulationsmechanismus zur **Stabilisierung des Pansenmilieus** ist die **Anpassung der Pansenwand und der Pansenzotten an die Rationszusammensetzung**. Eine gezielte und schonende Anfütterung mit stärkereichen Futtermitteln kann die Durchlässigkeit der Pansenwand für die kurzkettigen Fettsäuren deutlich steigern.

Eine **zu hohe Aufnahme leicht abbaubarer Kohlenhydrate** wie Zucker oder leicht fermentierbarer Stärke führt zu einem schnellen Anstieg der Propionsäurekonzentration und somit zu einem **pH-Wert-Abfall im Pansen**. Eine **Pansenübersäuerung** kann hierbei die Folge sein. In diesem Fall sollte der Anteil an schnell abbaubarer Stärke im Pansen verringert werden und mit einer Steigerung des Rohfaseranteils in der Ration entgegengewirkt werden (siehe auch Kapitel 4.1.2 Pansenacidose).

Sogenannte **pansenstabile Stärke** (beständige Stärke, Durchflusstärke, Bypassstärke), wie sie vornehmlich im **Maiskorn eingelagert** ist, weist eine hohe **Beständigkeit** auf und kann von den Mikroorganismen nur deutlich langsamer abgebaut werden. Somit ist die **Stärke aus Körnermais oder CCM eine schonende Energiequelle für den Pansen** und beugt einer Übersäuerung durch zu schnelle Säurefreisetzung vor.

Ein großer Teil der im Pansen unabgebauten Maisstärke steht der Kuh direkt am Dünndarm als Energiequelle zur Verfügung. Hier wird sie direkt enzymatisch zu Glucose umgewandelt und kann unmittelbar als **Energie für die Milchbildung** genutzt werden.

## 2.2.2 Verdauung der Proteine im Pansen

Proteine werden von den Pansenmikroben hauptsächlich zu Peptiden, Aminosäuren und Ammoniak sowie kurzkettigen Fettsäuren abgebaut. Die kurzkettigen Fettsäuren werden über die Pansenschleimhaut resorbiert.

Aminosäuren dienen als essenzielle Nährstoffe für bestimmte Mikroorganismen der Pansenflora und werden von diesen aufgenommen und verstoffwechselt.

Mit dem Nahrungsbrei gelangt dieses Protein dann in Form von „Mikrobenprotein“ vom Pansen in den Labmagen und Dünndarm.

Proteine, die im Pansen von den Mikroben nicht ab- bzw. neuaufgebaut werden, also unverdaut das Vormagensystem passieren, werden als Durchflussprotein, Bypass-Protein oder **unabgebautes Futterprotein** (UDP) bezeichnet.

Der Anteil an UDP ist von der Zusammensetzung des angebotenen Futterproteins und der Abbaubarkeit durch die Mikroben im Pansen abhängig.

Im Pansen unabgebautes Protein wird im Labmagen und in Teilen des Dünndarmes mithilfe körpereigener Enzyme verdaut.

Der größte Teil der Peptide und Aminosäuren wird im Pansen zu Ammoniak abgebaut, das von zahlreichen Pansenbakterien zur mikrobiellen Eiweißsynthese verwendet wird. Aus der Verdauung der **Mikrobenmasse decken Rinder ca. 80 % des täglichen Bedarfs an nutzbarem Protein**. Die gelieferte Eiweißmenge aus Mikrobenprotein ist für den Erhaltungsbedarf inklusive 12 bis 15 kg Milchleistung ausreichend. Fasst man das Bakterienprotein und das UDP zusammen, erhält man die Menge an Protein, die ein Futtermittel nach der Passage der Mägen und des Darmes liefern kann. Diese Menge bezeichnet man als **nutzbares Rohprotein (nXP)**. Für die Bedarfsdeckung mit Proteinen wird bei hohen Milchleistungen der Gehalt an nXP zunehmend wichtiger.

In diesem Zusammenhang ist auch die Ruminale Stickstoffbilanz (RNB) von Bedeutung. Sie drückt aus, welchen Beitrag ein Futtermittel für den Stickstoffbedarf der Pansenmikroben leistet, und lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{RNB} = \text{XP (Rohprotein im Futter)} - \text{nXP (nutzbares Rohprotein)} / 6,25$$

Ein negativer Wert bedeutet einen Mangel an Proteinen (Stickstoff) im Pansen, ein positiver Wert dagegen einen Überschuss.

Es sollte also ein Wert möglichst nahe Null in der Rationsberechnung angestrebt werden.

Wiederkäuer sind in der Lage, Stickstoff in dem sogenannten „**rumenohepatischen Kreislauf**“ wiederzuverwerten. Im Stoffwechsel wird Stickstoff über die Leber wieder zurück in den Speichel und damit in den Pansen geführt. Dieser **Kreislauf kann bis zu 50 % des benötigten Stickstoffs liefern**. Ein Übermaß an Proteinen und damit an Stickstoff im Pansen bedeutet daher für Rinder immer eine erhöhte Belastung des Pansen- und Leberstoffwechsels.

Im Pansensaft wird ein Gehalt von 10–25 mg NH<sub>3</sub>/100 ml angestrebt. Werte von mehr als 40 mg NH<sub>3</sub>/100 ml Pansensaft können zu einer Pansenalkalose (pH-Wert > 7) führen. Dies hat eine Depression der Futteraufnahme und gestörtes Allgemeinbefinden zur Folge.

Der **Harnstoffgehalt in der Milch eignet sich hervorragend zur praktischen Beurteilung der Eiweißversorgung**. Es werden Werte von 180–250 ppm in der Milch angestrebt. Werte unter 180 ppm signalisieren einen Mangel an Protein; Werte > 250 ppm deuten auf einen Luxuskonsum an Protein hin.

# 3 Nährstoffbedarf laktierender Kühe

Die Sicherstellung der Energieversorgung von Milchkühen mit Energie und Nährstoffen ist Grundvoraussetzung für eine gute Gesundheit, Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit der Tiere.

Es ist daher von besonderer Wichtigkeit, die Bedarfswerte der Kühe zu kennen und die Rationsplanung und -zusammensetzung bestmöglich darauf auszurichten. Dabei sind zwei Punkte von besonderer Bedeutung:

1. Qualität und Energiegehalt der eingesetzten Futtermittel und
2. die tatsächliche Futterraufnahme der Tiere



Die wichtigsten Kennzahlen der Energie- und Proteinversorgung werden nachfolgend vorgestellt. Darüber hinaus ist auf eine ausreichende Versorgung der Tiere mit Mengen- und Spurenelementen sowie Vitaminen zu achten.

## 3.1 Energiebedarf

Die Nährstoffbewertung von Futtermitteln und die Bedarfsableitung für Milchkühe erfolgt nach dem **System der Nettoenergie-Laktation (NEL) mit der Maßeinheit Megajoule (MJ)**. Hinsichtlich des Energiebedarfs ist zwischen Erhaltungs- und Leistungsbedarf zu unterscheiden. Der **Erhaltungsbedarf** ist abhängig von der Lebendmasse der Tiere und beschreibt die Menge an Nährstoffen, die eine ausgewachsene, nicht laktierende und nicht trächtige Kuh zur Aufrechterhaltung der wesentlichen Stoffwechselvorgänge benötigt. Der zusätzliche **Leistungsbedarf** ergibt sich aus dem Nährstoffverbrauch für die Milchbildung, dem Energieansatz und dem Wachstum von Fötus und weiterem Gewebe im Verlaufe der Trächtigkeit.

Tabelle 1 zeigt den Erhaltungsbedarf von Milchkühen bei unterschiedlichen Lebendmassen.

**Tab. 1: Erhaltungsbedarf von Milchkühen bei unterschiedlichen Lebendmassen**

Lebendmasse (kg)	Erhaltungsbedarf (MJ NEL/Tag)
500	31,0
550	33,3
600	35,5
650	37,7
700	39,9
750	42,0
800	44,1

Quelle: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 2001

Für die Milchbildung sind, in Abhängigkeit vom Fettgehalt der Milch, die in Tabelle 2 aufgeführten Energiezuschläge zu berücksichtigen.

**Tab. 2: Energiebedarf pro kg Milch in Abhängigkeit vom Fettgehalt**

Fettgehalt der Milch (%)	Erhaltungsbedarf (MJ NEL/Tag)
3,0	2,9
3,5	3,1
4,0	3,3
4,5	3,5
5,0	3,6

Quelle: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 2001

Eine 650 kg schwere Kuh benötigt demnach bei einer Milchleistung von 35 kg Milch pro Tag bei einem Milchfettgehalt von 4,0 % eine tägliche Energiemenge von 153,2 MJ NEL.

### 3.2 Proteinbedarf

Als Anhaltspunkt für die Versorgung von Milchkühen mit nutzbarem Rohprotein können die Richtwerte in Tabelle 3 dienen:

**Tab. 3: Richtwerte für die Versorgung mit nutzbarem Rohprotein (nXP)**

Erhaltung	nXP
500 kg LM	390 g/d
550 kg LM	410 g/d
600 kg LM	430 g/d
650 kg LM	450 g/d
700 kg LM	470 g/d
750 kg LM	490 g/d
800 kg LM	510 g/d
Milchproduktion	
Milch mit 3,2 % Eiweiß	81 g/kg Milch
Milch mit 3,4 % Eiweiß	85 g/kg Milch
Milch mit 3,6 % Eiweiß	89 g/kg Milch

Quelle: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 2001

Eine 650 kg schwere Kuh mit einer Milchleistung von 35 kg Milch und einem Milcheiweißgehalt von 3,40 % hat beispielsweise einen Bedarf von 3.425 g nXP pro Tag.

### 3.3 Futteraufnahme

Die erforderliche Höhe der Futteraufnahme bei Milchkühen hängt von der Leistungshöhe und der Energiekonzentration in der Futterration ab.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die erforderliche Aufnahme an Trockenmasse zur Deckung des NEL-Bedarfs einer Milchkuh mit einer Lebendmasse von 650 kg bei unterschiedlicher Energiekonzentration im Futter in Abhängigkeit von der Milchleistung. **In der Praxis** können stark aufgewertete Rationen **Energiedichten von 7,0 bis maximal 7,3 MJ NEL/kg TM** aufweisen. Höhere Werte sind kaum realisierbar. Dies ist ein Grund, weshalb eine **hohe Gesamtfutteraufnahme** für das Erreichen hoher Leistungen so **enorm wichtig** ist.

**Tab. 4: Trockenmasseaufnahme einer Milchkuh mit einer Lebendmasse von 650 kg**

	MJ NEL/kg TM						
	5,2	5,6	6,0	6,4	6,8	7,2	7,6
10	13,6	12,6	11,8	11,0			
15		15,6	14,5	13,6	12,8		
20		18,6	17,3	16,2	15,2	14,7	
25			20,0	18,8	17,7	16,7	15,8
30			22,8	21,4	20,1	19,0	18,0
35				23,9	22,5	21,3	20,2
40				26,5	25,0	23,6	22,3
45					27,4	25,9	24,5
50					29,8	28,2	26,7

Quelle: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 2001

Im ersten Laktationsdrittel wird eine Energiedichte von mindestens 7,0 MJ NEL/kg TM angestrebt. Bei einer Energiedichte von 7,2 MJ NEL/kg TM und einer Futteraufnahme von 21,3 kg TM reicht die Energieversorgung für eine Milchleistung von 35 kg Milch pro Tag.

Um höhere Leistungen energetisch abzudecken, müsste eine Kuh höhere Futteraufnahmen realisieren bzw. Körperreserven mobilisieren.

Die **mittleren Futteraufnahmen von Herden in der Praxis liegen zwischen 21 und 25 kg TM pro Tier und Tag**. Höhere Futteraufnahmen sind im Durchschnitt der Herde selten und werden nur im Einzelfall von mehrlaktierenden Kühen mit hohem Lebendgewicht erreicht.

Vor allem Färsen realisieren im Durchschnitt deutlich schwächere Gesamtfutteraufnahmen als Mehrkalbskühe (-8 bis -10 %) und nehmen pro Besuch an der Krippe deutlich kleinere Mengen auf. So benötigten Färsen bei einem Versuch an der LVZ Futterkamp (2012) durchschnittlich knapp 7 Besuche am Futtertisch pro Tag bei einer durchschnittlichen Futteraufnahme von 18,9 kg TM, während Mehrkalbstiere 21,4 kg TM im Durchschnitt bei 6,5 Besuchen an der Krippe realisierten. Physiologisch ist die **Futteraufnahme in den ersten 4–6 Wochen nach der Abkalbung generell etwa 20–25 % niedriger**. Das sollte bei der Rationsplanung immer berücksichtigt werden.

### 3.4 Controlling der Futteraufnahme

#### 3.4.1 Bestimmung des TM-Gehaltes

Die Kontrolle der täglich aufgenommenen Futtermenge der Tiere ist neben der Rationsberechnung **eine der wichtigsten Aufgaben eines Milchviehhalters**.

Die Frischmasseaufnahmen können bei heutigem Stand der Fütterungstechnik relativ einfach und schnell ermittelt werden. Witterungseinflüsse und Qualitätsschwankungen im Silo können aber zu veränderten Trockenmassegehalten führen, sodass eine **regelmäßige Ermittlung** erforderlich ist. Ziel sollte daher sein, **mindestens einmal wöchentlich** den TM-Gehalt der Ration zu ermitteln. Hierfür eignen sich auf dem Betrieb z. B. eine herkömmliche Mikrowelle oder ein Obst-Dörrautomat. Anhand der aufgenommenen Futtermengen lassen sich Aussagen zur Versorgung der Tiere treffen und bei Bedarf können Rationen zeitnah angepasst werden.

### 3.4.2 Körperkonditionsbeurteilung (Body Conditioning Score; BCS)

Die Kontrolle der Körperkonditionen sowie der Pansenfüllung einzelner Tiere und Tiergruppen dient zur Beurteilung der Versorgung und der Futteraufnahme in der Herde.

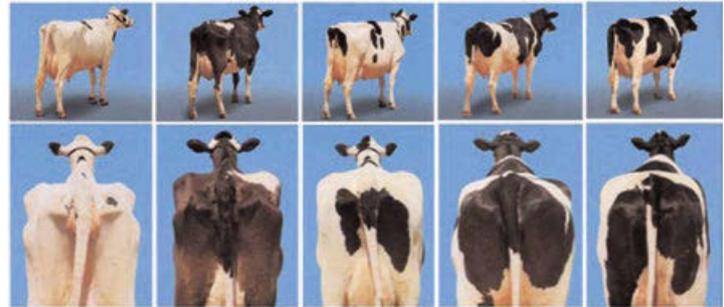
Dieses System wurde ursprünglich in Nordamerika entwickelt und hat sich als **gutes und praktikables System für die Einstufung der Kühe in Konditionsnoten** bewährt.

Die Beurteilung der Körperkondition und damit des Fleisch- und Fettanteils erfolgt hierbei anhand definierter Punkte am Körper einer Kuh. Die **Konditionsnoten** liegen in einem Bereich **von Note 1 (stark abgemagert) bis Note 5 (stark verfettet)**.

Die **Beurteilung der Tiere wird von hinten vorgenommen** und es werden die Bereiche der hinteren

Wirbelsäule mit Querfortsätzen (Lendenwirbelsäule), der Beckenbereich und der Schwanzansatz bei der Benotung berücksichtigt.

**Abb. 5: Body Condition Score – BCS-Noten von links 1 (abgemagert) bis rechts 5 (stark verfettet)**

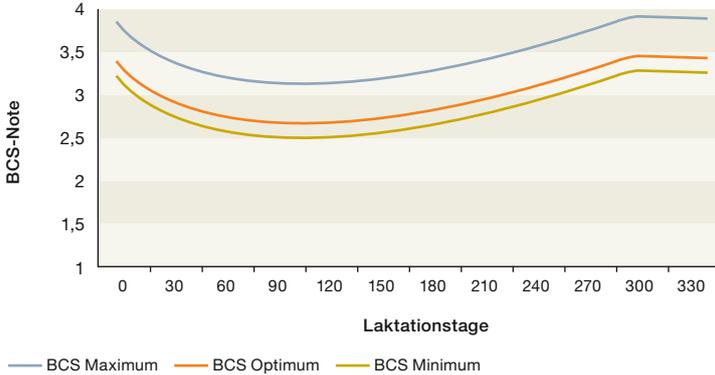


Quelle: Gebruikersgroep Gezondheidsplanner (1999), Fotos: Elanco Animal Health

Dabei sind **Rasseunterschiede zu berücksichtigen**. Doppelnutzungsrassen wie z. B. das Fleckvieh liegt in den Konditionsnoten 0,25 bis 0,5 Notenpunkte über der Rasse Deutsche Holstein.

Die Konditionsnote liefert zusammen mit den Daten der monatlichen Milchkontrolle **gute Anhaltspunkte für den aktuellen Fütterungs- und Gesundheitszustand von Einzeltieren** und gibt einen **Überblick über den Versorgungszustand der gesamten Herde**. In der Abbildung 6 ist ein optimaler Verlauf einer BCS-Kurve im Laufe einer Laktation dargestellt.

**Abb. 6: Optimaler Verlauf des Body Condition Score während der Laktation**



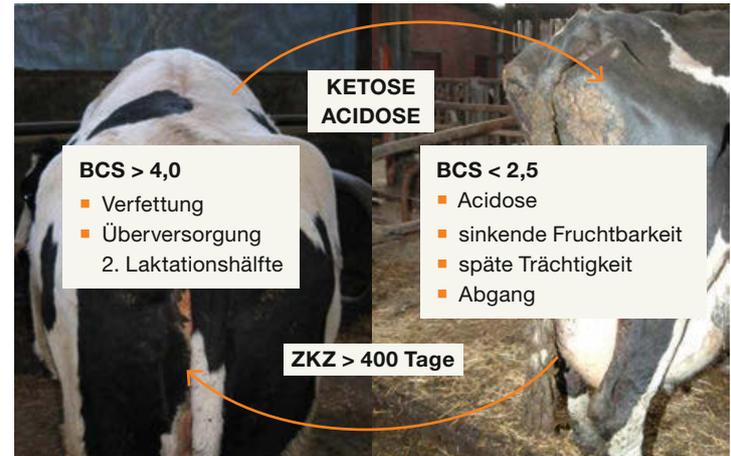
Quelle: eigene Darstellung

Zum Zeitpunkt der Abkalbung sollten die Tiere idealerweise eine Note von 3,5 aufweisen. In dieser Kondition hat die Kuh die nötigen Körperreserven, die sie für hohe Leistungen im ersten Laktationsdrittel benötigt. Gesunde Kühe verlieren im ersten Laktationsdrittel nicht mehr als 0,75 bis max. 1 Konditionsnote. **Stärkere Konditionsverluste sind meistens ein Anzeichen für die Stoffwechselerkrankung Ketose.**

BCS-Noten unter 2,5 in der Hochleistungsphase gelten bereits als kritisch (zu mager). Im letzten Drittel ist dann wieder ein Auffleischen auf Note 3 – max. 3,75 anzustreben. Ein zu starkes Auffleischen (Verfetten) durch unangepasste Fütterung oder verlängerte Zwischenkalbezeiten ist

nicht erwünscht, da die betroffenen Tiere sehr anfällig für Stoffwechselerkrankungen (Ketose, Milchfieber, Acidose) und Schweregeburten sind. Dabei kann ein Teufelskreis entstehen, der in Abbildung 7 dargestellt ist und nur schwer zu durchbrechen ist.

**Abb. 7: Zusammenhänge von Stoffwechselstörungen**



(Quelle: C. Verhülsdonk; LWK NRW)

### 3.4.3 Beurteilung der Pansenfüllung

Die Füllung des Pansens ist beim Rind an der sogenannten „Hungergrube“ zu erkennen, die sich auf der **linken Körperseite unterhalb der Querfortsätze** befindet. Das Benotungsspektrum reicht von Note 1 (stark eingefallen) bis Note 5 (prall gefüllt).

**Abb. 8: Beurteilung der Pansenfüllung: Noten von 1 (leerer Pansen) bis 5 (prall gefüllter Pansen)**



Quelle Bilder: „Kusignale“, Jan Hulsen

Die optischen Merkmale der Noten lassen sich wie folgt beschreiben:

Pansennote 1:

**Sehr tief eingefallene Hungergrube;** Hungergrube erscheint rechteckig. Die Haut unterhalb des Hüfthöckers verläuft senkrecht nach unten und liegt unter den Querfortsätzen an. Die Hungergrube ist hinter dem Rippenbogen mehr als eine Handbreit tief. Deutliches Anzeichen dafür, dass das Tier lange nichts gefressen hat. Gesundheitszustand kontrollieren!

Pansennote 2:

**Tief eingefallene Hungergrube;** Futteraufnahme ungenügend; Hungergrube erscheint als Dreieck

(„Warndreieck“) und ist hinter dem Rippenbogen eine Handbreit eingefallen. Haut liegt unter den Querfortsätzen an. Oftmals bei Tieren zu sehen, die kurz vor der Abkalbung sind; bei laktierenden Tieren Anzeichen für mangelnde Futteraufnahme.

Pansennote 3:

**Hungergrube nur noch leicht hinter dem Rippenbogen sichtbar.** Die Haut über den Querfortsätzen verläuft eine Handbreit senkrecht und wölbt sich dann nach außen. Angestrebte Pansennote für laktierende Kühe in der ersten Hälfte der Laktation mit angestrebter guter Futteraufnahme und passender Passagerate des Futters im Verdauungstrakt.

Pansennote 4:

Es ist **keine Hungergrube sichtbar.** Die Haut über den Querfortsätzen wölbt sich direkt nach außen. Ideale Pansennote für altmelkende Kühe und Trockensteher.

Pansennote 5:

**Keine Hungergrube und keine Querfortsätze sichtbar;** die Bauchhaut ist rund gespannt und der Rippenbogen geht nahtlos in die Flanke über. So sollte die Pansennote bei trockenstehenden Kühen aussehen. Zeichen für gute Futteraufnahme.

### 3.4.4 Beurteilung des Kotes

Im Rahmen der Rationskontrolle spielt neben den bereits genannten Punkten die Kotbeurteilung eine wichtige Rolle. Es werden sowohl Kotkonsistenz als auch Geruch, Farbe, Faserigkeit und unverdaute Futterbestandteile bewertet.

#### Kotkonsistenz

##### Die **Konsistenz** und die **Faserigkeit des Kotes geben Aufschluss über die Fermentations- und Verdauungsvorgänge in der Kuh.**

Kühe produzieren unter normalen Bedingungen in Abhängigkeit vom Laktationsstand täglich 20 bis 60 kg Rinderdung auf 10–20 Absetzungen verteilt.

Stärkereiche und strukturarme Fütterung (z. B. viel Getreide, hoher Silomaisanteil) in Kombination mit wenig Struktur führt zu dünnem Kot, da die Passagerate durch fehlende Struktur beschleunigt wird und dadurch viel unverdaute Stärke in den Dünndarm gelangt.

Gärungsvorgänge im Dünndarm führen zu erhöhten Wassergehalten und dies führt zu dünnflüssigem Kot. Ein Überschuss an Proteinen im Futter kann ebenfalls dünnen Kot hervorrufen, wenn zu viel unverdautes Protein in den Darm gelangt, das dort in großem Umfang nicht mehr verdaut werden kann und zu Gärungen führt.

Für festen Kot gibt es eine Reihe von möglichen Ursachen. Neben Proteinmangel in Kombination mit Energiemangel kann auch ein hoher Anteil an schwer verdaulichen organischen Substanzen im Darm zu festem Kot führen. Eine weitere wichtige Ursache ist Wassermangel. Die Wasserversorgung sollte daher regelmäßig überprüft werden.

Das Verhältnis zwischen Energie, Protein und Struktur in der Ration muss passen, um eine dem Laktationsstand entsprechend optimale Verdauung zu gewährleisten, die man anhand der folgenden Kotbeschaffenheiten erkennen kann!

**Tabelle 5: Bewertungsschema von Rinderkot**

Note	Charakterisierung
1	<ul style="list-style-type: none"><li>sehr flüssig</li><li>„Erbsensuppenkonsistenz“</li><li>keine Ringe oder Grübchen</li><li>Kotpfüßen</li><li>nicht anzustreben!</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>macht keine Haufen, verläuft</li><li>weniger als 2,5 cm hoch</li><li>macht Ringe</li><li>„normale“ Konsistenz bei jungem Weidegras</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>„Haferbreikonsistenz“</li><li>steht bei etwa 4 cm Höhe</li><li>4–6 konzentrische Ringe/Grübchen</li><li>anzustrebende Note für laktierende Kühe</li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>Kot ist dick</li><li>klebt nicht an den Klauen</li><li>bildet keine Ringe/Grübchen</li><li>angestrebte Note für Trockensteher</li></ul>
5	<ul style="list-style-type: none"><li> feste Kotballen</li><li>Stapel von 5–10 cm Höhe</li><li>nicht anzustreben</li></ul>

Quelle: Futterwerttabelle Rinderfütterung; LK NRW

## Unverdaute Futterbestandteile

Nicht nur die Konsistenz, sondern auch unverdaute Futterpartikel geben Rückschlüsse auf die Verdauung vor allem im Pansen.

