

# Dynamik der epiphytischen Milchsäurebakterienflora auf Grünlandpflanzen vom Feldbestand bis zur Silage

A. Adler, C. Berger, J. Neuhauser und H. Lew

## Quantitative changes of epiphytic lactic acid bacteria on forage in the course of harvest and ensilage

### 1. Einleitung und Problemstellung

Erfahrungen aus der Silierpraxis zeigen, daß eine optimale Silierung nicht erst im Silo beginnt, sondern ganz stark auch von anderen Faktoren, wie etwa vom Pflanzenbestand, Schnittzeitpunkt oder der Ernte- und Siliertechnik mitbe-

stimmt wird. Der mikrobielle Keimbesatz des Ausgangsmaterials ist dabei, wie WOOLFORD (1984) und MÜLLER et al. (1991) feststellten, ein wesentliches Kriterium für Qualität und Siliereigenschaften des Grünfutters, größte Bedeutung kommt dabei den epiphytischen Milchsäurebakterien (MSB) zu.

### Summary

Quantitative changes of epiphytic micro-organisms on forage in the course of harvest as well as during the ensilage process were studied. In further investigations the quality of silages made of mowed and of chopped plant material respectively was compared. The results of the study revealed that the method of harvest did not significantly affect the counts of aerobic bacteria, clostridia, yeasts and molds. On the other hand an immediate increase in numbers of lactic acid bacteria (LAB) during the harvesting procedure was observed.

Chopping enhanced the recovery of LAB during the important early stage of fermentation and caused a more rapid decline in pH compared to the corresponding mowed material. The higher metabolic activity of the LAB in the chopped material resulted in an improved ratio of silage acids as well as in a reduced loss of dry matter and net energy during silage preservation.

More intensive mechanical treatment brought about favourable microbial conditions for a desirable fermentation and a successful silage preservation: The favourable effect of the release of juice and cell contents from the ruptured plant material apparently exceeded the advantage of the compact consolidation during ensilage.

**Key words:** Forage, silage, lactic acid bacteria, conservation.

### Zusammenfassung

Auf Grünlandpflanzen wurde die quantitative Entwicklung epiphytischer Mikroorganismen vom Feldbestand bis zur Silage untersucht, zusätzlich wurden dabei auch Silierverlauf und Gärfutterqualität der aus dem gemähten bzw. gehäckselten Pflanzenmaterial bereiteten Silagen verglichen. Die Ergebnisse zeigten, daß die Erntetechnik keinen relevanten Einfluß auf die Keimgehalte des Erntegutes an aeroben Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen sowie an Clostridien hatte. Dagegen wurde bereits unmittelbar nach dem Schnitt bzw. Häckseln ein markanter Anstieg der Anzahl kultivierbarer Milchsäurebakterien (MSB) beobachtet.

Häckseln führte zu einer höheren Keimdichte der MSB in der wichtigen Frühphase der Silagegärung, zu einer rascheren und stärkeren Absenkung des pH-Wertes sowie schließlich auch zu tendenziell günstigeren Gärsäuremustern und geringeren Trockenmasse- und Energieverlusten im konservierten Futter.

Intensivere Aufbereitung des Siliergutes förderte somit den erwünschten Gärverlauf und trug zu einer gelungenen Konservierung bei. Eine leichtere Verfügbarkeit der Zellinhaltsstoffe durch das Häckseln des Pflanzenmaterials übertraf dabei in ihrer positiven Wirkung den günstigen Effekt der besseren Verdichtung des Siliergutes.

**Schlagworte:** Grünlandfutter, Silage, Milchsäurebakterien, Konservierung.

Allein im Verlauf des Erntevorganges wird vielfach ein Anstieg der MSB-Keimzahlen im Vergleich zum stehenden Futter, auf dem MSB nicht oder nur in geringer Keimdichte nachgewiesen werden können, beobachtet (BECK et al., 1987; FENTON, 1987; ANDRIEU und GOUET, 1991; PAHLOW, 1991; PAHLOW et al., 1995). Durch entsprechende Versuchsansätze konnte bereits ausgeschlossen werden, daß diese Zunahme der MSB-Keimzahlen auf zwischenzeitlicher Vermehrung oder der Kontamination durch bakterienhaltige Wandbeläge von Erntemaschinen beruht (PAHLOW et al., 1995).

