



## ***Silage-Monitoring***

*(Abschlussbericht)*

Silagen aus der Ernte der Jahre 2000 bis 2002

Themenblatt-Nr.: 46.08.300/2003



## **1 Einleitung**

Untersuchungsergebnisse aus der Futtermittelverkehrskontrolle, der Besonderen Erntermittlung und des VFT liefern ausreichende Informationen zur Qualität von Einzel- und Mischfuttermitteln. Über Grundfuttermittel besteht nach Einstellung der kommerziellen Futtermitteluntersuchung an der TLL ab Januar 2000 eine vergleichbare Informationsmöglichkeit nicht mehr. Durch ein Silagemonitoring sollte deshalb die Auskunftsfähigkeit zur Grundfutterqualität in Thüringen erhalten werden.

Neben der Rohnährstoffanalytik und der energetischen Bewertung der Silagen ergab sich durch die Nutzung der Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA) die Möglichkeit die Bestimmung der Mineralstoffe auf fast alle für die Tierernährung relevanten Mengen- und Spurenelemente zu erweitern und ihren Anteil bei der Mineralstoffversorgung der Rinder zu ermitteln.

Ein weiteres Ziel der Untersuchungen war es, die von verschiedenen Autoren vorgeschlagenen Bewertungsschlüssel zur Silagequalität zu vergleichen und einen Vorschlag für die Beurteilung des Siliererfolges in Thüringen zu unterbreiten.

Schließlich sollte durch die Einbeziehung mikrobiologischer Untersuchungen bei einem Teil der Silagen Erkenntnisse über den mikrobiellen Status und die Futtertauglichkeit Thüringer Silagen gewonnen werden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Auswahl der zu beprobenden Betriebe**

Entsprechend der Einteilung Thüringens in acht zusammenhängende Agrargebiete (Thüringer Agrarbericht, 2000), die sich durch charakteristische klimatische und Standortbedingungen unterscheiden, wurden in der Kundendatei der TLL registrierte Agrargenossenschaften ausgewählt. Für eine Beprobung besonders prädestiniert waren aus diesen Gebieten Unternehmen, die bereits in den vergangenen Jahren Silageuntersuchungen in Auftrag gegeben hatten. Berücksichtigung fanden weiterhin die Referenzbetriebe der TLL und die durch das Referat 500 (Frau Dunkel, Dr. Löhnert) betreuten Agrargenossenschaften. Die Einbeziehung weiterer geeigneter Betriebe im Bereich der definierten Agrargebiete wurde der Entscheidung der für die Probenahme zuständigen Außendienstmitarbeiter der TLL überlassen. Zielstellung war ein Beprobungsmodus, bei dem eventuelle Standorteinflüsse auf die Silagequalität sichtbar werden. Die Festlegung einer anteiligen Probenzahl auf der Grundlage der insgesamt vorhandenen Futterfläche bzw. der vorhandenen Betriebe erfolgte nicht.

### **2.2 Gewinnung des Probenmaterials**

Die Beprobung der Grünfuttersilagen erfolgte im Wesentlichen durch die Außendienstmitarbeiter der TLL und durch die Themenverantwortlichen oder Versuchstechniker in den Referenzbetrieben. Um ein einheitliches Vorgehen bei der Probengewinnung zu gewährleisten, wurden die Standardarbeitsanweisungen „Vorschrift für die Probennahme von Grünfuttersilagen im Rahmen des Silagemonitorings der TLL“ (SOP: P2-212-09, s. Anhang) sowie ein „Merkblatt für die Beprobung von Grünfuttersilagen“ (s. Anhang) erarbeitet. Alle erforderlichen Angaben zur Silageprobe waren auf einem Probennahmeprotokoll (s. Anhang) zu vermerken.

### **2.3 Untersuchungsmethoden**

#### **2.3.1 Probenvorbereitung**

Die angelieferten Silageproben wurden in eine Plastewanne entleert, nach Geruch, Farbe und Schimmelpilzbefall sensorisch begutachtet, nochmals von Hand homogenisiert und ca. 400 g (Nasssilagen) bzw. ca. 250 g (Anwelksilagen) in Trocknungskästen eingewogen.

Der Über-Nacht-Trocknung bei 60 °C im Trockenschrank folgte das Mahlen (1mm-Sieb) und Abfüllen des Probenmaterials in 250 ml Plasteflaschen. Zur Mineralstoffbestimmung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) vorgesehene Proben durchliefen einen zweiten Mahlprozess unter Verwendung eines 0,5mm-Siebes.

Für die Bestimmung von pH-Wert und  $\text{NH}_3$  bzw. von Gärsäuren wurden wässrige Extrakte hergestellt (150 g Silage + 1 500 ml Wasser bzw. 50 g Silage + 200 ml destilliertes Wasser, Filtration nach ca. 12 h).

### 2.3.2 Trockensubstanz, Rohnährstoffe, Zucker und Stärke

Die Analyse von Mais- und Grassilagen erfolgte mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) unter Verwendung der 2001 von TILLMANN erstellten VDLUFA-Kalibrationen.

Die Kalibrationen umfassen die Bestimmung von Trockensubstanz, Rohprotein, Rohfaser, Rohfett, Säuredetergentienfaser (ADF), Neutrale Detergentienfaser (NDF) sowie Zucker (Grassilagen) und Stärke (Maissilagen). Rohasche wird durch die NIRS-Analyse nicht erfasst und wurde nach VDLUFA-Methodenbuch, Band III, 8.1 bestimmt. Die Rohnährstoffanalyse in Klee- und Klee gras- sowie Ganzpflanzensilagen erfolgte nach den im VDLUFA-Methodenbuch, Band III beschriebenen nasschemischen Verfahren bzw. nach den darauf basierenden SOP's (Standardarbeitsanweisungen der Abteilung Untersuchungswesen der TLL).

### 2.3.3 Mineralstoffe und Spurenelemente

In allen Silageproben wurden mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) folgende Elemente bestimmt: Ca, P, Mg, K, Na, S, Cl, Cu, Zn, Mn und Fe (SOP V1-260-01).

Jeweils 10 Silagen aus Mais, Wiesen gras und Feld gras dienen zur Analyse des Jod- und Selengehaltes (Jod nach TMAH-Extraktion mit ICP-MS nach DIN 38406-E29; Selen mit Hydrid-AAS nach DIN 38405-D23-2).

## 2.4 Berechnung des energetischen Futterwertes

Die Schätzung des Gehaltes an umsetzbarer Energie (ME) von Mais- und Grassilagen erfolgte mit den folgenden 1997 vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie erarbeiteten Schätzgleichungen auf der Basis des Rohnährstoffgehaltes in g/kg TM (KIRCHGESSNER, 1998).

- Maissilage

$$\begin{aligned} \text{ME} &= + 14,03 \\ &- 0,01386 \times \text{Rohfaser} \\ &- 0,01018 \times \text{Rohasche} \end{aligned}$$

- Silage aus Wiesen gras, 1. Schnitt

$$\begin{aligned} \text{ME} &= + 13,99 \\ &- 0,01193 \times \text{Rohfaser} \\ &+ 0,00393 \times \text{Rohprotein} \\ &- 0,01177 \times \text{Rohasche} \end{aligned}$$

- Silage aus Wiesen gras, Folgeschnitte

$$\begin{aligned} \text{ME} &= + 12,91 \\ &- 0,01003 \times \text{Rohfaser} \\ &+ 0,00689 \times \text{Rohprotein} \\ &- 0,01553 \times \text{Rohasche} \end{aligned}$$

Der energetische Futterwert von Leguminosen- und Getreideganzpflanzensilagen wurde mit den Gleichungen von AIPLE (1997) errechnet.

- Silage aus Leguminosengemenge, 1. Schnitt  
ME = 16,66 - 0,1781 x Rohfaser  
- 0,1590 x Rohasche
- Silage aus Leguminosengemenge, Folgeschnitte  
ME = 14,65 - 0,1307 x Rohfaser  
- 0,1308 x Rohasche
- Ganzpflanzensilagen (Gerste, Hafer, Weizen)  
ME = 11,57 - 0,0977 x Rohfaser  
- 0,0711 x Rohasche  
+ 0,0621 x Rohprotein

Die Umrechnung der ME in Nettoenergie Laktation (NEL) erfolgte mit folgenden Gleichungen:

Grassilagen

$$NEL = ME \times (0,48 + 10,37 \times ME / (1000 - \text{Rohasche}))$$

Maissilagen

$$NEL = ME \times (0,45 + 13,40 \times ME / (1000 - \text{Rohasche}))$$

Sonstige Silagen

$$NEL = ME \times (0,46 + 12,38 \times ME / (1000 - \text{Rohasche}))$$

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Anzahl und Art der Silageproben

Mais- und Wiesengrassilagen repräsentieren den Hauptanteil der Grünfutterkonservate (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Probenumfang des Silagemonitorings

Erntejahr	Mais	Wiesengras	Feldgras	Luzerne u. Luzernegras	Ganzpflanzen (Gerste)	Summe
2000	126	95	36	18	10	285
2001	134	100	27	24	11	296
2002	111	117	30	19	15	285

Silagen aus Feldgras wurden in geringerem Umfang produziert.

Unter den Klee- und Klee-Grassilagen waren Konservate aus Luzerne in allen Jahren am häufigsten vertreten. Bei den Ganzpflanzensilagen dominierte Gerste. Eine geringe Anzahl von Silagen, die nicht der Einteilung in Tabelle 1 entsprach, wurde hier nicht erfasst und auch nicht ausgewertet. Insgesamt wurden in jedem Jahr ca. 300 Proben untersucht.

#### 3.2 Wertbestimmende Inhaltsstoffe und energetischer Futterwert

Verschiedene Autoren (SPIEKERS, 1998; THAYSEN, 2000; PEYKER, 2003) definierten für Inhaltsstoffe und energetischen Futterwert Orientierungswerte, die für Grünfuttersilagen anzustreben sind. Den Untersuchungsergebnissen aus dem Probenmaterial wurden die Orientierungswerte aus dem „Standpunkt zur Silierung von Grünfutterstoffen“ (PEYKER, 2003) gegenübergestellt. Dass es sich bei derartigen Richtzahlen nicht um allgemeingültige Vorgaben handelt, wird für Maissilage aus dem Forschungsbericht zur „Qualitätsentwicklung von Maissorten mit unterschiedlichem Abreifeverhalten“ (PEYKER, 2002) deutlich. Da Mais bis zu einem späten Vegetationszeitpunkt noch Stärke im Kolben einlagert, sich andererseits jedoch der Futterwert der Restpflanze und die Siliereignung sortenspezifisch verschlechtern, ist die Festlegung eines optimalen Erntetermins und demnach auch von exakten Richtzahlen problematisch. Von THAYSEN (2000) wurden als weitere Kenngrößen für Silagen auch das im Dünndarm nutzbare Protein (nXP) und der Beitrag der Silagen zur ruminalen Stickstoffbilanz (RNB, - Differenz zwischen Rohproteingehalt des

Futters und im Dünndarm nutzbarem Rohprotein) einbezogen. Beide Kenngrößen werden unter Berücksichtigung ernährungsphysiologischer Vorgänge (z. B. Abbaubarkeit des Proteins im Pansen) berechnet und bei der Erstellung von Futtrationen für Milchkühe verwendet. Diese Parameter werden hier nicht diskutiert und deshalb nur in den Anhangstabellen 1 bis 4 mitgeteilt.

### 3.2.1 Maissilagen

Mittelwerte und Mediane der in Tabelle 2 erfassten Parameter entsprechen weitgehend den Vorstellungen von PEYKER (2003) und THAYSEN, (2000) von guten Maissilagen. Die Standardabweichungen liegen mit Ausnahme der Stärke bei ca. 10 % des Mittelwertes. Das bedeutet, dass bei den untersuchten Maissilagen in der Nährstoffzusammensetzung und im Energiegehalt keine sehr großen Differenzen auftreten.

Von den für die Silierung günstigsten Trockenmassebereich von 28 bis 35 % waren nur bei wenigen Proben größere Abweichungen zu verzeichnen. So wurden in den Jahren 2000 und 2002 nur jeweils 3 und 2001 6 Silagen mit > 40 % TS erfasst. Ursache für zu hohe TS-Gehalte ist die Überschreitung des optimalen Erntetermins. Zu trockener Silomais lässt sich nicht ausreichend verdichten, bildet weniger Gärsäuren und ist deshalb beim Siloanschnitt durch Luft einfluss eher dem pilzlichen Verderb ausgesetzt (WEISSBACH, 2000). Ein zu niedriger TS-Gehalt, der Ursache von Sickersaftverlusten und verminderter Futteraufnahme sein kann, ist bei Maissilage ebenfalls selten anzutreffen.

Rohaschegehalte von > 4,5 % (Verschmutzung) traten nur bei wenigen Proben auf, wie sich aus den entsprechenden 75 %-Quartilen und den Maximalwerten der Jahre 2000 und 2001 ableiten lässt (Tab. 2).