Bei hohen Anteilen an unverdauten Körnern im Kot (z. B. Getreide, Mais) gibt es folgende mögliche Ursachen:



Optimaler Kot laktierende Kuh (Note 3)

- Maissilage und -srot sowie Quetschgetreide sollten kontrolliert werden. Die Körner in der Maissilage sollten nicht nur angeschlagen, sondern zerteilt sein.
- **Zu wenig schnell verfügbare Kohlenhydrate** im Pansen, z. B. bei Verfütterung von frischer Maissilage mit einem hohen Anteil an beständiger Stärke, führt zu Energiemangel der Pansenmikroorganismen und schlechterer Verdauungsarbeit.
- **Eine zu schnelle Passagerate**, die durch Verfütterung von viel leicht löslichen Kohlenhydraten in der Ration (viel Getreide, viel stärkehaltiger, durchsilierter Silomais) oder bei Weidegang (viel schnell verdauliches Protein) entsteht.
- **Stickstoff-/Eiweißmangel** im Pansen führt zu herabgesetzter Verdauung.

Wenn zu wenig Energie bzw. Protein im Pansen zur Verfügung steht, dann kommt es bei der Verdauung und Synthese der Mikroorganismen zu Engpässen und die Verdauungsarbeit läuft nicht optimal. Bei einer zu schnellen Passagerate bleibt nicht genug Zeit für die Verdauung im Pansen und lange Fasern gelangen in den Darm.

Um unverdaute Bestandteile oder lange Fasern im Kot bewerten zu können, empfiehlt sich das Aussieben des Kotes nach folgendem Schema:

### Kot sieben

Eine Hand voll Kot (ca. 100 ml) in ein Küchensieb geben (Maschengröße 1,5 mm) und mit viel Wasser durchspülen, bis nur noch unverdautes gröberes Material im Sieb ist. Anschließend ganze Maiskörner und Kornbruchstücke vom Mais ausmachen und prüfen, ob in den Bruchstücken noch Stärke vorhanden ist oder ob es sich nur um die Kornhülle handelt. Anschließend die Faserbestandteile im Sieb prüfen. Bei guter Verdauung sollten alle Bestandteile < 0,5 cm lang sein.

Eine Beurteilung des Kotes sollte bei ca. 5 % der Herde vorgenommen werden.

Bei einer Haltung in Leistungsgruppen ist es sinnvoll, den Kot jeweils von einer Gruppe zu beurteilen, wenn unterschiedliche Rationen verfüttert werden.

### Bewertung von Verlusten über den Kot

Eine Hand voll Kot = 100 ml entspricht bei einer täglichen Kotmenge von 40–50 kg pro Kuh ca. 1/400. des Gesamtkotes.

Bei 1 Korn auf 100 ml entspricht dies 400 Körnern pro Tag, die unverdaut ausgeschieden werden. Ein einzelnes Maiskorn in der Silage wiegt ca. 0,3 g, sodass bei einer Ausscheidung von 400 Körnern pro Tag ein Stärkeverlust von 120 g kalkuliert werden kann.

**Tabelle 6: Stärkeverlust pro Kuh und Tag bei unterschiedlichen Mengen an unverdaut ausgeschiedenen Maiskörnern**

Unverdaute Körner im Kot (pro 100 ml)	Stärkeverlust pro Tag
1	120 g
2	360 g
3	600 g
4	840 g
5	1.080 g

Quelle: eigene Berechnung

## 4 Grundlagen der Milchviehfütterung mit Mais

### 4.1 Silomais in der Rinderfütterung

Im Vergleich zu Grünfuttersilagen zeichnet sich Silomais in der Milchviehfütterung durch folgende Vorteile aus:

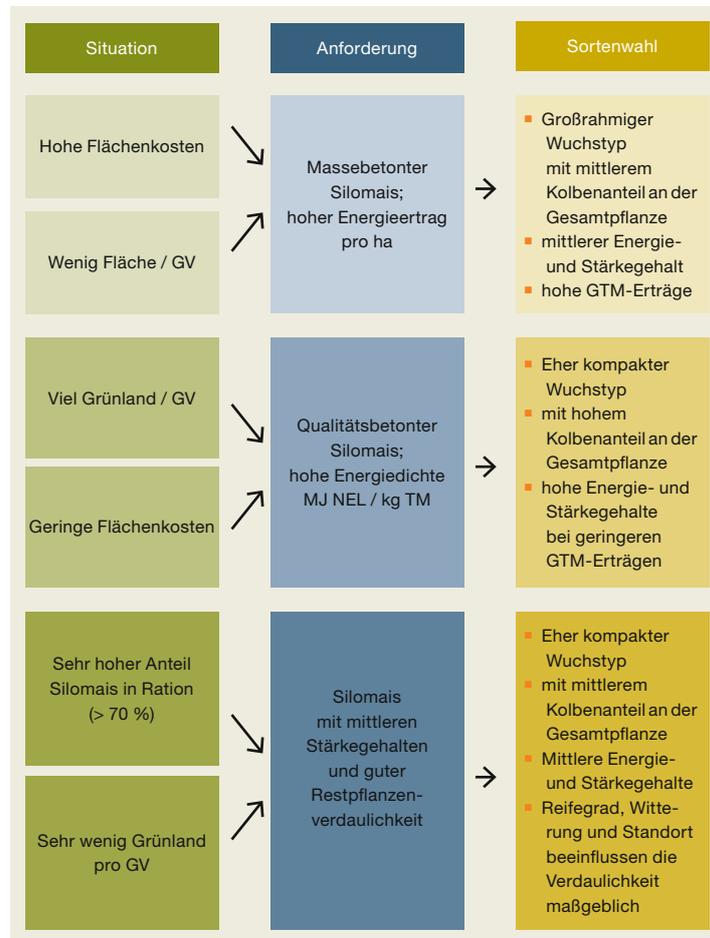
- sehr gute Geschmackhaftigkeit
- homogene Qualität im Silostock
- hohe Energiekonzentrationen (ca. 6,5 bis über 7,0 MJ NEL/kg TM)
- biologisch hochwertige Maisstärke mit mittlerer Abbaugeschwindigkeit im Pansen
- gleichzeitig gute Strukturwirksamkeit der Rohfaser
- sehr gute Silierbarkeit
- ökonomische Produktionsvorteile

Das wichtigste Ziel im landwirtschaftlichen Betrieb ist die **Erzeugung von gutem und möglichst günstigem betriebseigenem Grundfutter**. In einem durchschnittlichen deutschen Milchviehbetrieb entfallen oft mehr als **30 % der Gesamtproduktionskosten** auf das **Grundfutter**. Sie bilden den größten Kostenblock und damit den größten Hebel für eine Optimierung im Betrieb. Besonders bei hohen Milchleistungen kommen die **Vorteile von Silomais** zum Tragen und ermöglichen durch höhere Energiedichte und gute Geschmackhaftigkeit eine **verbesserte Grobfutterleistung bei gleichzeitig sinkenden Produktionskosten**.

Die gezielte Sortenwahl ist abhängig von betrieblichen Gegebenheiten (Flächenausstattung, Flächenkosten, Rationszusammensetzung). Eine Orientierungshilfe für die Maissortenwahl in einem Milchviehbetrieb gibt die Abbildung 9.

Demnach sind **bei hohen Flächenkosten** und insgesamt wenig Fläche pro Großvieheinheit eher **massebetonte Sorten mit hohem Energieertrag pro ha** zu wählen, um auf der knappen Fläche möglichst hohe Erträge zu generieren. Im Falle von **geringeren Flächenkosten** und guter Grünlandausstattung fehlt Energie in Form von Stärke in der Ration. **Qualitätsbetonte Silomaisorten mit einer höheren Energiedichte** sind in dieser Situation die Empfehlung. Übersteigt der Anteil an Silomais in der Ration einen Anteil von etwa 70 % am Grobfutter, gewinnt das Merkmal Verdaulichkeit einer Sorte an Bedeutung. Die Verdaulichkeit von Silomais ist von vielen Faktoren abhängig. Die Einflüsse sowie die Unterschiede in den Verdaulichkeiten von Maissorten werden im Kapitel 4.1.6 Abreife und Verdaulichkeit näher erklärt.

**Abb. 9: Kriterien für die Sortenwahl in einem Milchviehbetrieb**



## 4.1.1 Der Strukturwert von Silomais

Die **Versorgung mit Rohfaser** bzw. strukturierter Rohfaser ist **eines der wichtigsten Kriterien in der Rinderfütterung**, um eine gesunde Pansenfunktionalität zu erreichen. Der Rohfaseranteil in einer Milchviehration soll idealerweise bei ca. 18 % liegen und auch bei Hochleistungstieren auf keinen Fall unter 15 % sinken (Acidosegefahr!). Es gibt in Deutschland zwei Systeme für die Bewertung der Futterstruktur:

**1. Strukturwirksame Rohfaser** (nach Piatkowski und Hoffmann): Die strukturwirksame Rohfaser eines Futtermittels leitet sich aus dem Rohfasergehalt multipliziert mit einem Strukturwirksamkeitsfaktor ab, der im Bereich 0 (Krafftutter) bis 1,5 (Stroh) liegt. Der Bedarf für Milchkühe an strukturierter Rohfaser liegt bei 400 g pro 100 kg Körpergewicht aus Grobfutter pro Tier und Tag.

**2. Strukturwert** (nach dem System von de Brabander): Der Strukturwert eines Futtermittels beschreibt dessen Wirkung auf die Pansenphysiologie und -verdauung. Der Strukturwert wurde anhand der Ergebnisse von vielen Fütterungsversuchen mit Milchkühen abgeleitet. Jedes Futtermittel wurde nach diesem System mit einem bestimmten Strukturwert belegt. Die Spanne reicht von -0,16 bei Weizen bis 4,3 Einheiten/kg TM bei Stroh. Der Strukturwert der Maissilage wird anhand dieser Formel ermittelt:

$$\text{Maissilage SW (je kg T)} \\ = (0,009 \times \text{Rohfaser [g/kg]}) - 0,1$$

Der **Strukturwert von Maissilage** liegt je nach Qualität der Maissilage und abhängig von der Häcksellänge **zwischen 1,5 und 2,6**. In einer **Milchviehration** sollte der **Strukturwert laut Bedarfsempfehlungen für Milchkühe** einen **Wert von 1,2 nicht unterschreiten**.

Werden Häcksellängen von > 15 mm bei der Maissilage erreicht, kann auch ein geringerer Strukturwert in der Ration akzeptiert werden. In der **Bullenmast** gilt ein **Strukturwert von 0,6** in der Ration als Orientierungswert (De Campere et al. 2004). Neben dem Strukturwert sollten immer auch Kotkonsistenz und Wiederkauverhalten der Tiere beurteilt werden.

Zu den **strukturwirksamen Bestandteilen von Silomais** zählen **Zellulose, Hemicellulose und Lignin** (siehe Abb. 4 Analytische Bestandteile einer Pflanze in Kapitel 2.2.1 Verdauung der Kohlenhydrate im Pansen). Diese Substanzen sind überwiegend in der Blatt- und Stängelmasse zu finden. Je nach Sortentyp ist das Verhältnis zwischen Kolben und Restpflanze unterschiedlich ausgeprägt und somit wird der Strukturwert der Maissilage von der angebauten Sorte beeinflusst. Einen deutlich größeren **Einfluss auf die Strukturwirksamkeit** haben jedoch die **Häcksellänge** (Maishäcksler) und die Abreife sowie die **Schnitthöhe** (z. B. Hochschnitt) während der Ernte.

Die Tabelle 7 zeigt den Einfluss von Rohfasergehalt und Häcksellänge auf den Strukturwert von Maissilage.

**Tabelle 7: Strukturwert von Maissilage in Abhängigkeit von Rohfasergehalt (XF) und Häcksellänge**

Qualität	gut	mittel	schlecht
Rohfaser in g/kg TM	185	210	235
Theoretische Häcksellänge	Strukturwert (SW)		
6 mm	1,57	1,79	2,02
13 mm	1,78	2,04	2,30
20 mm	2,0	2,29	2,58

Quelle: DLG Information 2/2001

Besonders in der Fütterung hochleistender Kühe ist das Gleichgewicht zwischen Energie- und Strukturversorgung zur Erhaltung von Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit ein entscheidendes Kriterium.

Die **strukturwirksame Rohfaser bildet die Fasermatte im Pansen** und löst auf physikalischem Wege die gesamte **Pansenmotorik** aus, das heißt Durchmischung sowie Kau- und Wiederkautätigkeit. Dies fördert über einen ausreichenden **Speichelfluss** den Eintrag von Puffersubstanzen (Natriumbicarbonat) und sichert einen stabilen pH-Wert im Pansen.

In Tabelle 8 ist der Rohfasergehalt verschiedener Futtermittel im Vergleich zur strukturwirksamen Rohfaser und zum Strukturwert dargestellt.

**Tabelle 8: Vergleich der Strukturbewertung nach Piatkowski und Hoffmann mit De Brabander et al. 1999**

Futtermittel	Rohfaser g/kg	Strukturwirksame	Strukturwert/kg
	TM	XF in g/kg TM	TM
Stroh	430	645	4,3
Heu	280	280	3,5
Grassilage	250	225	2,93
Maissilage	200	200	1,7*
Weidegras	200	140	1,6
Biertrebersilage	190	(76)	1,0
Kartoffeln	28	-	0,7
Körnermais	26	0	0,22
Weizen	29	0	-0,15

\* bei 6 mm Häcksellänge

Ein weiteres System, das sich in Deutschland zur Bewertung von Kohlenhydraten und Struktur im Futter etabliert, ist das System der Detergenzienfasern ND-Fom, ADFom und NFC, das beispielsweise in den USA standardmäßig angewendet wird. Voraussetzung für die Anwendung dieses Systems sind die Kenntnis der NDFom-, ADFom- und NFC-Gehalte der eingesetzten Futtermittel sowie die an deutsche Fütterungsverhältnisse angepassten Empfehlungen. Weltweit liegen sehr unterschiedliche Bedarfswerte für die Versorgung mit ADFom, NDFom und NFC vor.

Die amerikanische Fachgesellschaft (NRC) hat Bedarfsempfehlungen für Total-Misch-Rationen bei ausreichender Partikellänge und hohen Anteilen an Maisstärke in der Ration abgeleitet. Diese Bedarfswerte sind in Tabelle 9 aufgeführt.

**Tabelle 9: Empfohlene Mindestversorgung an strukturierten Kohlenhydraten in einer TMR bei ausreichender Partikellänge und hohen Anteilen an Maisstärke; Angaben in % der Trockenmasse**

NDF <sub>G</sub> (aus Grobfutter)	NDFom min	ADFom min.	NFC max.
19	25	17	44
18	27	18	42
17	29	19	40
16	31	20	38
15	33	21	36

Quelle: NRC 2001

In Deutschland werden die in Tabelle 10 beschriebenen Bedarfszahlen für die Planung einer TMR auf Basis von NDFom, ADFom und NFC empfohlen:

**Tabelle 10: Zielgrößen für die Planung von TMR unter Berücksichtigung von NDFom, ADFom und NFC**

Phase	Vorbereitung 15 Tage vor Kalbung									
	Trocken- steher <sup>1</sup>		früh		mittel		spät			
kg ECM/Tag			40–45		30–35		20–25			
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.		
TM g/kg	300		350		450		400	550	400	600
NDF <sub>G</sub> <sup>2</sup> g/kg TM	350		250		180		240		300	
NDFom g/kg TM	400		350		280	320		380		440
ADFom g/kg TM	300		220		180		200		230	340
NFC g/kg TM		250	300	350	350	420 <sup>3</sup>		380		6,7
NEL MJ/kg TM	5,1	5,5	6,5	6,7	7,1	7,3	6,9	7,0	6,6	
nXP g/kg TM	100	125	140	150	170		160		145	

<sup>1</sup> Vorgaben für Trockensteher zur Sättigung und Anfütterung

<sup>2</sup> NDF<sub>G</sub> = NDFom aus Grobfutter

<sup>3</sup> Bei hohen Anteilen an beständiger Stärke (bXS)

Quelle: Futterwerttabelle Rinderfütterung Landwirtschaftskammer NRW

## 4.1.2 Pansenacidose

Die vorab ausführlich beschriebenen **Faserfraktionen sind für die Ernährung und die Gesunderhaltung von Wiederkäuern von essenzieller Bedeutung.**

Die Pansenacidose ist in der heutigen Milchviehfütterung eine weitverbreitete Stoffwechselerkrankung („Zivilisationskrankheit der Milchkuh“), die sich aus dem hohen Anspruch an die Energiedichte im Futter zur Erzielung hoher Leistungen und gleichzeitig ausreichende Strukturversorgung zur Gewährleistung des Wiederkauens ergibt.

Ein **Mangel an Strukturkohlenhydraten** bzw. grob strukturierten Futterpartikeln in der Ration **führt zu einer mangelnden Schichtung im Pansen** und somit zu gestörtem und vermindertem Wiederkauen, da grobe Partikel für das Auslösen der Pansenkontraktionen, den sogenannten Wiederkaureflex, verantwortlich sind. Die Folge ist ein Abfall des physiologischen Pansen-pH-Wertes von 6,5 bis 7,0 auf  $\text{pH} < 6,0$ . Ein Übermaß an schnell verfügbarer Stärke im Pansen führt durch Freiwerden von Propionsäure ebenfalls zu einer raschen pH-Wert-Absenkung. Die Folge ist ein massives Absterben von säureempfindlichen Mikroorganismen im Pansen, das wiederum zur Freisetzung von Endotoxinen führt. Kommt es durch Fütterungsfehler zu pH-Wert-Absenkungen im Pansen  $< 5,5$ , entsteht bei der Verstoffwechslung von Zucker zusätzlich noch **Milchsäure** (Laktat). Sie ist eine extrem starke Säure, die die Krankheitsanzeichen noch deutlich verschlimmert. Man spricht hierbei von einer Lactatacidose.

Die **Mikroflora des Pansens wird im sauren Milieu zerstört** und eine physiologische Verdauung ist kaum mehr möglich. Die Tiere sind bei einer akuten Form der Acidose sichtbar krank und zeigen ein **stark gestörtes Allgemeinbefinden** (Schaumbildung am Maul, fehlendes Wiederkauen, vermehrtes Liegen, Bauchschmerzen). In vielen Fällen leiden Kühe jedoch an einer subklinischen Form der Acidose, die zunächst oft unerkannt bleibt, da keine eindeutigen Krankheitssymptome erkennbar sind. Es kommt hierbei jedoch genauso wie bei der akuten Form zu pH-Wert-Abfällen im Pansen und Gesundheitsstörungen.

Länger anhaltende pH-Werte von  $< 5,5$  führen über eine metabolische Acidose (Übersäuerung des Blutes) in kürzester Zeit zum Tod des Tieres.

**Tabelle 11: pH-Werte bei gesundem Pansen im Vergleich zu Acidose**

	pH-Wert-Bereich
Gesunder Pansen	6,2–7,0
Subakute / Latente Pansenacidose	5,5–6,1
Akute Acidose	$< 5,5$

Quelle: Prof. Klaus Doll; Universität Gießen

Durch **Absterben von Mikroorganismen im sauren Pansenmilieu** werden **Endotoxine freigesetzt**, die zu schwerwiegenden **Gesundheitsstörungen und Folgeerkrankungen** führen. Hier sind zu nennen:

- Labmagenverlagerung
- Ketose
- Fruchtbarkeitsstörungen
- Klauenrehe
- Pansen- und Leberabszesse / Leberschäden
- Mastitis
- Immunsuppressionen

Die Konsequenz sind letztendlich erhöhte Abgangsraten in der Herde und hohe Kosten für Remontierung. Risikotiere sind frisch abgekalbte und hochleistende Kühe. Sie erreichen noch nicht die maximale Futteraufnahme.

Eine zu geringe Aufnahme an Futter in den ersten Tagen der Laktation kann bereits zu Strukturversorgungsproblemen führen. Hochleistende Tiere, die mit Kraftfutter über Transponderstationen versorgt werden, benötigen besonders viel Aufmerksamkeit. Je nach Futteraufnahme an der Krippe (Pansenfüllung beurteilen!) sollte die **Kraftfuttermenge pro Abruf an der Station 1,5 bis 2,0 kg nicht überschreiten**, da sonst die Pansen-pH-Werte schon zu stark schwanken können. Die maximale Kraftfuttermenge sollte frühestens 30 Tage nach der Abkalbung angeboten werden. Zusammensetzung, Mischung und Vorlage der Ration an der Krippe sind zur Vorbeugung von Acidosen ebenfalls sehr wichtig. Diese Punkte werden im Kapitel 4.1.3 Strukturversorgung sichern mittels Futtercontrolling beschrieben.

In Tabelle 12 sind zu überprüfende Parameter dargestellt, an denen eine Pansenacidose zu erkennen ist, sowie einzuhaltende Zielwerte zur Vermeidung.

**Tabelle 12: Parameter zur Überprüfung von Acidose und einzuhaltende Zielwerte**

Zu überprüfende Parameter	Zielwert	Gefahr von Acidose
Wiederkauschläge pro Bissen zählen (2–3 Wiederholungen pro Kuh)	55–60 Wiederkauschläge pro Bissen bei laktierenden Tieren	< 50 Kauschläge pro Bissen; starke Schaumbildung beim Wiederkauen; < 60 % der Tiere in der Herde kauen wieder
Pansenfüllung kontrollieren	Pansennote 3 bei laktierenden Kühen anstreben	Bei Pansennoten 1 und 2; hier ist das sogenannte „Warndreieck“ ausgebildet (siehe Pansenfüllung)
Kotkonsistenz und Kotfaserigkeit	Je nach Fütterung Kot-Note 2 bis 3 anzustreben	Dünnere, durchfallartige Kot (Kot-Note 1)
Körperkondition (Body Condition Score) Fellzustand	Abhängig von Leistung und Gesamtkonstitution BSC-Noten von 2,5–3,25 bei laktierenden Kühen	Schwacher BCS (< 2,5) und stumpfes, struppiges Fell
Milchinhaltstoffe am Tank und Einzeltier	Abhängig vom Leistungsniveau; Fettgehalt stabil und abhängig vom Leistungsniveau mindestens im Bereich 3,6 bis 4,0	Fett: Eiweißverhältnis < 1:1 niedrige Fettgehalte in der Milch (< 3,6 %); stark abfallende Fettgehalte Einzeltiere und Tankmilch kontrollieren
Klauengesundheit / Lahme Tiere	So wenig lahme Tiere wie möglich!	Plötzliches Auftreten starker Lahmheit; weiches Horn; Einblutungen in der Sohle (Anzeichen von Klauenrehe); doppelte Sohle
pH-Wert-Messung im Urin / im Pansen	Urin: pH > 8,0 Pansen: pH > 6,0	Bei Unterschreitung der genannten Zielwerte im Urin oder im Pansen

Quelle: eigene Darstellung

### 4.1.3 Strukturversorgung sichern mittels Futtercontrolling

Neben einer angepassten Rationszusammenstellung und -kalkulation ist vor allem das Management im Stall und am Futtertrog in Bezug auf die Pansen-gesundheit von größter Bedeutung. Eine **Futterbe-rechnung** dient als guter **Orientierungsrahmen**. Entscheidend sind aber das Fütterungscontrolling in der Praxis und die Kontrolle am Tier.



Damit der Pansen physiologisch und möglichst ohne pH-Wert-Schwankungen funktioniert, sind eine **homogene gemischte Ration und eine gleichmäßige Futtervorlage** über den ganzen Tag (regelmäßig Futter heranschieben) eine wichtige Grundvoraussetzung. Die Ration an der Krippe soll einen Trockenmassegehalt von mindestens 35 % bis maximal 45 % aufweisen, da in diesem Bereich die höchsten Futteraufnahmen erzielt werden. Zu **nasse Rationen** (< 35 %) zeigen zum einen eine

**verminderte Strukturwirkung** (Aufweichen der Struktur) und zum anderen nehmen die Tiere mit der Ration viel sättigendes Wasser auf. **Trockene Rationen** (> 45 % TM) neigen zum Entmischen, d. h. trockene Futtermittel (z. B. Kraftfutter) rieseln am Trog nach unten und die **Tiere fressen selektiv**. Sowohl zu feuchte als auch zu trockene Rationen führen daher zu pH-Wert-Schwankungen im Pansen und erhöhen die Gefahr einer Acidose. Erkennbar ist selektives Fressen daran, dass die Tiere das Futter am Trog viel hin und her schieben oder Futterlöcher in der vorgelegten Ration zu finden sind.