MSB sind aufgrund ihrer Umweltansprüche sowie ihres komplexen Nährstoffbedarfs sehr anspruchsvolle Mikroorganismen (SNEATH et al., 1986). Auf den Oberflächen stehender Pflanzen scheint daher auch nur ein Teil der MSB in einem unmittelbar vermehrungsfähigen Stadium vorzukommen. Der Rest der an sich vitalen MSB-Flora dürfte sich in einem z. B. durch Nähr- und Wirkstoffmangel, durch Austrocknung, UV-Strahlung oder toxische Sauerstoffverbindungen verursachten reversiblen Zustand, für den ROSZAK und COLWELL (1987) die Bezeichnung „somicell“ prägen, befinden. Es wird angenommen, daß der somnicell-Zustand von MSB innerhalb kürzester Zeit wieder aufgehoben werden kann, wobei die maßgeblichen Reaktivierungsmechanismen in erster Linie durch den physikalischen Zustand des Erntegutes und die Verfügbarkeit von hochkonzentrierten Wirkstoffen beeinflusst wird (PAHLOW, 1991; PAHLOW et al., 1995).

Es ist bekannt, daß eine kürzere Häcksellänge im Zusammenhang mit einer leichteren Verdichtbarkeit des Pflanzenmaterials wesentlich zum Siliererfolg beiträgt (WOOLFORD, 1984; WILHELM, 1991; BUCHGRABER et al., 1994).

Inwieweit allerdings die vorhandene MSB-Flora durch eine gezielte Aufbereitung des Erntegutes (re)aktiviert und mobilisiert werden kann, ist noch weitgehend ungeklärt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde daher in mehreren Versuchen der Einfluß von jeweils zwei unterschiedlichen Erntemethoden auf die epiphytische Mikroflora und dabei insbesondere auf die Aktivität der MSB-Populationen von Grünlandpflanzen vom Wiesenbestand bis zum Siliergut bzw. bis zur Silage untersucht. Besonderes Augenmerk galt der Frage, ob und inwieweit eine nachhaltige Mobilisierung der MSB-Flora auch die Silagequalität beeinflussen könnte.

## 2. Material und Methoden

Grundlage der Untersuchung stellten zwei Dauerwiesenflächen im oberösterreichischen Zentralraum dar. Durch die geringe räumliche Entfernung zwischen den Versuchsflächen und dem mikrobiologischen Labor war gewährleistet, daß zwischen den jeweiligen Probenahmen und dem Beginn der Keimzahlbestimmungen nicht mehr als 10 Minuten verstrichen und eine Zunahme der Keimgehalte allein durch Vermehrung somit weitgehendst ausgeschlossen war.

Die Grünlandbestände wurden zu vier Terminen bei recht unterschiedlichen Witterungsbedingungen (siehe 2.1) jeweils auf einer Parzellehälfte gemäht (Balkenmäher mit Fingermäherwerk, Reformwerke) und auf der anderen Hälfte mit einem Schlegelhäcksler (Barbieri) gehäckselt. In zwei Versuchen wurde die Keimzahlentwicklung im Verlauf von Mahd bzw. Häckseln und Feldlagerzeit beobachtet, in zwei weiteren Versuchen wurde die Keimzahldynamik bis zur fertigen Silage untersucht. Mäher und Häcksler wurden jeweils vor Versuchsbeginn sauber gereinigt, die Arbeitshöhe der Geräte lag einheitlich bei etwa 5 bis 7 cm. Die Untersuchungen wurden in jeweils zwei Wiederholungen durchgeführt.

### 2.1 Pflanzenbestand und Futterernte

**Ernterversuch 1 (EV 1):** Die Versuchsfläche stand im weit fortgeschrittenen ersten Aufwuchs und wies einen gräserreichen, dichten Pflanzenbestand auf. Die Futterernte wurde am 20. Mai 1996 bei eher widrigen feuchten und kühlen Witterungsbedingungen – Tageshöchsttemperatur etwa 16° C – durchgeführt.

**Ernterversuch 2 (EV 2):** Bei hochsommerlich heißem und trockenem Wetter mit einer Tageshöchsttemperatur bei 32° C wurde am 15. Juli 1996 ein schwach entwickelter zweiter Aufwuchs gemäht bzw. gehäckselt.