**Tabelle 2:** Inhaltsstoffe und Futterwert der Maissilagen im Vergleich zu Orientierungswerten <sup>1)</sup>

	TS %	R-asche	R-protein	R-faser	Stärke	NEL MJ/kg
		in % der Trockenmasse				
<b>Orientierungswerte</b>						
	28 bis 35	<4,5	<9	17 bis 20	>30	6,5
<b>Erntejahr 2000</b>						
Mittelwert	33,2	3,9	8,4	18,3	32,0	6,7
Standardabw.	3,2	0,4	0,6	1,8	4,7	0,2
Quartil 25	31,1	3,6	8,0	17,0	29,8	6,6
Median	33,1	3,8	8,4	18,1	32,7	6,7
Quartil 75	35,4	4,2	8,8	19,3	35,3	6,8
Max	42,7	5,2	10,0	24,3	40,8	7,1
Min	26,4	2,5	6,8	14,7	16,8	6,1
<b>Erntejahr 2001</b>						
Mittelwert	32,7	3,8	8,2	19,7	29,4	6,6
Standardabw.	4,5	0,4	0,7	2,1	4,8	0,2
Quartil 25	30,3	3,5	7,9	18,2	26,6	6,4
Median	32,5	3,8	8,2	19,9	29,4	6,6
Quartil 75	34,7	4,1	8,6	21,0	32,6	6,7
Max	57,8	5,2	11,1	27,3	41,2	7,2
Min	21,2	3,1	6,6	14,4	10,8	5,8
<b>Erntejahr 2002</b>						
Mittelwert	33,5	3,9	8,6	19,0	29,3	6,6
Standardabw.	3,0	0,7	0,6	2,1	4,5	0,2
Quartil 25	31,2	3,6	8,3	17,4	25,8	6,5
Median	33,2	3,8	8,7	19,0	29,2	6,6
Quartil 75	35,1	4,1	9,0	20,2	32,4	6,8
Max	44,5	10,1	9,8	25,2	40,8	7,2
Min	26,4	2,5	6,5	14,2	16,4	5,9

<sup>1)</sup> Einzelwerte s. Anhangstab.1

Eine starke Verschmutzung wurde lediglich bei einer Probe (Maximalwert 2002) registriert.

Überschreitungen des erwünschten Rohproteingehaltes von 9 % werden bei zu zeitiger Ernte des Silomaises erreicht und sind anteilmäßig bei dem untersuchten Probenmaterial ohne Bedeutung.

Einen über dem Optimum liegenden Rohfasergehalt wiesen 12 bis 35 % der Maissilagen auf, wobei der höchste Anteil auf das Jahr 2001 fällt. Aber auch bei diesem Parameter sind die Überschreitungen bei den meisten Silagen nur geringfügig, so dass sich eine Qualitätsminderung daraus nicht ableiten lässt. Etwas höhere Rohfasergehalte (> 23 %) wurden in den 3 Untersuchungsjahren nur bei 3, 5 bzw. 5 Maissilagen festgestellt.

Die Maisstärke hat in der Wiederkäuerernährung eine besondere ernährungsphysiologische Bedeutung, da sie im Pansen in geringerem Umfang als Stärke anderer Getreidearten abgebaut wird und im Dünndarm z. T. für die energetisch effizientere enzymatische Verdauung zur Verfügung steht.

Die wünschenswerte Höhe des Stärkegehaltes von Maissilage beträgt nach PEYKER (2003) 30 %. Die Differenzierung der Maissilagen nach Ihrem Stärkegehalt (Tab. 3) zeigt, dass vor allem in den letzten beiden Erntejahren ein erheblicher Anteil unterhalb dieses Zielwertes liegt.

**Tabelle 3:** Anteile von Maissilagen mit unterschiedlichem Stärkegehalt (Angaben in %)

Stärkegehalt	Erntejahr		
	2000	2001	2002
< 24,9	9	11	17
25,0 bis 29,9	19	45	35
30,0 bis 35,0	44	32	37
> 35,0	28	12	10

Der Anteil von Maissilagen mit > 30 % Stärke war mit 72 % im Jahre 2000 am höchsten. In den Folgejahren erreichten ihn nur 44 bzw. 47 %. Ein großer Teil der Maissilagen entsprach jedoch dem 1998 von SPIEKERS formulierten Orientierungswert von > 25 % Stärke und lieferte damit bereits ausreichende Mengen der erwünschten Durchflussstärke. Unter dieser Zielgröße lagen entweder auf Grund einer zu frühzeitigen Ernte oder falscher Sortenwahl 9, 11 bzw. 17 % der in den 3 Jahren untersuchten Maissilagen.

Maissilage besitzt auch wegen ihres meist hohen Energiegehaltes eine große Bedeutung in Rationen für Hochleistungskühe. Der Zielwert von 6,5 MJ NEL wurde von der Mehrheit der untersuchten Chargen über- und von nur wenigen Proben wesentlich unterschritten (Tab. 2).

Bei jeweils 2 Silagen jeden Erntejahres errechneten sich NEL-Werte von 6,1 MJ und eine Probe des Jahres 2001 erreichte nur 5,8 MJ NEL.

Charakteristisch für Maissilagen ist ihr negativer Beitrag zur N-Bilanz, der aus dem niedrigen Rohprotein – in Verbindung mit dem hohen Energiegehalt resultiert (Anhangstab. 1).

### 3.2.2 Grassilagen

Feld- und Wiesengrassilagen weisen weder in den Inhaltsstoffkonzentrationen noch im energetischen Futterwert gerichtete Differenzen auf (Tab. 4), so dass die Untersuchungsergebnisse zusammen ausgewertet werden können (Tab. 5).

**Tabelle 4:** Mittlerer Gehalt an Trockensubstanz und Rohnährstoffen der Feld- und Wiesengrassilagen

	TS	Rohasche	Rohprotein	Rohfaser	NEL
	in % der FM	in % der Trockenmasse			in MJ/kg TM
<b>Erntejahr 2000</b>					
Feldgras	39,9	9,5	15,8	26,1	6,2
Wiesengras	40,5	9,8	15,9	26,3	6,1
<b>Erntejahr 2001</b>					
Feldgras	33,8	9,7	16,3	26,6	6,0
Wiesengras	39,2	9,4	15,9	27,1	6,0
<b>Erntejahr 2002</b>					
Feldgras	33,3	10,4	15,5	27,6	5,9
Wiesengras	37,8	10,0	14,6	28,4	5,8

**Tabelle 5:** Inhaltsstoffe und Futterwert der Grassilagen im Vergleich zu Orientierungswerten <sup>1)</sup>

	TS	R-asche	R-protein	R-faser	Zucker	NEL
	%	in % der Trockenmasse				MJ/kg
<b>Orientierungswerte</b>						
	30 bis 40	< 11	< 17	22 bis 26	k. A.	> 6,1
<b>Erntejahr 2000</b>						
Mittelwert	40,4	9,7	15,9	26,3	5,4	6,1
Standardabw.	10,8	1,8	2,4	2,6	3,7	0,3
Quartil 25	32,3	8,7	14,6	24,5	2,7	5,9
Median	40,1	9,5	15,8	26,2	5,1	6,1
Quartil 75	47,6	11,0	17,7	27,7	8,1	6,3
Max	68,8	17,7	20,9	35,5	16,5	7,1
Min	22	5,7	8,5	20,3	1,0	5,1
<b>Erntejahr 2001</b>						
Mittelwert	38,1	9,4	16,0	27,0	4,9	6,0
Standardabw.	9,9	1,9	3,1	2,6	3,4	0,3
Quartil 25	30,6	8,3	14,1	25,2	2,2	5,8
Median	36,1	9,1	15,8	26,5	4,4	6,0
Quartil 75	45,8	10,2	17,9	28,9	7,2	6,3
Max	74,0	16,4	27,3	33,4	16,0	6,8
Min	20,0	5,6	8,4	21,4	1,0	5,0
<b>Erntejahr 2002</b>						
Mittelwert	36,9	10,1	14,8	28,3	3,9	5,8
Standardabw.	11,0	2,0	2,8	2,9	2,7	0,4
Quartil 25	28,7	8,8	12,7	26,3	2,0	5,5
Median	34,4	9,9	14,7	27,9	3,1	5,9
Quartil 75	42,8	10,9	17,1	30,3	5,0	6,1
Max	77,8	19,5	21,0	37,2	12,5	6,6
Min	18,0	6,9	7,9	22,7	1,0	4,7

<sup>1)</sup> Einzelwerte s. Anhangstab. 2

Der Vergleich der Mittelwerte von Rohnährstoffen und Energiegehalt mit den entsprechenden Orientierungswerten vermittelt den Eindruck einer guten Silagequalität. Die Standardabweichungen einzelner Parameter sowie die Quartile weisen jedoch auf einen erheblichen Anteil von Silagen mit negativen Abweichungen hin. Dieser wurde in Tabelle 6 erfasst.

**Tabelle 6:** Anteil der Grassilagen mit nachteiligen Abweichungen von den Orientierungswerten

Orientierungswerte	Erntejahr		
	2000	2001	2002
	Silagen mit Abweichungen in %		
TS > 40 %	50	41	30
TS < 30 %	20	23	31
R-asche > 11 %	23	17	24
R-protein > 17 %	30	38	26
R-faser > 26 %	50	56	68
R-faser < 23 %	8	3	2
MJ NEL < 6,1	48	55	72

Ein großer Teil des Grases gelangte mit einem zu hohen Trockensubstanzgehalt in die Silos, was die Verdichtung erschwert und günstige Bedingungen für Schimmelpilze liefert. Grassilagen mit TS-Gehalten < 30 % machten ca. 20 bis 30 % der Monitoring-Proben aus. Mit abnehmendem TS-Gehalt erhöht sich die Unsicherheit eines optimalen Gärungsverlaufes, da sich die Bedingungen für buttersäurebildende Clostridien verbessern.

Der Anteil von Silagen mit zu hohem Aschegehalt lag in den 3 Erntejahren zwischen 17 und 24 %. Er ist Ausdruck des Verschmutzungsgrades, Ursache der Kontamination mit Clostridien sporen und lässt sich häufig durch technologische Maßnahmen vermindern.

26 bis 38 % der Grassilagen wiesen einen Proteingehalt > 17 % auf, wobei ein Blick auf die 75 % Quartile (Tab. 5) zeigt, dass ein hoher Anteil dieser Silagen den Orientierungswert nur geringfügig überschritt. Hohe Proteingehalte sind Ausdruck einer zu intensiven N-Düngung. Durch Erhöhung der Pufferkapazität verschlechtert sich die Silierbarkeit und wirkt bei hohen Rationsanteilen solcher Silagen auch ernährungsphysiologisch ungünstig. Eine besonders hohe Diskrepanz (68 %) zum Orientierungswert weist der Rohfasergehalt der Silagen aus der Ernte 2002 auf, worauf bereits der Mittelwert von 28,3 % (Tab. 5) hinweist. Auch in den vorangegangenen Jahren erreichten 50 bzw. 56 % der Silagen > 26 % Rohfaser.

Entsprechend des großen Einflusses der Rohfaser auf den Energiegehalt ergeben sich auch bei diesem Parameter Abweichungen vom Orientierungswert in der gleichen Größenordnung. 48 bis 72 % der Silagen unterschreiten, wenn z. T. auch nur geringfügig, den wünschenswerten Gehalt von  $\geq 6,1$  MJ NEL/kg TM.

Die separate Betrachtung einzelner Parameter kann zwar Schwachstellen bei der Silageherstellung aufzeigen, charakterisiert jedoch die Silage selbst nur unvollständig. In Tabelle 7 wurden deshalb die Grassilagen erfasst, die in allen Parametern den Orientierungswerten entsprechen. Ihr Anteil von 6,8 bis 13 % in den drei Erntejahren ist überraschend niedrig, lässt sich in der Tendenz jedoch bereits aus den Angaben der Tabellen 5 und 6 ableiten.

**Tabelle 7:** Anzahl und prozentualer Anteil der Feld- und Wiesengrassilagen, die im Trockensubstanz-, Rohnährstoff- und Energiegehalt den Orientierungswerten entsprechen

Erntejahr	2000	2001	2002
Anzahl	17	13	10
Anteil (%)	13,0	10,2	6,8

Weitere Qualitätseinschränkungen müssen gemacht werden, wenn kein optimaler Silierfolg (schlechter als Siliernote 2) erzielt werden konnte. Das betrifft von den Silagen in Tabelle 7 bei einer Bewertung mit dem DLG-Schlüssel (1997) im Erntejahr 2000 keine, im Erntejahr 2001 eine Silage mit der Siliernote 5 und 2 mit Note 3 sowie im Erntejahr 2002 2 mit Note 3 und eine mit Note 4.



### 3.2.3 Silagen aus Luzerne und Luzernegras

Die in diesem Abschnitt behandelten Silagen bestehen aus Luzerne mit unterschiedlichen Grasanteilen. Ihre Herstellung beschränkte sich auf wenige Betriebe und stellt wegen der schlechten Siliereignung (hoher Eiweißgehalt, niedriger Gehalt an vergärbaren Kohlenhydraten, hoher Gehalt an den basisch wirkenden Mineralstoffen Ca und Mg und ungünstige mechanische Beschaffenheit durch hohen Stengelanteil) hohe Ansprüche an die Siliertechnik.

Orientierungsangaben wie für Mais- und Grassilagen liegen in der neueren Literatur nicht vor. Da neben pflanzenbaulichen Aspekten (Fruchtfolge, N-Anreicherung im Boden, Nutzung von Standorten mit geringen Niederschlägen) die Ergänzung proteinarmer Futtermitteln ein Beweggrund für den Anbau von Luzerne sein kann, sollte der Rohproteingehalt in der Silage-TM > 17 % erreichen.

Voraussetzung für einen guten Siliererfolg ist das Anwelken auf > 35 % TS. Von den meisten Silagen wurde dieser Wert beträchtlich überschritten. Den niedrigsten Medianwert hatten die Proben aus der Ernte 2001 mit 36,2 % (Tab. 8). Ein generell höherer Anwelkgrad als bei Grassilagen konnte jedoch nicht festgestellt werden.