Zu **langes bzw. aggressives Mischen** im Futtermischwagen wirkt sich ebenfalls negativ auf die Futterstruktur aus und es besteht die Gefahr des „Vermusens“. Die **Struktur wird zerstört**. Die **Reihenfolge der Mischwagenbeladung und die Mischzeit** müssen auf die eingesetzten Futtermittel und die Mischwagentechnik abgestimmt werden. Bei den weitverbreiteten Futtermischwagen mit Vertikalschnecke empfiehlt sich folgende **Befüllrei-henfolge**:

- Stroh, Heu oder Luzerne
- Konzentrate und Mineralstoffe
- Grassilage
- Maissilage
- Saffuttermittel wie Pressschnitzel oder Biertreber

Zu voll beladene Futtermischwagen, abgenutzte Schnecken und stumpfe Messer und Gegenschnitten können ebenfalls ein Vermusen der Ration bewirken.

Die sensorisch „ideale“ Ration am Trog sollte nach dem Zusammendrücken in der Hand wieder aufquellen und in der Hand „pieksen“. Dieser Test dient zur **Überprüfung der Strukturwirksamkeit** im Pansen. Die Kontrolle der täglich aufgenommenen Futtermenge liefert wichtige Hinweise zur energetischen Versorgung und zur Akzeptanz des Futters. Es sollte mindestens einmal, besser zweimal täglich frisch gefüttert werden und der Futtertisch sollte vor dem Füttern ordentlich gereinigt werden.

#### Die Schüttelbox:

Ein gut geeignetes Hilfsmittel zur Bestimmung und Einschätzung der Futterstruktur in einer Ration ist eine Futterschüttelbox. Es können sowohl Partikelgrößen bestimmt werden als auch Mischgenauigkeiten an verschiedenen Stellen am Trog überprüft werden. Außerdem können frisch gemischte Rationen in ihrer Zusammensetzung mit Futterresten verglichen werden, um Futterselektion zu überprüfen.



Die Schüttelbox besteht aus einem dreiteiligen Siebkastensystem, das das gesiebte Futter durch die verschiedenen Sieblochgrößen in drei Fraktionen teilt. In Tabelle 13 sind die Partikelgrößen der drei Siebe mit den jeweils gewünschten Anteilen in der Ration dargestellt.

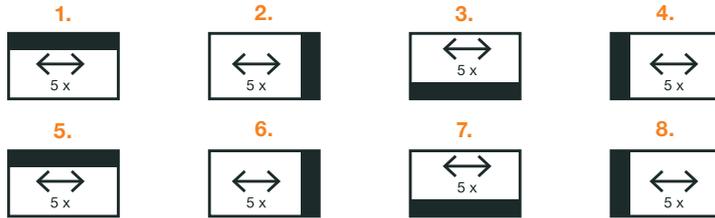
**Tabelle 13: Empfohlene Gewichtsanteile in der Schüttelbox bei Verfütterung einer TMR**

Siebkasten	Empfohlene Gewichtsanteile in einer TMR
Obersieb (> 1,9 cm)	mind. 6–10 %
Mittelsieb (< 1,9 cm → 0,8 cm)	30–50 %
Untersieb (< 0,8 cm)	40 % – max. 60%

Die Anwendung der Schüttelbox erfolgt nach einem festgelegten Schema. Etwa 300 g Originalsubstanz (mind. 200 g bis max. 400 g) werden in das obere Sieb des zusammengestellten Siebkastens gegeben.

Auf einer glatten Oberfläche ist der Siebkasten dann entsprechend der folgenden Skizze kräftig zu schütteln: Jede Seite 5-mal waagrecht hin und her schütteln, anschließend die Box um ein Viertel im Uhrzeigersinn drehen und erneut schütteln. Bei einem Aussiebdurchgang werden insgesamt 40 Schüttelbewegungen durchgeführt.

Abb. 10



Anschließend werden die Anteile aus den verschiedenen Sieben mittels einer Küchenwaage gewogen und anhand der zu Beginn eingewogenen Menge die prozentuale Verteilung auf den drei Sieben ermittelt.

Zur **Bewertung von Teil-Mischrationen**, bei denen die Kühe zusätzlich Kraftfutter über eine Transponderstation abrufen können, muss das **Kraftfutter am Transponder gewichtsanteilig der Fraktion im Untersieb zugeordnet** werden.

Beprobungen von Futterresten mittels Schüttelbox im Vergleich zur ursprünglich vorgelegten Ration geben Auskunft darüber, ob die Tiere die Ration gleichmäßig fressen. Wenn sich Futterreste in der Zusammensetzung deutlich von der frisch vorgelegten Ration unterscheiden, dann nehmen die Tiere die Ration nicht gleichmäßig auf. Eine Futterselektion von z. B. Kraftfutterkomponenten in einer trockenen Mischration kann zu Strukturmangel und Acidose führen, obwohl rechnerisch genügend Rohfaser in der Ration enthalten ist.

Die empfohlenen **Gewichtsanteile sollen ungefähre Richtwerte darstellen**. Grassilagebetonte Rationen liefern immer deutlich höhere Anteile in den oberen Siebkästen.

Lediglich **Unterschreitungen von 6 % im Obersieb sowie Überschreitungen von 60 % im Untersieb sind bezüglich der Strukturversorgung als kritisch zu bewerten**.

## 4.1.4 Die besondere Bedeutung der Maisstärke

Maisstärke bietet gegenüber Stärke aus Getreide entscheidende **Vorteile in der Rinderfütterung**. Aufgrund ihrer besonderen Struktur wird **Maisstärke im Pansen deutlich langsamer abgebaut als Getreidestärke und entlastet damit den Stoffwechsel**. Die Energiedichte im Körnermais (8,4 MJ NEL/kg TM) ist vergleichbar mit der von Winterweizen (8,5 MJ NEL/kg TM). Die **Stärke aus Körnermais ist aber deutlich besser verträglich**, da ihr Abbau zu Propionsäure gleichmäßig über einen längeren Zeitraum stattfindet. Dies beugt starken pH-Wert-Schwankungen im Pansen vor.

Neben der mittleren Abbaugeschwindigkeit der Stärke im Pansen besitzt **Körnermais** im Vergleich zu anderen Kraftfutterkomponenten den **höchsten Anteil an beständiger Stärke**, die nicht im Pansen abgebaut wird, sondern der Kuh am Darm zur direkten Energiegewinnung (Umwandlung zu Glucose) zur Verfügung steht.

**Der Anteil an beständiger Stärke (bXS) liegt bei Körnermais im Mittel bei 42 %** (Quelle: GfE). Mit zunehmender Abreife der Körner ist eine Zunahme von beständiger Stärke (bXS) zu beobachten. Allerdings erfordert das ausgereifere Korn auch eine intensive Zerkleinerung bei der Ernte. In Tabelle 14 sind die Stärkegehalte verschiedener Maisprodukte mit dazugehörigen Beständigkeiten dargestellt.

**Tabelle 14: Maisprodukte mit unterschiedlichen Stärkebeständigkeiten**

Futtermittel	TM %	XS g/kg TM	Stärkebeständigkeit %
Frischmais	28	225	23
Maissilage, 55 % TM im Korn	28–32	210–300	10
Maissilage, 50 % TM im Korn	33–36	> 300	15
Lieschkolbenschrotsilage (LKS)	50	420	15
CCM	60–65	634	25
Feuchtmais	60–65	661	25
Körnermais	88	694	42
Maiskleberfuttersilage	44	340	10
Maiskleberfutter	89	201	21
Maisschlempe, getrocknet	90	92	15

Quelle: GfE

**Silierte Maisprodukte** weisen insgesamt **geringere Stärkebeständigkeiten** auf. Die beim Siliervorgang entstehenden **Säuren** nehmen **Einfluss auf die Beständigkeit der Stärke**.

In Rationsberechnungen sind diese besonderen Eigenschaften der Maisstärke zu berücksichtigen. Ein Überangebot an beständiger Stärke (bXS) von mehr als 1,5 kg pro Kuh und Tag kann zu Verdauungsstörungen und Nährstoffverlusten führen, da die Verdauungskapazität beim Wiederkäuer eingeschränkt ist. Auf der anderen Seite kann ein Mangel an bXS bei hochleistenden Milchkühen auch zu Leistungseinbußen führen.

In der Maissilage ist die besondere Kombination einer hohen Energiedichte in Kombination mit einem wiederkäuergerechten Strukturgehalt zu nennen. Die **Stärkebeständigkeiten durchsilierter Maissilagen sind mit 10–15 %** eher gering, dennoch hat die enthaltene **Stärke eine mittlere Abbaugeschwindigkeit im Pansen**. In Kombination mit der Struktur liefernden Restpflanze stellt Silomais trotz des hohen Energiegehaltes eine der Physiologie der Hochleistungskuh sehr gut angepasste Grobfutterkomponente dar.

#### 4.1.5 Mineralstoffe und Vitamine

Die Maispflanze ist im Vergleich zu anderen Grobfuttern wie z. B. Grassilage sehr arm an Mineralstoffen und Vitaminen. Besonders bei steigenden Maissilageanteilen in der Ration sollte auf eine angepasste Versorgung mit Mengen- und Spurenelementen sowie Vitaminen geachtet werden.

**Zielwerte für Mineralstoffgehalte in Maissilagen** werden im Kapitel 4.1.8 Orientierungswerte Maissilage guter Qualität erläutert und sollten als Orientierungs- und **Vergleichswerte für die eigene Futteranalyse** dienen.

Je nach Dosierung der verschiedenen Mineralien liegen die **Aufwandmengen an Mineralfutter in maisbetonten Rationen** (> 60 % Maissilageanteil beim Grobfutter) **etwa 30 % höher** als in grasbetonten Rationen. Besonders die Mengenelemente Calcium, Natrium und Magnesium sollten bei maisbetonten Rationen kritisch geprüft und ausreichend ergänzt werden.

Der **Phosphorgehalt in maisbetonten Rationen ist oft hoch**, sodass der Bedarf an Phosphor vor allem in Kombination mit Rapsextraktionsschrot (RES) als Eiweißkomponente (phosphorreich) oftmals bereits für ein Leistungsniveau von 25 kg Milch gedeckt ist. In maisbetonten Rationen mit RES empfiehlt sich demnach der Einsatz eines phosphorarmen Mineralfutters.

In Teilmischrationen mit Transponderfütterung und beim Einsatz einer Totalen Mischration (TMR) empfiehlt sich die Mineralfutterdosierung über den Futtermischwagen.

Für die **gezielte Versorgung von Hochleistungstieren ist die zusätzliche Ausstattung des Milchleistungsfutters mit Mengen- und Spurenelementen** sowie Vitaminen sinnvoll.

#### 4.1.6 Abreife und Verdaulichkeit der Maispflanze

##### Zusammensetzung der Maispflanze

Die ausgereifte Maispflanze lässt sich in **Kolben und Restpflanze einteilen**, die in ihrer Zusammensetzung sehr unterschiedlich aufgebaut sind. Die **Restpflanze** weist zum Zeitpunkt der Silierreife eine eher geringe **Energiedichte von ca. 5,2 bis 5,5 MJ NEL/kg TM** auf und liefert vornehmlich strukturierte Rohfaser. Der **Kolben liefert Energie in Form von Stärke** und hat je nach Lieschen- und Spindelanteil eine **Energiedichte von 7,5 bis 8,5 MJ NEL/kg TM**. Die Tabelle 15 zeigt die unterschiedlichen Inhaltsstoffe im Korn im Vergleich zur Restpflanze zum Zeitpunkt der Siloreife.

**Tabelle 15: Ausgewählte Inhaltsstoffe des ausgereiften Maiskornes verglichen mit der Restpflanze bei Siloreife (Angaben bezogen auf TM)**

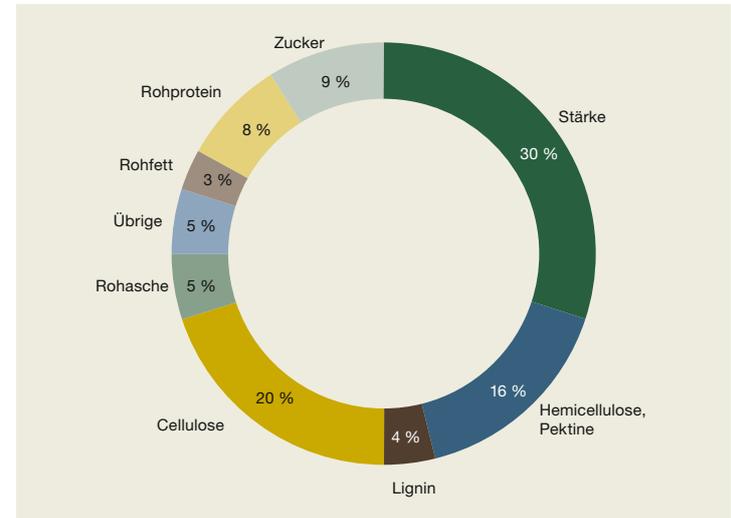
	Maiskorn	Restpflanze
Trockenmasse %	87	20–25
Stärke %	70	0
Zucker %	1,5–2,0	20
Rohprotein	10–11	7
Rohfaser	2,5	26
Energiedichte MJ NEL/kg TM	8,4	5,5

Quelle: unbekannt

Die prozentuale Nährstoffaufteilung der ausgereiften Maispflanze ist in Abbildung 11 aufgeführt.



**Abb. 11: Chemische Zusammensetzung der Maispflanze**



Quelle: KWS

### Abreifeprozess

Im Laufe des Wachstums findet eine Reihe von **physiologischen Veränderungen in der Zusammensetzung der Pflanze** statt. Der Übergang von der vegetativen (Ausbildung von Wurzel, Spross und Blättern) in die generative Phase (Blüte, Samenentwicklung und Samenreife) ist der Zeitpunkt, zu dem sich die größten Veränderungen in der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe ergeben.

Die **Gesamt-trockenmasse der Maispflanze besteht zu etwa 50–58 % aus Kolbenanteilen**, wobei etwa **zwei Drittel aller Nährstoffe aus dem Kolben** stammen (Kichgeßner).

Sortenwahl, Standort, Witterung, ackerbauliche Maßnahmen und der Erntezeitpunkt beeinflussen den Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze und die Nährstoffzusammensetzung.

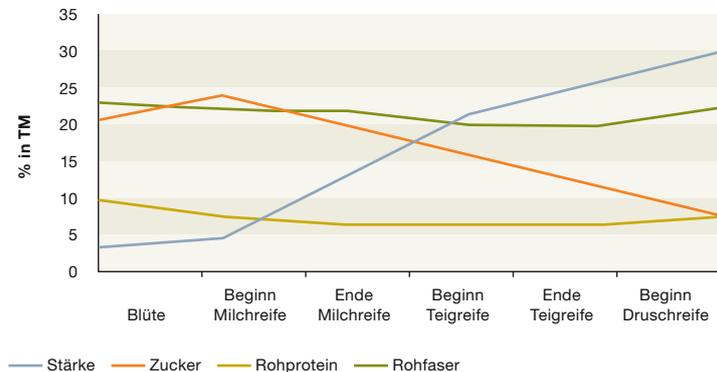
Im Gegensatz zu anderen Futterpflanzen **steigen beim Mais die Verdaulichkeit** der Nährstoffe und die Energiedichte bei fortschreitender Vegetation **bis zur Teigreife an**. Ursache hierfür sind die Einlagerung von Stärke und Fett in die Körner und der steigende Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze.

Der während des vegetativen Wachstums im Stängelmark eingelagerte Zucker dient **nach der Blüte der Stärkeeinlagerung in die Körner**. Auch die Spindel und Lieschblätter können als Zwischenspeicher für Stärke genutzt werden. Im Zuge dieser Umlagerungsprozesse nimmt der Zuckergehalt ab und **der Stärkegehalt** in den Körnern nimmt zu. Die Folge der genannten Umlagerungsprozesse ist die Ausbildung des wichtigsten Qualitätsmerkmals der Maispflanze: des Stärkegehaltes.

Mit steigenden Kolbenanteilen **nimmt der Anteil an Rohfaser, bzw. NDF an der Gesamtpflanze prozentual ab**.

In Abbildung 12 werden diese Umlagerungsprozesse veranschaulicht.

**Abb. 12: Veränderung der Inhaltsstoffe der Maispflanze während der Abreife**



Quelle: n. Jeroch et al., 1993

Es gibt in der Praxis viele ertragsbestimmende Einflüsse in den verschiedenen Wachstumsphasen der Maispflanze. Besonders der **Zeitraum nach der Blüte und Befruchtung bis hin zur Abreife ist für den Stärke- und damit für den Energiegehalt** der Maispflanze **bedeutsam**.

Eine wichtige Phase in der Entwicklung der Maispflanze (die sogenannte Lag-Phase) beginnt **nach einer erfolgreichen Befruchtung** und weist eine sortentypische Dauer von ca. 8–22 Tagen auf. Während dieser Zeit **bildet sich der Embryo**. Die Einlagerung von Stärke ist in dieser Phase nur sehr gering.

Während der anschließenden Kornfüllungsphase und mit Beginn der Milchreife reichert sich das Korn, ausgehend von der Kornkrone, mit Stärke an. Der TM-Gehalt der Maispflanze nimmt in diesem Stadium zu. Ein sichtbares Zeichen für den Abschluss der Stärkeeinlagerung in die Körner ist die **Bildung einer schwarzen Trennschicht**, der sogenannten „**black layer**“, zwischen Spindel und Korn am Ende der Teigreife. Die Maispflanze hat **in diesem Stadium ihren maximalen Stärkegehalt erreicht** und steigert lediglich noch den TM-Gehalt.

Der Assimilatstrom in die Körner zur Bildung von Stärke wird bei der Maispflanze aus zwei Quellen gespeist:

1. Wasserlösliche Kohlenhydrate (Zucker), die während der vegetativen Phase im Stängel und im Verlauf der generativen Entwicklung auch in der **Spindel und in den Lieschen**
2. Neuassimilate, die nach der Blüte von den dann noch grünen und aktiven Pflanzenteilen gebildet werden.

Die Höhe des maximal erreichbaren Stärkeertrags ist demnach abhängig von folgenden Voraussetzungen:

- Die Länge der vegetativen Phase und ein früher hoher Blattflächenindex in Kombination mit einer hohen Fotosyntheserate bestimmen die Menge der Reservekohlenhydrate.
- Eine kurze Lag-Phase verlängert den Zeitraum für die sich anschließenden Umlagerungsprozesse und die Neuassimilation.

- Je länger die Kornfüllungsphase und je höher die Kornfüllungsgeschwindigkeit, umso eher wird die genetisch bedingte Stärkekapazität ausgeschöpft.
- Die Länge der Kornfüllungsphase und die Geschwindigkeit der Kornfüllung sind abhängig von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit.
- Die Dauer der Restpflanzenabreife ist ausschlaggebend für den Anteil der Neuassimilation an der Gesamtstärkesynthese (verlängerte Phase bei Stay-green-Sorten)
- Assimilatproduktion und Assimilateinlagerung sind voneinander abhängig, d. h., die Produktion von Inhaltsstoffen wird durch ein hohes genetisches Speicherungspotenzial gefördert (z. B. hohe Anzahl von Kornanlagen).



Im Falle einer **Schädigung von generativen Organen** infolge physiologischer Störungen tritt ein **Überangebot von Assimilaten** (Assimilatstau) ein. Dies ist bei der Maispflanze an einer **violetten Verfärbung** erkennbar. Trockene Hitze zum Zeitpunkt der Blüte kann beispielsweise zu einer mangelnden Befruchtung führen, sodass keine Umlagerung der Assimilate in die Körner erfolgen kann. Ist umgekehrt die angelegte Speicherkapazität größer als die Assimilationsleistung, kommt es zu nicht vollständig

mit Körnern besetzten Kolben. Ein Sortentyp mit einer bis zur physiologischen Körnerreife grün bleibenden Restpflanze (Stay-green-Typ) ist in der Lage, einen vergleichsweise höheren Anteil an Neuassimilaten zu bilden. Dieser zusätzliche Stärkegewinn führt außerdem zu einer Zunahme im TM-Gehalt der Gesamtpflanze.

**Stay-green-Sorten** erreichen durch eine **verlängerte Vegetationsphase** aufgrund der Neuassimilation in den grünen Blättern einen **höheren Gesamt-TM-Ertrag**. In Grenzlagen des Maisanbaus (z. B. Höhenlagen), in denen aufgrund kühlerer Temperaturen nur geringere



Fotosyntheseraten erreicht werden, stößt dieser Sortentyp jedoch an Grenzen der Anbauwürdigkeit, da die Abreife in diesem Falle zu spät erfolgt.

In Höhenlagen bzw. **Regionen mit kürzeren Vegetationsphasen** (Nordeuropa) sind daher Sorten zu bevorzugen, die während ihrer vegetativen Entwicklung einen großen Vorrat wasserlöslicher Kohlenhydrate im Stängel speichern und diese bereits zu Beginn der Kornfüllungsphase mit hoher Rate als Stärke einlagern. Eine damit verbundene gesunde und zügige Restpflanzenabreife unterstützt in diesem Falle dann eher das **Erreichen eines optimalen Gesamt-TM-Gehaltes**. In diesem Falle wird die Stärkeeinlagerung vermehrt aus den bereits im Stängel eingelagerten Assimilaten und weniger aus den Neuassimilaten gefördert. Je nach Witterungsbedingungen im Sommer und Spätsommer und je nach Sortentyp variiert die Herkunft der Stärke in der Maispflanze.

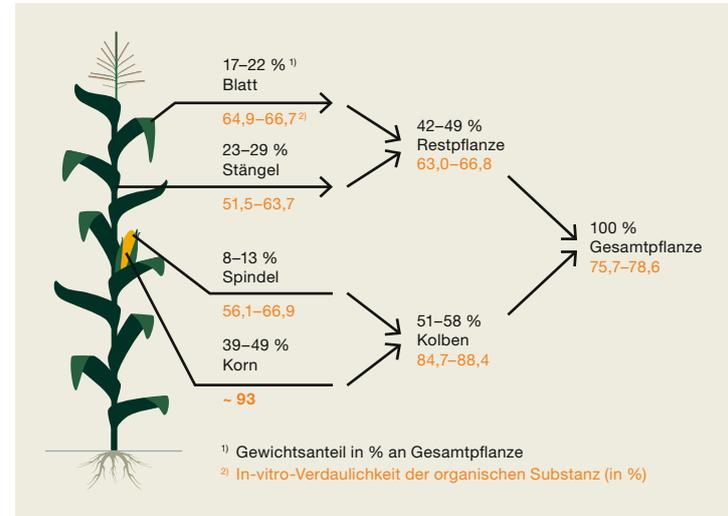
Eine fortschreitende Abreife der Blätter in Kombination mit kühleren Herbsttemperaturen führt zum Beispiel zu einem stetig abfallenden Beitrag der Neuassimilate. In der Literatur findet man Hinweise, dass der Beitrag der genannten Quellen zur Stärkesynthese dann jeweils etwa 50 % beträgt.

### Verdaulichkeit:

Die **Qualität der Maispflanze für die Rinderfütterung** wird über die beiden Parameter **Stärkegehalt** (Kolbenanteil) und den **Anteil sowie die Zusammensetzung der Restpflanze definiert**. Beide Fraktionen sind verantwortlich für den Energiegehalt in der erzeugten Maissilage. Die **Verdaulichkeit wird dabei maßgeblich vom Stärkegehalt beeinflusst**, da das **Korn mit über 90 % Verdaulichkeit** den wertgebenden Bestandteil der Maispflanze darstellt. Mit zunehmender Ausreife und Stärkeeinlagerung im Kolben nimmt sowohl der Energiegehalt als auch die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze zu. Die **Einlagerung von Cellulose und vor allem von Lignin** während der Abreife ist **im Vergleich zu Gräsern wesentlich schwächer ausgeprägt**.

In Abbildung 13 sind die Bestandteile der Maispflanze mit prozentualen Anteilen und ihren dazugehörigen Verdaulichkeiten angegeben. Die Restpflanzenbestandteile (Stängel, Blätter) machen je nach Sortentyp und Kolbenentwicklung 42–49 % der Maispflanze aus und weisen Verdaulichkeiten von im Mittel 63–67 % auf.

Abb. 13: Gewichtsanteile und Verdaulichkeit der Bestandteile einer Maispflanze



Quelle: Hepting 1988 und 1992

Die anteilige Zusammensetzung der Restpflanze (Cellulose, Hemicellulose und Lignin) hat einen Einfluss auf die Verdaulichkeit, denn ein hoher Anteil an unverdaulichem Lignin setzt die Gesamtverdaulichkeit der Restpflanze herab.

Die Unterschiede in der Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Maissorten sind jedoch mit lediglich 3 bis 5 % eher gering.

Die **Genetik hat vor allem in Form der Reifegruppe einen Einfluss auf die Verdaulichkeit**. Das ergeben Untersuchungen der TU München (2009).