**Siliversuch 1 (SV 1):** Am 13. August 1996 wurde bei sommerlich schönen Witterungsbedingungen – Tageshöchsttemperatur bei 25° C – ein kräuter- und leguminosenreicher dritter Aufwuchs gemäht bzw. gehäckselt und nach kurzer Anwelkzeit mit 25,1 % bzw. 27,5 % Trockenmasse (TM) in Laborsilos mit 8 Liter Fassungsvermögen einsiliert.

**Siliversuch 2 (SV 2):** Aus arbeitstechnischen Gründen wurde trotz ungünstiger Witterungsbedingungen am 23. September 1996 der vierte Aufwuchs eines Klee grasbe-

standes gemäht bzw. gehäckselt und die erste Trockenmasse-Stufe als Naßsilage konserviert. Im Tagesverlauf fielen etwa 4 mm Niederschlag, wodurch, auch bedingt durch die hohe Luftfeuchtigkeit und das bedeckte Wetter am folgenden Tag, nach einer „Welkezeit“ von 30 Stunden nur ein TM-Gehalt von 26,7 % bzw. 28,2 % erreicht wurde. Aus zwei ursprünglich geplanten Anwelkstufen mit etwa 30 % und 40 % Trockenmasse entstand somit letztlich ein Versuchsdesign, das als Silierung unter widrigen, in der Praxis jedoch nicht auszuschließenden Witterungsbedingungen zu bezeichnen ist. Das Material beider TM-Stufen wurde in Laborsilos mit 11 Liter Fassungsvermögen einsiliert, dabei betrug das Füllgewicht in allen Varianten einheitlich 4,5 kg Frischmasse. Insgesamt wurden 4 Varianten in zwei Wiederholungen geprüft:

Siliergut gemäht, naß	(18,2 % TM)
Siliergut gemäht, leicht angewelkt	(26,7 % TM)
Siliergut gehäckselt, naß	(19,6 % TM)
Siliergut gehäckselt, leicht angewelkt	(28,2 % TM)

## 2.2 Beprobung und Analysen

Die Probenahme im stehenden Pflanzenbestand erfolgte von jeweils 5 über die Untersuchungsfläche verteilten Stellen mit einer Schere, wie bei ADLER und LEW (1995) beschrieben, die Schnitthöhe betrug zwischen 5 und 7 cm. Nach der maschinellen Ernte wurden jeweils unmittelbar nach dem Mäher bzw. Häcksler Proben vom Schwad gezogen, danach erfolgte die Entnahme der Proben jeweils an mehreren zufällig verteilten Stellen. Auch aus den Versuchsilos wurde von mehreren Stellen eine repräsentative Probemenge entnommen und vor der Aufteilung für die weiteren Analysen händisch durchmischt.

Vom Ausgangsmaterial, dem stehenden Pflanzenbestand am Feld, sowie vom gemähten bzw. gehäckselten Material im Verlauf des Erntevorganges bzw. vom Siliergut und den Silagen nach unterschiedlicher Gärdauer wurde der mikrobielle Status (BA für Agrarbiologie) erhoben, zusätzlich wurden in SV 2 die wesentlichsten Gärparameter (Futtermittellabor Rosenau) und die Gehalte wichtiger Inhaltstoffe (BA für Agrarbiologie) ermittelt.

**Mikrobiologische Untersuchungen:** Die zum Erfassen der unterschiedlichen Keimgruppen der mikrobiellen Epiphytenflora verwendeten Nährmedien und die entsprechenden Kulturbedingungen sind in vorangegangenen Veröffentlichungen (ADLER und LEW, 1995; BUCHGRABER et al., 1996) beschrieben.