**Tabelle 8:** Inhaltsstoffe und Futterwert der Luzerne- und Luzernegrassilagen

	TS %	R-asche	R-protein	R-faser	NEL MJ/kg
		in % der Trockenmasse			
<b>Erntejahr 2000</b>					
Mittelwert	45,4	11,5	19,6	26,2	5,6
Standardabw.	10,6	2,1	2,0	2,7	0,5
Quartil 25	36,7	10,3	18,1	24,5	5,2
Median	47,2	10,7	19,4	26,1	5,4
Quartil 75	52,3	12,1	21,2	28,0	5,7
Max	60,9	17,5	23,5	31,7	6,6
Min	21,7	9,1	16,1	20,1	5,0
<b>Erntejahr 2001</b>					
Mittelwert	37,7	12,2	18,1	26,8	5,5
Standardabw.	10,2	2,7	2,7	3,9	0,5
Quartil 25	30,7	10,3	16	24,2	5,1
Median	36,2	11,8	18,5	26,6	5,6
Quartil 75	45,35	12,5	19,6	29,5	6,0
Max	59,4	19,9	24,7	34,9	6,5
Min	21,620	8,5	12,8	19,5	4,6
<b>Erntejahr 2002</b>					
Mittelwert	39,3	11,5	17,2	29,3	5,3
Standardabw.	10,4	1,8	1,3	3,1	0,4
Quartil 25	33,4	10,4	16,2	27,1	5,1
Median	38,7	10,9	17,4	28,5	5,2
Quartil 75	45,4	11,8	18,1	30,1	5,7
Max	65,7	16,9	19,4	37,4	6,0
Min	20,2	9,0	15,1	25,1	4,5

<sup>1)</sup> Einzelwerte s. Anhangstab. 3

Der mittlere Aschegehalt der Klee- und Kleegrassilagen liegt in den 3 Untersuchungsjahren 1,8 bis 2,5 % höher als bei Grassilagen, was zumindest teilweise auf höhere Gehaltswerte einiger Mineralstoffe zurückgeführt werden kann. Die 75 % Quartile mit ca. 12 % Asche in der TM entsprechen den Angaben der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer für Luzernesilage zu Beginn der Blüte. In 3 Jahren wurden nur 4 Silagen mit > 15 % Asche, d. h., einer mittleren Verschmutzung registriert.

Reine Luzernesilage aus zu Beginn der Blüte einsiliertem Erntegut enthält nach Angaben der DLG-Tabelle (Mittelwert von 27 Proben) 17,9 % Rohprotein. Die Angaben in Tabelle 8 zeigen, dass dieser Wert von der Mehrheit der Proben aus den beiden ersten Untersu-

chungsjahren und von > 25 % der Chargen aus dem Jahre 2002 überschritten wird. Damit wird deutlich, dass mit Klee- und Kleegrassilagen eine wirksame Ergänzung proteinarmer Grundfütterationen möglich ist.

Berücksichtigt man, dass Luzerne bereits in frühen Vegetationsstadien viel Rohfaser bildet und zu Beginn der Blüte ca. 30 % erreicht, sind die analysierten Rohfasergehaltswerte insbesondere in den Erntejahren 2000 und 2001 sehr niedrig und setzten einen frühzeitigen Schnitt voraus. Bei einigen Silagen ist auch ein höherer Grasanteil Ursache für den günstigen Rohfasergehalt. Trotz der Bemühungen durch frühzeitigen Schnitt hochwertige Grundfutter herzustellen, erreichten die Klee- und Kleegrassilagen in den Erntejahren 2000 bis 2002 nur mittlere Energiekonzentrationen von 5,6; 5,5 und 5,3 MJ NEL/kg TM. Die Ursachen für diese niedrigen Werte, die auch den Silageanteil in der Fütteration begrenzen, liegen in der vergleichsweise zum Gras wesentlich schlechteren Verdaulichkeit der Rohfaser. Weiterhin ist beim Einsatz von Klee- und Kleegrassilagen auf ihren positiven Beitrag zur ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) zu achten. Die ermittelten RNB-Werte von 7 bis 9 g N/kg TM erreichen etwa das doppelte der RNB-Werte von Grassilagen (Anhangstab. 2 und 3).

### 3.2.4 Ganzpflanzensilagen aus Gerste

Um die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Erntejahre untereinander und mit Angaben aus der Literatur vergleichen zu können, wurden von den angelieferten Getreideganzpflanzensilagen nur die aus Gerste mit einem analytisch erfassbaren Stärkegehalt ausgewertet. Die Probenzahl aus den einzelnen Erntejahren verminderte sich deshalb auf nur 10 bis 15 Silagen. Trotzdem bestehen zwischen einzelnen Proben erhebliche Unterschiede, die vor allem durch die Differenzen im Stärkegehalt aber auch im Rohfasergehalt sichtbar werden (Tab. 9).

**Tabelle 9:** Inhaltsstoffe von Ganzpflanzensilagen im Vergleich zu Werten aus der DLG-Tabelle <sup>1)</sup>

	TS %	R-asche	R-protein	R-faser	Stärke	NEL MJ/kg
		in % der Trockenmasse				
<b>DLG-Tabelle</b>	30 bis 45	7,5	9,5	23 bis 28	15,0 bis 27,0	5,1 bis 5,7
<b>Erntejahr 2000</b>						
Mittelwert	36,5	6,7	10,1	23,5	18,1	5,5
Standardabw.	5,9	1,3	1,4	2,5	5,0	0,2
Quartil 25	32,4	6,0	9,8	21,9	15,0	5,4
Median	36,9	6,3	10,4	23,9	18,2	5,5
Quartil 75	38,4	6,9	11,0	25,8	21,2	5,7
Max	51,2	10,4	11,9	26,5	26,7	6,0
Min	28,0	4,7	6,6	18,6	6,6	5,2
<b>Erntejahr 2001</b>						
Mittelwert	34,6	6,5	10,0	27,2	12,8	5,3
Standardabw.	8,0	1,3	1,6	3,8	5,2	0,3
Quartil 25	27,7	5,8	9,4	24,7	8,4	5,0
Median	32,6	6,5	10,5	26,7	13,6	5,4
Quartil 75	40,5	7,2	10,9	30,1	14,6	5,5
Max	49,3	9,1	12,5	34,7	22,1	5,7
Min	23,6	3,2	5,2	20,0	3,4	4,7
<b>Erntejahr 2002</b>						
Mittelwert	36,7	6,3	10,0	26,7	15,3	5,3
Standardabw.	9,4	1,7	1,8	3,2	5,6	0,3
Quartil 25	31,1	5,8	9,1	24,7	11,3	5,2
Median	31,8	6,2	9,9	26,9	13,5	5,4
Quartil 75	39,4	7,3	10,8	29,3	18,3	5,5
Max	59,9	9,2	13,6	31,0	24,9	5,7
Min	28,5	2,6	7,2	21,3	8,0	4,8

<sup>1)</sup> Einzelwerte s. Anhangstab. 4

Ursache dafür können sowohl Unterschiede im physiologischen Alter und damit im Verhältnis von vegetativen zu generativen Pflanzenteilen als auch unterschiedliche Schnitthöhe bei der Ernte sein. Die Standardabweichungen und weiteren statistischen Kennzahlen für den Asche- und Rohproteingehalt weisen demgegenüber auf geringere Unterschiede zwischen den Silagen hin. Auch im Energiegehalt, der gemessen am Bedarf von Rindern mit hohen Leistungen sehr niedrig ist, ist die Spannweite nicht groß. Die Maximalwerte von 6,0 MJ NEL im Jahre 2000 und 5,7 MJ NEL in den beiden folgenden Jahren zeigen, dass offensichtlich auf die Möglichkeit, durch einen hohen Schnitt Getreideganzpflanzensilagen mit hoher Energiekonzentration zu produzieren, nicht zurückgegriffen wird.

### 3.3 Mineralstoffgehalt der Silagen

Der Mineralstoffgehalt des Grünfutters unterliegt einer Reihe von Einflussfaktoren. Außer pH-Wert und geologischer Herkunft des Bodens können das Düngung, Schnitttermin sowie Kräuter- und Kleeanteil sein. Aus nur einer Pflanzenart bestehendes Futter wie z. B. Mais ist dabei von der Variation wesentlich weniger betroffen als Wiesengras oder Klee gras (Tab. 10, Anhangstab. 5 bis 8).

**Tabelle 10:** Der Mengenelementgehalt der Silagen (in % der Trockenmasse)

Erntejahr		Ca	P	Mg	K	S	Cl
<b>Maissilagen</b>							
2000	$\bar{x}$	0,23	0,23	0,14	1,02	0,10	0,12
	s	0,04	0,03	0,02	0,15	0,01	0,05
2001	$\bar{x}$	0,23	0,21	0,13	1,07	0,10	0,14
	s	0,04	0,02	0,02	0,15	0,01	0,06
2002	$\bar{x}$	0,22	0,22	0,13	1,01	0,10	0,15
	s	0,04	0,03	0,02	0,12	0,01	0,08
<b>Grassilagen</b>							
2000	$\bar{x}$	0,69	0,33	0,22	2,89	0,23	0,46
	s	0,22	0,05	0,06	0,62	0,04	0,29
2001	$\bar{x}$	0,66	0,33	0,21	2,76	0,22	0,43
	s	0,20	0,06	0,06	0,68	0,06	0,25
2002	$\bar{x}$	0,61	0,34	0,21	2,88	0,22	0,41
	s	0,16	0,06	0,06	0,66	0,05	0,24
<b>Kleegrassilagen</b>							
2000	$\bar{x}$	1,73	0,32	0,26	2,93	0,26	0,40
	s	0,73	0,06	0,07	0,72	0,04	0,16
2001	$\bar{x}$	1,39	0,33	0,27	3,20	0,23	0,38
	s	0,45	0,06	0,13	0,44	0,05	0,19
2002	$\bar{x}$	1,45	0,29	0,21	2,97	0,26	0,37
	s	0,38	0,06	0,04	0,56	0,11	0,16
<b>Ganzpflanzensilagen</b>							
2000	$\bar{x}$	0,37	0,26	0,13	1,55	0,15	0,30
	s	0,26	0,04	0,04	0,43	0,02	0,18
2001	$\bar{x}$	0,39	0,25	0,11	1,65	0,17	0,35
	s	0,14	0,04	0,03	0,43	0,06	0,21
2002	$\bar{x}$	0,44	0,26	0,11	1,70	0,15	0,35
	s	0,21	0,06	0,03	0,64	0,04	0,23

Der Mineralstoffgehalt weist zwischen den Silagearten charakteristische Unterschiede auf. Es gibt aber auch erhebliche Differenzen zwischen Einzelproben. So betrug der niedrigste Ca-Gehalt bei Grassilagen (Ernte 2002) 0,18 % und der höchste (Ernte 2000) 1,58 % (Anhangtabelle 6). Obwohl solche Extremwerte nur selten auftreten, vermindern sie die Aussagekraft des Mittelwertes. In den Anhangtabellen 5 bis 8 werden deshalb weitere statistische Kerngrößen mitgeteilt.

Maissilage ist sehr mineralstoffarm und weist bei allen Mengenelementen niedrigere Gehaltswerte als die anderen Silagearten auf. Große Differenzen bestehen im Ca-Gehalt zu

Gras- und besonders zu Kleegrassilage, die die drei bis siebenfachen Ca-Konzentrationen erreichen.

Ganzpflanzensilagen nehmen mit Ca-Gehalten von ca. 0,45 % der TM eine mittlere Position ein.

Wesentlich geringere Differenzen treten in den Gehaltswerten der anderen Mengenelemente auf und zwar sowohl innerhalb als auch zwischen den verschiedenen Silagearten. Abstufungen bestehen zwischen Maissilage mit den niedrigsten Gehaltswerten über Ganzpflanzensilage mit mittleren sowie Gras- und Kleegrassilage mit etwa gleich hohen Konzentrationen.

Im Mengenelementgehalt der Silagen aus den verschiedenen Erntejahren bestehen keine signifikanten Differenzen. Das wird sowohl durch den Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen in Tabelle 10, insbesondere jedoch aus den Quartilen in den Anhangstabellen 5 bis 8 deutlich.

Natrium ist zwar aus Sicht der Tierernährung ein Mengenelement, liegt aber in Pflanzen z. T. in sehr niedriger Konzentration vor (Tab. 11).

**Tabelle 11:** Der Gehalt an Natrium und Spurenelementen der Silagen (in mg/kg Trockenmasse)

Erntejahr		Na	Cu	Zn	Mn	Fe
<b>Maissilagen</b>						
2000	$\bar{x}$	51	4,7	88	33	194
	s	38	0,7	79	12	760
2001	$\bar{x}$	44	4,5	69	31	129
	s	32	0,8	69	8	51
2002	$\bar{x}$	51	4,6	111	30	143
	s	33	0,6	90	13	50
<b>Grassilagen</b>						
2000	$\bar{x}$	522	8,2	51	98	646
	s	434	1,6	38	50	554
2001	$\bar{x}$	447	7,9	40	96	578
	s	506	2,2	17	51	496
2002	$\bar{x}$	484	8,4	57	98	683
	s	407	1,5	40	42	434
<b>Kleegrassilagen</b>						
2000	$\bar{x}$	598	8,4	34	56	541
	s	304	1,0	8	16	404
2001	$\bar{x}$	395	8,3	37	62	819
	s	389	1,5	12	23	807
2002	$\bar{x}$	371	8,3	34	58	661
	s	177	1,1	10	15	589
<b>Ganzpflanzensilagen</b>						
2000	$\bar{x}$	552	5,6	36	44	223
	s	424	1,7	12	25	174
2001	$\bar{x}$	535	5,3	31	38	293
	s	430	0,9	10	15	240
2002	$\bar{x}$	924	5,3	60	40	310
	s	1 643	0,6	55	23	304

Besonders auffällig ist wiederum der Mais mit einem mittleren Gehalt von nur 50 mg/kg Trockenmasse. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die niedrigen Angaben für Na nur als Orientierungswerte zu betrachten sind, da die Bestimmungsgrenze für Na mit der Röntgenfluoreszenzanalyse 100 mg/kg TM beträgt. Der Na-Gehalt der anderen Silagearten ist ca. 7 bis 10 mal höher. Charakteristisch für die Natriumgehaltswerte aller Silagen sind die hohe Standardabweichung und die großen Differenzen zwischen Mittelwert und Median (Anhangstab. 5 bis 8). Sie haben ihre Ursache in der Verwendung Na-haltiger Siliermittel.