**Frühe Reifegruppen** (S 210 bis 220) haben – auf Basis gleicher Kornreife verglichen mit mittelspäten (S 230 bis 250) und späten Sorten (S 260 bis 280) – einen **geringeren Gehalt an Gerüstsubstanzen**, d. h. eine **höhere Abbaubarkeit im Pansen**. Bei frühen Ernteterminen sind die Unterschiede jedoch gering. Sie werden deutlicher, je älter das Erntematerial wird. Die **Abbaubarkeit der NDF im Pansen** ist folglich **wenig vom Reifestatus der Maispflanze bestimmt**, sondern vielmehr vom absoluten Gehalt an NDF in der Pflanze. Untersuchungen der TU München (Quelle: Zeller, Dobberstein, Bunzel, Schwarz 2009) haben außerdem ergeben, dass es **keine eindeutige Beziehung zwischen dem Ligningehalt und der Abbaubarkeit von NDF** im Pansen gibt.

Das **Ernteverfahren** hat ebenfalls **Auswirkungen auf die anschließende Qualität und Energiedichte** der Maissilage. So lässt sich über einen Hochschnitt oder das Pflückhäckselverfahren die Energiedichte steigern. Diese Verfahren bieten sich zur Qualitätssicherung der Silage außerdem bei erhöhtem Stängelfusarienbefall an.

Eine **Steigerung der Restpflanzenverdaulichkeit ist züchterisch möglich**, indem der Gehalt an unverdaulicher Faser, also der Ligningehalt der Maispflanze, herabgesetzt wird. Hier sind jedoch physiologische Grenzen gesetzt, da eine Senkung die **Standfestigkeit der Maissorten beeinträchtigt**.

Im praktischen Maisanbau stehen vor allem **agronomische und ökonomische Eigenschaften einer Sorte im Vordergrund** (Reifezahl, Pflanzengesundheit, Standfestigkeit, Ertrag).

In der Praxis sollte der **Fokus bezüglich Verdaulichkeit** daher **auf der Gesamtpflanze** liegen. Sie steigt mit zunehmender Abreife bis zum optimalen Erntezeitpunkt für Silomais stetig an. Lediglich eine sehr weit fortgeschrittene Abreife der Maispflanze (Körnermaisreife) ist bezüglich der Verdaulichkeit und Silierbarkeit als nachteilig zu bewerten. Das Ernteverfahren im Hochschnitt ist eine Möglichkeit, bei guten Ertragserwartungen die Energiedichte und Verdaulichkeit der Maissilage zu steigern. Ebenso können in Einzelfällen auch höhere Bestandesdichten einen positiven Einfluss auf die Faserverdaulichkeit ausüben. Hier sollten vorab jedoch Sorteneignung und mögliche Energie- und Ertragsverluste gegeneinander abgewogen werden.

#### 4.1.7 Hochschnittverfahren

Mit einem höheren Abhäckseln der Maispflanzen lässt sich **über die Erhöhung des Kornanteils die Energiedichte des Futters steigern**. Der **Besatz mit Schmutz** und Gär Schädlingsen ist im bodennahen Bereich erhöht und wird durch einen höheren Schnitt **deutlich reduziert**. Die Anhebung der Schnitthöhe verursacht einen Rückgang des Ertrages bei gleichzeitiger **Steigerung der Silagequalität**.

Die Höhe des Ertragsrückganges schwankt in einem Bereich von 6–15 % bei 50 cm Schnitthöhe (Literaturwerte, KWS Versuche) und wird durch den Sortentyp beeinflusst. Je höher der Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze ist, umso geringer sind auch die Ertragseinbußen.

Je 10 cm Schnitthöhe ist mit ca. 0,1 MJ NEL/kg TM höherer Energiedichte zu rechnen, die sich in besserer Milch- bzw. Mastleistung unmittelbar niederschlägt (Quelle: Spiekers, LfL Grub). Ein erhöhter Trockensubstanzgehalt im Erntegut ist ebenfalls eine Folge des Hochschnittverfahrens, sodass ein früherer Erntetermin oder auch der Anbau einer späteren Sorte in Betracht kommt. Untersuchungen von Pieper et al. 2001 belegen den deutlich schlechteren Futterwert der unteren Stängelabschnitte.

**Tabelle 16: Qualitätsvergleich Maisstängel zu Hochschnitt**

Parameter	Maisstängel 20–50 cm	Hochschnitt über 50 cm
TS-Gehalt (%)	20,5	38
Rohasche g/kg TM	61	43
Rohprotein g/kg TM	43	82
Rohfaser g/kg TM	336	177
Stärke g/kg TM	0	277
Zucker g/kg TM	202	80
Rohfett g/kg TM	3,7	37,4

Quelle: Pieper et al., 2000

Auch wenn die **Qualität ein wichtiges Kriterium** ist, so darf auf der anderen Seite der **Gesamttrockenmasseertrag pro Hektar nicht außer Acht gelassen** werden. Der **Hochschnitt** ist vor allem dann eine Alternative, **wenn sehr hohe Erträge zu erwarten sind**.

Der gezielte **Einsatz von hochertragreichen Sorten** bietet die Möglichkeit, je nach Ertrags- und Abreifesituation im jeweiligen Erntejahr und abhängig

von der Gesamtfuttersituation im Betrieb **flexibel und betriebsindividuell zu entscheiden**, ob ein Hochschnitt infrage kommt.

#### 4.1.8 Orientierungswerte Maissilage guter Qualität

Die wichtigsten Ziele der Silomaisproduktion sind:

- hohe Energieerträge/ha
- hohe Energiedichte in der Maissilage (MJ NEL/kg TM)
- verlustarme Ernte und Konservierung

Die Flächenleistung wird vornehmlich vom Jahresklima, dem Standort, dem genetischen Potenzial der Sorte sowie der Anbautechnik beeinflusst. Der Sortentyp, die Erntetechnik und der Erntezeitpunkt haben jedoch einen entscheidenden Einfluss auf die Silierung und die anschließende Qualität im Silo. Orientierungswerte für Maissilagen von guter Qualität werden in Tabelle 17 dargestellt.

**Tabelle 17: Orientierungswerte für Maissilage mit guter Qualität**

Parameter		Zielwert für Maissilage
Trockenmasse (TM)	in %	30–37
Rohasche (XA)	% i.d.TM	< 4
Rohprotein (XP)	% i.d.TM	< 9
Rohfaser (XF)	% i.d.TM	17–20
NDF	% i.d.TM	35–40
ADF	% i.d.TM	21–25
ELOS	% d.TM	> 67
Strukturwert (SW)		1,5–1,7
Stärke (XS)	% i.d.TM	> 30
Zucker	% in TM	–
ME	MJ/kg TM	≥ 11
NEL	MJ/kg TM	≥ 6,6
Nutzb. Rohprotein (nXP)	g/kg TM	> 132
Ruminale N-Bilanz (RNB)	g/kg TM	–8 bis –9
Calcium (Ca)	% in TM	0,2–0,3
Phosphor (P)	% in TM	0,2–0,3
Natrium (Na)	% in TM	> 0,01
Kalium (K)	% in TM	< 1,5
Magnesium (Mg)	% in TM	> 1,0
Theoretische Häcksellänge	mm	4–8
Dichtlagerung im Silo		
bei 28 %	TM-Gehalt kg TM/m <sup>3</sup>	mind. 230
bei 33 %	TM-Gehalt kg TM/m <sup>3</sup>	mind. 270
pH-Wert		3,8–4,2
Gärsäuremuster		
Essigsäure	%	1,5–2,5
Buttersäure	%	0,0–0,3
Milchsäure	%	2,5–8,0

Parameter		Zielwert für Maissilage
Ethanol	%	< 2
Mykologische Untersuchung		
Schimmelpilze	KbE/g	< 5 x 10 <sup>3</sup>
Hefen	KbE/g	< 10 <sup>8</sup>
Mindestlagerung nach Einsilierung	Wochen	optimal > 6 (mind. 4)
Mindestlagerung mit Siliermitteln	Wochen	optimal mind. 8

Quelle: LUFA Nord-West und LUFA NRW

Die Zielwerte in der 2. Tabelle werden im Kapitel 7.2 Silagebereitung im Detail erläutert.

## 4.2 Körnermais in der Rinderfütterung

Der Einsatz von Körnermais, CCM sowie Körnermaissilage in der Rinderfütterung ist in der Praxis weitverbreitet und die Futtermittel haben sich als sehr gut verträgliche, energiereiche und schmackhafte Komponenten mit guter Lagerstabilität bewährt. Je nach Region und Abreifeverhalten des Maises wird entschieden, ob Körnermais, CCM bzw. Körnermaissilage geerntet wird.

Grundsätzlich sollten nur **Maisbestände mit gesunden Kolben** für die Produktion von Körnermais und silierten Maisprodukten für die Verfütterung genutzt werden. Bestände mit ausgeprägter **Kolbenfäule/ Kolbenfusarium** sind **für die Verfütterung nicht geeignet**.

Vor allem die von Fusarien produzierten Toxine **Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA)** können bei Überschreitung von Orientierungswerten zu signifikanten **Gesundheitsstörungen** (Minderleistung, Fruchtbarkeitsstörungen, Aborte) bei den Tieren führen.

Bei **ausgewachsenen Rindern** sollte der Gehalt an **DON 5,0 mg/kg Futter** (88 % TS) und **ZEA 0,5 mg/kg Futter** (88 % TS) nicht überschreiten. **Jungtiere** sind deutlich empfindlicher. **DON-Gehalte von 2,0 mg/kg Futter** (88 % TS) bzw. **ZEA-Gehalte von 0,25 mg/kg Futter** (88 % TS) sind hier bereits als **kritisch einzustufen**.



### 4.2.1 Getrockneter Körnermais

Die ernährungsphysiologischen **Vorteile des Maises** ergeben sich aus den zuvor bereits erwähnten Eigenschaften der Maisstärke. Zum einen wird die **Maisstärke pansenschonender abgebaut** als Getreide, zum anderen besitzt sie eine **hohe Stärkebeständigkeit**, die für die Ausschöpfung des Leistungspotenzials in der Hochleistungsphase sehr bedeutsam ist. Entscheidend ist in der Hochlaktation ein stabiles Pansenmilieu (pH-Wert ideal > 6,2), das bei Zulage von schnell verfügbarer Stärke aus Getreide schnell instabil, d. h. sauer werden kann. Im sauren Milieu sterben säureunverträgliche Pansenmikroben ab, sodass die Verdauung, vor allem die der Cellulose, stark eingeschränkt ist (siehe Kapitel 4.1.2 Pansenacidose).

**Körnermais** ist daher bei Milchkühen **gerade in der Laktationsspitze ein ideales Futtermittel**, um die Energieversorgung der Tiere bei begrenztem Futteraufnahmevermögen zu verbessern, ohne allzu schnell Probleme in der Pansenphysiologie zu bereiten. Hohe Milchleistungen erfordern gleichzeitig eine Bereitstellung von Energie am Darm in Form von beständiger Stärke (bXS). Der Einsatz von **Körnermais liefert maximale Anteile von > 40 % bXS**. Diese beständige Stärke wird im Darm direkt enzymatisch zu Glucose abgebaut und liefert schnelle Energie für die Milchzuckerbildung (Lactose).

**Frisch laktierende Kühe** haben mit 40 g/kg TM pro Tag einen **hohen Bedarf an bXS**, der vor allem in grassilagebetonten Rationen **am besten über Körnermais gedeckt** werden kann.

Doch auch in maissilagebetonten Rationen passt Körnermais als Kraftfutterkomponente aufgrund seiner langsamer verfügbaren Stärke sehr gut in die Ration.

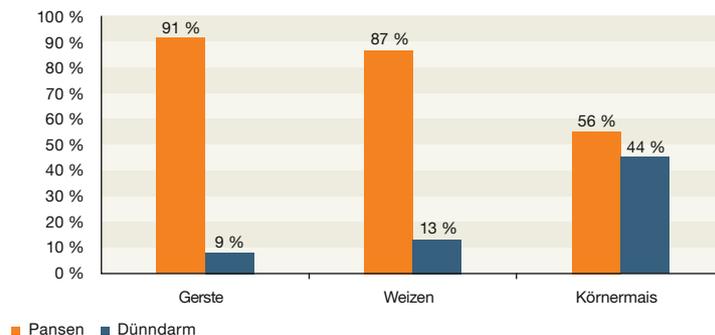
Im Bereich der altemelkenden Tiere sollten jedoch höhere Anteile an beständiger Stärke (bXS) vermieden werden, um eine Verfettung zu vermeiden.

Die **Bullenmast** findet im **Schwerpunkt auf Basis von Maissilage** – oft als einzige Grobfutterkomponente – statt, die um etwas Stroh ergänzt wird. Eine **energetische Aufwertung** ist hier vor allem **über Körnermais zu empfehlen**, da die Maissilage in durchsiliertem Zustand bereits viel unbeständige Stärke in die Ration bringt.

Eine Zulage von Getreide kann bei Bullenmast auf Maissilagebasis schnell zu Acidosen und damit zu Leistungseinbußen führen.

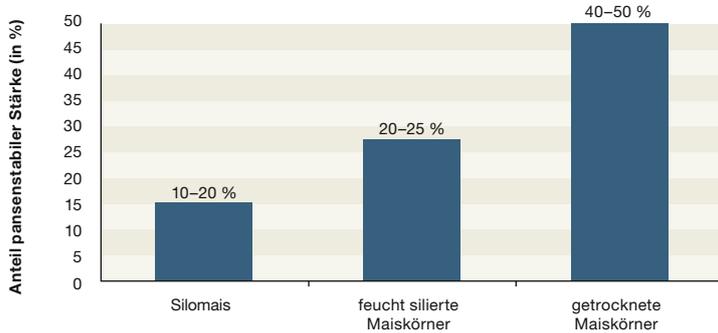
In Abbildung 14 und 15 werden die Abbaugeschwindigkeiten von Getreide im Vergleich zu Körnermais sowie der Anteil an beständiger Stärke (bXS) an der Gesamtstärke in unterschiedlichen Maisprodukten dargestellt.

**Abb. 14: Vergleich der Abbaubarkeit von Stärke in Getreide und Körnermais**



Der Abbau der Getreidestärke findet zu 90 % und mit einer hohen Abbaurate im Pansen statt. Beim Körnermais werden dagegen nur ca. 56 % der Stärke im Pansen abgebaut, wobei die Stärkeabbaugeschwindigkeit deutlich langsamer als bei Gerste und Weizen ist.

**Abb. 15: Anteil an pansenstabiler Stärke in verschiedenen Mais-Ernteprodukten**



#### 4.2.2 Silierung von Maiskolben und -körnern

Silierte Maisprodukte haben sich in der Rinderfütterung etabliert und sind als **qualitativ hochwertige betriebseigene Kraftfuttermittel** in vielen Rinderationen vertreten. Im Vergleich zu Körnermais sind silierte Maisprodukte oft eine **ökonomisch günstigere Alternative** im Betrieb. Im Kapitel 4.1.4 Die besondere Bedeutung der Maisstärke wurde bereits dargestellt, dass silierte Kolben oder Maiskörner eine **geringere Stärkebeständigkeit** (20–25 % bXS) aufweisen als getrockneter Körnermais (40–50 %). In Fütterungsversuchen der LLFG Sachsen-Anhalt und der Landwirtschaftskammer Niedersachsen wurden bei der Verfütterung von Körnermais im Vergleich zu CCM (energieäquivalent ausgetauscht) die unterschiedlichen Stärkebeständigkeiten bestätigt, jedoch keine Unterschiede bei den tierischen Leistungen,

der Futtraufnahme und den Stoffwechselfparametern zwischen den beiden Fütterungsvarianten festgestellt. Folgende Vorteile bietet das Einsilieren von Körnern und/oder Kolben im Vergleich zur Trocknung:

- Konservierungskosten sind niedriger als Trocknungskosten
- früherer Erntezeitpunkt ist möglich (Befahrbarkeit von Flächen etc.)
- Körnernutzung wird in klimatisch ungünstigeren Regionen möglich

Es werden sowohl Corn-Cob-Mix (CCM) als auch Körnermais-silage in der Rinderfütterung eingesetzt. Lieschkolbenschrot (LKS) ist weniger verbreitet, da aufgrund der geringeren Nachfrage nach LKS die Erntetechnik nicht flächendeckend vorhanden ist. CCM und Körnermaissilage werden aufgrund ihres höheren Energiegehaltes für eine Aufwertung der Ration bevorzugt und sind in der Rinderfütterung am weitesten verbreitet.

Die unterschiedlichen **Spindel- und Lieschenanteile haben einen großen Einfluss auf den Futterwert von siliertem Körnermais und Maiskolben**. Der Anteil der einzelnen Kolbenbestandteile (Korn, Spindel, Lieschen) in den Ernteprodukten entscheidet über Energie-, Rohfaser- und Rohproteingehalt sowie über die Verdaulichkeit des Produktes.

Bei **zunehmenden Spindel- und Lieschenanteilen sinken zum einen der Energiegehalt und die Verdaulichkeit des Ernteproduktes**, gleichzeitig steigen die Rohfaseranteile und die Trockensubstanzverluste während des Silierprozesses an.

Grundsätzlich sind Maiskörner gut silierbar, da die Milchsäurebakterien unter Luftabschluss die hohen Stärkeanteile schnell zu Milchsäure abbauen und dadurch eine sichere pH-Wert-Absenkung herbeiführen. Die durchschnittlich ermittelten Silierverluste liegen unter Versuchsbedingungen bei Maiskörnern zwischen 2 und 4 %, bei CCM zwischen 6 und 8 % und bei LKS zwischen 9 und 10 %. Unter Praxisbedingungen kann zum Teil mit höheren Werten kalkuliert werden. Dafür können Fehler bei der Silierung und Mängel in der Silobewirtschaftung angeführt werden. Aus diesem Grund hat sich der Einsatz von Silier- und Konservierungsmitteln in der Praxis bewährt. Die Zusammensetzung und die Unterschiede von Ernteprodukten aus Maiskolben sind in Tabelle 18 genauer erläutert.

**Tabelle 18: Ernteprodukte aus Maiskolben**

	Silomais Pflück- Häcksel- Verfahren	Maiskorn- Spindel- Gemisch (CCM)	Lieschkolben- schrot (LKS)	Mais- kornsilage (Feuchtmals)
Zusammensetzung	100 % Körner 100 % Spindel 100 % Lieschen 50–75 % Restpflanze	100 % Körner 30–80 % Spindel	100 % Körner 80–90 % Spindel 70–90 % Lieschen 5–10 % Restpflanze	100 % Körner
TM-Gehalt in % Gesamtpflanze Körner	32–42 55–60	55–65 60–70	47–55 55–65	55–65 65–75
Energie- konzentration MJ NEL/kg TM	6,8–7,2	7,5–8,0	7,2–7,6	7,8–8,6

Quelle: Handbuch Mais, DLG und DMK 2013

Die aktuellen, durchschnittlichen Energie- und Nährstoffgehalte von CCM sowie deren Schwankungsbreiten können der Tabelle 19 entnommen werden. Es ist erkennbar, dass innerhalb eines Ernteproduktes aufgrund der Sorte, der Erntetechnik, des Erntezeitpunktes etc. bereits große Unterschiede in den untersuchten Parametern auftreten. Eine Analyse des betriebseigenen Kraftfutters ist demnach immer zu empfehlen.

**Tabelle 19: Inhaltsstoffe und Energiegehalte von CCM**

	Mittelwert über alle Proben					Zielwert
	2013	2012	2011	2010	2009	
<b>Trockensubstanz</b> (T) in %	62,3 (46,7–70,6)	62,4	63,5	61,2	65,1	55–65
<b>Rohprotein</b> (% der T, Nx6,25)	9,7 (7,4–12,1)	9,6	10,0	9,8	9,9	> 9,0
<b>Rohfaser</b> (% der T)	3,3 (1,7–7,8)	3,4	3,2	3,4	2,7	< 5,0
<b>Fett</b> (% der T)	4,6 (2,8–5,9)	4,5	4,6	4,1	4,3	4,0
<b>Stärke</b> (% der T)	70,1 (59,4–74,9)	70,5	70,5	69,1	70,3	> 65,0
<b>pH-Wert</b>	4,4 (3,7–5,9)	4,5	4,4	4,4	4,5	4–5
<b>NEL</b> (MJ/kg T)	8,1 (7,9–8,2)	8,1	8,1	8,1	8,1	> 8
<b>ME-Rind</b> (MJ/kg T)	12,9 (12,7–13,1)	12,9	12,9	12,9	12,9	> 12,8
<b>RNB</b> (g/kg T)	–9,8 (–12 bis –6,9)	–9,9	–9,5	–9,6	–9,6	–11 bis 9
<b>nXP</b> (% der T)	15,8 (14,9–17,1)	15,8	15,9	15,8	15,9	> 15

Quelle: LUFA Nord-West

Kennwerte einer guten CCM-Silage sind:

- TM-Gehalte zwischen 58 und 60 % anstreben
- möglichst geringe Spindelanteile, da die Spindel schlecht verdaulich ist
- ausreichende Zerkleinerung: 80 % < 2 mm, max. 50–55 % < 1 mm
- Einsatz von Säure zur Konservierung und Sicherung der aeroben Stabilität
- intensive Verdichtung (Ziel: 400–480 kg TM/m<sup>3</sup>)
- schnelles Abdichten des Silostockes
- Luft und Wassereintritt vermeiden
- mindestens 4 Wochen Verschluss des Silos
- Vorschub bei der Entnahme: im Winter mind. 10 cm/Tag, im Sommer mind. 15 cm/Tag
- glatte Anschnittsfläche

(Quelle: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung 2011)

Die **Einsatzmengen von CCM oder Körnermaissilage** in der Ration sind **abhängig vom Leistungsniveau der Tiere und dem Fütterungsregime** im Betrieb. Hohe Anteile von 6–7 kg Frischmasse pro Tier und Tag sind bei Verfütterung einer TMR für hochleistende Kühe durchaus möglich. In Teilmischrationen, bei denen das Kraftfutter tierindividuell über eine Transponderstation verfüttert wird, sind Anteile von 1,5 bis 4 kg pro Kuh und Tag praxisüblich. Je nach Rationsgestaltung ist ein entsprechender Ausgleich mit Eiweißkomponenten zu berücksichtigen. Das Gleiche gilt für **Mastbullenrationen**. Hier liegen die eingesetzten Mengen aufgrund meist hoher Anteile an Maissilage in der Ration in einem Bereich von ca. 1 bis 4 kg CCM Frischmasse pro Tier und Tag.

## 4.3 Rationen

Die Rationsgestaltung in einem Milchviehbetrieb ist im Wesentlichen von folgenden Einflussfaktoren abhängig:

- vorhandene Futterfläche
- Betriebsstruktur
- Grünlandanteil

Preise für Zukauffuttermittel am Markt spielen bei der Rations- und Futterplanung ebenfalls eine entscheidende Rolle. In jedem Falle müssen die kalkulierten Rationen an das Leistungsniveau der Herde bzw. der einzelnen Leistungsgruppen angepasst sein. Für jedes Leistungsniveau gibt es abhängig von Rasse, Körpergewicht, Gesamtfutteraufnahme und Haltungsförm entsprechende Versorgungsempfehlungen, an denen sich eine Rationsberechnung orientieren sollte. In Tabelle 20 sind die Versorgungsempfehlungen für Milchkühe in verschiedenen Laktationsabschnitten bei angegebenen Futteraufnahmen dargestellt.

**Tabelle 20: Bedarfswerte von Milchkühen in verschiedenen Laktationsabschnitten; Gewicht: 650 kg; Rasse: Holstein Friesian**

	Frühlaktation	Mittellaktation	Spätlaktation	Trockensteher
Angestrebte Futteraufnahme kg TM pro Tag	min. 21	> 21	18–21	12–15
Energiegehalt MJ NEL/kg T	7,0–7,3	6,7–7,0	6,5–6,7	5,3–5,7
Proteingehalt g nXP pro kg TM	165–175	145–165	140–145	100–125
Stärke und Zucker g pro kg TM	150 – max. 250	110 – max. 225	75–225	k. A.
Beständige Stärke g pro kg TM	20–50	20–50	max. 25	k. A.
Strukturwert	min. 1,1–1,15	min. 1,1	min. 1,0	min. 2,0
Rohfett g pro kg TM	max. 45	max. 45	max. 45	max. 40
Rohfaser g pro kg TM	min. 150–180	min. 150–190	min. 150	min. 260
RNB g pro kg TM	0–1	0–1	0–1	0

Quelle: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, 2001

Die wichtigsten ökonomischen Ziele für eine Milchviehration sind:

- hohe Grobfutterleistung  
→ Ziel: mind. 40 % der Milch aus Grobfutter
- geringe Futterkosten (ca. 80 % der variablen Kosten sind Futterkosten)
- geringe Kraftfutteraufwandmengen pro kg ermolkenener Milch (Ziel: 250 g/kg Milch)
- geringe Kraftfutterkosten pro kg ermolkenener Milch

Das Erreichen dieser Ziele ist nur möglich, wenn:

- a) die Rationsberechnungen an das Leistungsniveau und an individuelle Gegebenheiten im Betrieb optimal angepasst sind und ein kontinuierliches Controlling im Betrieb erfolgt.
- b) qualitativ hochwertiges betriebseigenes Grobfutter, also Mais- und Grassilage, als Futtergrundlage zur Verfügung steht.