**Chemische Analysen:** Die Ermittlung der Parameter zur Charakterisierung des Ausgangsmaterials bzw. der Gärfutterqualität erfolgte nach folgenden Methoden:

Trockenmasse (TM)	gravimetrisch, 60° C/103° C
Rohnährstoffe	Weender Futtermittelanalyse
Netto-Energie-Laktation (NEL)	Regressionsgleichung anhand der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer
pH-Wert	elektrometrisch mit Glaselektrode
Anaerobiose	Anaerobic Indicator (BBL)
Milch-, Essig- und Buttersäure	gaschromatographisch: GC 14 A (Shimadzu) Säule: 2 m x 2,0 mm, Glas Trägermaterial: 80/120 Carbo-pack B-DA mit 4 % Carbowax 20 M (Supelco), Detektor: FID

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung zeigten, daß die Erntetechnik weder in EV 1 noch in EV 2 einen relevanten Einfluß auf die Keimgehalte des Erntegutes an aeroben Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen oder an Clostridien hatte. Dagegen wiesen die Keimzahlen der epiphytischen MSB charakteristische Unterschiede zwischen den Varianten auf (Tabelle 1).

Tabelle 1: Populationsdynamik epiphytischer MSB beim Anwelken von Grünlandpflanzen

Table 1: Quantitative changes of epiphytic LAB during wilting of grassland plants

Probenahme		(Tsd. KBE/g FM)	
		EV 1 20. 5. 1996	EV 2 15. 7. 1996
Feldbestand	um 8.00 Uhr	0,6	2,1
Futter, gemäht	unmittelbar nach Schnitt	1,2	14
	nach 2 h Feldlagerzeit	0,5	21
	nach 4 h	4,0	10
	nach 6 h	0,8	34
	nach 8 h	0,3	37
Futter, gehäckselt	unmittelbar nach Schnitt	32	165
	nach 2 h Feldlagerzeit	32	186
	nach 4 h	36	215
	nach 6 h	45	225
	nach 8 h	80	150

Bereits **unmittelbar** nach dem Mähen bzw. Häckseln wurde ein Anstieg der Anzahl kultivierbarer MSB im Vergleich zum stehenden Futter beobachtet, wobei der Keimzahl-Anstieg im gehäckselten Futter die Vergleichsvariante jeweils bei weitem übertraf.

Zwischen dem Material vor bzw. nach der maschinellen Ernte bestand allerdings ein gravierender Unterschied: Während Proben vom stehenden Futterbestand mittels Schere geschnitten wurden und die Halme dabei, abgesehen von der Schnittstelle selbst, weitgehend unzerstört blieben, wurde das Grünfutter beim Mähen und vor allem beim Häckseln massiv zerstückelt und mit Saft und Zellinhaltsstoffen aus dem zerstörten Pflanzengewebe bedeckt.

Dabei wird der für den Nachweis einer größeren Anzahl von MSB maßgebliche Effekt aber nicht allein durch die Schaffung von mehr Schnittflächen, sondern, wie PAHLOW et al. (1995) in ihren Untersuchungen feststellten, vor allem durch den bei einer hochoffizienten mechanischen Aufarbeitung erzeugten beträchtlichen Anteil fein zerkleinerter Pflanzenteile erreicht.

Im Häcksler erfolgte die Zerkleinerung des Pflanzenmaterials bei hohen Drehzahlen und MSB reaktivierende Substanzen verteilten sich als Aerosol im Häckselgut. Freigesetzte Zellinhaltsstoffe werden dadurch bereits während des Erntevorganges unmittelbar für die epiphytische Mikroflora verfügbar.

An der äußeren Oberfläche intakter Pflanzen sind die MSB verschiedensten ungünstigen Umweltfaktoren, wie etwa Trockenheit, Hitze, Licht- und UV-Strahlung, giftigen Sauerstoff-Radikalen sowie gravierendem Nährstoffmangel ausgesetzt. Auf diese widrigen Umwelteinflüsse scheinen die MSB mit dem Übertritt in einen reversiblen Ruhezustand („somicell“) – in dem sie auch für klassische Keimzählverfahren nicht erfaßbar sind – zu reagieren (ROSZAK und COLWELL, 1987; PAHLOW, 1991). Beim Mähvorgang und vor allem beim Häckseln aus dem Pflanzengewebe freigesetzte Zellinhaltsstoffe veranlassen die MSB schließlich wieder, in den aktiven Zustand überzutreten.

Die Mobilisierung der MSB durch die mechanische Aufarbeitung erfolgt zudem sehr nachhaltig. In den gehäckselten Varianten beider Ernterversuche war, wie auch in den Untersuchungen von FENTON (1987) und MÜLLER et al. (1993), eine tendenzielle Zunahme der MSB im Laufe der Feldlagerzeit gegenüber dem frisch gemähten Vergleichsmaterial festzustellen.