Besonders deutlich sind die Auswirkungen derartiger Zusätze bei Gras-, Klee- und Ganzpflanzensilagen, die nicht selten über 1 000 mg Na/kg TM erreichen. Auch Gehaltsunterschiede zwischen den einzelnen Erntejahren können auf eine unterschiedliche Anzahl von Proben mit Na-haltigen Siliermittelzusätzen zurückgeführt werden.

Die Kupferkonzentrationen der Silagen entsprechen weitgehend den nativen Gehaltswerten des Siliergutes. Werte von  $> 10$  mg/kg TM sind nur bei Grassilagen vereinzelt festzustellen und können auf einem hohen Anteil von Kräutern beruhen. Maissilagen weisen mit 4 bis 5 mg/kg TM den niedrigsten Cu-Gehalt auf. Sie werden von den Ganzpflanzensilagen nur geringfügig übertroffen. Gras- und Klee-Grassilagen sind mit 7 bis 9 mg Cu/kg TM am Cu-reichsten. Die in den drei Erntejahren ermittelten Gehaltswerte stimmen weitgehend überein.

Der natürliche Zinkgehalt der Grünfuttersilagen beträgt 30 bis 50 mg/kg TM mit nur geringen Unterschieden zwischen den Silagearten. Die analytischen Befunde, insbesondere bei Mais– aber auch bei Grassilagen übertreffen diese Konzentrationen jedoch z. T. erheblich. Als Ursache kommen sowohl Düngemittel (z. B. Blattdüngung von Mais) als auch mit Spurenelementen angereicherte Siliermittel in Frage. Bei den statistischen Kenngrößen zeigen sich diese Maßnahmen ebenso wie beim Natrium in hohen Standardabweichungen und großen Differenzen zwischen Mittelwert und Median. Signifikante Differenzen im Zn-Gehalt der Silagen aus den drei Erntejahren sind nicht festzustellen.

Der Mangangehalt des Grünfutters wird durch dessen botanischen Zusammenhang und den pH-Wert des Bodens stärker beeinflusst als der Gehalt an anderen Elementen. Ein niedriger pH-Wert fördert den Einbau in die Pflanzen.

Grassilagen sind besonders Mn-reich. Mit durchschnittlich ca. 100 mg/kg TM erreichten sie in allen 3 Jahren des Monitorings die dreifache Mn-Konzentration wie Maissilage. Auffallend ist die große Schwankungsbreite im Mn-Gehalt der Grassilagen. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass die hohen Konzentrationen aus mineralstoffangereicherten Siliermittelzusätzen resultieren, da sich kaum Proben finden, in denen neben einem hohen Mn-Gehalt auch der Na- oder Zn-Gehalt erhöht ist.

Bei ebenfalls hoher Standardabweichung wurde bei Klee-Grassilagen reichlich und bei Ganzpflanzensilage knapp die Hälfte des Mn-Gehaltes von Grassilagen analysiert. Gerichtete Differenzen zwischen den Erntejahren sind auch im Mn-Gehalt dieser Silagen nicht erkennbar.

Der Eisengehalt von Pflanzenteilen mit hohem Chlorophyllgehalt beträgt 200 bis 300 mg, der von Stengeln 30 bis 60 mg/kg TM. Erdige Verunreinigungen besitzen einen sehr hohen Fe-Gehalt und können in Abhängigkeit von den Erntebedingungen zu einem drastischen Anstieg des Fe-Gehaltes führen, der ein Mehrfaches des nativen Gehaltes betragen kann. Die Untersuchungsergebnisse (Tab. 11 und Anhangstab. 5 bis 8) zeigen, dass auch bei Fe erhebliche Unterschiede zwischen den Silagearten vorliegen. Gras- und Klee-Grassilagen weisen mit ca. 600 bis 700 mg/kg TM den höchsten und Maissilage mit 130 bis 140 mg den niedrigsten Fe-Gehalt auf.

In den Tabellen 12 und 13 werden die Ergebnisse der Selen- und Joduntersuchung mitgeteilt. Sie umfassen jeweils 10 zufällig ausgewählte Mais-, Wiesen- und Feldgrassilagen aus der Ernte 2000 sowie 18 Luzerne-, Luzernegras- und 14 Ganzpflanzensilagen aus der Ernte 2001. Die begrenzte Probenzahl war sowohl der aufwändigen Analytik als auch den zu erwartenden niedrigen Gehaltswerten geschuldet. Im Se-Gehalt sind Differenzen zwischen den Silagearten erkennbar. In Maissilage ist der Se-Gehalt mit 0,026 mg/kg TM extrem niedrig. Der etwas höhere Mittelwert der Ganzpflanzensilagen resultiert daraus, dass 7 Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen und nicht im Mittelwert erscheinen und weitere 2 Proben relativ hohe (0,101; 0,57 mg/kg TM) Se-Konzentrationen aufweisen. Feldgras- und Luzernesilage weisen zwar einen etwas höheren, für die Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere (Abschnitt 3.3.1) aber immer noch unbedeutenden Wert auf.

**Tabelle 12:** Selengehalt ausgewählter Silageproben (Angaben in mg/kg TM)

	Maissilage	Wiesengrassilage	Feldgrassilage	Luzernesilage	Ganzpflanzensilage
n B <sup>1)</sup>	2	2	1	2	7
n	8	8	9	16	7
$\bar{x}$	0,026	0,042	0,063	0,050	0,040
s	0,005	0,018	0,040	0,022	0,030

<sup>1)</sup> Anzahl der Proben mit Se-Gehalten unter der Bestimmungsgrenze von 0,020 mg/kg TM

**Tabelle 13:** Jodgehalt ausgewählter Silageproben (Angaben in mg/kg TM)

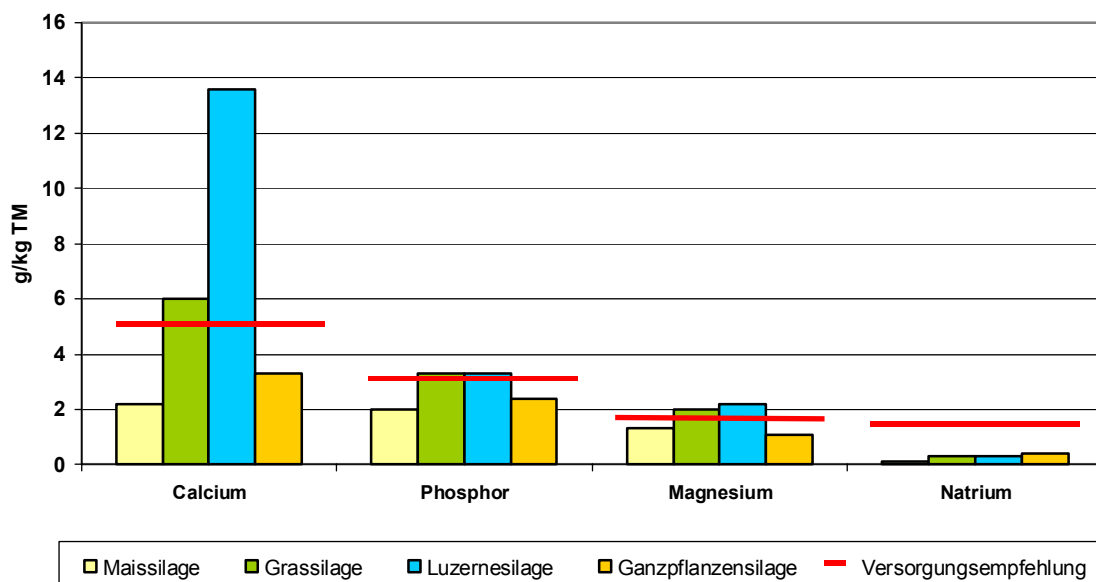
	Maissilage	Wiesengrassilage	Feldgrassilage	Luzernesilage	Ganzpflanzensilage
n B <sup>1)</sup>	9	0	7	9	13
n	1	10	3	9	1
$\bar{x}$	(0,067)	0,145	0,100	0,124	(0,096)
s		0,037	0,043	0,040	

<sup>1)</sup> Anzahl der Proben mit J-Gehalten unter der Bestimmungsgrenze von 0,060 mg/kg TM

Der Jodgehalt der Mais- und Ganzpflanzensilagen liegt mit jeweils einer Ausnahme unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,060 mg/kg TM. Auch bei 7 von 10 Feldgras- und der Hälfte der Luzernesilagen konnte der Jodgehalt nicht quantifiziert werden, so dass die in der Tabelle 13 mitgeteilten Mittelwerte nur bedingt aussagefähig sind. Dem gegenüber war der Jodgehalt in allen Wiesengrassilagen bei Werten zwischen 0,092 und 0,194 mg/kg TM bestimmbar.

### 3.3.1 Der Beitrag der Silagen zur Mineralstoffversorgung von Milchkühen

Bei der Berechnung von Futterrationen wird zunächst das Grundfutter entsprechend seines Energiegehaltes mit den fehlenden Komponenten für eine bestimmte Milchleistung ergänzt. Ob zur Supplementierung der Mineralstoffe ein Mineralstoffgemisch oder lediglich die fehlenden Elemente in Form von z. B. Viehsalz oder Futterkalk verwendet werden und bedarfsdeckende Mengen zum Einsatz kommen, hat finanzielle Konsequenzen, kann aber nur mit Kenntnis von Analysenwerten der Grundfutterkomponenten entschieden werden. Wird eine Milchleistung von 15 l/Tag aus dem Grundfutter und eine TM-Aufnahme

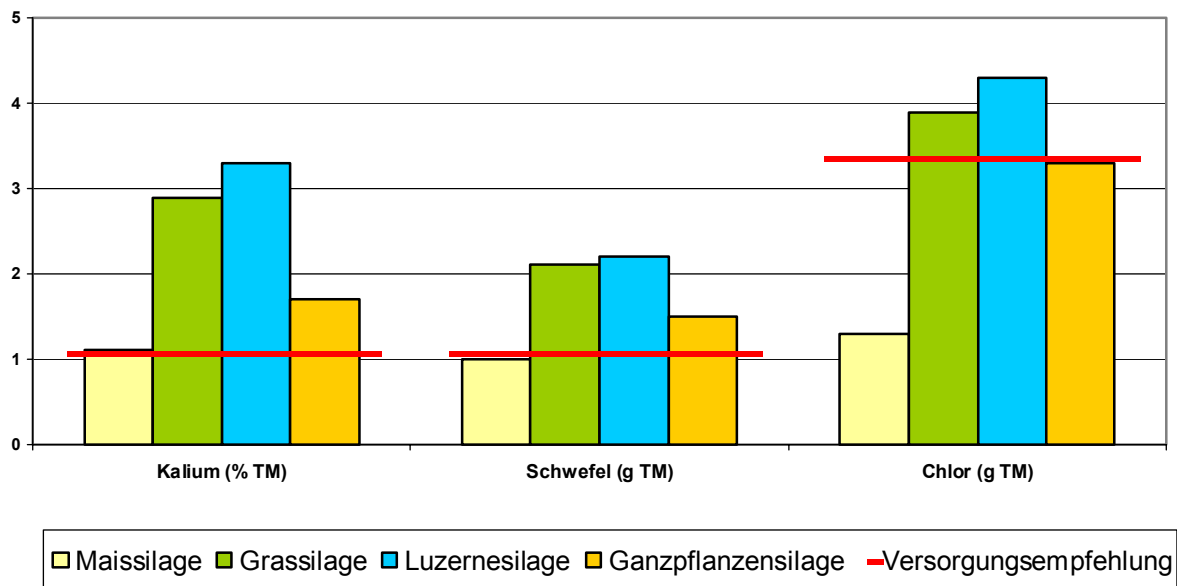


**Abbildung 1:** Der Calcium-, Phosphor-, Magnesium- und Natriumgehalt (Medianwerte, Erntejahr 2001) im Vergleich zur Versorgungsempfehlung der DLG für 15 l Milch bei 14 kg TM-Aufnahme von 14 kg/Kuh und Tag unterstellt, so ergibt sich die in Abbildung 1 dargestellte Bedarfsdeckung an Ca, P, Mg und Na über die untersuchten Silagen.

Bis auf Na werden die Versorgungsempfehlungen für diese Elemente mit Gras- und Luzernesilage gut erfüllt oder überboten (Ca-Gehalt der Luzerne).

Die Na-Versorgung ist mit allen Silagen, die Ca- und P-Versorgung mit Mais- und Ganzpflanzensilage unzureichend.