Ökonomische Auswertungen zeigen, dass sich **höhere Anteile an Maissilage** in der Ration ökonomisch **positiv auf Futterkosten und Milchleistung** im Vergleich zu grassilagebetonten Rationen **auswirken**. Die Futterkosten liegen im Durchschnitt bei einer Auswahl an ausgewerteten Betrieben nach dem Kriterium „Maissilageanteil am Grundfutter“ in Betrieben mit > 70 % Maissilageanteil um 1,5 Cent/kg energiekorrigierter Milchmenge (ECM) niedriger als in Betrieben mit < 50 % Maissilageanteil. Die Milchmenge aus Grobfutter steigt ebenfalls in Betrieben mit hohem Maissilageanteil. Bedingt durch den höheren Energiegehalt der Maissilage sinken die Aufwandmengen an Kraftfutter im Betrieb.

Quelle: LWK NRW, Milchviehreport, 2011



Unsachgemäße Rationen bzw. Fütterungsfehler sind sowohl aus ökonomischer als auch aus physiologischer Sicht zu vermeiden. Folgende Fehler in der Milchviehfütterung treten auf:

- a)** eine nicht wiederkäuergerechte Futtermischung mit zu viel rohfasernarmen Komponenten bzw. zu hohen Kraftfutteranteilen

Folgen: verminderte Futteraufnahme und Acidosen.

- b)** eine nicht dem Leistungsniveau der Tiere angepasste Ration mit zu geringer Energiedichte und vergleichsweise zu viel rohfaserreichen Futtermitteln

Folge: Energiemangel beim Tier, Gewichtsverlust, Stoffwechselstörungen (Ketose).

In Tabelle 21 sind 3 Rationen mit unterschiedlichen Anteilen von Maissilage (75 %, 30 % und 50 %) derselben Qualität aufgeführt.

**Tabelle 21: Auswirkungen unterschiedlicher Anteile an Maissilage in einer Milchviehration auf die Zusammensetzung der Gesamtration:**

Rationszusammenhang einer aufgewerteten Grundration Angaben in kg Frischmasse:	Maissilagebetonte Grundration (25 % GS/ 75 % MS)	Grassilagebetonte Grundration (70 % GS / 30 % MS)	Maissilage und Grassilage ausgewogen (50 % GS; 50 % MS)
Grassilage 1. Schnitt, jung 35 % TM (18 % XP, 23 % XF 6,3 MJ NEL)	10 kg	30 kg	21 kg
Maissilage gut, 38 % TM (34,5 % XS; 6,7 MJ NEL; 15 % bXS)	30 kg	12 kg	21 kg
CCM (60 % TM; 8,0 MJ NEL/kg)	1,5 kg	6 kg	3,5 kg
Rapsextraktionsschrot (6,4 MJ NEL; 34 % RP)	4 kg	1 kg	2,5 kg
<b>Rationsparameter</b>			
Reicht für kg Milch/Tag aus NEL, bzw. nXP	28,6/29,6	28,7/28,2	29,0/29,3
kg Milch aus Grobfutter pro Tag	15	15	15,3
TM-Aufnahme am Trog kg/Tag	19,4	19,6	19,6
Ruminale N-Bilanz in g/Tag	12	22	20
Nutzbares XP g/kg TM	153	146	149
Energiegehalt MJ NEL/kg TM	6,8	6,76	6,76
Rohfasergehalt (XF) g/kg TM	172	180	178
Strukturwert (SW)	1,45	1,89	1,7
Unbeständige Stärke + Zucker (XZ + XS – bXS) g/kg TM	223	201	209
Beständige Stärke (bXS) g/kg TM	37	35	35

Um eine Vergleichbarkeit der Rationen zu gewährleisten, wird für jede Variante die gleiche Futteraufnahme und ein Milchleistungspotenzial in Höhe von 28–29 kg pro Kuh und Tag unterstellt. Alle drei Rationen stellen aufgewertete Mischrationen mit einem mittleren Energiegehalt von 6,8 MJ NEL/kg TM dar. Tiere, die mehr als 29 kg energiekorrigierte Milch pro Tag produzieren, müssen zusätzlich zur Ration am Trog ein Milchleistungsfutter erhalten.

Die maissilagebetonte Ration liefert bei einem moderaten CCM-Einsatz bereits hohe Mengen Energie und Stärke, die Ruminale Stickstoffbilanz muss dafür mit 4 kg Rapsextraktionsschrot je Tier und Tag ausgeglichen werden. Die grassilagebetonte Ration liefert über den hohen Anteil an Grassilage bereits höhere Mengen an Rohprotein, weshalb hier nur noch vergleichsweise geringe Mengen an Rapsextraktionsschrot nötig sind. Im Vergleich wird hier der Einsatz stärkehaltiger Futtermittel wie z. B. CCM nötig, um die geringere Energiedichte im Grobfutter auszugleichen und die nötige Menge an beständiger Stärke (bXS) zu liefern. Bei der Grobfuttermischung mit 50 % Gras- und 50 % Maissilage ist der Einsatz von RES und CCM mengenmäßig gleich, um die Ration auszugleichen. Die maisbetonte Ration enthält 223 g/kg TM unbeständige Stärke und Zucker und bleibt damit unterhalb des von der DLG maximal empfohlenen Gehaltes von 250–280 g/kg TM. Die Ration ist mit einem Strukturwert von 1,45 wiederkäuergerecht gestaltet und weist bei diesen Werten keine zu hohen Anteile an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten auf. Ein Einsatz von Getreide ist in Kombination mit durchsilierter Maissilage (15 % bXS) und einem

anzustrebenden Wert von 30 bis 50 g beständiger Stärke (bXS) in dieser Ration nicht zu empfehlen, da Getreide ausschließlich schnell fermentierbare Kohlenhydrate liefert und nur geringe Gehalte an bXS aufweist.

Grassilagebetonte Rationen enthalten geringe Gehalte an unbeständiger Stärke und Zucker und es ist – je nach Stärkegehalt der eingesetzten Maissilage – sinnvoll, neben beständigen Stärkequellen (Körnermais, CCM) auch Getreide anzubieten. In diesem Beispiel erreicht die grasbetonte Ration bei Einsatz von 6 kg CCM den gleichen Gehalt an beständiger Stärke wie die maisbetonte Ration (35 bzw. 37 g/kg TM). Der Gehalt an unbeständiger Stärke und Zucker liegt mit 201 g/kg TM noch recht tief. Bei der Verstoffwechslung von Stärke entsteht im Pansen Propionsäure. Diese ist der wichtigste Ausgangsbaustein für die Glucosebildung beim Rind. Der Gehalt an gebildeter Propionsäure ist demnach ein wesentlicher Faktor für das Leistungspotenzial der Kuh und sollte nicht unterschätzt werden. In Hochleistungsherden sollte daher der Gehalt an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten und Zucker im Pansen zwar nicht zu hoch (> 280 g/kg TM), aber auch nicht unnötig tief liegen (< 200 g/kg TM). Die drei Rationsbeispiele zeigen, dass durch den gezielten Kraftfuttereinsatz jede Grobfuttermischung entsprechend den Versorgungsempfehlungen ausgeglichen werden kann.

Im Falle einer zusätzlichen Kraftfutterfütterung in Kombination mit dieser Ration sollten vor allem der Strukturwert (SW) und der Gehalt an Stärke in der Gesamtfütterung im Auge behalten werden.

So sollte das Milchleistungsfutter speziell bei der maisbetonten Ration keine hohen Getreideanteile enthalten, während dies bei der grasbetonten Ration sinnvoll wäre.

Der Strukturwert sollte bei voller Kraftfutterzuteilung einen Wert von 1,1 in der Berechnung nicht unterschreiten, da sonst die Wiederkäuergerechtigkeit nicht mehr gegeben ist.



### 4.3.1 Maissilagebetonte Rationen

Wie bereits zuvor erwähnt, weisen maissilagebetonte Rationen im Vergleich zu grassilagebetonten Rationen meist eine höhere Energiedichte auf. Der Proteingehalt der Rationen ist jedoch geringer und es werden im Gegenzug höhere Mengen an Eiweißfuttermitteln oder Futterharnstoff zum Ausgleich benötigt. Der Strukturwert der Ration ist abhängig von der Häcksellänge der Maissilage, er ist jedoch immer geringer als in grassilagebetonten Rationen. Dies bedarf besonderer

Beachtung bei der täglichen Fütterung. In der Praxis werden nahezu alle maisbetonten Rationen – je nach Zusammensetzung, TM-Gehalt und Fütterungsgruppe – mit 0,5 bis 3 kg gutem gehäckseltem Strukturfutter (Stroh, Heu, Luzerne) ergänzt. Dies gewährleistet eine gleichmäßige Verteilung im Futtermischwagen und fördert die Wiederkautätigkeit.

Der Einsatz von Getreide ist in Rationen mit hohen Anteilen an durchsilierem Mais nicht zu empfehlen, da der Anteil an Stärke, vor allem an unbeständiger Stärke, und Zucker im Pansen schnell zu hoch wird und zu Stoffwechselstörungen (Acidosen) führen kann.

Vor allem in der ersten Phase der Laktation geben die Kühe die meiste Milch und benötigen eine hohe Energiedichte in der Ration, die mit Maissilage sehr gut erzielt werden kann.

Bei geringen Milchleistungen, beispielsweise im altmelken Bereich, sind dem Einsatz von stärkerer Maissilage auch Grenzen gesetzt. Ein hoher Gehalt an Stärke in der Ration birgt die Gefahr von Verfettung. Rationen mit hoher Energiedichte sollten in jedem Falle z. B. mit Stroh oder faserreicher Grassilage „verdünnt“ werden.

Besonderes Augenmerk gilt hier auch der Kraftfutterzuteilung an Transponderstationen. Im altmelken Bereich muss die Zuteilung nicht nur nach Milchleistung, sondern auch nach Körperkondition (BCS) erfolgen. In Betrieben mit TMR-Fütterung ermöglicht die Bildung von Leistungsgruppen eine bedarfsgerechte und gleichzeitig ökonomische Versorgung der Tiere.

Bei hohen Anteilen Maissilage in der Fütterung sind keine maximalen Stärkegehalte im Silomais anzustreben. In einem Bereich von 30 bis 35 % Stärke ist die Gestaltung von wiederkäuergerechten Rationen sehr gut möglich. Sehr hohe Stärkegehalte können in der Gesamtration die Versorgungsempfehlungen für Stärke überschreiten.



### 4.3.2 Grassilagebetonte Futterrationen

Grassilagebetonte Rationen liefern, wie zuvor beschrieben, höhere Gehalte an Rohprotein bei zugleich geringeren Energiedichten in der Grundration. Die eingesetzten Maissilagen sollten in diesem Falle eine hohe Energiedichte und hohe Stärkegehalte aufweisen, um die fehlende Energie auszugleichen. Speziell bei der Verfütterung von Folgeschnitten Grassilage (3. und 4. Schnitt) wird die Energiebereitstellung aus dem Maissilageanteil umso wichtiger.

In Jahren mit gutem Ertragsniveau ist in Betrieben mit hohen Grassilageanteilen der Hochschnitt bei Mais empfehlenswert, um die Energiedichte noch weiter zu steigern (siehe Kapitel 4.1.7 Hochschnittverfahren). Da Maissilage nur in den ersten Wochen nach Einsilierung höhere Gehalte an beständiger Stärke (bXS) liefert, eignen sich in grasbetonten Rationen insbesondere Körnermais, CCM und Körnermaissilage als Stärkelieferant.

Struktursicherung über Stroheinsatz findet bei nassen oder fein gehäckselten jungen Grassilagen ebenfalls statt, jedoch meist in geringerem Umfang als in maisbetonten Rationen (bis max. 1 kg Stroh). Abhängig vom Stärkegehalt der eingesetzten Maissilage kann in grasbetonten Rationen fehlende Stärke im Pansen auch gut über Getreide ergänzt werden.

## 5 Einsatz von Mais in der Bullenmast

Die intensive Bullenmast wird in Deutschland zum Großteil auf Basis von Maissilage durchgeführt. Das oberste Ziel sind die Gesunderhaltung der Tiere und eine ökonomische Produktion von hochwertigem Fleisch.

Die Wirtschaftlichkeit der Bullenmast wird durch die Anzahl Masttage bis zum Erreichen des optimalen Schlachtgewichtes bestimmt.

Ziele in der Bullenmast:

- hohes Mastendgewicht (abhängig von Rasse und Mastverfahren)
- hohe Schlachtausbeute (mind. 56 %)
- gute Fleischfülle (ausgeprägte Bemuskelung vor allem an Keule, Rücken und Schulter)
- geringer Verfettungsgrad
- feine Fetteinlagerung in den Muskeln (Marmorierung)

Das **Erreichen eines hohen Mastendgewichtes** setzt **hohe tägliche Zunahmen** und eine möglichst **hohe Futteraufnahme bei hoher Energiedichte** im Futter voraus. Mais eignet sich aufgrund seines hohen Energie- und Stärkegehaltes hervorragend als Futtergrundlage für die Bullenmast. Die Optimierung des Futterwertes von Maissilage ist im Mastbetrieb der Schlüssel zum Erfolg. Je qualitativ hochwertiger

die erzeugte Maissilage im Betrieb ist, desto weniger Konzentratfuttermittel sind in der Mast nötig. Maissilage ist ein rohproteinarmes Futtermittel und bedarf auch in der Bullenmast einer **Ergänzung mit Proteinfuttermitteln**. Je nach Angebot und Preiswürdigkeit eignen sich hierfür beispielsweise Raps- und Sojaextraktionsschrot, Biertreber, Getreideschlempen und in begrenztem Maße auch Futterharnstoff. Damit hohe Energiekonzentrationen in der Mischration erreicht werden, kommen zusätzlich zum Proteinergänzer auch energiereiche Kraftfuttermittel zum Einsatz. Hier sind vor allem Getreide, Körnermais und CCM zu nennen.

Bei **Bullenmast auf Maissilagebasis** sollte aufgrund der **schnellen Stärkeverfügbarkeit** der Maissilage anstelle von Getreide möglichst auf Körnermais oder silierte Körnermaisprodukte zurückgegriffen werden, da die **Gefahr einer Pansenübersäuerung** auch in der Rindermast sehr hoch ist. Der Einsatz von gehäckseltem Strukturfutter hat sich auch in der Bullenmast zur Sicherung der wiederkäuergerechten Fütterung bewährt.



Die Bullenmast reicht im Betrieb in der Regel vom kleinen Kalb mit einem Einstallgewicht von 90–120 kg bis hin zum schlachtreifen Bullen mit 550 bis > 600 kg Lebendgewicht. Sowohl die Menge an aufgenommenem Futter als auch die Ansprüche an Energie- und Protein- und Mineralstoffgehalt im Futter sind in den verschiedenen Gewichtsabschnitten sehr unterschiedlich.

Eine **Unterteilung in Gewichtsklassen** mit einer **alters- und leistungsangepassten Ration** in den jeweiligen Mastabschnitten ist ökonomisch und produktionstechnisch daher unverzichtbar.

### 5.1 Nährstoffbedarf von Mastbullen

In den folgenden Tabellen 22, 23 und 24 sind mittlere Schätzwerte und Spannweiten bei der Futteraufnahme von wachsenden Mastrindern sowie Bedarfswerte für die tägliche Energie- und Rohproteinversorgung dargestellt.

Der Energiebedarf von Bullen wird in Umsetzbarer Energie (MJ ME) ausgedrückt und für den Proteinbedarf wird Rohprotein (RP) als bestimmender Parameter angegeben.

**Tabelle 22: Trockenmasseaufnahme und deren Spannweite bei Mastbullen der Rasse Fleckvieh**

Lebendgewicht in kg	Trockenmasseaufnahme in kg	Spannweite in kg
200	4,6	4,3–4,8
300	6,3	5,9–7,0
400	7,6	7,0–8,5
500	8,6	8,0–9,6
600	9,4	8,7–10,3

Quelle: Futterwerttabelle Rinderfütterung 2009, LK NRW

**Tabelle 23: Energetischer Erhaltungs- und Gesamtbedarf von Mastrindern bei unterschiedlichen Tageszunahmen und Lebendmassen (in MJ ME pro Tier und Tag)**

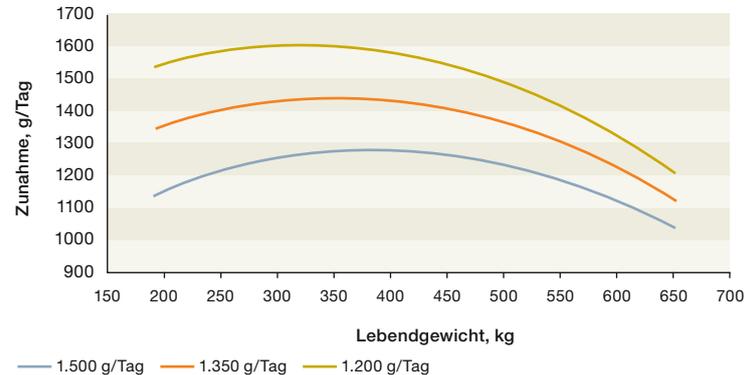
Lebendmasse kg	Erhaltungsbedarf MJ ME/Tier/Tag	Gesamtbedarf MJ ME/Tier/Tag				
		Tageszunahmen (g)				
		80	1.000	1.200	1.400	1.600
Bullen der Rasse Fleckvieh						
225	30,8	–	55,9	61,3	64,5	–
325	40,6	–	66,4	72,1	75,9	80,9
425	49,6	–	76,2	82,1	86,3	91,3
525	58,1	82,1	88,2	94,2	96,3	–
625	66,3	93,0	99,6	106,1	–	–
Bullen der Rasse Schwarzbunte HF						
225	30,8	46,0	51,2	57,1	–	–
325	40,6	59,6	66,4	74,2	83,1	–
425	49,6	73,7	83,1	94,4	–	–
525	58,1	88,9	102,5	–	–	–

**Tabelle 24: Rohproteinbedarf von Fleckvieh- und Schwarzbunten-Bullen bei unterschiedlichen Tageszunahmen und Lebendmassen (in Gramm pro Tier und Tag)**

Lebendmasse kg	Proteinbedarf bei unterschiedlichen Tageszunahmen und Lebendmasse in g pro Tier und Tag				
	800	1.000	1.200	1.400	1.600
<b>Bullen der Rasse Fleckvieh</b>					
225	–	780	850	900	–
325	–	860	930	980	1.050
425	910	980	1.030	1.110	–
525	900	960	1.030	1.080	–
625	990	1.020	1.110	–	–
<b>Bullen der Rasse Schwarzbunte HF</b>					
225	590	650	730	–	–
325	710	790	880	980	–
425	810	920	1.040	–	–
525	900	1.040	–	–	–

Die höchsten täglichen Zunahmen können bei optimaler Versorgung im ersten Drittel der Mast erreicht werden. Hier sind Zunahmen von 1.300 bis zu 1.600 g/Tier und Tag möglich. Zum Ende der Mast sinken die täglichen Zunahmen auf 1.000 bis 1.200 g/Tier und Tag. In der Abbildung 16 sind die Zunahmekurven von drei Leistungsniveaus dargestellt.

**Abb. 16: Zunahmekurven bei Mastbullen mit unterschiedlichen täglichen Zunahmen im Mastverlauf**



Quelle: Gruber Tabelle

## 5.2 Rationsgestaltung in der Bullenmast

Rationen für Mastbullen sind oft auf Basis von Mais-silage (intensive Mast). In einigen Betrieben werden, je nach Flächenausstattung, auch höhere Anteile an Grassilage mit Erfolg in der Bullenmast eingesetzt. Unabhängig von der Futtergrundlage ist es wichtig, den Bedarf der Tiere an Nähr- und Mineralstoffen zu decken und den physiologischen Anforderungen des Wiederkäuers bei maissilagebetonter Mast gerecht zu werden. Bei Einsatz höherer Mengen Grassilage (> 30 % des Grobfutters) in der Bullenmast besteht die Gefahr einer zu geringen Energiedichte in der Ration. Dies kann zu verringerten täglichen Zunahmen führen und ist wirtschaftlich nicht zu vertreten.

Ein wichtiger Punkt bei der Rationsgestaltung in der intensiven Bullenmast ist die Versorgung der Bullen mit genügend Futterstruktur.

Der **Einsatz von gehäckseltem Futterstroh** hat sich bei Maissilage als alleinige Futterkomponente bewährt und **beugt einem Strukturmangel (Acidose) vor**.

Eine Bewertung der Strukturversorgung sollte zuerst über die Rationsberechnung erfolgen. Der berechnete Strukturwert bei Bullen sollte 0,6 nicht unterschreiten (De Campere et al. 2004).

Der Einsatz der Schüttelbox (siehe Kapitel 4.1.3 Strukturversorgung sichern mittels Futtercontrolling) ist in der Bullenfütterung ebenfalls ein sehr gutes Hilfsmittel zur Beurteilung von Futterstruktur. Anhand des Tierverhaltens kann ein Strukturmangel bei guter Beobachtung ebenfalls schnell erkannt werden.

Anzeichen für Strukturmangel bei Bullen sind:

- Dünner Kot / Durchfall
- Unruhe und aggressives Verhalten
- Schaum beim Wiederkauen
- Zungenrollen
- Schmerzen beim Stehen, lahme Tiere, Klauenrehe und Sohlengeschwüre

Zur Sicherung von Futterstruktur in maisbetonten Bullenrationen bietet sich an:

- Ernte des Mais in einem gut abgereiften Stadium (TM-Gehalte Silage > 32 %), denn trockene Qualitäten haben mehr Strukturwirkung
- größere Häckselqualität > 10 mm ist für Struktur von Vorteil (Verdichtung beachten!)
- Einsatz von 0,3 bis 1 kg Häckselstroh pro Tier und Tag

## Mineralstoffversorgung

Maissilage ist ein vitamin- und mineralstoffarmes Grundfuttermittel. Speziell in der Mast sollen die Tiere

hohe Tageszunahmen über ein schnelles Wachstum erreichen. Im Gewichtsabschnitt von ca. 220 bis 400 kg nehmen die Tiere bis zu 1.600 g am Tag zu. Die Sicherstellung der Versorgung besonders mit Calcium und Phosphor für das Wachstum und die Stabilität der Knochen ist hierfür unentbehrlich. Besonders in den frühen Mastabschnitten ist daher auf eine ausreichende Versorgung mit Mineralfutter und zusätzlichem Futterkalk (Calcium) zu achten.



## Eiweißergänzung

Ähnlich wie in der Milchviehfütterung hat sich auch in der Bullenmast das **Rapsextraktionsschrot** als kostengünstige **Alternative zum Sojaextraktionsschrot** in der Ration durchgesetzt und wird in vielen Betrieben als alleiniges Eiweißfutter eingesetzt. Der Einsatz von **Futterharnstoff** als Stickstoffquelle für die Pansenmikroben ist in Betrieben mit hohen Einsatzmengen Maissilage zu finden, denn Harnstoff enthält 460 Gramm Stickstoff pro Kilo, was rechnerisch einer Rohproteinmenge von 2.875 g entspricht. Dem Einsatz von Harnstoff sind jedoch Grenzen gesetzt. Grundvoraussetzung ist das Vorhandensein eines Futtermischwagens, um eine bestmögliche Einmischung und Verteilung des Harnstoffes zu gewährleisten, denn bereits geringe Mengen von 50 g/kg Lebendgewicht können bei schlechter

Verteilung im Futter zu schweren Durchfällen bis hin zum Tod des Tieres führen. **Einsatzempfehlungen bei Harnstoff liegen bei etwa 15 Gramm je 100 Kilo Lebendgewicht (kg LG) oder 0,5 Prozent in der Trockenmasse der Gesamtration.**

Sinnvoll ist die Verwendung von Futterharnstoff ausschließlich in eiweißarmen und energiereichen Rationen (z. B. Maisrationen).

### 5.3 Praktische Rationsbeispiele auf Basis von Mais

In Tabelle 25 sind Beispielsrationen für Fleckviehbulen in verschiedenen Gewichtsabschnitten dargestellt. Die Unterschiede an Gesamtfutteraufnahme und Futterzusammensetzung zur Deckung des Bedarfes sind in diesem Beispiel gut erkennbar. Die Basis der Futterberechnung bildet eine gute Maissilage mit 11,0 MJ ME/kg TM mit relativ hohem TM-Gehalt (38 % TM). Eine Zufütterung von Strukturfutter ist in diesem Falle rechnerisch nicht nötig. Maissilagen minderer Qualität in Kombination mit höheren Konzentratfuttermittelgaben oder nasse Maissilagen erfordern eine Zulage von Strukturfutter.