Aufbauend auf diese Beobachtungen ergab sich die Frage, ob und inwieweit eine nachhaltige Mobilisierung der MSB nicht auch die Silagequalität beeinflussen könnte.

Als den wichtigsten Einflußfaktor auf die Effizienz, mit der Futter als Silage konserviert wird, nennt WOOLFORD (1990) den im befüllten und verschlossenen Silo erreichten Grad der Anaerobiose. Luft, die während der Befüllung mit dem Siliergut in den Silo gelangt, kann dabei allerdings so gut wie keinen Einfluß auf die spätere Silagequalität haben, da nach einem dichten Abschluß der verbliebene atmosphärische Sauerstoff binnen kürzester Zeit durch die Pflanzen veratmet wird (WOOLFORD, 1990; McDONALD et al., 1991).

Tabelle 2: Zeitpunkt des Eintritts anaerober Bedingungen nach dem Verschluss der Versuchssilos

Table 2: Time to start of anaerobic conditions in well sealed experimental silos

		Füllgewicht (kg FM/l)	Anaerobiose in Versuchssilo (Minuten nach Verschluss)
Siliergut	gemäht	0,3	30–45 min
Siliergut	gehäcksel	0,3	30–40 min
	gehäcksel	0,2	35–45 min
	gehäcksel	0,1	45–60 min

In den hermetisch verschlossenen Versuchssilos von SV 1 trat selbst in den äußerst locker befüllten Varianten nach spätestens einer Stunde vollständige Anaerobiose ein, stärkere Verdichtung des Pflanzenmaterials führte zu einer geringfügigen Verkürzung der aeroben Phase in den Versuchssilos (Tab. 2). Das Pflanzenmaterial veratmete dabei den Sauerstoff so rasch, daß fast gleichzeitig mit dem Verschluss der Silos in den unteren Schichten des frisch eingebrachten Füllgutes bereits anaerobe Verhältnisse eintraten.

In der mikrobiologischen Untersuchung zeigte sich, daß die Erntetechnik keinen maßgeblichen Einfluß auf Keimgehalte und Keimzahldynamik der aeroben Bakterien, der Schimmelpilze und Hefen sowie der Clostridien im Mäh- und Häckselgut sowie in den Silagen hatte. Wie in den Ernterversuchen wurden dagegen die MSB-Populationen mit der Mahd und noch viel stärker mit dem Häckseln des Pflanzenmaterials zunächst mobilisiert, sodaß, verglichen mit dem Feldbestand, eine bis zu 30fache Erhöhung ihrer Keimdichte festzustellen war (Tab. 3 und 4).

Die nach den ersten 16–20 Stunden Gärdauer im Silo festgestellte exponentielle Vermehrung der Keimzahlen um etwa 3 Zehnerpotenzen ist aus der bei günstigen Umweltbedingungen natürlichen Vermehrungsrate der MSB zu erklären und entspricht mit einer Generationsdauer von etwa 1,5 bis 2 Stunden den aus der Literatur (WOOLFORD, 1984; BECK et al., 1987) bekannten Größenordnungen.

Tabelle 3: Quantitative Entwicklung der epiphytischen MSB und des pH-Wertes, Mittelwerte SV 1

Table 3: Quantitative changes of epiphytic LAB and pH-value, results of SV 1

		Milchsäurebakterien, Tsd. KBE/g FM		
Feldbestand		12,5		
Siliergut	gemäht*	28		
Siliergut	gehäckselt*	330		
		Füllgewicht (kg FM/l)	MSB (Mio. KBE/g FM)	pH-Wert
Silage, 1 Tag Gärdauer				
Siliergut	gemäht	0,3	120	5,65
Siliergut	gehäckselt	0,3	1.200	4,75
	gehäckselt	0,2	1.000	4,95
	gehäckselt	0,1	950	5,50
Silage, 2 Tage Gärdauer				
Siliergut	gemäht	0,3	165	5,45
Siliergut	gehäckselt	0,3	950	4,65
	gehäckselt	0,2	630	4,90
	gehäckselt	0,1	1.100	5,30