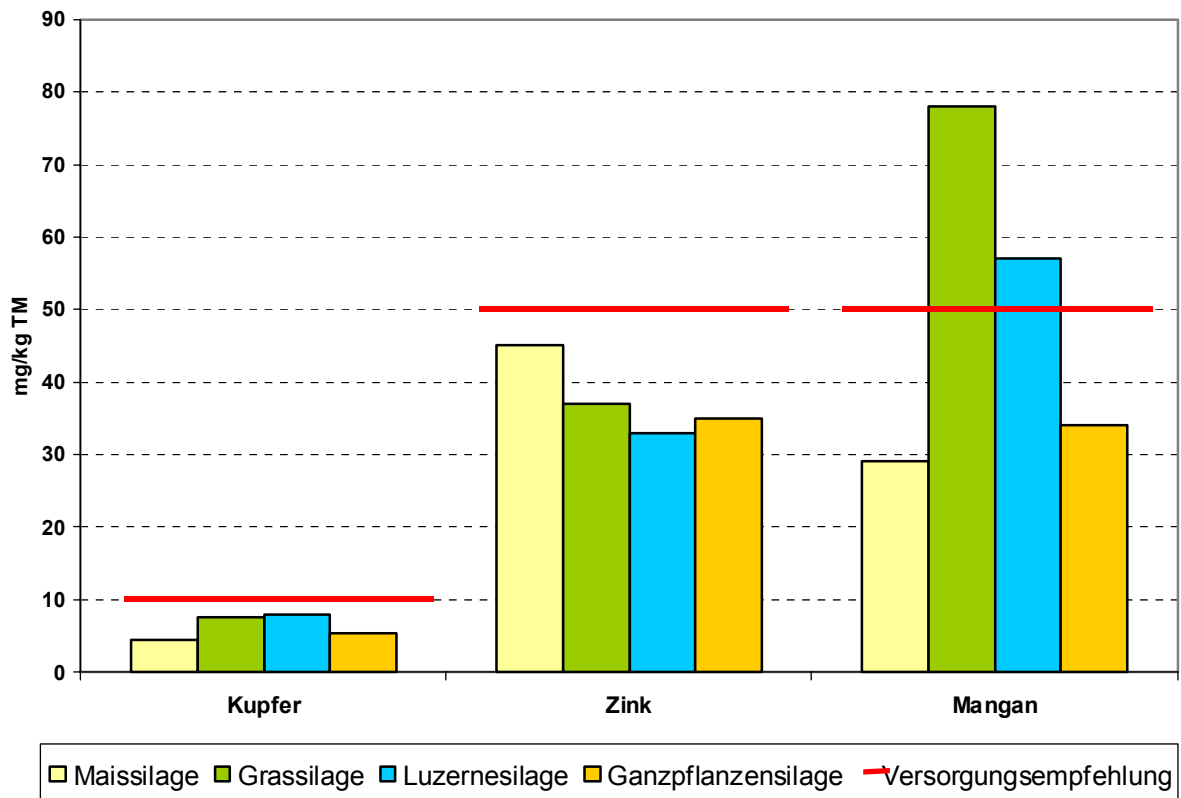
K-, S- und Cl-Unterversorgung ist unter praktischen Bedingungen bei Milchkühen unbekannt, auch wenn die Gehaltswerte von Maissilage (Abb. 2) ein marginales oder nicht bedarfsdeckendes Angebot anzeigen.



**Abbildung 2:** Der Kalium-, Schwefel- und Clorgehalt (Medianwerte, Erntejahr 2001) im Vergleich zur Versorgungsempfehlung für Milchkühe

Die Konzentrationen im Futter sind jedoch von Interesse, wenn zur Prophylaxe der Gebärpause die Kationen-Anionen-Bilanz als Voraussetzung für die richtige Dosierung saurer Salze berechnet werden soll.

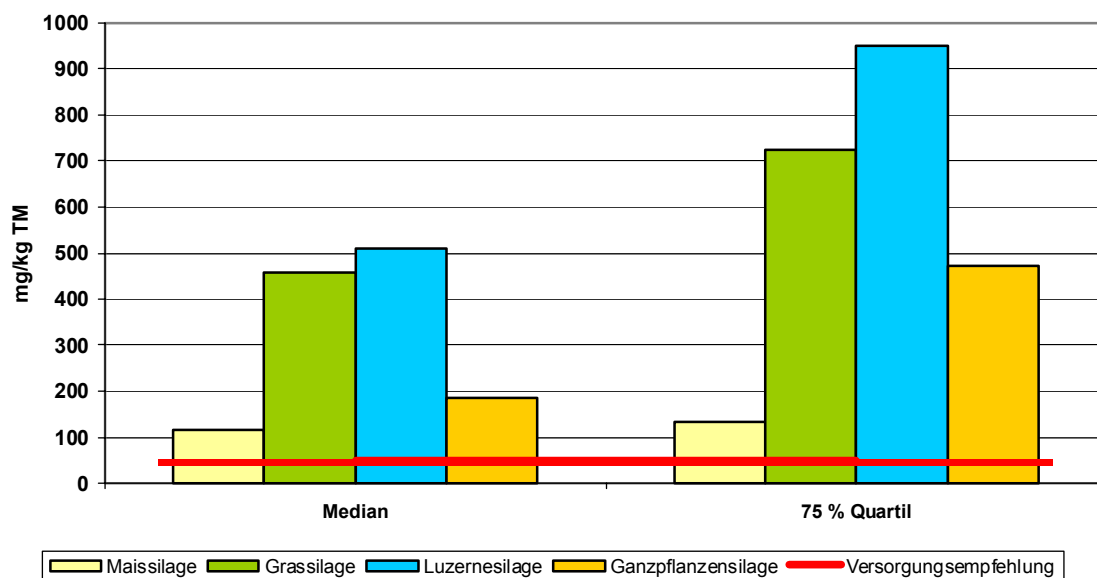
Abbildung 3 zeigt das Cu-, Zn- und Mn-Angebot mit Grünfuttersilagen. Es ist ersichtlich, dass lediglich auf die Verabreichung von Mn verzichtet werden kann, wenn Gras- oder Luzernesilagen verfüttert werden.



**Abbildung 3:** Der Kupfer-, Zink- und Mangangehalt (Medianwerte, Erntejahr 2001) im Vergleich zur Versorgungsempfehlung für Milchkühe

Eine Unterversorgung von Milchkühen mit Fe tritt unter Praxisbedingungen nicht auf (Abb. 4). Die Darstellung des 75 % Quartils soll vielmehr das Ausmaß des Überangebotes zeigen. Dieses resultiert aus erdigen Verunreinigungen. Obwohl nicht bekannt ist, in welchem Umfang derartige Fe-Verbindungen absorbiert werden, besteht die Gefahr einer Verschlechterung der Cu-Verwertung, die sich in Gebieten mit Fe-haltigem Trinkwasser noch verstärkt.





**Abbildung 4:** Der Eisengehalt im Vergleich zur Versorgungsempfehlung für Milchkühe

Vergleicht man die Versorgungsrichtwerte für Selen von 0,2 mg/kg TM und für Jod von 0,5 mg/kg TM mit den in den Tabellen 12 und 13 mitgeteilten Analyseergebnissen, so ergibt sich in jedem Fall die Notwendigkeit einer Ergänzung in Höhe der Versorgungsrichtwerte. Die chemische Analyse dieser Elemente in Grünfuttersilagen ist aus Kostengründen nicht zu empfehlen.

### 3.4. Siliererfolg

Die dauerhafte Konservierung von Grünfutter ist an eine möglichst schnelle Absenkung des pH-Wertes durch die Bildung von Milchsäure gebunden. Ist es durch siliertechnische Maßnahmen gelungen, einen vollständigen Luftabschluss zu erreichen, so werden im Gärprozess ausschließlich leicht lösliche Kohlenhydrate verbraucht. Werden jedoch keine anaeroben Bedingungen erreicht, so treten in der Anfangsphase des Silierprozesses vermehrt Enterobakterien auf, die unter starker Wärmeentwicklung Essigsäure und Alkohol produzieren (ZIMMER, 1993). Später werden die unerwünschten Prozesse durch verschiedene Arten von Buttersäurebakterien (Clostridien) fortgesetzt, von denen ein Teil auch Protein zu  $\text{NH}_3$  und Aminen abbaut.

Auf der Grundlage der gebildeten Abbauprodukte der Silage lassen sich Schlussfolgerungen über den Gärverlauf und das Ausmaß des Nährstoffabbaues ableiten. Der pH-Wert gestattet Rückschlüsse auf den Milchsäuregehalt und die Stabilität der Silage. Die Beurteilung des pH-Wertes muss dabei unter Berücksichtigung des Trockensubstanzgehaltes und die des  $\text{NH}_3$ -Gehaltes unter Einbeziehung des Proteingehaltes erfolgen. Trockene Silagen benötigen weniger Säure, und eiweißreiche Silagen dürfen für eine gute Beurteilung einen höheren  $\text{NH}_3$ -Gehalt aufweisen. Für gute Silagen wurden die folgenden Zielwerte formuliert (THAYSEN, 2000; Tab. 14).

**Tabelle 14:** Zielwerte für Parameter der Gärqualität

	Grassilage	Maissilage	Ganzpflanzensilage
Buttersäure (% der TM)	< 0,3	< 0,1	< 0,1
Essigsäure (% der TM)	2 bis 3,5	2 bis 3,5	2 bis 3,5
$\text{NH}_3\text{-N}$ (% des Gesamt-N)	< 10	< 6	< 6
pH-Wert (in Abhängigkeit vom TM-Gehalt)	4,3 bis 4,6	3,9 bis 4,2	3,9 bis 4,4

Um die Zusammenhänge zu berücksichtigen, erfolgt die Einschätzung des Siliererfolges in Form von Punktesystemen. Zur Zeit gibt es vier derartige Bewertungsschlüssel, von denen 3 auch für Maissilage verwendet werden können. Sie unterscheiden sich in der Einbeziehung bzw. Wichtung der einzelnen Parameter (Tab. 15).

**Tabelle 15:** Wichtung verschiedener Parameter durch Punkte bei der Beurteilung des Siliererfolges mit unterschiedlichen Bewertungsschlüsseln

Bewertungsschlüssel <sup>1)</sup>	Bewertungskriterien					
	TS (<20 bis 48 %)	TS – pH	NH <sub>3</sub> -N	Essigs. $\geq$ 3,5	Essigs. <2,0	Buttersäure
Anzahl der Punkte						
Lettin	0 bis 15	0 bis 50	0 bis 35	-	-	-
DLG 92	-	-30 bis 25	0 bis 25	0 bis -30	-	0 bis 50
DLG 97	-	-30 bis 25	0 – 25	0 bis -30	-5 bis -20	0 bis 50
KAISER u. WEISS <sup>2)</sup>	-	-	-	-5 bis -35	-	0 bis 50

<sup>1)</sup> siehe Anhang

<sup>2)</sup> nur für Grassilage

Der Lettiner Schlüssel honoriert Trockensubstanzgehalte bis 48 %. Bei Zielwerten für Maissilage von maximal 35 % und für Grassilage von 40 % TS (Tab. 2 und 3) entspricht dieser hohe Wert nicht mehr den heutigen Vorstellungen. Bei den anderen Bewertungsschlüsseln findet der TS-Gehalt in dieser Form keine Berücksichtigung. Mit Ausnahme des Bewertungsschlüssels von KAISER und WEISS (2001) wirkt sich der pH-Wert empfindlich auf die Siliererfolgsnote aus. Diese Autoren schlagen vor, auf den pH-Wert zu verzichten, weil er einerseits durch den Nitratgehalt des Siliergutes beeinflusst wird und zum anderen zwischen pH-Wert und unerwünschtem Stoffabbau kein ausreichend enger Zusammenhang besteht. Auch die in die anderen Bewertungsschlüssel einbezogene proteinabhängige Ammoniakbildung halten KAISER und WEISS (2001) als Bewertungskriterium für ungeeignet. Buttersäure und Essigsäure sind wichtige Parameter des Gärungsverlaufes und Nährstoffabbaus im Silo. Mit Ausnahme des Lettiner Schlüssels werden sie mit großer Wichtung, von KAISER und WEISS sogar als alleinige Kriterien in die Bewertung einbezogen.

Eine Besonderheit des DLG-Schlüssels von 1997 ist der Punktabzug bei Silagen mit Essigsäuregehalten unter 2 % in der TM. Er wird mit der geringeren aeroben Stabilität von Silagen mit niedrigem Essigsäuregehalt begründet.

Alle Bewertungssysteme beinhalten eine ergänzende sensorische Beurteilung, bei der Wertminderungen durch Erhitzen und Schimmelbefall erfasst werden.

### 3.4.1 Maissilagen

Die Bewertung des Siliererfolges der Maissilagen aus den Erntejahren 2000 und 2001 erfolgte mit dem Lettiner Schlüssel und den Bewertungsschlüsseln der DLG von 1992 und 1997 (Tab. 16, Anhangstab. 9).

**Tabelle 16:** Bewertung von Maissilage aus den Erntejahren 2000 und 2001 (n = 251) nach dem Lettiner Schlüssel sowie den DLG-Schlüsseln von 1992 und 1997 (Anzahl der Noten)

Note	Lettiner Schlüssel	DLG-Schlüssel	
		1992	1997
1	243	242	221
2	6	7	28 <sup>1)</sup>
3	1	1	1
4	-	1	-
5	1	-	1

<sup>1)</sup> davon 21 Silagen mit < 2 % Essigsäure

Bis auf wenige Ausnahmen erreichten die Maissilagen beider Erntejahre die für eine sehr gute Gärqualität geforderten Zielparameter (Tab. 14) und wurden mit allen drei Bewertungsschlüsseln in Note 1 eingestuft. Die Einstufung in Note 2 nach dem Lettiner Schlüssel und dem DLG-Schlüssel von 1992 betrifft bis auf eine Ausnahme je 6 unterschiedliche Silagen (Anhangstab. 9). Während die nach beiden DLG-Schlüsseln mit 2 bewerteten Silagen einen erhöhten Gehalt an Butter- oder Essigsäure aufwiesen, erfolgte die Einstufung in Note 2 nach dem Lettiner Schlüssel auf Grund zu niedriger TS-Gehalte und eines zu hohen pH-Wertes.

Silagen mit niedrigem Essigsäuregehalt neigen an den Anschnittstellen zur Nacherwärmung infolge von Nährstoffabbau vorwiegend durch Hefen. Der DLG-Schlüssel von WEISSBACH und HONIG von 1997 berücksichtigt dieses Kriterium einer geringeren aeroben Stabilität und belastet Silagen mit einem Essigsäuregehalt < 2 % mit einem Punktabzug. Von den nach DLG (1997) bewerteten Maissilagen betraf das 21 Proben (Tab. 16).

Bei den mit allen drei Bewertungssystemen mit Note 3 und schlechter bewerteten Maissilagen (Tab. 16) handelt es sich um die gleichen Proben.