**Tabelle 25: Praktische Rationsgestaltung auf Basis von Maissilage für Fleckviehbulen in verschiedenen Gewichtsabschnitten**

Lebendmasse	kg	200	300	400	500	600
Tägliche Zunahmen	g	1.100	1.300	1.450	1.300	1.100
Maissilage gut (11,01 MJ ME/kg TM 38 % TM; 34 % XS)	kg	8	12	16	20	22
Körnermais (11,7 MJ ME/kg)	kg	0,8	0,8	0,5	0,3	–
Rapsextraktions-schrot (10,7 MJ ME/kg; 35 % RP)	kg	1,5	1,5	1,7	1	11

Die Futtermittelvorlage in der Bullenmast sollte, wie auch bei Milchkühen, ad libitum und täglich frisch erfolgen. Die Futter- und die Tierkontrolle erfolgen ebenfalls nach denselben Kriterien (siehe Kapitel 3.4 Controlling der Futteraufnahme).

# 6 Futtermittelanalyse

Die genaue Kenntnis über die Qualität und die Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel ist Grundvoraussetzung für eine optimale und bedarfsgerechte Versorgung der Tiere. Eine Futteranalyse der betriebs-eigenen Futtermittel dient der besseren Einschätzung hinsichtlich Eignung für bestimmte Fütterungsabschnitte (Laktation, Trockensteher) oder Leistungs-niveaus (hochleistende Kühe, Aufzuchtrinder) und der Futterplanung im Betrieb.



Die Analyse der Trockensubstanz wird in vielen Betrieben regelmäßig zur Überprüfung der TM-Aufnahme am Trog selbstständig durchgeführt (Hilfsmittel: Mikrowelle, Dörrautomat, Föhn). Hier wird lediglich durch Trocknung des Futtermittels das Wasser entzogen und somit die Trockensubstanz ermittelt. Alle anderen Parameter wie Energie-, Eiweiß- und Rohfasergehalt sowie Analysen zur Bewertung von Silagequalität (Gärsäuremuster) und Verdaulichkeit

eines Futtermittels werden im Labor mit definierten Analysemethoden bestimmt, die im Folgenden angesprochen werden.

## 6.1 Methoden zur Bewertung der Inhaltsstoffe von Futtermitteln

### 6.1.1 Weender Analyse

Die Weender Analyse wurde im Jahre 1860 von Herrn Wilhelm Henneberg in Weende bei Göttingen entwickelt und ist bis heute ein anerkanntes und weitverbreitetes Analyseverfahren. Rationsberechnungen erfolgen nach den in der Weender Analyse ermittelten Parametern. Sie dient vielen neueren Verfahren der Analytik als Referenzmethode.

Es handelt sich hierbei um eine sogenannte nasschemische Untersuchungsmethode, bei der folgende Fraktionen ermittelt werden:

- Trockensubstanz
- Rohasche
- Rohfaser
- Rohprotein
- Rohfett

Nach der Bestimmung der Trockenmasse (Trocknung bei 105 °C im Trockenschrank) wird die Futterprobe im Muffelofen bei 550 °C verascht. Die organische Substanz verbrennt dabei vollständig und der anorganische Rest, bestehend aus Mengen- und Spurenelementen, sowie anhaftender Schmutz bleiben übrig.  
Die organische Substanz beinhaltet die verdaulichen Nährstoffe.

Der Rohproteingehalt wird aus dem Anteil an Stickstoff in der Probe errechnet und enthält daher neben Proteinen auch Nicht-Protein-Stickstoffverbindungen wie z. B. freie Aminosäuren, Säureamide und alle stickstoffhaltigen Verbindungen. Rohprotein wird nach der Kjeldahl-Methode bestimmt, wobei die Probe mit Säure versetzt, alkalisiert und destilliert wird und dabei der N-Gehalt der Probe ermittelt wird. Der N-Gehalt wird mit dem Faktor 6,25 multipliziert, um den Rohproteingehalt zu ermitteln, denn Eiweiß enthält 16 % Stickstoff ( $100/16 = 6,25$ ).  
Die Ermittlung des Rohfettgehaltes erfolgt über Fettlösungsmittel. Zur Fraktion des Rohfettes gehören dann alle Fraktionen, die in diesem Mittel löslich sind. Dazu zählen neben dem Hauptbestandteil der Fettsäuren auch z. B. fettlösliche Vitamine, Wachse, ätherische Öle.

Die Rohfaser ist der in Säuren und Laugen unlösliche fett-, stickstoff- und aschefreie Rückstand der Probe. Sie umfasst Cellulose, Lignin und Pentosane.

Die Gruppe der N-freien Extraktstoffe wird rechnerisch erfasst und ist die Differenz von organischer Substanz und der Summe aus Rohprotein, Rohfett und Rohfaser.

Die N-freien Extraktstoffe beinhalten Stärke, Zucker und Hemicellulosen.

Vorzüge der Weender Analyse:

- liefert gut wiederholbare Ergebnisse
- ist einfach durchführbar
- wird international einheitlich bereits über einen sehr langen Zeitraum angewendet
- liefert große Datenfülle zu allen Futterkomponenten

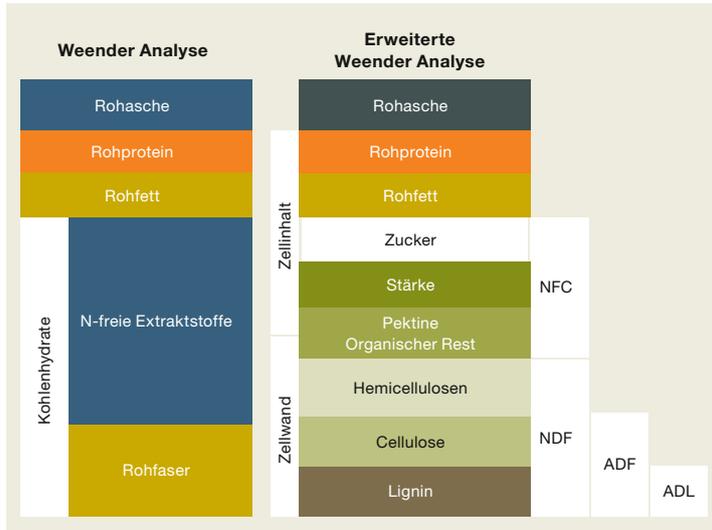
Schwachpunkte der Weender Analyse:

- keine Informationen zum Gehalt besonderer Nährstoffe, wie z. B. Aminosäuren, Stärke und Zucker
- mangelnde Untergliederung der Kohlenhydrate in N-freie Extraktstoffe und Rohfaser

Zur besseren Differenzierung der Kohlenhydrate wurde von van Soest 1967 ein neues Analyseverfahren vorgeschlagen. Hierbei werden ebenfalls nur Stoffgruppen und keine chemisch definierten Substanzen erfasst. Eine wesentliche Verbesserung zur Weender Analyse ist die Untergliederung in Zellinhaltsstoffe und Gerüstsubstanzen. Die Fraktionen der Rohfaser sowie der N-freien Extraktstoffe können nach diesem System weiter unterteilt werden. So wird die Summe der Gerüstsubstanzen als NDF (Neutral Detergent Fiber) bezeichnet. Die NDF umfasst Cellulose, Hemicellulose und Lignin. Im Analyseprozess wird aus den Gerüstsubstanzen mit schwefelsaurer Detergenzienlösung die Hemicellulose herausgelöst. Der Rest besteht aus Cellulose und Lignin (ADF). Die Kombination dieser beiden Analyseverfahren ist heute internationaler Standard.

Die Abbildung 17 veranschaulicht die Fraktionen der erweiterten Weender Analyse nach van Soest und zeigt die Unterschiede zur klassischen Weender Analyse.

**Abb. 17: Analytische Bestandteile einer Pflanze nach der Weender Analyse**



Detaillierte Darstellung der Kohlenhydrate in der erweiterten Weender Analyse.

- **NFC** = Nicht-Faser-Kohlenhydrate
- **NDF** = Neutral-Detergenzien-Faser
- **NDF** stellt die **komplette Faserfraktion einer Pflanze** dar
- **ADF** = Säure-Detergenzien-Faser
- **ADL** = Lignin

## 6.1.2 NIRS-Methode

Die NIRS-Methode (Nah-Infrarot-Spektroskopie) ist seit Anfang der Neunzigerjahre in den Futtermittelaboren und Züchterhäusern ein etabliertes System zur Bestimmung von Inhaltsstoffen, das stetig weiterentwickelt und verbessert wurde. Die NIRS-Analytik ist ein rein physikalisches Verfahren, bei dem die Futterprobe mittels Licht im Nah-Infrarot-Bereich bestrahlt wird (Wellenlängen im Bereich von 760 bis 2.500 nm). Die Reflexion in Abhängigkeit von der Wellenlänge gibt die Struktur und den Gehalt der organischen Inhaltsstoffe der Probe an. Anorganische Stoffe können mit diesem System nicht erfasst werden, da Lichtwellen lediglich Wassermoleküle und organische Substanzen zum Schwingen bringen und darüber ein Wellenlängenspektrum erzeugt wird. Der Gehalt an Rohasche in einer Futterprobe kann demnach nur errechnet werden.

Die Voraussetzung für reproduzierbare Ergebnisse ist eine einwandfreie und regelmäßige Kalibrierung und Eichung anhand einer anerkannten Referenzmethode. Eine gewisse Anzahl von Proben, die mittels NIRS-Technik untersucht werden, geht anschließend parallel in die nasschemische Untersuchung (Weender Analyse), um die Ergebnisse abzugleichen und die Kalibration zu eichen.

Die Vorteile der NIRS-Untersuchung:

- geringe Analysekosten
- geringer Arbeitszeitbedarf, sehr hoher Durchsatz
- kein Einsatz von Chemikalien
- hohe Arbeitssicherheit
- gleichzeitige Bestimmung mehrerer Parameter
- guter Einsatz in der Praxis (mobile Geräte, Erntezeitbestimmung)

Nachteile der NIRS-Untersuchung:

- keine Bestimmung von anorganischen Stoffen möglich
- hoher Aufwand für Kalibration und Eichung nötig
- sehr hohe Spezifität der Kalibration
- hohe Anschaffungskosten; teure Technik

Die Energiegehalte der mittels NIRS oder Weender Analyse untersuchten Futtermittel werden anhand von definierten Energieschätzformeln berechnet, die von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) stammen. Je nach Art des Futtermittels werden unterschiedliche Formeln angewendet.

Für die energetische Bewertung von Maisprodukten findet seit 2007 die nachstehende Formel Anwendung. Wichtige Parameter dieser Schätzformel sind ELOS (enzymlösliche organische Substanz), Neutral-Detergenzien-Faser (NDFom) und Rohfett (XL).

Die Schätzformel für den Energiegehalt von Maissilage:

$$\text{ME (MJ/kg T)} = 7,15 + 0,00580 \times \text{ELOS} - 0,00283 \times \text{NDForg} + 0,03522 \times \text{XL}$$

Dank einer schnellen und gleichzeitigen Bestimmung mehrerer Inhaltsstoffe mittels NIRS-Technik und unmittelbarer Berechnung der Parameter mittels der Energieschätzformel erhält der Landwirt ein schnelles und aussagekräftiges Ergebnis seiner Futterprobe. Eine wichtige Voraussetzung ist, dass vorab eine repräsentative Probenahme stattfindet. Es gibt zwar auch bei derselben Probe Unterschiede in den Ergebnissen verschiedener Labore, doch die weit größeren Abweichungen können durch eine nicht repräsentative Probenahme entstehen. Die NIRS-Technik eignet sich hervorragend für die Erntezeitbestimmung und liefert hier sichere Ergebnisse für den aktuellen TM-Gehalt des Erntegutes (Abweichungen max. 1 %).



Mobiles NIRS-System „KroQ“ von KWS

## 6.2 Methoden zur Bewertung von Verdaulichkeit von Futtermitteln

Die Bestimmung von Inhaltsstoffen, so wie sie in der Weender Analyse oder mittels NIRS erfolgt, sagt wenig über deren Verdaulichkeit und Abbauraten im Stoffwechsel aus.

Das klassische Verfahren zur Bestimmung der Verdaulichkeit ist daher der Tierversuch („In-vivo-Methode“ oder „Bilanzversuch“). Dabei werden aufgenommene Futtermengen und ausgeschiedene Exkremate über einen längeren Zeitraum genau erfasst und analysiert. Da diese Versuche sehr aufwendig und kostenintensiv sind, bleiben sie auf Forschungsinstitute und zur Klärung spezieller Fütterungsfragen beschränkt. Sie eignen sich nicht für eine breitflächige Untersuchung von Futterproben bzw. für eine schnelle Analyse einer Futterkomponente. Es wurden also einige Methoden entwickelt, die es ermöglichen, viele Futterproben innerhalb kurzer Zeit zu untersuchen.

Nachfolgend sind die wichtigsten Verfahren zur Bestimmung der Verdaulichkeit unter Laborbedingungen („In-vitro-Methode“) dargestellt:

### 6.2.1 Hohenheimer Futterwerttest

Der Hohenheimer Futterwerttest (HFT) nach Menke u. Steingass (1988) ist die in Deutschland gängigste Labor-Methode, um Abbauvorgänge im Pansen zu simulieren. Eine Futterprobe wird hierbei im Labor unter standardisierten Bedingungen mit einer definierten Menge Pansensaft versetzt und die

bei der Fermentation entstehende Menge an Gas (Methan, CO<sub>2</sub>) wird gemessen. Aus der Menge an entstandenem Gas lassen sich Rückschlüsse auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz ziehen. Der ermittelte Parameter ist der sogenannte HFT-Wert, der sich bei der Energiebewertung von Grassilage etabliert hat.

### 6.2.2 Tilly & Terry-Methode (1963)

Bei dieser Methode handelt es sich um ein Zwei-Stufen-Modell. In der ersten Stufe wird die Futterprobe mit Pansensaft versetzt und in der zweiten Stufe mit Pepsin in verdünnter Salzsäure. Anschließend wird aus der Probe der Anteil unverdauter organischer Substanz ermittelt.

Der ermittelte Parameter für die Verdaulichkeit in dieser Methode ist der sogenannte IVDOM (in vitro digestability of organic matter).

Die größte Fehlerquelle beim Hohenheimer Futterwerttest und der Methode nach Tilly und Terry ist der von lebenden Tieren gewonnene Pansensaft, der sich naturgemäß in seiner Zusammensetzung unterscheiden kann, sobald keine standardisierte Fütterung der Spendertiere gewährleistet ist. Dies führt in der Folge zu abweichenden Ergebnissen der Analysen.

### 6.2.3 Cellulase-Methode

Die Cellulase-Methode, die von De Boever im Jahre 1986 entwickelt wurde, basiert auf der Anwendung synthetisch hergestellter Cellulase (Enzym). Die hierbei eingesetzten standardisierten Präparate haben im Gegensatz zum Pansen saft von lebenden Tieren immer dieselbe Zusammensetzung.

Die Probe wird zunächst mit einem Pepsin-Salzsäure-Gemisch inkubiert und anschließend mit einer Cellulase versetzt. Aus dem verbleibenden nicht löslichen Anteil der Probe lässt sich dann nach Veraschung der Gehalt an ELOS (enzymlösbarer organischer Substanz) errechnen.

Zusammen mit den Rohnährstoffkomponenten, die mittels Weender Analyse oder NIRS festgestellt werden, und dem hier ermittelten ELOS-Wert wird der Energiegehalt mithilfe der Schätzgleichungen der Gesellschaft für Ernährung (GfE) berechnet. In der Energieschätzgleichung für Grassilage liefert nicht der ELOS-Wert, sondern der HFT-Wert aus dem Hohenheimer Futterwerttest einen wichtigen Parameter für die Berechnung des Energiegehaltes.

## 7 Ernte und Konservierung

Die richtige Sortenwahl und eine gute Bestandesentwicklung während der Vegetationsphase sind die ersten wichtigen Voraussetzungen für eine gute Qualität der Maissilage. Die größte Herausforderung bildet im Anschluss die Ernte und eine optimale Konservierung des Erntematerials. Hier werden hohe Anforderungen an Organisation, Logistik und Technik gestellt, um bestmögliche Bedingungen für den Silierprozess und die Lagerung zu schaffen. Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die Auswirkungen auf den Gärprozess, die Lagerstabilität und Qualität der Silage haben. Während des gesamten Prozesses gilt es, Verluste zu minimieren und Qualität zu sichern. Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte zur Qualitätssicherung von der Ernte bis hin zur Siloentnahme erläutert.



Anaerobe Bedingungen (wenig Sauerstoff im Silo-stock) und ausreichend leichtlösliche Kohlenhydrate (Stärke, Zucker) für die Milchsäuregärung sind hierbei von besonderer Bedeutung.

## 7.1 Anforderungen an den Ernteprozess

### 7.1.1 Wahl des optimalen Erntezeitpunktes

Der optimale Erntezeitpunkt für Silomais wird vornehmlich anhand des Gesamttrockenmassegehaltes der Maispflanze bestimmt. Dieser sollte in einem Bereich von 30 bis etwa 36 % TM liegen. Hauptanhaltspunkt bildet bei einer normal abreifenden Pflanze die Abreife des Kolbens. Zum Zeitpunkt der Ernte sollte er einen TM-Gehalt von > 55 % aufweisen und ein schwarzer Punkt am Korngrund, der sogenannte „black layer“, erkennbar sein. Zu diesem Zeitpunkt ist die Stärkeeinlagerung abgeschlossen und das Korn hat seinen maximalen Stärkegehalt erreicht. Die weitere Abreife erfolgt lediglich über die Restpflanze. Der TM-Gehalt der Maispflanze wird maßgeblich über den Kolben bestimmt, da der Kolben einen Anteil von ca. 50 % an der Pflanze einnimmt und deutlich höhere TM-Gehalte aufweist als die Restpflanze. In Tabelle 26 sind die Reifestadien der Maispflanze mit entsprechenden Merkmalsausprägungen und TM-Gehalten dargestellt.

**Tabelle 26: Die Reifestadien des Maiskorns und ihre physiologische Ausprägung (nach Schuppenies 1993)**

Reifegrad	Merkmalsausprägung	Kolben-TM (%)	Korn-TM (TM)
Grünreife	Korn erkennbar, Korninhalt wässrig	10–20	8–15
Dünnmilchreife	Gelbfärbung des Korns, Korninhalt dünnflüssig und milchig	20–25	15–25
Milchreife	Korn gelblich, beginnende Verfestigung des Korns, Korninhalt milchig	25–30	25–38
Milchwachsreife	Korn gelb, Korninhalt verfestigt, starker Saftaustritt beim Zerdrücken des Korns	30–35	38–45
Teigreife	Korninhalt teigartig, beim Zerdrücken des Korns noch Saftaustritt	35–40	45–50
Ende Teigreife	Korninhalt weitgehend fest, Korn nur durch starken Druck zwischen Fingerspitzen verformbar, dabei noch schwacher Saftaustritt	40–47	50–57
Gelbreife	Korn fest, nur mit Mühe durch Daumennagel einritzbar	47–55	57–65
Vollreife	Korn hart, am Korngrund schwarzer Punkt („black layer“) sichtbar, Druschreife	> 55	> 65

Die Restpflanze erreicht unter normalen Bedingungen maximale TM-Gehalte von ca. 27 %.

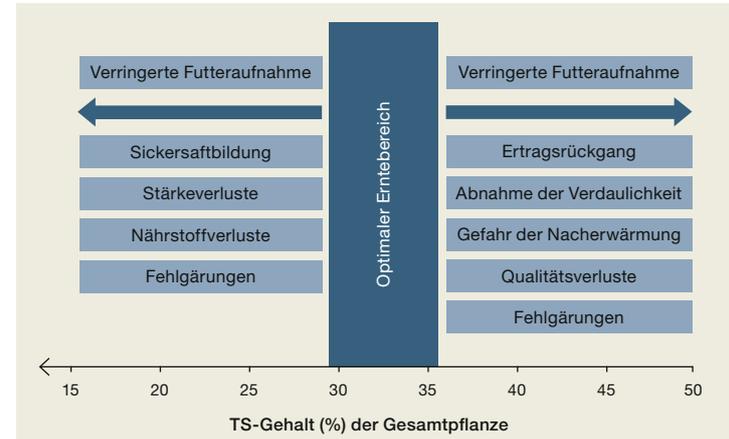
Die Bestimmung des TM-Gehaltes in der Restpflanze lässt sich klassisch über das Abknicken und Verdrehen des unteren Stängelabschnittes ermitteln. Folgende Merkmale lassen sich hierbei differenzieren und einem TM-Gehalt zuordnen:

- starker Saftfluss = ca. 18 % TM
- starkes Schäumen = ca. 21 % TM
- schwache Schaumbildung = ca. 24 % TM
- kein Flüssigkeitsaustritt = ca. 27 % TM

### Verdaulichkeit

Die Gesamtverdaulichkeit der Maispflanze nimmt bis zum Zeitpunkt des „black layer“ zu und anschließend mit fortschreitender Restpflanzenabreife wieder ab. Bei einem Gesamttrockenmassegehalt von 30–36 % ist unter physiologischen Bedingungen die Kornreife abgeschlossen und die für den Silierprozess optimalen Bedingungen sind ebenfalls vorhanden. TM-Gehalte unter 30 % führen zu unerwünschten Verlusten aufgrund von Sickersäften und noch nicht vollständig eingelagerter Stärke sowie zu Fehlgärungen und in der Folge zu verringerter Futteraufnahme. Zu hohe TM-Gehalte von > 36 % bergen die Gefahr, dass das Häckselgut nicht mehr ausreichend verdichtet wird und Fehlgärungen während des Silierprozesses stattfinden. Vor allem nach Öffnen des Silos entstehen bei trockenem Material Probleme durch Nacherwärmung und Qualitätsverluste durch Schimmelbildung. Dies hat ebenfalls eine verringerte Futteraufnahme und Gesundheitsstörungen zur Folge (siehe Kapitel 7.3 Silomanagement).

Abb. 18: Optimaler Erntezeitpunkt von Silomais



Quelle: eigene Darstellung

Vom angegebenen Erntezeitfenster **abweichende Erntezeitpunkte** werden lediglich bei nicht normal entwickelten Maisbeständen gewählt, wie beispielsweise **kolbenlose Bestände, Notreife bei Trockenstress oder Pflanzenkrankheiten** (Helminthosporium, Stängelfäule). So sollte im Falle von kolbenlosen Beständen so früh wie möglich geerntet werden, um die Pflanze mit einer bestmöglichen Schmachthaftigkeit und Verdaulichkeit einzusilieren. Bei fehlendem Kolben sinkt die Verdaulichkeit ab dem Zeitpunkt der Blüte (ähnlich wie bei Gräsern) stark ab.

Durch Trockenstress stark abgereifte Bestände werden in der Regel vor der optimalen Kornausreife gehäckselt, da der TM-Gehalt sonst zu hoch wird und es zu Verdichtungsproblemen kommen kann.

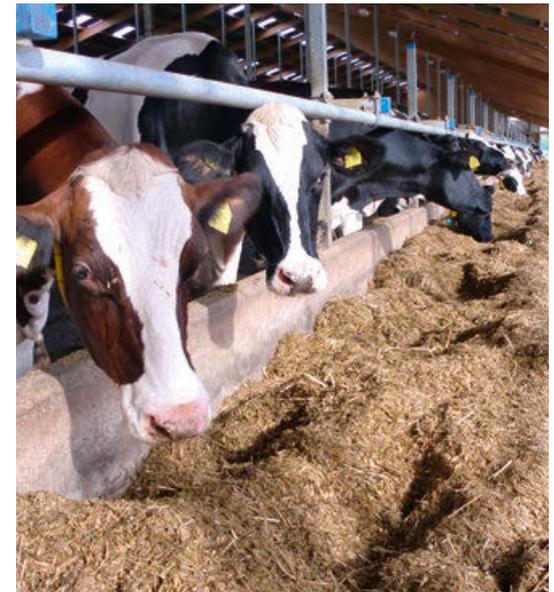
Mangelnde Verdichtung führt in der ersten Phase der Silierung dazu, dass viel Restsauerstoff im Silo verbleibt und die Gärung verspätet einsetzt. Die für die Stabilität der Silage schädlichen Hefen können sich in diesem Milieu ungehindert vermehren. Ziel muss sein, wenig Restsauerstoff in der Miete zu haben, damit die Gärung schnellstmöglich einsetzen kann und der pH-Wert im Siliergut schnell absinkt (siehe Kapitel 7.2.2 Ablauf des Silierprozesses).