\* Siliergut unmittelbar vor der Einsilierung

Tabelle 4: Quantitative Entwicklung der epiphytischen MSB im Verlauf der Gärung, SV 2

Table 4: Quantitative changes of epiphytic LAB in the course of fermentation, SV 2

		Milchsäurebakterien, Mio. KBE/g FM							
Gärdauer, Tage:	0*	1	2	4	7	14	28	56	112
Siliergut gemäht									
Naßsilage	0,029	16,5	130	850	790	375	385	210	160
„Anwelksilage“	0,024	110	270	600	430	350	340	200	150
Siliergut gehäckselt									
Naßsilage	0,305	295	825	990	755	640	570	250	175
„Anwelksilage“	1,350	730	850	1.100	925	590	530	240	320

\* Siliergut unmittelbar vor der Einsilierung

Aus gehäckselt Material bereitete Silagen wiesen allerdings bei gleicher (und, wie in SV 1, selbst bei geringerer) Verdichtung rascher wesentlich höhere Gehalte an MSB auf als Silagen aus gemähtem Material. Für diese Keimzahldifferenz konnte, wie die Ergebnisse von SV 1 zeigen, nicht der Zeitpunkt des Eintritts der Anaerobiose entscheidend gewesen sein, da sich bei gleichem Füllgewicht und gleicher Verdichtung in beiden Erntevarianten nahezu gleichzeitig

anaerobe Verhältnisse einstellten. Vielmehr dürfte die leichtere Verfügbarkeit von Pflanzeninhaltsstoffen und Nährstoffen in den gehäckselten Varianten maßgeblich gewesen sein.

Höhere Keimdichten der MSB in der Frühphase der Silagegärung führten bei vergleichbaren Trockenmassegehalten zu einer stärkeren Absenkung des pH-Wertes (Tab. 3 und 5) und zu tendenziell günstigeren Gär säuremustern (Abb. 1).

Tabelle 5: Verlauf des pH-Wertes in Silagen aus gemähtem bzw. gehäckselt Siliergut, SV 2

Table 5: Dynamic of pH-value in silages made of mowed and chopped materials, SV 2

	pH-Wert							
	1	2	4	7	14	28	56	112
Gärdauer, Tage:								
Siliergut gemäht								
Naßsilage	5,10	4,75	4,70	4,55	4,60	4,70	4,90	5,05
„Anwelksilage“	5,70	5,40	5,30	4,60	4,50	4,40	4,60	4,65
Siliergut gehäckselt								
Naßsilage	4,90	4,55	4,60	4,50	4,25	4,35	4,40	4,40
„Anwelksilage“	5,60	5,00	4,80	4,70	4,55	4,45	4,45	4,50

Der in Silierversuch 2 geerntete Klee gras-Bestand wies mit einem Verhältnis von Rohprotein : Zucker von etwa 2,5 : 1 eine extrem schwere Silierfähigkeit auf. Schließlich hat sich in der aus gemähtem Material bereiteten Naßsilage eine deutliche Fehlgärung entwickelt, die vor allem durch einen durchschnittlichen Buttersäuregehalt von 27,8 g/kg TM angezeigt wird. Die Varianten mit gehäckselt Material zeigten dagegen als Folge der (möglicherweise induzierten) höheren MSB-Keimdichte und -aktivität und der daraus resultierenden rascheren pH-Wert-Absenkung in der frühen Gärphase nach vier Monaten Konservierung (noch) ein normales Gär säuremuster mit akzeptablen, im Toleranzbereich von 0 bis 0,3 % der TM liegenden Buttersäureanteilen (Abb. 1).

Im Vergleich zum Ausgangsmaterial wiesen diese Varianten sowohl im nassen als auch im schwach angewelkten Siliergut geringere Gärverluste als die gemähten Varianten auf (Abb. 2). Energie- und Trockenmasseverluste in den Naßsilagen beider Erntevarianten waren auch auf den in diesen Varianten zu verzeichnenden Anfall von Sickersaft zurückzuführen, die mit Abstand höchsten Verluste traten in der gemähten Naßsilage auf.