Auf Grund der guten Übereinstimmung der 3 Bewertungsschlüssel bei Maissilage und des hohen analytischen Aufwandes für die Gärsäurenbestimmung wurde im dritten Jahr des Monitorings auf die Bestimmung der Gärsäuren verzichtet und die Beurteilung nur nach dem Lettiner Schlüssel vorgenommen. Von insgesamt 112 Maissilagen erhielten 109 Chargen die Note 1 und 3 Chargen die Note 2 (Anhangstab. 9c).

### 3.4.2 Grassilagen

Nach dem Lettiner Schlüssel und dem Bewertungsschlüssel nach KAISER und WEISS erhielten jeweils 73 % der Grassilagen aus den Jahren 2000 bis 2002 die Noten sehr gut bzw. gut (Tab. 17, Anhangstab. 14). Auch die DLG-Schlüssel führen zu vergleichbaren Ergebnissen.

**Tabelle 17:** Bewertung der Grassilagen aus den Erntejahren 2000 bis 2002 mit dem Lettiner Schlüssel, den DLG-Schlüsseln von 1992 und 1997 sowie nach KAISER und WEISS, n = 401, Anteil der Silierfolgsnoten in %

Note	Lettiner Schlüssel	DLG-Schlüssel		KAISER u. WEISS
1 + 2	73	70	66	73
3	16	15	17	6
4 + 5	11	15	18	22

Diese gute Übereinstimmung überrascht, da sie beim Lettiner Schlüssel auf der Beurteilung von Trockenmassegehalt, pH-Wert und NH<sub>3</sub>-N-Gehalt und bei KAISER und WEISS (2001) auf Butter- und Essigsäuregehalt beruht, während die DLG-Schlüssel all diese Parameter einbeziehen. Der etwas niedrigere Anteil sehr guter und guter Silage bei Bewertung mit dem DLG-Schlüssel von 1997 ist auf den Punktabzug, der bei Essigsäuregehaltswerten von < 2 % erfolgt, zurückzuführen.

Eine teilweise Erklärung liefern die Korrelationskoeffizienten (Tab. 18), die zwischen Trockensubstanz bzw. NH<sub>3</sub>-N und den Gärsäuren eine enge Beziehung aufzeigen.

**Tabelle 18:** Korrelationskoeffizienten von Parametern der Gärqualität von Grassilagen der Erntejahre 2000 bis 2002

	Trockensubstanz			NH <sub>3</sub> -N		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
NH <sub>3</sub> -N	-0,59	-0,49	-0,50	-	-	-
Essigsäure	-0,68	-0,64	-0,71	0,59	0,46	0,51
Buttersäure	-0,48	-0,51	-0,48	0,74	0,56	0,79

Danach haben Silagen mit steigendem TS-Gehalt verminderte Konzentrationen an NH<sub>3</sub>-N, Essigsäure und Buttersäure, während erhöhte NH<sub>3</sub>-N-Gehalte mit hohen Werten an Essig- und vor allem an Buttersäure einhergehen. Die enge Beziehung zwischen Buttersäure- und NH<sub>3</sub>-N-Gehalt ist darauf zurückzuführen, dass es unter den anaeroben Clostridien sowohl kohlenhydratvergärende als auch eiweißabbauende Vertreter gibt.

Die in Tabelle 17 demonstrierte Übereinstimmung in der Bewertung betrifft nicht in allen Fällen die gleichen Proben.

In Tabelle 19 wurden 6 Silagen gegenübergestellt, bei denen die Bewertungsunterschiede besonders deutlich sind.

**Tabelle 19:** Grassilagen (Ernte 2000) mit großen Bewertungsunterschieden

Nr. <sup>1)</sup>	TS %	pH- Wert	NH <sub>3</sub> -N gesN	ES % T	BS % T	Lettin		DLG '92		DLG '97		KAISER u. WEISS	
						Pkt	Note	Pkt	Note	Pkt	Note	Pkt	Note
1	42,8	4,3	2,4	1,9	1,8	95	1	71	2	70	3	22	4
2	30,1	4,1	4,5	2,1	2,0	87	1	69	3	69	3	19	4
3	35,8	4,2	4,9	1,7	1,9	88	1	70	3	67	3	20	4
4	22,0	5,0	9,8	1,2	0,1	35	4	75	2	67	3	50	1
5	26,8	5,1	18,0	2,3	0,3	27	4	60	3	60	3	50	1
6	23,5	5,1	6,3	1,0	0,8	40	4	53	3	43	4	38	2

<sup>1)</sup> F-Nr.: 899, 685, 505, 986, 909, 796 in Anhangstab. 10a

Bei den Proben 1 bis 3 handelt es sich um Grassilagen, die auf Grund ihres hohen TM-Gehaltes, des optimalen pH-Wertes und des niedrigen NH<sub>3</sub>-N-Gehaltes nach dem Lettiner Schlüssel mit sehr gut bewertet wurden. Der mäßige Gehalt an Buttersäure führte demgegenüber nach KAISER und WEISS zur Note 4. Die Silagen Nr. 4 bis 5 sind auf Grund ihres pH-Wertes instabil und zeigen in Form ihrer hohen NH<sub>3</sub>-N-Werte z. T. deutliche Zeichen einer Eiweißzersetzung. Die schlechte Benotung nach dem Lettiner Schlüssel ist demnach durchaus nachvollziehbar, während die Bewertung nach KAISER und WEISS zu einer Fehleinschätzung führte.

Die nach dem Lettiner Schlüssel und nach KAISER und WEISS unterschiedlich beurteilten Silagen wurden mit dem DLG-Schlüssel vorwiegend in Note 3 eingestuft, was offensichtlich ihrer Qualität am besten gerecht wird.

Bei den mäßigen (Note 3) und misslungenen Silagen (Noten 4 und 5) treten größere Differenzen zwischen den Bewertungen auf (Tab. 17). Die Einbeziehung von Trockenmasse, pH-Wert und NH<sub>3</sub> hatte offensichtlich einen „positiven“ Effekt auf die Siliernote. Entsprechend war nach dem Lettiner Schlüssel der niedrigste und nach KAISER und WEISS der höchste Anteil von Silagen mit den Noten 4 und 5 zu verzeichnen.

### 3.4.3 Silagen aus Luzerne und Luzernegras

Auf Grund des hohen Rohprotein- und Mineralstoffgehaltes (Pufferkapazität) der Leguminosen vermindert sich die Vergärbarkeit des Ausgangsmaterials mit zunehmendem Kleeanteil. Bei dem vorliegenden Probenmaterial handelt es sich um Luzernesilagen ohne oder mit unterschiedlich hohen Grasanteilen. Etwa zwei Drittel der Silagen erreichte eine gute

bis sehr gute Qualität und ca. ein Viertel muss als misslungen bezeichnet werden (Tab. 20).

**Tabelle 20:** Bewertung von Luzerne- und Luzernegrassilagen aus den Erntejahren 2000 bis 2002 mit dem Lettiner Schlüssel, den DLG-Schlüsseln von 1992 und 1997 sowie nach KAISER und WEISS, (n = 59, Anteil der Silierefolgsnoten in %)

Note	Lettiner Schlüssel	DLG-Schlüssel		KAISER u. WEISS (2001)
		1992	1997	
1 + 2	66	66	59	71
3	14	8	15	7
4 + 5	20	25	25	22

Bewertungsunterschiede betreffen vor allem, wie bereits bei den Grassilagen im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, Chargen, die einen hohen pH-Wert und einen niedrigen Gärsäuregehalt aufweisen. Aus dieser Konstellation resultiert der etwas höhere Anteil der Note 1, wenn mit dem Schlüssel nach KAISER und WEISS bewertet wurde (Tab. 20). Insgesamt sind jedoch keine gravierenden Differenzen in den Siliernoten aus den unterschiedlichen Bewertungsschlüsseln festzustellen. Das wird besonders in der Anhangstabelle 11 deutlich.

#### 3.4.4 Ganzpflanzensilagen

Getreideganzpflanzen besitzen auf Grund ihres niedrigen Proteingehaltes sowie des Gehaltes an Stärke und bei Einhaltung des richtigen Schnittzeitpunktes (Milch- bis Milchwachsreife) gute Voraussetzungen für einen optimalen Gärverlauf. Die Auswertung in Tabelle 21 zeigt, dass bis auf wenige Ausnahmen mit allen Bewertungsschlüsseln eine Einstufung in die Noten 1 + 2 erfolgte. Mit den DLG-Schlüsseln wurde in den 3 Untersuchungsjahren nur eine Silage mit 4 bewertet. Zu hohe Buttersäuregehalte führten mit der Bewertung nach KAISER und WEISS zu 5 % misslungenen Ganzpflanzensilagen.

Die Ursachen für unterschiedliche Noten bei Anwendung der verschiedenen Schlüssel unterscheiden sich nicht von dem bereits besprochenen.

**Tabelle 21:** Bewertung Ganzpflanzensilagen aus den Erntejahren 2000 bis 2002 mit dem Lettiner Schlüssel, dem DLG-Schlüsseln von 1992 und 1997 sowie nach KAISER und WEISS (n = 37, Anteil der Silierefolgsnoten in %)

Note	Lettiner Schlüssel	DLG-Schlüssel		KAISER und WEISS
		1992	1997	
1 + 2	95	95	89	84
3	5	3	8	11
4 + 5	0	3	3	5

#### 3.4.5 Schlussfolgerungen zur Beurteilung der Gärqualität

Die Entscheidung für einen der in den vorangegangenen Abschnitten gegenüber gestellten Bewertungsschlüssel wird durch die Sicherheit, mit der eine zutreffende Qualitätsbeurteilung erreicht werden kann und den analytischen Aufwand (Kosten, Schnelligkeit) bestimmt. Nährstoffabbau des Grünfutters während des Silierprozesses, Silagequalität und –stabilität sowie Einfluss auf die Milchqualität sollten in die Siliernote einfließen. Dieses Anliegen wird am besten mit den DLG-Schlüsseln, die den pH-Wert (Stabilität der Silage), den NH<sub>3</sub>-N (Proteinabbau) und den Gärsäuregehalt (Nährstoffverluste und Einfluss auf die Milchqualität) einbeziehen, erreicht. Die hohen Kosten der Butter- und Essigsäurebestimmung haben jedoch dazu geführt, dass keine Anforderungen aus der Praxis eingingen und die Untersuchungseinrichtungen die Gärsäurenbestimmung nicht anbieten. Die in Sachsen ersatzweise praktizierte sensorische Bestimmung von Essig- und Buttersäure (Un-

tersuchung und Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer im Freistaat Sachsen, 2003) kann auf Grund subjektiver Faktoren zu Fehleinschätzungen führen und ist abzulehnen. In der LUFA Sachsen-Anhalt erfolgt die Bewertung des Siliererfolges nach einer modifizierten Form des DLG-Schlüssels (PETERHÄNSEL u. VON LENGERKEN, 1995) in den der pH-Wert in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt,  $\text{NH}_3\text{-N}$  in Prozent vom Gesamt-N und der nach einer DC-Schnellmethode (MÜLLER u. Mitarb., 1993) bestimmte Gehalt an Buttersäure (Summe von Buttersäure, Valeriansäure und Capronsäure) einbezogen werden. Die Buttersäurebestimmung erfolgt in den Stufen nicht nachweisbar (50 Punkte), in sehr geringen Mengen nachweisbar (40 Punkte), erhöhter Gehalt (30 Punkte) oder stark erhöhter Gehalt (0 Punkte). Diese groben Abstufungen führen zu einer wesentlich geringeren Differenzierung der Siliererfolgsnoten als das beim DLG-Schlüssel der Fall ist. Trotzdem haben Vergleichsuntersuchungen eine weitgehende Übereinstimmung mit dem DLG-Schlüssel gezeigt (PETERHÄNSEL u. VON LENGERKEN, 1995). In Tabelle 22 wurden Grassilageproben, die nach dem Lettiner Schlüssel benotet wurden, so nach ihrem Buttersäuregehalt in drei Gruppen aufgeteilt, dass nach dem DLG-Schlüssel noch die Noten 1, 2 oder 3 und schlechter erreichbar sind. Danach wiesen von 226 Proben 204 einen Buttersäuregehalt von  $< 0,48\%$  in der TM auf und hätten demnach bei Erfüllung der anderen Kriterien auch mit dem DLG-Schlüssel mit sehr gut bewertet werden können.

**Tabelle 22:** Buttersäuregehalt von Grassilagen, die nach dem Lettiner Schlüssel bewertet wurden (Proben aus den Erntejahren 2000 bis 2002)

Noten (Lettiner Schlüssel)	Anzahl der Proben	Anzahl der Proben mit einem Buttersäuregehalt (in % der TM) von		
		$< 0,48$	0,49 bis 1,80	$> 1,80$
1	226	204	19	3
2	65	37	24	4
3	65	20	21	24
4	24	2	4	18
5	21	1	0	20

Bei einer Buttersäurekonzentration zwischen  $0,49$  und  $1,80\%$  der TM ist nach dem DLG-Schlüssel die Note 2 möglich. In diesem Bereich entfallen 19 der nach dem Lettiner Schlüssel mit 1 bewerteten Silagen.

Eine deutliche Fehlbeurteilung von nach dem Lettiner Schlüssel mit 1 beurteilten Silagen lag in 3 Fällen ( $1,3\%$ ) vor.

Auch bei den 65 mit Note 2 beurteilten Silagen wurden nur 4 Proben ( $7\%$ ) mit einem Buttersäuregehalt gefunden, der mit dem DLG-Schlüssel zu einer schlechteren Benotung geführt hätte.

Der größte Teil der nach dem Lettiner Schlüssel mit Note 3 und schlechten bewerteten Silagen wäre bereits wegen ihres Buttersäuregehaltes auch mit dem DLG-Schlüssel mit Note 3 und schlechter bewertet worden.

Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerungen zu, dass mit dem Lettiner Schlüssel der überwiegende Teil von Grassilagen zutreffend beurteilt wird.

Die hohen Korrelationskoeffizienten zwischen den Bewertungsschlüsseln (Tab. 23) bestätigen diese Aussage

**Tabelle 23:** Korrelationskoeffizienten der Bewertungspunkte aus den unterschiedlichen Bewertungsschlüsseln (Erntejahre 2000 bis 2002)

Erntejahr	DLG 1992			DLG 1997			KAISER und WEISS		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Lettiner Schlüssel	0,86	0,89	0,94	0,80	0,84	0,90	0,69	0,80	0,85
KAISER und WEISS	0,69	0,88	0,89	0,77	0,82	0,85	-	-	-

Auf die gute Eignung des Lettiner Schlüssels zur Beurteilung von Maissilagen wurde bereits im Abschnitt 3.4.1 hingewiesen. Kann das Restrisiko, dass mit „sehr gut“ bewertete Silage einen Buttersäuregehalt von  $> 0,48\%$  in der TM aufweisen, nicht akzeptiert werden oder werden Informationen zum Gärsäuregehalt benötigt, so muss eine gaschromatographische Bestimmung und die Beurteilung nach DLG-Schlüssel erfolgen. Die Bewertung nach KAISER und WEISS (2001) verzichtet auf informative Qualitätsparameter (pH-Wert und  $\text{NH}_3$ ), die mit geringem analytischen Aufwand zu ermitteln sind und erfordert den analytischen Aufwand der Gärsäurenbestimmung.

Der Prüfbericht zur Silageuntersuchung muss Angaben zum verwendeten Beurteilungsverfahren der Gärqualität enthalten. Der Schnelltest zur Buttersäurebestimmung sollte auf seine Anwendbarkeit in der TLL geprüft werden. Als zukunftsorientiertes Verfahren wird von V. LENGERKEN (2004) die elektrophoretische Gärsäurenbestimmung (Isotachophorese) bezeichnet.

Bei einer weiteren Verwendung des Lettiner Schlüssels sollte die Honorierung des TS-Gehaltes nur noch bis zu einem Grenzwert von  $35\%$  erfolgen. Ab  $45\%$  TS sollte ein Punktabzug vorgenommen werden.

### 3.5 Mikrobiologische Beurteilung der Silagen

Die Schlüssel zur Bewertung des Siliererfolges von Silagen (s. Anhang) berücksichtigen für Silagen mit sensorisch festgestellten Schimmelbefall Bewertungskorrekturen bis hin zum Fütterungsverbot.

Eine objektivere Einschätzung der Futtertauglichkeit kann durch mikrobiologische Untersuchungen vorgenommen werden, wie sie bei einem Teil der Silagen aus den Erntejahren 2001 und 2002 erfolgte. Weitergehende Informationen sind durch die Bestimmung von Mykotoxinen möglich. Auf diesem Gebiet liegen bisher nur wenige Untersuchungen vor. In einer kürzlich veröffentlichten Publikation charakterisiert AUERBACH (2003) Herkunft, Entwicklung und Toxinbildungspotential von Schimmelpilzen in Mais- und Grassilagen unterschiedlicher Produktionsstandorte in Sachsen. Neben DON und Zearalenon scheinen insbesondere die von den Schimmelpilzarten *P. roqueforti*, *M. ruber* und *A. fumi gatus* gebildeten Toxine eine Rolle zu spielen. Über die Toxizität der einzelnen Toxine gibt es kaum Untersuchungen. Relevant für die Wiederkäuerfütterung ist jedoch die Gesamtoxinbelastung, die zu unspezifischen Krankheitserscheinungen und Leistungsdepressionen führen kann.

Die im Referat Mikrobiologie und Gendiagnostik durchgeführten Untersuchungen umfassten folgende zur Beurteilung von Einzelfuttermitteln geeigneten Mikroorganismen:

- aerobe, mesophile Bakterien  
Sie zählen zur normalen feldbürtigen Mikroflora des Siliergutes. In der Silage können sie hohe Nährstoffverluste bewirken, werden aber durch die mit der Milchsäuregärung verbundene pH-Wertabsenkung gehemmt.
- Milchsäurebakterien  
Zu ihnen zählen homofermentative und heterofermentative Spezies. Sie bestimmen den Säuerungsprozess der Silagen bzw. sind für deren anaerobe Stabilität maßgeblich verantwortlich. Vertreter beider Spezies werden auch als Siliermittel eingesetzt. Bei der Keimzahlbestimmung werden die Milchsäurebakterien als Gruppe der verschiedenen homo- und heterofermentativen Stäbchen und Kokken erfasst.
- anaerobe Sporenbildner  
Von ihnen sind vor allem die Clostridien von Bedeutung. Sie werden als verlässlicher Indikator für den Verderb von Silagen angesehen. Sie fermentieren Nährstoffe einschließlich organischer Säuren zu Buttersäure und korrelieren deshalb eng mit dem

Buttersäuregehalt der Silagen. Die Kontamination der Milch mit Clostridiensporen führt bei der Herstellung von Hartkäse zu qualitätsmindernden Spätblähungen.

- Schimmelpilze

In Silagen entsteht eine typische Pilzflora, die nur von wenigen Arten bestimmt wird. *P. roqueforti* kann als dominierender Schimmelpilz in Gras- und Maissilagen bezeichnet werden. Besonders in Maissilagen tritt er in Form blaugrüner, kugelförmiger Schimmelnester auf. *M. ruber* ist durch rote Verfärbung der befallenen Stellen charakterisiert. Beide Spezies treten auf der gesamten Siloanschnittfläche auf, während *A. fumigatus* in den Randschichten gefunden wird.

Als potentielle Toxinbildner sind die Schimmelpilze von besonderer Bedeutung für die Futtertauglichkeit der Silagen.

- Hefen

Bei Luftzutritt können Hefen als Hauptverursacher des Verderbs auftreten. Einige von ihnen können Milchsäure fermentieren. Die damit verbundene Erhöhung des pH-Wertes schafft günstige Bedingungen für den Befall mit Pilzen und Bakterien.

Auf Grund der großen Vielfalt von Mikroorganismen, die in Silagen während unterschiedlicher Zeiten des Silierprozesses Wechselwirkungen ausüben, ist die Beurteilung der mikrobiologischen Qualität schwierig. Von ADLER (1993) wurden zur Abschätzung eines Fütterungsrisikos Erfahrungswerte mitgeteilt, die auch zur Beurteilung der in der TLL untersuchten Silagen verwendet werden (Tab. 24).

**Tabelle 24:** Mikrobiologische Erfahrungswerte für Gras- und Maissilagen (Angaben in log KBE/g)

Mikroorganismus	Keimzahlen für gute mikrobiologische Qualität		Keimzahlen bei Verdacht auf mikrobiellbedingte Qualitätsminderung	
	Grassilage	Maissilage	Grassilage	Maissilage
aerobe Bakterien	< 7	< 6	> 8	> 8
Milchsäurebakterien	> 6	> 7	< 5	< 6
anaerobe Sporenbildner (Clostridien)	< 4	< 4	> 5	> 4
Schimmel- und Schwärzepilze	< 3	< 3	> 5	> 5
Hefen	< 3	< 6	> 5	> 7

Aus den Erntejahren 2001 und 2002 wurden insgesamt 84 Maissilagen und 151 Gras- und Kleegrassilagen hinsichtlich ihrer mikrobiologischen Qualität untersucht und in Anlehnung an die in Tabelle 24 mitgeteilten Keimzahlen beurteilt.

### 3.5.1 Maissilagen

In den Maissilagen (Tab. 25, Anhangstab. 13) beider Erntejahre entsprach der Gehalt an aeroben Bakterien im Wesentlichen den Werten für sehr gute Silagen. Die Milchsäurebakterien lagen jedoch nur bei ca. zwei Dritteln der untersuchten Proben im Optimalbereich. 13 % der Chargen (6 Proben) aus der Ernte 2001 und 8 % (3 Proben) aus der Ernte 2002 wiesen z. T. völlig unzureichende Mengen an Milchsäurebakterien auf (Anhangstab. 13, z. B. FNr. 161, 482, 509, 308). Auch der Gehalt dieser Proben an anderen Keimen lag vielfach unterhalb der Nachweisgrenze.



**Tabelle 25:** Keimzahlen und mikrobiologische Qualitätseinstufung der Maissilagen (2001 n = 48; 2003 n = 35)

mikrobiologische Qualität	Keimzahl KBE/g	Anteil in %	
		2001	2002
<u>aerobe Bakterien</u>			
sehr gut	< 10 <sup>6</sup>	92	92
gut bis ausreichend	10 <sup>6</sup> bis 9,9 x 10 <sup>7</sup>	8	8
schlecht	≥ 10 <sup>8</sup>	0	0
<u>Milchsäurebakterien</u>			
sehr gut	> 10 <sup>7</sup>	65	69
gut bis ausreichend	≤ 10 <sup>7</sup> bis 10 <sup>6</sup>	23	22
schlecht	< 10 <sup>5</sup>	13	8
<u>Chlostridiensporen</u>			
sehr gut	< 10 <sup>2</sup>	40	26
gut bis ausreichend	10 <sup>2</sup> bis 9,9 x 10 <sup>4</sup>	60	66
schlecht	≥ 10 <sup>5</sup>	0	8
<u>Schimmelpilze</u>			
sehr gut	< 10 <sup>3</sup>	81	75
gut bis ausreichend	10 <sup>3</sup> bis 9,9 x 10 <sup>4</sup>	15	22
schlecht	≥ 10 <sup>5</sup>	4	3
<u>Hefen</u>			
sehr gut	< 10 <sup>6</sup>	83	83
gut bis ausreichend	10 <sup>6</sup> bis 9,9 x 10 <sup>7</sup>	15	14
schlecht	≥ 10 <sup>8</sup>	2	3

Der Anteil der Maissilagen mit sehr niedrigem Gehalt an Clostridiensporen erreichte 2001 40 % und 2002 26 %. Bei 60 bzw. 66 % lag diese Spezies noch im akzeptablen Bereich von < 10<sup>5</sup> KBE/g. Nur 3 Maissilagen aus der Ernte 2002 wiesen Clostridiensporen von > 10<sup>4</sup>/g und eine davon zusätzlich Schimmelpilze von 10<sup>6</sup> KBE auf (Anhangstab. 17).

Von Interesse ist, inwieweit sich Auffälligkeiten der mikrobiologischen Untersuchung auch bei Parametern des Siliererfolges feststellen lassen. Die bereits erwähnten Proben mit sehr niedrigem Gehalt an Milchsäurebakterien erzielten sowohl mit dem Lettiner Schlüssel als auch mit den DLG-Schlüsseln die Siliererfolgsnote 1. Ihre pH-Werte lagen mit 3,8 bis 3,9 ebenso wie ihre Gehaltswerte an Essig- und Buttersäure im Optimalbereich. Auch die Silagen mit erhöhten Gehalten an Clostridiensporen und Schimmelpilzen waren sensorisch unauffällig und wurden nach dem Lettiner Schlüssel mit der Siliererfolgsnote 1 bewertet.

### 3.5.2 Gras- und Kleegrassilagen

Die Gras- und Kleegrassilagen (Tab. 26, Anhangstabelle 18) entsprachen hinsichtlich ihres Gehaltes an aeroben Bakterien, Clostridiensporen und Schimmelpilzen in beiden Erntejahren zu Anteilen von 78 bis 99 % den Erfahrungswerten für eine sehr gute mikrobiologische Qualität. Auffällig ist, dass nur 36 % der Grassilagen des Erntejahres 2001 einen Gehalt von > 10<sup>6</sup> KBE Milchsäurebakterien erreichten. Ebenfalls 36 % hatten ≤ 10<sup>5</sup> KBE Milchsäurebakterien und wurden in diesem Parameter als schlecht eingestuft.

Ebenso wie bei den Maissilagen wurden Zusammenhänge zwischen mikrobiologischen Parametern und Siliererfolgsnote sowie chemischen Parametern nicht offensichtlich. So waren unter den Silagen mit niedrigem Gehalt an Milchsäurebakterien Chargen mit Trockensubstanzgehalten von 27 bis 55 %, pH-Werte von 3,9 bis 5,4 und Siliererfolgsnoten von 1 bis 5 vertreten. ADLER (1993) weist darauf hin, dass vor allem Milchsäurebakterien während der Silierung einer so starken Dynamik unterliegen, dass aus ihren Keimzahlen kaum Informationen über den Werdegang der Silagen gewonnen werden können.

**Tabelle 26:** Keimzahlen und mikrobiologische Qualitätseinstufung der Klee- und Grassilagen (2001 n = 60; 2002 n = 84)

mikrobiologische Qualität	Keimzahl KBE/g	Anteil in %	
		2001	2002
<u>aerobe Bakterien</u>			
sehr gut	< 10 <sup>7</sup>	90	99
gut bis ausreichend	10 <sup>7</sup> bis 9,9 x 10 <sup>7</sup>	4	1
schlecht	≥ 10 <sup>8</sup>	6	0
<u>Milchsäurebakterien</u>			
sehr gut	> 10 <sup>6</sup>	36	74
gut bis ausreichend	10 <sup>6</sup> bis 10 <sup>5</sup>	28	19
schlecht	< 10 <sup>5</sup>	36	7
<u>Chlostridiensporen</u>			
sehr gut	< 10 <sup>4</sup>	94	89
gut bis ausreichend	10 <sup>4</sup> bis 9,9 x 10 <sup>4</sup>	6	8
schlecht	≥ 10 <sup>5</sup>	0	2
<u>Schimmelpilze</u>			
sehr gut	< 10 <sup>3</sup>	78	90
gut bis ausreichend	10 <sup>3</sup> bis 9,9 x 10 <sup>4</sup>	16	6
schlecht	≥ 10 <sup>5</sup>	6	4
<u>Hefen</u>			
sehr gut	< 10 <sup>3</sup>	57	77
gut bis ausreichend	10 <sup>3</sup> bis 9,9 x 10 <sup>4</sup>	21	15
schlecht	≥ 10 <sup>5</sup>	22	7

#### 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen eines Silagemonitorings wurden aus den Ernten der Jahre 2000 bis 2002 371 Mais-, 405 Gras-, 61 Luzerne- und Luzernegras- sowie 36 Getreideganzpflanzensilagen auf ihren Nähr- und Mineralstoffgehalt untersucht, der Siliererfolg mit unterschiedlichen Bewertungsschlüsseln bestimmt und bei einem Teil der Proben eine mikrobiologische Beurteilung vorgenommen.