#### **Folgen eines zu frühen Erntezeitpunktes sind:**

- Ertragsverluste
- noch nicht abgeschlossene Stärkeeinlagerung
- zu geringe TM-Gehalte mit der Folge
  - Wasser puffert Milchsäure ab
  - mehr Milchsäurebildung nötig für pH-Wert-Senkung
- zu langsame pH-Wert-Absenkung mit der Folge
  - Gärschädlinge zu lange aktiv
  - Bildung von Essig- und Buttersäure
  - Umwandlung Milchsäure in Buttersäure
- Energieverluste durch suboptimale Gärung und Sickersäfte
- Umwandlung von Protein zu Ammoniak
- schlechtere Akzeptanz und Futteraufnahme beim Tier
- geringere Strukturwirkung bei nassen Silagen

#### **Folgen eines zu späten Erntezeitpunktes sind:**

- Ertragsrückgang
- zu hohe TM-Gehalte
  - schlechtere Verdichtbarkeit
  - suboptimale Bedingungen für Milchsäurebakterien
  - kein optimaler Gärverlauf
  - erhöhte Gefahr der Nacherwärmung und
  - Gefahr der Schimmelbildung nach Öffnen des Silos
- Verdaulichkeit der Faserfraktion schlechter
- sinkender Energiegehalt in der Maissilage
- erhöhter maschineller Aufwand für Zerkleinerung der Körner



## 7.1.2 Aufschluss der Körner und Wahl der Häcksellänge

Die **Aufbereitung des Häckselgutes bei der Ernte** hat einen wesentlichen **Einfluss auf die Verwertbarkeit und die energetische Umsetzung** in der Rinderfütterung. Deshalb sollte ein besonderes Augenmerk auf die Einstellung der Häcksellänge und des Korn-Crackers gelegt werden. Die **Einstellung des Crackers** muss so erfolgen, dass alle im Häckselgut enthaltenen **Körner gut angeschlagen** oder noch **besser vollständig zerkleinert** werden. Dadurch wird vermieden, dass die energetisch wertvollen Körner den Verdauungstrakt unverdaut passieren und es dadurch zu erheblichen Energieverlusten durch Körner im Kot kommt (siehe Kapitel 3.4.4 Beurteilung des Kotes).

Angestrebte **Trockenmassegehalte bei Maissilage von über 30 %** machen den Einsatz eines **Aufbereiters** (Press-, Quetschwalzen) **grundsätzlich erforderlich** (Leurs, 2005).

Speziell in hochleistenden Herden mit schnellen Passageraten im Pansen ist die Verwertung von angeschlagenen Körnern oftmals schon problematisch. Die Körner sollen im Idealfall zertrümmert sein.

Die Wahl der angestrebten Häcksellänge ist im Gegensatz zur Kornaufbereitung ein viel diskutiertes Thema. Die **Häcksellänge** hat sowohl **Einfluss auf die Silierung** des Materials (Verdichtung, Stabilität) als auch **auf die Physiologie und Verdauung** in der Kuh.

Eine durchschnittlich **angestrebte Häcksellänge für Rinder bei Mais beträgt 5 bis 8 mm** (siehe Kapitel 4.1.1 Der Strukturwert von Silomais).

**Feuchte Maisbestände** (früher Erntezeitpunkt, schlechte Witterung während der Ernte) sollten tendenziell **gröber gehäckselt** werden, um im feuchten Material die Struktur zu erhalten. Hier werden **8–15 mm empfohlen**. Hohe TM-Gehalte zum Zeitpunkt der Ernte erfordern hingegen kürzere Häcksellängen, damit eine hohe Verdichtung des Materials im Silo gewährleistet wird.

Auswirkungen verschiedener Häcksellängen auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Rindern wurden in verschiedenen Fütterungsversuchen untersucht. Zusammenfassend zeigen die Versuchsergebnisse, dass in der Regel kürzeres Material zu einer höheren Futterraufnahme und auch zu höheren Milchleistungen bzw. höheren Tageszunahmen bei Mastbullen führt. Die Untersuchungen der LWK NRW (Haus Riswick) aus dem Jahr 2006 weisen auf den Verlust der wiederkäuergerechten Fütterung und eine Gefährdung der Tiergesundheit bei kurzen Häcksellängen unter 5,5 mm in Rationen mit sehr hohen Maisanteilen hin. In solchen Rationen muss das Strukturdefizit mit entsprechenden Gaben von Anwelksilage, Stroh, Heu oder Luzerne ausgeglichen werden.

Unter **normalen Erntebedingungen** mit angestrebten TM-Gehalten (30–36 %) sowie Rationsgestaltungen mit ausreichendem Strukturanteil sollte die **empfohlene Häcksellänge von 5 bis 8 mm** gewählt werden, da die **siliertechnischen Vorteile**

einer besseren Verdichtung und einer geringeren Gefahr von Nacherwärmung und Verderb hier **überwiegen**.

**Folgende Vorteile sind bei kurzen Häcksellängen (5 mm) anzuführen:**

(Quelle: Leurs 2006)

- Dichtesteigerung bei 5 mm von bis zu 25 % gegenüber 21 mm
- geringere Aktivitäten von Mikroorganismen an der Schnittfläche
  - geringere Temperaturerhöhung
  - geringere Energieverluste
  - erhöhte Schmackhaftigkeit des Futters

Vorteile bei Transport und Silagebereitung:

- geringerer Transportaufwand
- leichtere, bessere Verdichtbarkeit
- höhere Schüttdichte

Vorteile während der Konservierungsphase/Lagerung:

- Verbesserung des Gärverlaufes
- beschleunigter Austritt des Zellsaftes
- schnell einsetzende Milchsäuregärung
- Vermeiden von Erwärmung und Fehlgärungen
- geringere Aktivität von Hefen
  - geringerer Eiweißabbau
- Säuregehalte aus Milchsäuregärung sorgen für gute aerobe Stabilität

### 7.1.3 Vermeidung der Futtermverschmutzung

Verschmutzung bedeutet einen **Eintrag von unerwünschten Mikroorganismen** (z. B. Clostridien) in den Silostock und führen mit Eintrag von Sand oder Erde zu erhöhten Rohaschegehalten im Futter. Während unerwünschte Mikroorganismen zu Fehlgärungen und Verlusten der Silagen führen, verursachen Sand oder ähnliche Verschmutzungen eine zusätzliche Belastung des tierischen Organismus. Hohe Anteile in der Futtermration führen zu verringerter Futtermaufnahme und Verdauungsstörungen. Ein deutliches Anzeichen für hohe Rohaschegehalte im Futter sind dünner und auffällig dunkler Kot. Der Energiegehalt der Silagen wird außerdem verringert. Laut Thaysen (2010) verliert eine Silage je Prozent mehr an Sand/Schmutz -0,1 MJ NEL/kg TM. Besonders die **unteren Stängelanteile sind mit höheren Schmutzanteilen** behaftet und haben oftmals auch einen höheren Besatz an Schimmelpilzen und Hefen. Vor der Ernte sollte der Verschmutzungsgrad bewertet werden und bei Bedarf eine **höhere Häcksellänge** angestrebt werden. **Schmutzeintrag ins Silo bei schlechten Witterungsbedingungen** während der Ernte sollten ebenfalls **vermieden werden**. Befestigte Wege vom Feld zur Miete sind vorteilhaft. Bei sehr **ungünstigen Witterungs- und Bergebedingungen** sollten die Transportfahrzeuge den **Silostock nicht überfahren**.

Siliermittel können bei suboptimalen Erntebedingungen helfen, Qualitäten zu sichern. Im Falle nasser Erntebedingungen mit erhöhten Schmutzanteilen sollte auf **chemische Siliermittel mit der Wirkungsrichtung 1 a** (schwer silierbares Futter) **und 5** (Verhinderung der Vermehrung von Clostridien) zurückgegriffen werden.



## 7.2 Silagebereitung

### 7.2.1 Anforderungen an die Einlagerung

Das Ziel einer jeden Silagebereitung besteht darin, das Erntematerial in optimaler Qualität zu konservieren und die Silierverluste möglichst gering zu halten. Eine stabile Silage wird nur dann erreicht, wenn der Sauerstoff rasch veratmet, ein erneuter Zutritt von

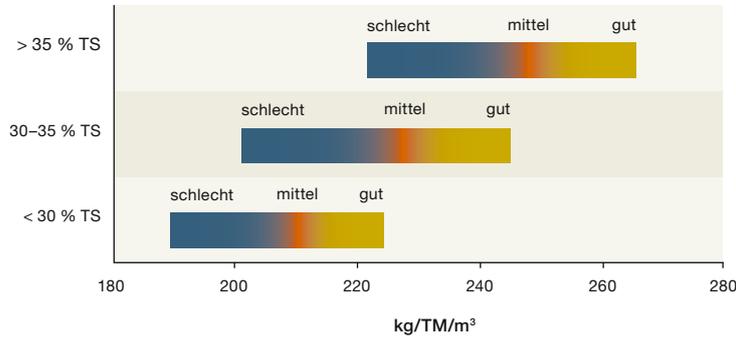
Luft vermieden und das gebildete Kohlendioxid im Futterstock gehalten wird.

Während der Befüllung des Silos sind folgende Punkte zu beachten:

- zügiges Befüllen des Silos
- sorgfältiges Verteilen
- richtiges Verdichten  
(Schichtdicke unter 30 cm, sonst keine Tiefenwirkung)
- hoher Verdichtungsgrad  
(Maissilage Lagerdichte 230–280 kg TM/m<sup>3</sup>)
- hoher Reifenluftdruck ( 2,0–3,5 bar)
- Walzgewicht: Faustzahl = Bergeleistung in t Frischmasse je Stunde geteilt durch Faktor 4
- Walzgeschwindigkeit: 2,5 bis max. 4 km/h; langsames Fahren bringt bessere Druckeinwirkung
- Walzzeit: 2–3-malige Überfahrt und Einsatz eines Siloverteilers

Die Verdichtung muss oberste Priorität haben, um möglichst schnell anaerobe Verhältnisse für die Milchsäurebakterien zu schaffen und gute Voraussetzungen für die Lagerstabilität nach dem Silierprozess zu gewährleisten.

**Abb. 19: Richtwerte für die Verdichtung von Maissilage bei unterschiedlichen TM-Gehalten**



Quelle: eigene Darstellung nach Gerighausen et al. 2001

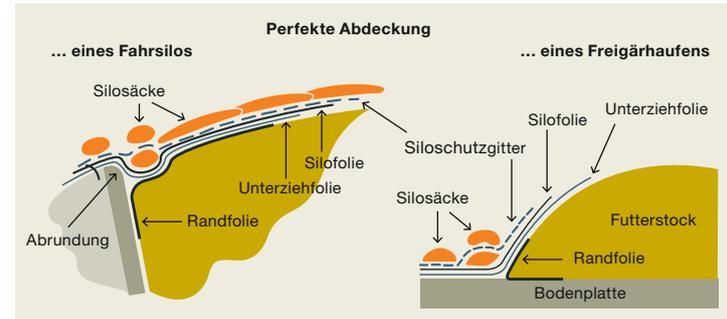
Optimale Siloabdeckung:

- schnelles und luftdichtes Zudecken des Silos
- Unterziehfolie
- Polyethylen-Qualitätsfolie (UV-beständig)
- Schutz der Abdeckung vor Beschädigungen durch Vögel und Wild (Gewebefolien, Vogelnetze und Schutzgitter)
- Beschwerung
- evtl. Umzäunung

Eine Unterziehfolie sollte in jedem Falle genutzt werden, denn sie passt sich sehr gut den Unebenheiten der Silooberfläche an und hilft Lufteinschlüsse zu vermeiden.

Die Farbe der Silofolie hat keinen Einfluss auf die Silagequalität (Nussbaum, 2002). Helle Folien sind in Regionen mit hoher Sonneneinstrahlung zu bevorzugen.

**Abb. 20: Abdeckung von Siloanlagen**



Quelle: eigene Darstellung nach Dr. Millimonka

**Tabelle 27: Vermeidbare und unvermeidbare Energieverluste bei der Silierung**

Verluste an Nettoenergie bei der Silierung		
Verlustursache	Bewertung	Energieverluste (%)
Restatmung	unvermeidbar	1–2
Vergärung	unvermeidbar	4–10
Silagesickersaft	verfahrensabhängig	0–8
Feldverluste	verfahrensabhängig	1–5
Fehlgärungen	vermeidbar	0–10
Aerober Verderb (im Silo)	vermeidbar	0–10
Nacherwärmung (bei Entnahme)	vermeidbar	0–10

Quelle: Gerighausen et al. 2011

## 7.2.2 Ablauf des Silierprozesses

Silomais ist aufgrund seines Gehaltes an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten eine Pflanze mit hervorragenden Siliereigenschaften.

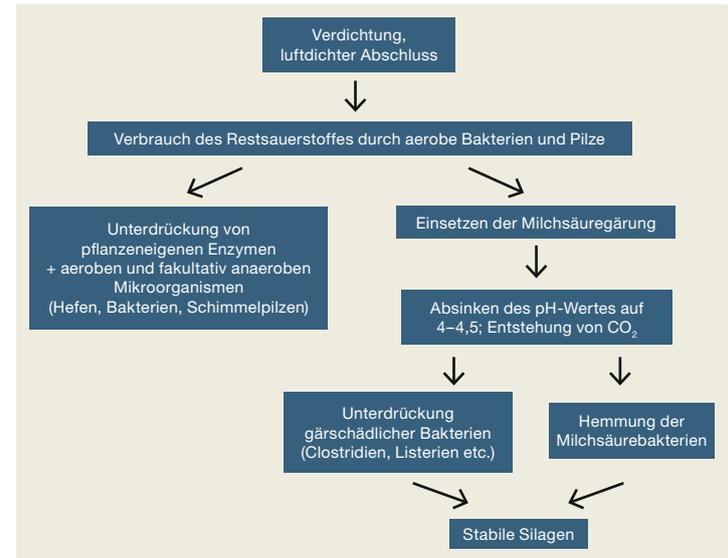
Nach der Ernte und dem ordnungsgemäßen luftdichten Abschluss des verdichteten Materials setzt der gewünschte Silierprozess ein. Milchsäurebakterien, die natürlicherweise in der Umwelt und an der Maispflanze vorhanden sind, wandeln unter Luftabschluss leicht lösliche Kohlenhydrate im Siliergut zu organischen Säuren (idealerweise zu Milchsäure) um. Dies führt zu einer Absenkung des pH-Wertes in einen Bereich, in dem konkurrierende Mikroorganismen keine optimalen Lebensbedingungen mehr vorfinden. Die Anzahl an Milchsäurebakterien stellt eine unbekannte Größe dar und sie schwankt im Siliergut in Abhängigkeit von Außentemperatur und Witterung sehr stark. Für eine optimale Silierung sollte ein Mindestkeimbesatz von 100.000 siliertauglichen Milchsäurebakterien (MSB) pro Gramm Silage enthalten sein.

Die Milchsäuregärung besitzt im Vergleich zu anderen Gärabläufen das beste Ansäuerungsvermögen und verursacht dadurch die geringsten Energieverluste bei der Silierung. Alle anderen Mikroorganismen stehen daher in direkter Konkurrenz zu den Milchsäurebakterien.

Voraussetzungen für die gewünschte Milchsäuregärung sind

- anaerobe Bedingungen (kein Sauerstoff!)
- Besatz mit Milchsäurebakterien im Siliergut (mind. 100.000 MSB/g Siliergut)
- optimaler Feuchtigkeitsgehalt (28 – max. 45 % TM)
- optimale Temperaturen (18–25 °C)
- vergärbare Kohlenhydrate (2–3 % Zucker in der Frischmasse)

Abb. 21: Schematischer Ablauf des Silierprozesses



Quelle: eigene Darstellung

Die Silierung lässt sich in insgesamt vier Phasen einteilen.

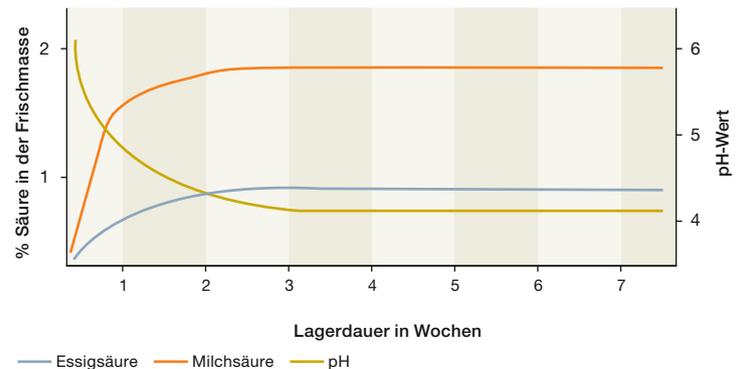
Die **erste Phase der Silierung** ist die sogenannte **aerobe Vorphase**, bei der noch im Silostock befindlicher Restsauerstoff verbraucht wird. Dieser Vorgang ist mit Wärmebildung und einem zeitlich begrenzten starken Wachstum von Bakterien und Pilzen verbunden, das zu unvermeidbaren Silierverlusten von mindestens 5–6 % führt. Sobald der Sauerstoff verbraucht ist, setzt die gewünschte **Milchsäuregärung in der Hauptgärphase** ein. Die einsilierten Pflanzenreste sterben ab und geben ihre Zellinhaltsstoffe zur Verstoffwechselung für die Milchsäurebakterien frei. Erkennbar ist diese Phase an der entstehenden Gärgashaube und anschließendem Zusammensinken des Silohaufens. Die Gärgasproduktion dauert ca. 5–7 Tage und ist ein gutes Anzeichen für einen erfolgreich einsetzenden Silierprozess und eine vorschriftsmäßige luftdichte Abdeckung. Die Gärgashaube sollte auf keinen Fall durch Öffnen des Silostockes entfernt werden, da die **entstehenden nitrosen Gase** zum einen **sehr gefährlich** und giftig sind und zum anderen eine **clostridienhemmende Wirkung** besitzen, die sich positiv auf die anschließende Silagequalität auswirkt. In der Hauptgärphase **sinkt der pH-Wert durch Bildung von Milch- und Essigsäure ab** und Schadkeime werden im sauren Milieu abgetötet. Im sauren Milieu werden dann auch eiweißabbauende Enzyme gehemmt, wodurch die Proteinqualität der Silage erhalten bleibt.

Die Dauer der Hauptgärphase beträgt 6 bis 8 Wochen. Während dieser Zeit soll das Silo geschlossen bleiben.

Eine **Störung des Gärprozesses** zieht ansonsten **Probleme mit Nacherwärmung und Verderb der Silage** nach sich.

In der **Lagerphase** sterben die Milchsäurebakterien aufgrund mangelnder Nahrungsgrundlage ab und es finden lediglich noch **geringe Umsetzungsprozesse** von säuretoleranten Enzymen statt, die kleinere Mengen an Zucker in der Silage nachliefern. Hefen überdauern die Hauptgär- und Lagerphase in einer Art Ruhestadium und nehmen ihre Aktivität nach Öffnen des Silos wieder auf. (Siehe Kapitel 7.3 Silomanagement).

Abb. 22: Optimaler Verlauf der Milchsäuregärung



Quelle: eigene Darstellung nach Pahlow 2012  
Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung

## 7.2.3 Fehlgärungen

**Fehlgärungen**, d. h. Abweichungen vom gewünschten Gärungsverlauf der Milchsäuregärung, können **aufgrund von schwer silierbarem Ausgangsmaterial** oder durch **Verfahrensfehler in der Silierung** (z. B. Schmutzeintrag, mangelnde Verdichtung, kein vollständiger Luftabschluss) entstehen. In beiden Fällen sind unerwünschte Mikroorganismen vermehrt am Silierprozess beteiligt.

Einige von ihnen können durch suboptimale Gärverläufe hohe Nährstoffverluste verursachen oder auch Toxine produzieren, die wiederum negative Auswirkungen auf Leistungsfähigkeit und Gesundheit der Tiere haben können.



Schimmelbefall mit *Penicillium roqueforti*



Mangelndes Silomanagement, Schimmel und Fäule

Zu den wichtigsten unerwünschten Mikroorganismen zählen:

- Enterobakterien
- Clostridien
- Listerien
- Hefepilze
- Schimmelpilze
- Fäulnisbakterien
- Buttersäurebakterien

Hefepilze, Schimmelpilze und Clostridien haben die größte wirtschaftliche Bedeutung im landwirtschaftlichen Betrieb und werden im folgenden Abschnitt näher erläutert.

### Hefepilze

**Hefepilze** leben in der Umwelt und gehören zu einem normalen epiphytischen Besatz auf Maispflanzen. Zu einer starken Vermehrung im Maissilo kommt es vor allem bei Verfahrensfehlern in der Silierkette. Zu langes Befüllen des Silos und mangelhafte Verdichtung führen dazu, dass Hefen sich unter aeroben Bedingungen stark vermehren können. In dieser Phase verstoffwechseln sie bereits entstehende Milchsäure und verzögern den gewünschten pH-Wert-Abfall. Unter Sauerstoffabschluss wandeln die Hefen dann zu Beginn der Hauptgärphase Zucker zu Alkohol um. Sie sind **sehr säureverträglich und überdauern im Silo** bis zum erneuten Lufteintritt (Entnahme).

**Nach dem Öffnen des Silostockes** vermehrt sich die bereits zu hohe **Anzahl an Hefen explosionsartig** und führt zu Nacherwärmungen und in der Folge zu Schimmelbildung bis hin zu Fäulnis der Silage.

Mit steigenden Temperaturen steigt auch die Aktivität der Hefen.

Der pH-Wert der Silagen steigt durch den Verbrauch der konservierenden Milchsäure in einen Bereich > 5 an und führt zu einem kompletten Verderb.

Ein Besatz von **100.000 Hefen pro g Silage** wird als **kritischer Wert für Nacherwärmung** eingestuft (Daniel et al. 1970). Nacherwärmungen lassen sich am besten über **Messungen mittels Temperaturmesslanze** im Silo erkennen. Silagen weisen normalerweise Temperaturen um die **15 °C im Kern** auf. **Erwärmungen auf über 20 °C** bzw. partielle Temperaturerhöhungen von mehr als **3 °C gegenüber dem Silokern weisen bereits auf eine Nacherwärmung hin** und sollten kritisch beobachtet werden.



**Tabelle 28: Mikrobiologische Orientierungswerte für Gras- und Maissilagen**

Mikrobiologie			Grassilage, KBE/g in Tsd.	Maissilage, KBE/g in Tsd.
Bakterien (aerob mesophil)	produkttypisch (Feld-/Primärflora)	KG 1	200	500
	verderbanzeigend	KG 2	300	300
		KG 3	30	300
Schimmel- und Schwärzepilze	produkttypisch (Feldpilze)	KG 4	10	5
	verderbanzeigend (Lagerpilze)	KG 5	10	10
		KG 6	5	3
Hefen	verderbanzeigend	KG 7	500	1.000

Quelle: VD LUFA

### Schimmelpilze

**Schimmelpilze** bauen wertvolle Inhaltsstoffe in der Silage ab und können zudem schädliche Mykotoxine produzieren, die die Gesundheit, Reproduktion und Leistungsfähigkeit der Tiere negativ beeinflussen. Schimmelnester sollten auf keinen Fall verfüttert werden, sondern großzügig entsorgt werden (mind. 30 cm um die verschimmelte Stelle). Diese Pilze können unterschieden werden in solche, die auf dem Feld entstehen („Feldpilze“), und jene die im Lager produziert werden („Lagerpilze“). Für die Aktivierung der Lagerpilze ist Sauerstoff erforderlich. Schimmelpilze sind säureverträglich und steigern ihre Aktivität mit zunehmenden Temperaturen. Ursache für Schimmelbildung im oberen Drittel des Silos sind meist eine unsachgemäße Abdeckung und mangelnde Verdichtung. Schimmelnester im unteren Teil des Silos können durch zu trockene Partien oder lange

Pausen während des Silierens entstehen. Mangelhafte Verdichtung und zu dicke Walzschichten führen immer zu einer erhöhten Gefahr von Schimmelnestern.

Neben dem Luftzutritt ist die Aktivität von Hefen eine häufige Ursache für das Wachstum von Schimmelpilzen im Futterstock. Die entstehende Wärme bei den Umsetzungsprozessen der Hefen bietet beste Lebensbedingungen für Schimmelpilze.

Die wichtigste Maßnahme bei Schimmelproblematik ist ein schneller Vorschub am Silo. In gefährdetem Material reicht ein empfohlener Vorschub von 2–2,5 m pro Woche oft nicht aus. Hier sollte, wenn möglich, der Vorschub erhöht werden bzw. die Silogeometrie geprüft werden.

Die von Schimmelpilzen gebildeten Mykotoxine können schon in sehr geringen Konzentrationen Wachstums- und Fruchtbarkeitsstörungen bei Tieren verursachen. Außerdem begünstigen sie wegen ihrer immunsuppressiven Wirkung das Auftreten und den Schweregrad von Infektionskrankheiten. Obwohl Wiederkäuer in der Lage sind, Mykotoxine im Vormagensystem teilweise abzubauen und unschädlich zu machen, ist die Gefahr der Verfütterung dennoch nicht zu unterschätzen.