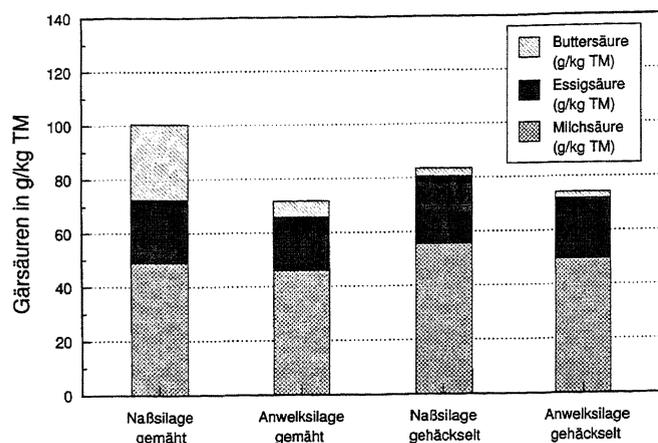


Abbildung 1: Gehalt an Gärssäuren in den fertigen Silagen aus gemähtem bzw. gehäckseltem Siliergut

Figure 1: Content of fermentation acids in silages prepared of mowed and chopped materials

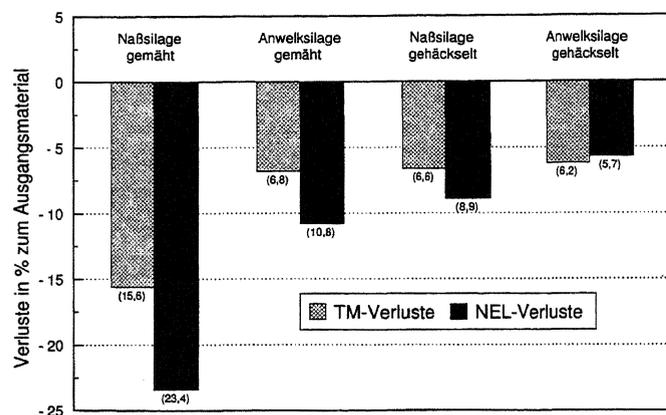


Abbildung 2: Trockenmasse- und Energieverluste in % zum Ausgangsmaterial, SV 2

Figure 2: Losses of dry matter and net energy during conservation, SV 2

#### 4. Schlußfolgerungen

Kürzere Häcksellänge trägt in der Praxis bekanntermaßen zur leichteren Verdichtbarkeit des Futters bei und verringert das Risiko einer Fehlgärung (WOOLFORD, 1984; WILHELM, 1991; BUCHGRABER et al., 1994). Stärkere mechanische Aufarbeitung des Futters erzeugt aber zusätzlich einen höheren Anteil fein zerkleinerter Pflanzenpartikel und führt in der Folge zu einer reichlicheren unmittelbaren Verfügbarkeit von Zellsaft und Pflanzeninhaltsstoffen für die epiphytische Mikroflora. Durch Kontakt mit den somit vermehrt verfügbaren Zellinhaltsstoffen können auch in

Ruhestadien befindliche MSB wieder in aktive Mikroorganismen umgewandelt werden (PAHLOW et al., 1995).

In den vorgestellten Versuchen konnte gezeigt werden, daß durch eine intensivere mechanische Aufarbeitung des Pflanzenmaterials im Zuge des Erntevorganges eine nachhaltige Reaktivierung und Mobilisierung der MSB erfolgte. Die gesamte Feldlagerzeit hindurch waren am gehäckselten Material höhere Zahlen (aktiver) MSB nachzuweisen als auf dem gemähten Futter. Gemessen an der späteren exponentiellen Vermehrung der MSB im Silierversuch erscheinen diese relativen Steigerungsraten zunächst zwar gering. Sie weisen allerdings auf den früheren Beginn einer dynamischen Entwicklung hin, die nicht zuletzt auf einer nachhaltigen Reaktivierung und Förderung der MSB beruht, und die in der Folge den Silierprozeß verbessert.

Im Versuch mit nassen bzw. nur leicht angewelkten Silagen führte die intensivere mechanische Aufbereitung des Futters unter der Voraussetzung vergleichbarer TM-Gehalte und gleicher Verdichtung des Siliergutes zu einer höheren Keimdichte der MSB in der wichtigen Frühphase der Silagegärung, zu einer rascheren und stärkeren Absenkung des pH-Wertes sowie schließlich auch zu tendenziell günstigeren Gär säuremustern und geringeren Trockenmasse- und Energieverlusten im konservierten Futter.