##### 4.1 Maissilage

Die Energiegehalte der Maissilagen erreichten bis auf wenige Ausnahmen den in der Literatur angegebenen Zielwert von 6,5 MJ NEL/kg TM. Den wünschenswerten Stärkegehalt von 30 % verfehlten in den einzelnen Erntejahren 28 %, 56 % bzw. 52 % der untersuchten Proben. 12 bis 35 % der Maissilagen überschritten meist jedoch nur geringfügig den zulässigen Rohfasergehalt von 20 %.

Maissilagen sind sehr mineralstoffarm und bedürfen zur Bedarfsdeckung einer Ergänzung mit allen essentiellen Mengen- und Spurenelementen. Dabei sind die über Blattdüngung (Zink) oder Siliermittel (z. B. Na) dem Siliergut zugesetzten Elemente zu berücksichtigen.

Die Bewertung des Siliererfolges führte in Abhängigkeit vom verwendeten Bewertungsschlüssel bei 88 bis 96 % der Chargen zur Siliernote sehr gut.

Auch bei der mikrobiologischen Qualität der Maissilagen traten nur in wenigen Fällen negative Abweichungen auf. Diese betrafen im Wesentlichen eine unzureichende Menge an Milchsäurebakterien bei 13 % (2001) und 8 % (2002) der Proben.

## 4.2 Grassilagen

Wiesen- und Feldgrassilagen wurden auf Grund fehlender signifikanter Differenzen zusammen ausgewertet.

Negative Abweichungen von den Zielvorstellungen betrafen alle Inhaltsstoffe. In den einzelnen Erntejahren überschritten 50 bis 68 % der Silagen den wünschenswerten Rohfasergehalt von 26 % der TM. 17 bis 24 % wiesen Aschegehalte > 11 % und 48 bis 72 % Energiegehaltswerte < 6,1 MJ NEL/kg TM auf. Bei 30 bis 50 % der Grassilagen bestand auf Grund von TS-Gehaltswerten > 40 % die Gefahr einer unzureichenden Verdichtung des Silostockes.

Im Mineralstoffgehalt der Grassilagen bestehen zwischen den Erntejahren keine signifikanten Differenzen. Eine getrennte Auswertung nach Agrargebieten im ersten Jahr des Monitorings ergab für das Ostthüringer Lössgebiet einen signifikant niedrigeren Ca-Gehalt der Grassilagen im Vergleich zu den übrigen sieben Agrargebieten Thüringens. Auffällig hohe Gehalte, besonders an Natrium und Zink sind auf Silierzusätze, an Eisen auf Verschmutzung zurückzuführen. Der Gehalt an Calcium, Phosphor, Magnesium, Kalium, Schwefel und Mangan deckt mindestens den Bedarf für die mit Grassilage mögliche Milchleistung von ca. 15 l/Tag. Alle anderen essentiellen Mengen- und Spurenelemente müssen ergänzt werden.

Die Beurteilung des Siliererfolges der Grassilagen erfolgte mit 4 verschiedenen Bewertungsschlüsseln, die einen unterschiedlichen analytischen Aufwand für die Ermittlung einer Note erfordern. Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass mit dem analytisch am wenigsten aufwändigen Lettiner Schlüssel der überwiegende Teil der Grassilagen zutreffend, d. h., in Übereinstimmung mit den anderen Bewertungsschlüsseln beurteilt wird. Werden Angaben zum Butter- und Essigsäuregehalt benötigt oder kann das Restrisiko einer falschen Beurteilung nicht akzeptiert werden, so muss die Beurteilung mit dem DLG-Schlüssel erfolgen.

Die Bewertung nach KAISER und WEISS (2001) verzichtet auf informative Qualitätsparameter (pH-Wert und  $\text{NH}_3$ ), die mit geringem analytischen Aufwand zu ermitteln sind und berücksichtigt ausschließlich Butter- und Essigsäure.

Die Beurteilung der mikrobiellen Qualität erstreckte sich auf 144 Gras- und Kleegrassilagen der Erntejahre 2001 und 2002. Unzureichende Keimzahlen an Milchsäurebakterien, die 2001 36 % und 2002 7 % der Silagen betrafen, waren die Hauptursache von Qualitätsminderungen. Mit 22 % bzw. 7 % folgten die Hefen als Verursacher des mikrobiellen Verderbs.

## 4.3 Kleegrassilagen

Ihre Herstellung beschränkte sich auf wenige Betriebe und umfasste vor allem Luzerne- und Luzernegrassilagen. Die Proteingehalte von 19,6 %, 18,1 % und 17,2 % (Erntejahre 2000 bis 2002) prädestinieren sie für die Ergänzung proteinarmer Rationen. Trotz niedriger Rohfasergehalte in den ersten beiden Jahren (26,2 % bzw. 26,8 %) wurden Energiegehalte von 5,6 bzw. 5,5 MJ NEL erzielt, die nur niedrige Anteile in der Futtermischung zulassen. Im Jahre 2002 waren die Parameter mit 29,3 % Rohfaser und 5,3 MJ NEL noch ungünstiger.

In Abhängigkeit vom Luzerneanteil weisen die Silagen einen hohen Ca-Gehalt auf, was bei der Mineralstoffergänzung der Ration beachtet werden muss. Die Konzentration der übrigen Elemente ist mit der in Grassilagen vergleichbar.

Auf Grund des hohen Rohprotein- und Mineralstoffgehaltes der Leguminosen vermindert sich die Vergärbarkeit mit zunehmendem Kleeanteil. Etwa zwei Drittel der Silagen erreichte eine gute bis sehr gute Qualität und ca. ein Viertel muss als misslungen bezeichnet werden.

#### **4.4 Ganzpflanzenslagen (GSP)**

Zur Auswertung kamen nur GPS aus Gerste, die einen gewissen Kornanteil aufwiesen. Trotzdem bestehen zwischen den Proben erhebliche Unterschiede im Stärkegehalt (3,4 bis 26,7 %). Der Rohfasergehalt lag im Mittel der Erntejahre bei 23,5 %, 27,2 % und 26,7 %, wobei nur wenige Proben mit > 30 % Rohfaser auftraten. Trotzdem erreichen die GPS nur niedrige Energiegehalte (5,3; 5,3 und 5,5 MJ NEL).

Im Mineralstoffgehalt liegen die GPS meist nur wenig über den bei Maissilage gefundenen Werten.

Die Voraussetzungen der GPS für einen optimalen Gärverlauf sind gut. Etwa 90 % der GPS erreichten die Siliernote 1.

Mikrobiologische Untersuchungen wurden an GPS nur in sehr geringem Umfang vorgenommen und lassen deshalb keine allgemeine Einschätzung zu.

#### **4.5 Weiterführung des Forschungsthemas**

Die Bearbeitung der Silagequalität lässt eine Reihe von Fragen offen, die bei einer Weiterführung des Themas Gegenstand der Untersuchungen sein könnten. Das betrifft im Bereich der Inhaltsstoffe z. B. den Rohproteingehalt von Grassilagen, der trotz eines Extensivierungsanteils von ca. 90 % des Grünlandes bei >25 % der Proben über 17 % liegt. Die Betriebe für derartige Untersuchungen könnten an Hand der in den Anhangstabellen mitgeteilten Einzelwerte und der archivierten Prüfberichte und Probenahmeprotokolle ausgewählt werden.

Auch große Abweichungen anderer Inhaltsstoffe (z. B. Kalium, Phosphor, Natrium), die aus falscher Düngung oder falschem Einsatz von Siliermitteln resultieren, sollten ursächlich untersucht werden.

Sinnvoll wären weitere Untersuchungen zur Silagequalität in Form einer Ursachenforschung, die alle Phasen von der Ernte des Siliergutes bis zur Abdeckung des Silos sowie exogene Faktoren (Witterung, Bewirtschaftungsintensität) einbezieht. Gärsäuren und Parameter der Mikrobiologie sollten dabei ebenso einbezogen werden wie die Bestimmung von Mykotoxinen.

Die Einbeziehung zahlreicher Gesichtspunkte und Untersuchungsparameter sowie die möglichst mehrfach Beprobung eines Silostockes setzt die Begrenzung auf wenige Betriebe voraus. Prädestiniert wären dafür Produktionsbetriebe, in denen zusätzlich auch Zusammenhänge zwischen Silagequalität und tierischer Leistung erfasst werden können.

Als weiterer Schwerpunkt könnte ein Vergleich intensiv und extensiv produzierter Silagen hinsichtlich ihres Nährstoff-, Energie- und Mineralstoffgehaltes in die Untersuchungen einbezogen werden.

## Literatur

- ADLER, A.: Zur Beurteilung der mikrobiellen Qualität von Silagen. Bericht zur IAG-Tagung in Berlin. 43–57 (1993)
- AIPLE, L.: Gleichungen zur Schätzung des energetischen Futterwertes von Ackerfutter. Internes Arbeitsmaterial der Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim (1997)
- AUERBACH, M.: Schimmelpilze in Silagen – eine Herausforderung. Neue Landwirtschaft 10, 62–66 (2003)
- KIRCHGESSNER, M.: Formeln zur Schätzung des Gehaltes an umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol 7, 1-10 (1998)
- KAISER und WEISS : Grassilage richtig einschätzen, Neue Landwirtschaft 7, 67-69 (2001)
- Landarbeitskreis „Futter und Fütterung“: Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer im Freistaat Sachsen (2003)
- LENGERKEN, J. V.: Qualität und Qualitätskontrolle bei Futtermitteln  
Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main (2004)
- MÜLLER, V.; PETERHÄNSEL, M. und von LENGERKEN, J.: Eine Schnellmethode zur semi-qualitativen Bestimmung unerwünschter Gärssäuren in Silagen. Agribiol Res. 46,6, 340-345 (1993)
- PETERHÄNSEL, M. und von LENGERKEN, J.: Silagebewertung unter Einbeziehung von Schnellmethoden und des Qualitätsbewertungsprogrammes FMB 1.0. Vortrag zum 107. VDLUFA-Kongress, VDLUFA Kongressband 485-488 (1995)
- PEYKER, W.: Qualitätsentwicklung von Maissorten mit unterschiedlichen Abreifeverhalten. Forschungsbericht. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2002)
- PEYKER, W.: Standpunkt zur Silierung von Grünfutterstoffen. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 1-11 (2003)
- SCHENKEL, H. u. FLACHOWSKY, G.: Bewertung zulässiger Spurenelementhöchstgehalte aus der Sicht der Tierernährung, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A, Heft 483, FAL Braunschweig (1998)
- SPIEKERS, H.: Die neue energetische Bewertung von Maissilagen und die Anforderungen an den Mais aus Sicht der Fütterung, Tagungsbericht über das 1. u. 2. Symposium der Dr. PIEPER Technologie und Produktentwicklung GmbH (1998)
- THAYSEN, J.: Qualität bis hin zum Futtertisch, Neue Landwirtschaft 11, 65-68 (2000)
- WEISSBACH, F.: Qualitätssilagen als Voraussetzung für die Ernährung von Hochleistungskühen. Archiv Tierzucht, Sonderheft 43 (2000)
- ZIMMER, E.: Gärbiologie bei Gras- und Maisilagen  
Bericht über die österreichweite Silagetagung, LFS Grabnerhof/BAL Gumpenstein (1993)

## Anhang

- Standardarbeitsanweisung für die Probenahme von Grünfuttersilagen
- Merkblatt für die Beprobung von Grünfuttersilagen
- Probenahmeprotokoll zum Silagemonitoring
- DLG-Schlüssel, 1997 (DLG-Schlüssel 1992 s. Anmerkung unter Punkt 4a – Beurteilung des Essigsäuregehaltes)
- Lettiner Schlüssel (1971)
- Bewertungsschema nach KAISER und WEISS

### Tabellen:

- 1a – c Inhaltsstoffe und Futterwert der Maissilagen der Erntejahre 2000 bis 2002
- 2a – c Inhaltsstoffe und Futterwert der Grassilagen
- 3a – c Inhaltsstoffe und Futterwert der Klee- und Kleegrassilagen
- 4a – c Inhaltsstoffe und Futterwert der Ganzpflanzensilagen
- 5a – c Mengenelementgehalt und Spuren der Maissilagen
- 6a – c Mengenelementgehalt der Grassilagen
- 7a – c Mengenelementgehalt der Kleegrassilagen
- 8a – c Mengenelementgehalt der Ganzpflanzensilagen
- 9a – c Parameter der Silierung und Bewertung des Siliererfolges der Maissilagen
- 10a – c Parameter der Silierung und Bewertung des Siliererfolges der Grassilagen
- 11a – c Parameter der Silierung und Bewertung des Siliererfolges der Klee- und Klee-grassilagen
- 12a – c Parameter der Silierung und Bewertung des Siliererfolges der Ganzpflanzensila-gen
- 13a u. b Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse bei Maissilagen
- 14a u. b Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse bei Grassilagen
- 15a u. b Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse bei Klee- und Kleegrassilagen
- 16a u. b Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse bei Ganzpflanzensilagen

Abschnitte bzw. Tabellen können beim Autor angefordert werden.