Folgende Symptome können bei Verfütterung mykotoxinhaltiger Silage auftreten:

- Fieber und Durchfall
- verminderte Futteraufnahme
- Gewichtsverluste
- Rückgang der Leistung
- Rückgang der Milchinhaltsstoffe
- Ekzeme und Hautirritationen
- Atemwegserkrankungen
- Klauenreihen

Die Krankheitssymptome sind oft unspezifisch und können auch andere Ursachen haben. Eine genaue Diagnose und Analysen der eingesetzten Futtermittel sind für die Aufklärung hilfreich. Für die wichtigsten Mykotoxine gibt es Orientierungswerte, die bei der Verfütterung beachtet werden müssen (siehe Tabelle 29).

**Tabelle 29: Orientierungswerte von Mykotoxinen für die Rinderfütterung**

	Deoxynivalenol (DON) mg/kg (88 % TM)	Zearalenon (Zea) mg/kg (88 % TM)	T2-Toxin mg/kg (88 % TM)	Fumonisin B1 und B <sub>2</sub> mg/kg (88 % TM)
Kälber, Jungrinder	2	0,5	0,1	20
Milchkühe	5	0,5	0,15	50
Mastrinder, Bullen	5	(**)	0,2	50

Quelle: Agroscope, Schweiz

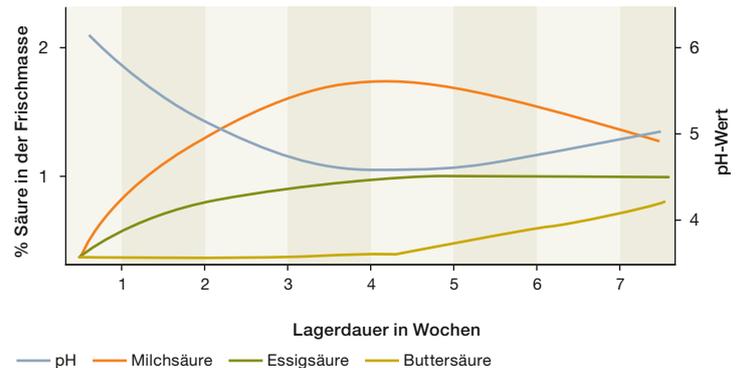
### Clostridien

**Clostridien** kommen natürlicherweise in der Umwelt vor und sind speziell im Boden vorhanden. Sind sie beispielsweise durch Schmutzeinbringung während des Silierprozesses im Übermaß vorhanden, führt dies zu einem unerwünschten Gärverlauf verbunden mit hohen Verlusten sowie Verderb im Silo.

Besonders bei **feuchtem Material**, wenig natürlichem Besatz an Milchsäurebakterien und wenig vergärbaren Kohlenhydraten besteht eine erhöhte Gefahr der durch Clostridien verursachten **Buttersäuregärung**. Hierbei wird entstehende Milch- und Essigsäure zu Buttersäure umgebaut und die pH-Wert-Absenkung findet nicht in ausreichendem Maße und zu langsam statt, sodass das **Siliergut nicht lagerstabil** wird. Nach Verbrauch von Milch- und Essigsäure bei weiter steigenden pH-Werten setzt auch ein **Abbau von Eiweiß** ein. Die Buttersäuregärung ist an ihrem stechenden, nach faulen Eiern und Erbrochenem riechenden Geruch zu erkennen.

Der optimale Temperaturbereich für Clostridien liegt zwischen 30–40 °C. Ein pH-Wert-Bereich von 4 bis 5 und sauerstofffreie Bedingungen sind optimale Voraussetzungen für ihre Aktivität. In der Abbildung 23 ist der Verlauf der Buttersäuregärung noch einmal anschaulich dargestellt.

**Abb. 23: Ablauf der Buttersäuregärung**



Quelle: eigene Darstellung nach Pahlow 2012  
Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung

Fehlgärungen jeglicher Art führen zu verminderten Qualitäten, hohen Verlusten und belasten die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere.

**Im Allgemeinen werden Fehlgärungen gefördert durch**

- mangelhafte Verdichtung
- zu hohe oder zu niedrige TM-Gehalte im Siliergut
- geringen epiphytischen Besatz an Milchsäurebakterien
- zu geringe Mengen an hemmenden Säuren (Milchsäure)
- schlechtes Gär säureverhältnis
- hohe Keimgehalte auf den Pflanzen
- Stress der Pflanzen während der Wachstumsphase
- zu spätes Abdecken nach Ernte
- fehlende luftdichte Abdeckung des Silos

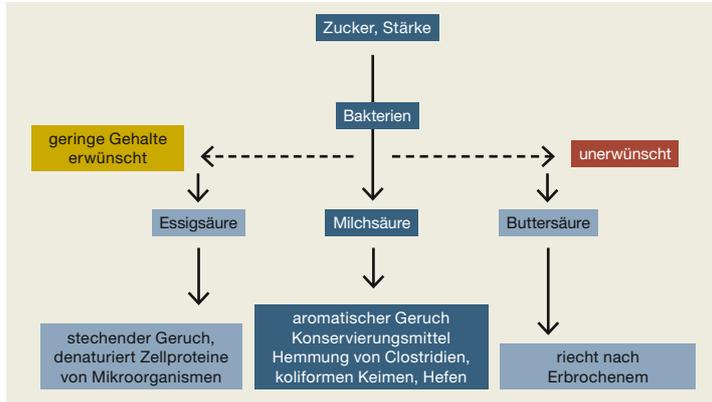
Werden bei gutem Siliermaterial optimale Bedingungen für die Milchsäuregärung geschaffen, d. h. schneller Sauerstoffentzug, kein erneuter Sauerstoffzutritt, Temperaturen um 20 °C, genug vergärbare Kohlenhydrate und gute Verdichtung, dann werden Fehlgärungen durch den schnellen pH-Wert-Abfall unterdrückt und die gewünschte Milchsäuregärung findet statt.

**Tabelle 30: Ursachen, Auswirkungen und Möglichkeiten zur Vermeidung von Fehlgärungen**

	Ursachen	Auswirkung	Vermeidung durch
Schimmelbildung	Sauerstoffzutritt	Nährstoffverluste Gefahr von Mykotoxinen Verringerung der Futteraufnahme Rückgang der Leistung	sorgfältiges Verdichten sorgfältigen Siloabschluss zügiges Befüllen Vorschub erhöhen
Nach-erwärmung	zu lange Befüllzeiten zu geringe Entnahme hohe Temperaturen Sauerstoffzutritt	Erwärmung Nährstoffverluste geringe Futteraufnahme Leistungsabfall	zügiges Befüllen sorgfältigen Siloabschluss Vorschub erhöhen
Buttersäuregärung	Verschmutzung langsame Milchsäurebildung zu geringe TS-Gehalte hohe Temperaturen	Nährstoffverluste geringere Futteraufnahme Leistungsabfall Anstieg des pH-Wertes giftige Abbauprodukte Keimzahl der Milch	Verschmutzungen vermeiden rascher Entzug des Sauerstoffes
Zu hohe Essigsäuregehalte	Zufuhr von Luft zu geringe TS-Gehalte	Nährstoffverluste geringe Futteraufnahme Leistungsabfall	sorgfältiges Verdichten Luftabschluss

Quelle: LVLf Paulinenaue, abgeändert

**Abb. 24: Umsetzungsprozesse während der Gärung**



Quelle: eigene Darstellung

### 7.2.4 Einsatz von Siliermitteln

Siliermittel dienen zur Sicherung der Qualität des Grobfutters. Sie sind in der Lage, den Gärverlauf positiv zu beeinflussen, die Silagequalität zu verbessern und können die aerobe Stabilität nach dem Öffnen des Silos erhöhen. Somit entsteht zusätzlich ein positiver Effekt auf die Schmackhaftigkeit, die Futteraufnahme und die Gesundheit der Tiere. Sowohl Silier- als auch Lagerverluste werden bei Einsatz des richtigen Siliermittels verringert. Je nach Silierfähigkeit des Materials, Feuchtegehalt oder Verschmutzungsgrad kommen Mittel mit unterschiedlichen Wirkungsweisen zum Einsatz.

Es wird unterschieden in chemische Siliermittel (Säuren und Salze) und biologische Siliermittel, bestehend aus unterschiedlichen Stämmen von Milchsäurebakterien, sowie Kombipräparate aus den genannten Siliermitteltypen. Die unterschiedlichen Wirkungsrichtungen von Siliermitteln werden in Tabelle 31 beschrieben.

**Tabelle 31: Wirkungsrichtungen von Siliermitteln und deren Einsatzgebiete**

Gruppe	Wirkung
1	Verbesserung des Gärverlaufs
1 a	für schwer silierbare Futtermittel (Grundfutter mit zu niedrigen Gehalten an Gärsubstrat oder TS)
1 b	für mittelschwer silierbare Futtermittel (Grundfutter mit ausreichend Gärsubstrat unter 35 % TS)
1 c	für leicht silierbare Futterpflanzen (Grundfutter mit ausreichend Gärsubstrat über 35 % TS)
2	Verbesserung der aeroben Stabilität (> 35 % TS)
3	Reduzierung des Gärtaftanfalls (zzt. keine Mittel verfügbar)
4	Förderung von Futterwert und Leistung
4 a	Förderung von Futteraufnahme
4 b	Verbesserung der Verdaulichkeit
4 c	Verbesserung der tierischen Leistung
5	Verhinderung der Vermehrung von Clostridien

Quelle: LVL Paulinenaue, abgeändert

Damit ein Siliermittel seine Wirksamkeit entfalten kann, sind folgende Punkte unbedingt zu beachten:

- gleichmäßige Verteilung im Siliergut
- Einhaltung der vom Hersteller empfohlenen Dosiermenge
- Einhaltung einer Silierdauer von mindestens 8 Wochen

Fehler, die im Ackerbau oder während der Ernte gemacht werden, können durch den Einsatz von Siliermitteln nicht ausgeglichen werden. Ein Siliermittel kann lediglich eine gute Silage noch besser machen bzw. stabilisieren. Im Folgenden werden die Wirkungsweisen und Anwendungsbereiche von Siliermitteln dargestellt.

#### **Siliermittel auf Basis von Milchsäurebakterien**

Es gibt bei den Milchsäurebakterien unterschiedliche Arten und Stämme, die sich vor allem durch die entstehenden Stoffwechselprodukte unterscheiden.

**Homofermentative Milchsäurebakterien** bauen leicht lösliche Kohlenhydrate zu Milchsäure und Kohlendioxid ab. Sie verbessern damit aufgrund einer schnellen pH-Wert-Absenkung den Gärverlauf und führen im Vergleich zu den geringsten Gärverlusten, da unerwünschte Gärprozesse unterdrückt werden. Die Energiekonzentration und die Verdaulichkeit der Silagen wird positiv beeinflusst. Die Gehalte an konservierender Essigsäure sind in diesen Silagen meist geringer, was dazu führen kann, dass vor allem bei Maissilagen mit TM-Gehalten über 35 % Probleme mit Nacherwärmung entstehen können.

**Heterofermentative Milchsäurebakterien** bilden neben Milchsäure auch Essigsäure und erhöhen damit die aerobe Stabilität der Silagen nach Öffnen des Silos. Essigsäure wirkt hemmend auf Hefen, die primär für Nacherwärmung verantwortlich sind. Höhere Gehalte an Essigsäure schützen allerdings nicht vor dem Befall mit Schimmelpilzen. Die Gärverluste sind in der Phase der Silierung bei Einsatz von heterofermentativen Milchsäurebakterien höher als bei homofermentativen Stämmen. Diese Verluste sind jedoch zu vernachlässigen, da die heterofermentativen Milchsäurebakterien gleichzeitig einer Nacherwärmung entgegenwirken, die wiederum zu deutlich höheren Verlusten beitragen würde. Bei sehr hohen Gehalten an entstehender Essigsäure kann es zu Akzeptanzproblemen bei der Silage führen. Der Grund für einen zu hohen Essigsäuregehalt liegt aber meist nicht am Einsatz eines Siliermittels, sondern ist in Zusammenhang mit Fehlgärungsprozessen und anschließendem Eiweißabbau zu finden. Besonders bei Silagen mit hohen TM-Gehalten (> 35 %) ist der Einsatz von heterofermentativen Milchsäurebakterien ratsam.

**Chemische Siliermittel** umfassen Säuren und ihre streufähige Salzform sowie Neutralsalze. Säuren und Salze senken den pH-Wert unabhängig von der natürlichen Milchsäuregärung und hemmen zusätzlich unerwünschte Mikroorganismen. Einsatzbereich ist insbesondere Futter mit geringen Zuckergehalten oder niedrigen TM-Gehalten (< 30 %) sowie hohen Verschmutzungsraten. Sie wirken demnach positiv auf die Gärqualität, aber auch auf die anschließende

aerobe Stabilität der Silagen. Beim Einsatz von Säuren müssen die korrosive Wirkung und die Gefahr von Verätzungen beachtet werden. Neutralsalze besitzen eine bakterienhemmende Wirkung, ohne dabei eine Absenkung des pH-Wertes zu bewirken. Die Milchsäurebakterien werden nicht beeinflusst. Im Gegenzug sind die Neutralsalze auf eine Absenkung des pH-Wertes durch die Milchsäurebakterien angewiesen.

Für die Silierung von Maisprodukten wird der Einsatz von biologischen Siliermitteln – also eine Mischung aus homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien – empfohlen, da Maissilage, CCM, Körnermaissilage etc. zu den gut vergärbaren Futtermitteln mit hohen Gehalten an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten gehört. Die Konservierung mit Säuren und Salzen ist aufwendig und kostenintensiv und sollte auf kritische Partien (sehr niedrige TM-Gehalte, kolbenlose Bestände, hoher Befall mit Beulenbrand) beschränkt bleiben.

Einen Überblick über die von der DLG geprüften Siliermittel unter Angabe des Herstellers und der Wirkungsrichtung gibt es auf der Seite [www.dlg.org](http://www.dlg.org)

**Abb. 25: Siliermittel im Überblick – Produktgruppen, Zusammensetzung und Wirkungsrichtungen**

Siliermittel zur Verbesserung der Gärqualität (Wirkungsrichtung 1)			
Produktgruppe	Milchsäurebakterien	Chemische Siliermittel (Siliersalze, Siliersäuren)	Kombinationsprodukte
	Homofermentative Spezies	Formiat (Ameisensäure) Hexamethylentetramin Nitrit Bisulfit, Sulfat	Homofermentative MSB und chemische Verbindung  Homo- und heterofermentative MSB
Zusammensetzung			
Siliermittel zur Verbesserung der aeroben Stabilität (Wirkungsrichtung 2)			
Produktgruppe	Milchsäurebakterien	Chemische Siliermittel (Siliersalze, Siliersäuren)	Kombinationsprodukte
	Homofermentative Spezies	Sorbat (Sorbinsäure) Benzoat (Benzoessäure) Propionat (Propionsäure) Acetat (Essigsäure)	Homofermentative MSB und chemische Verbindung  Homo- und heterofermentative MSB
Zusammensetzung			

Quelle: Christine Kalzendorf, Walter Staudacher 2012

## 7.3 Silomanagement

Das Öffnen des Silos führt zu einem erneuten Lufteintritt in den Silostock, der zwar unvermeidlich, aber mit hohen Anforderungen an das Management zur Erhaltung der Qualität verbunden ist.

Die Eindringtiefe der Luft in den Silostock und die damit einhergehende Aktivierung von Abbauprozessen durch Mikroorganismen ist von vielen Faktoren, wie beispielsweise Verdichtung, Management der Anschnittfläche und Entnahmetechnik, abhängig. Die Hauptursache für auftretende Nacherwärmungen im Silostock sind säureverträgliche Hefepilze, die die Silierung überdauern und nach Luftzutritt wieder aktiv werden. Je höher der Hefebesatz im Silostock zum Zeitpunkt des Öffnens ist, desto größer die Gefahr der Nacherwärmung. Hefen verstoffwechseln Zucker und bei der Silierung entstandene Säuren. Dabei wird Wärme frei und es treten massive Energieverluste auf. Im Siliergut ebenfalls enthaltene coliforme Keime wandeln Milchsäure zu Buttersäure um und führen somit zum Verderb der Silage.

Eine übermäßige Luftzufuhr in den Silostock sollte unbedingt vermieden werden.

Die Entnahme sollte möglichst schonend und ohne Auflockerung der Miete erfolgen, um einen zu tiefen Luftzutritt zu vermeiden. Loses Material am Silo sollte umgehend aufgeladen und mit verfüttert werden. Die Gefahr einer Nacherwärmung ist hier am höchsten.

### Luftzufuhr bedeutet

- Vermehrung der Hefen
- Verbrauch von Zucker und Milchsäurebakterien
- Nacherwärmung
- Trockenmasseverluste
- Verderb

### Vermeidung des Luftzutritts / der Nacherwärmung durch

- gute Verdichtung
- glatte Siloanschnittfläche
- nicht zu weites Zurückschlagen der Siloabdeckung
- gute Beschwerung hinter der Anschnittfläche (am besten Sandsäcke)
- ausreichenden Vorschub (Winter 1,5 m/Woche, Sommer > 2 m/Woche)
- Öffnung des Silos zur Silo zur windabgewandten Seite öffnen
- Schutz der Anschnittfläche vor Witterung bei starkem Wind oder Regen (Silofole abhängen)

Der Lufteintritt in das geöffnete Silo sollte max. 20 cm betragen, um das Auftreten von Nacherwärmung und Verlusten zu vermeiden. Dies wird erst ab einer Lagerungsdichte von 240 kg TM/m<sup>3</sup> erreicht.

**Tabelle 32: Eindringtiefe der Luft in den Silostock abhängig von der Lagerungsdichte**

Eindringtiefe der Luft in cm	Lagerungsdichte (kg TM/m <sup>3</sup> )					
	120	150	180	210	240	270
von	50	45	30	25	20	15
bis	100	80	60	40	30	20

Quelle: Gerighausen et al. 2011

Die **Futtermittelverluste in den erwärmten Zonen** eines Silos können je nach TM-Gehalt der Silage und der Erwärmung der Partie mehr **als 3 % pro Tag** betragen. Tabelle 33 zeigt, dass bereits eine Erhöhung der Umgebungstemperatur von 15 °C in einer Silage mit 30 % TM-Gehalt tägliche Verluste von 3,5 % verursacht.

**Tabelle 33: Temperaturerhöhung und Verluste von aerob instabilen Silagen mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten**

TM-Gehalt der Silage	Erhöhung über Umgebungstemperatur				
	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
Tägliche TM-Verluste in %					
20 %	1,6	3,2			
30 %	1,2	2,3	3,5		
50 %	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7

Quelle: Honig, 1974

Die Sortenwahl gehört beim Mais zu den wichtigsten ertrags- und qualitätsbeeinflussenden Faktoren. Um die ideale Sorte für einen Betrieb zu finden, sind Standort und betriebliche Anforderungen genauertens zu hinterfragen.

### Folgende Faktoren sind bei der Standortfrage zu klären

- Angebot an Wärme im Laufe der Vegetation
- Erwärmung des Standortes im Frühjahr
- zur Verfügung stehendes Wasser
- Auftreten von Krankheiten

### Zu den wichtigsten betrieblichen Anforderungen zählen

- Grundfutterzusammensetzung
- Flächenausstattung
- Erntefenster

Die Jugendentwicklung des Maises hat einen großen Einfluss auf die gesamte Vegetationsperiode. Besonders auf Böden, die sich im Frühjahr langsam erwärmen und hohe Schwankungen der Tages- und Nachttemperaturen (z. B. leichte Böden) aufweisen, ist auf eine gute Kältetoleranz und Jugendentwicklung der Sorten zu achten. Das Angebot an Wärme bestimmt die Wahl der Reifezahl.

Es sollten stets Sorten gewählt werden, die sicher abreifen und damit das Ertragspotenzial voll ausschöpfen. Dies sichert die hohe Qualität des Maises für die Fütterung und Gesunderhaltung der Tiere. Bei sicher abreifenden Sorten kann die Bestellung der Folgefurche zeitgerecht erfolgen und die Gefahr der Schädigung des Bodens durch ungünstige Witterungsverhältnisse bei der Ernte sinkt. Vor allem beim Maisanbau auf Grenzstandorten (Höhenlagen, kalte Standorte) sind Sorten aus dem frühen Reifebereich mit zügiger Jugendentwicklung im Frühjahr und sicherer Ausreife im Herbst zu empfehlen (keine Stay-green-Sorten!). Ein mangelndes Wasserangebot begrenzt die



Ertragsfähigkeit. Stresstolerante Sorten sind ein Muss auf trockenen Standorten, um auch hier hohe Erträge zu erzielen. Je nach Region und Verwertungsrichtung spielen Toleranzen gegen unterschiedliche Krankheiten eine wichtige Rolle bei der Sortenwahl. Zu nennen sind hier vor allem Toleranzen gegen Kolben-, Stängel Fusarien und Blattkrankheiten. Kolbenfusarium birgt die Gefahr der Produktion von Mykotoxinen, Stängel Fusarium beeinflusst die Standfestigkeit und

somit die Ertragssicherheit der Sorten. Gebiete mit hoher Luftfeuchte und hohen Temperaturen (südliche Anbaugelände, Nebellagen, Gewässer) sind potenzielle Helminthosporium-Befallsgebiete. Blattkrankheiten führen zu einem Verlust von Assimilationsfläche, zu vorzeitiger Abreife der Bestände und als Konsequenz zu Ertragsverlusten. Tolerante Sorten weisen einen sehr gesunden Blattapparat auf und können somit das Ertragspotenzial ausschöpfen. Für Betriebe mit Flächenknappheit zählt der Energieertrag pro Hektar, um größtmögliche Erträge pro Flächeneinheit zu realisieren und somit die Futterkosten gering zu halten (siehe Kapitel 4.1 Silomais in der Rinderfütterung). In maisbetonten Rationen ist darauf zu achten, dass kein Mangel an Struktur oder ein Überangebot an Stärke auftritt. Silomaisorten mit mittleren Stärkegehalten (30–35 % in der TM) können bei hohen Maisanteilen in der Ration gut eingesetzt werden, ohne die Grenzen der wiederkäuergerechten Fütterung zu überschreiten. In grasbetonten Rationen ist ein Überschuss an Eiweißfraktionen im Futter vorhanden. Nur bei Vorhandensein von ausreichend schnell umsetzbaren Kohlenhydraten können die zur Verfügung stehenden Stickstoffverbindungen im Pansen optimal von den Mikroorganismen umgesetzt werden. Eine Maissilage mit hohem Stärkegehalt ist hierbei der ideale Rationspartner. Eine andere Möglichkeit besteht auch darin, einen Hochschnitt bei hochertragreichen Sorten anzuwenden und dabei die Energiedichte der Maissilage zu steigern. Durch diese Flexibilität kann auf ein unterschiedliches witterungsbedingtes Angebot an Grassilage und Maissilage betriebsindividuell reagiert werden.

## KWS Fachbroschüren

Fordern Sie kostenlos unsere weiteren Informationsmaterialien an:

- Mais Anbauplaner
- KWS AckerFit (Zwischenfrüchte)

Umfangreiche Informationen zum Thema Mais finden Sie auch unter [www.kws.de/mais](http://www.kws.de/mais)



**Wer ist Urheber von  
mehr Erträgen im Pflanzenbau  
- wenn nicht wir?**

Seit mehr als 100 Jahren verbessern wir Pflanzenzüchter die landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturen durch neue Sorten. Dafür investieren wir 16,1% unseres Umsatzes in Forschung und Entwicklung – damit Landwirte auch in Zukunft neue Sorten und Kulturarten zur Verfügung haben, mit denen sie wettbewerbsfähig produzieren können.



**1** **Thomas Sturm**  
**Oberösterreich**  
Mobil: 0664/822 21 72  
E-Mail: thomas.sturm@kws.com

**2** **Michael Obruca**  
**Niederösterreich West**  
Mobil: 0664/963 16 69  
E-Mail: michael.obruca@kws.com

**Fritz Märkel**  
**Waldviertel**  
Mobil: 0664/431 73 28  
E-Mail: fritz.maerkel@aon.at

**3** **Anton Spacek** Produktmanagement  
**Niederösterreich Ost,  
Nordburgenland**  
Mobil: 0664/280 50 15  
E-Mail: anton.spacek@kws.com

**4** **Franz Bauer**  
**Steiermark, Südburgenland**  
Mobil: 0664/300 96 46  
E-Mail: franz.bauer@kws.com

**5** **Christian Kaufmann**  
**Kärnten, Osttirol,  
Tirol, Salzburg**  
Mobil: 0664/963 16 66  
E-Mail: christian.kaufmann@kws.com

**KWS AUSTRIA SAAT GMBH**  
Leonard-Bernstein-Straße 10  
1220 Wien  
Tel.: 01/26 33 900 27  
**www.kwsaustria.at**