Aus den dargestellten Versuchsergebnissen kann abgeleitet werden, daß eine intensivere Aufarbeitung des Siliergutes und damit eine leichtere Verfügbarkeit der Zellinhaltsstoffe den günstigen Effekt einer besseren Verdichtung des Siliergutes nachweislich übertrifft.

Es bleibt zu klären, inwieweit auch bei stärkerer Anwelkung des Futters eine intensivere Aufbereitung des Mähgutes die Entwicklung der MSB-Populationen und schließlich die Qualität der Silage beeinflusst.

#### Literatur

- ADLER, A. und H. LEW (1995): Dynamik der epiphytischen Mikroflora auf Grünlandpflanzen im Zusammenhang mit verschiedenen Düngungsvarianten. Die Bodenkultur 46, 223–240.
- ANDRIEU, J.-P. and J. GOUET (1991): Variations and modifications of epiphytic microflora on standing crops and after their harvest for silage. Landbauforschung Völkensrode, Sonderheft 123, 287–289.
- BECK, R., F. GROß und T. BECK (1987): Untersuchungen zur Kenntnis der Gärfuttermikroflora – 1. Mitteilung: Die Zusammensetzung der Milchsäurebakterienpopu-

- lationen bei der Vergärung von Deutschem Weidelgras und Rotklee. *Das Wirtschaftseigene Futter* 33, 13–33.
- BUCHGRABER, K., A. DEUTSCH und G. GINDL (1994): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- BUCHGRABER, K., R. RESCH und A. ADLER (1996): Einfluß des Nutzungszeitpunktes bei der Silierung von Grünlandfutter. *Veröffentlichungen der BAL Gumpenstein* 27, 1–38.
- FENTON, M. P. (1987): An investigation into the sources of lactic acid bacteria in grass silage. *Journal of Applied Bacteriology* 62, 181–188.
- MCDONALD, P., A. R. HENDERSON and S. J. E. HERON (1991): *The biochemistry of silage*. 2nd ed., Chalcombe Publications, Marlow, Bucks.
- MÜLLER, M., T. MÜLLER und W. SEYFARTH (1993): Veränderungen der mikrobiellen Epiphytenflora beim Welken von Futtergräsern und deren mögliche Auswirkungen auf den Siliererfolg. *Agribiological Research* 46, 28–39.
- MÜLLER, T., E. FEHRMANN, W. SEYFARTH und O. KNABE (1991): Einfluß des mikrobiellen Epiphytenbesatzes von Futtergräsern auf die Qualität der Silagen. *Das Wirtschaftseigene Futter* 37, 41–54.
- PAHLOW, G. (1991): Role of microflora in forage conservation. *Landbauforschung Völknerode, Sonderheft* 123, 26–36.
- PAHLOW, G., T. MÜLLER und D. LIER (1995): Einfluß des Ernteverfahrens auf die Nachweisbarkeit epiphytischer Laktobakterien von Futterpflanzen. *Das Wirtschaftseigene Futter* 41, 306–326.
- ROSZAK, D. B. and R. R. COLWELL (1987): Metabolic activity of bacterial cells enumerated by direct viable count. *Applied and Environmental Microbiology* 53, 2889–2893.
- SNEATH, P. H. A., N. S. MAIR, M. E. SHARPE and J. G. HOLT (1986): *Bergey's manual of systematic bacteriology*, Vol. 2. Williams & Wilkins, Baltimore.
- WILHELM, H. (1991): *Futterkonservierung*. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- WOOLFORD, M. K. (1990): The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology* 68, 101–116.
- WOOLFORD, M. K. (1984): *The silage fermentation*. Microbiology Series Vol. 14, Marcel Dekker Inc., New York and Basel.

#### **Anschrift der Verfasser**

**Dipl.-Ing. Dr. Andreas Adler, Ing. Christine Berger, Dr. Hans Lew**, Bundesamt für Agrarbiologie, Wieningerstraße 8, A-4020 Linz.

Josef Neuhauser, Futtermittellabor Rosenau der Niederösterreichischen Landes-Landwirtschaftskammer, A-3252 Petzenkirchen.

Eingelangt am 1. August 1997

Angenommen am 10. September 1997