

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II
- Grünlandwirtschaft und Futterbau –
der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Zur Effizienz verschiedener Laktobakterien-Zusätze auf die
Gärfutterqualität in Abhängigkeit von Pflanzenart,
Erntetermin und Vorwelkegrad**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. agr.)
beim Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxologie und
Umweltmanagement der Justus Liebig Universität Gießen

Eingereicht von
Dipl.-Ing. agr. Matthias Radmacher
aus Meerbusch

Gießen 2007

Dekan : Prof. Dr. R. Hermann

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. W. Opitz von Boberfeld

2. Gutachter: Prof. Dr. H. Seufert

Tag der mündlichen Prüfung: 12.10.2007

Inhalt

1. EINLEITUNG.....	1
2. LITERATUR.....	2
2.1 Fermentation	2
2.2 Gäreigenschaften.....	4
2.2.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate	4
2.2.2 Reservekohlenhydrate	6
2.2.3 Pufferkapazität	6
2.2.4 Epiphytischer Besatz.....	7
2.2.5 Häckseffekte.....	9
2.2.6 Vorwelkeeffekte.....	9
2.2.7 Lagerungsdichte.....	10
2.3 Additive	11
2.3.1 Gruppen und Effekte	11
2.3.2 Laktobakterien-Konzentrate	13
2.4 Arbeitshypothese	18
3. MATERIAL UND METHODEN.....	20
3.1 Material	20
3.1.1 Standort und Witterung	20
3.1.2 Varianten.....	20
3.1.3 Erntetermine.....	23
3.1.4 Applikationstechnik.....	23
3.1.5 Laborsilos und Lagerung.....	23
3.2 Methoden	23
3.2.1 Probenahme.....	23
3.2.2 Gäreignung.....	24
3.2.3 Gärqualität.....	24
3.2.4 Aerostabilität.....	25
3.2.5 Statistische Auswertung	25

4. ERGEBNISSE	27
4.1 Ausgangsmaterial	27
4.1.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate	27
4.1.2 Pufferkapazität	27
4.1.3 Z/PK-Quotient.....	28
4.1.4 Rohprotein.....	28
4.1.5 Verdaulichkeit organischer Substanz	30
4.1.6 NDF	30
4.1.7 ADF	31
4.1.8 ADL	31
4.1.9 Rohasche	33
4.2 Gärfutterqualität nach 90 Tage Lagerdauer	34
4.2.1 pH-Wert.....	34
4.2.1.1 pH-Wert am 90. Tag.....	34
4.2.1.2 pH-Wert-Verläufe	36
4.2.2 Milchsäure.....	36
4.2.3 Essigsäure.....	47
4.2.4 Buttersäure.....	50
4.2.5 Flüchtige Fettsäuren.....	51
4.2.6 Ethanol	54
4.2.7 NH ₃ -N am RP-N.....	56
4.2.8 Restliche wasserlösliche Kohlenhydrate	59
4.2.9 Rohprotein.....	61
4.2.10 Verdaulichkeit organischer Substanz	63
4.2.11 NDF	66
4.2.12 ADF	68
4.2.13 ADL	71
4.2.14 Rohasche	71

5. DISKUSSION	76
5.1 Trocknungs- und Bröckelverluste	76
5.2 Gäreigenschaften	77
5.3 Silagequalität.....	79
5.4 Gärverluste.....	85
5.5 Verdaulichkeit organischer Substanz	86
5.5.1 Gerüstsubstanzen	86
5.5.2 Vorwelkegrad	89
5.6 Additiv-Effekte	97
5.7 Aerostabilität	100
6. ZUSAMMENFASSUNG.....	101
7. SUMMARY	103
8. LITERATURVERZEICHNIS.....	105
9. TABELLENANHANG	121

1. EINLEITUNG

Die Hauptaufgabe der Futterkonservierung ist die Haltbarmachung von Futtermitteln, wie Gras, während der Vegetationszeit für eine Nutzung vorrangig in Perioden eingeschränkten Pflanzenwachstums sowie der klimatisch bedingten Vegetationsruhe. Zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Futterqualität sowie aus arbeitswirtschaftlichen Gründen wird heute z.T. eine ganzjährige Konservatfütterung betrieben.

Grassilage ist und wird auch in Zukunft eine bedeutende Silageart sein (KEADY 2000); im Vergleich zur Maissilage unterliegt ihre Qualität jedoch einer großen Variation sowohl innerhalb als auch zwischen den Jahren (KAISER et al. 2000). Der Schnittermin, die Zusammensetzung des zu silierenden Ausgangsmaterials und das Siliermanagement sind wichtige Einflussgrößen auf die Silagequalität. Die Qualität der Silagen hängt vor allem von den Eigenschaften des Ausgangsmaterials, wie Trockensubstanz-Konzentration, Konzentration an wasserlöslichen Kohlenhydraten, Pufferkapazität und epiphytischen Mikroorganismenbesatz ab (WOOLFORD 1984, McDONALD et al. 1991, WEISSBACH & HONIG 1996). Um den Ansprüchen von Milchkühen mit hohen Leistungen zu entsprechen, ist eine gleichbleibend gute Silagequalität nötig. Untersuchungen von Grassilagen zeigen jedoch häufig weniger Mängel bezogen auf die Energie-Konzentration als vielmehr in der Gärqualität (HONIG et al. 1999). Der Einsatz von Laktobakterien-Impfkulturen zur Grassilierung hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Dabei werden Produkte mit ausgewählten Arten und deren Stämme zur entsprechenden Dominierung der epiphytischen Mikroflora eingesetzt. Heute stehen neben der Förderung der Milchsäuregärung und der Unterbindung einer Buttersäuregärung auch die Verbesserung der tierischen Leistung und der aeroben Stabilität im Vordergrund.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss ausgewählter Laktobakterienarten und -Kombinationen auf die Gäreigenschaften und die Silagequalität von Pflanzenarten mit differenzierten Gäreigenschaften, unterschiedlicher Schnittermine und Trockensubstanz-Konzentrationen festzustellen.

2. LITERATUR

2.1 Fermentation

Das Ziel der Silagebereitung ist es, den Nährwert der konservierten Futterpflanze mit einem Minimum an Nährstoffverlusten zu erhalten (McDONALD et al. 1991). Das Prinzip der Silierung basiert auf einem natürlichen Fermentationsprozess, bei dem Laktobakterien unter Luftabschluss wasserlösliche Kohlenhydrate, Proteine und Faserbestandteile zu organischen Säuren fermentieren (PITT 1992). Die Folge ist eine pH-Wert-Senkung in einen Bereich, der konkurrierende Gärschädlinge (= Clostridien, Enterobakterien) und die meisten Enzyme inaktiviert (BOLSEN et al. 1992). Der Prozess kann nach WEINBERG & MUCK (1996) in vier Phasen mit folgenden Charakteristika eingeteilt werden:

- In der aeroben Phase beträgt der pH-Wert 6,0 – 6,5, hier ist zwischen den pflanzlichen Partikeln noch Luftsauerstoff vorhanden. Diese Bedingungen ermöglichen der Pflanze Restatmung und Aktivität der Proteasen, den aerob und fakultativ aeroben unerwünschten Mikroorganismen wie Hefen, Enterobakterien und Pilzen werden Vermehrungschancen eingeräumt. Die aerobe Phase dauert nur wenige Stunden.
- Die Gärphase, die von mehreren Tagen bis zu mehreren Wochen dauern kann, zeichnet sich durch eine Zunahme der anaeroben Verhältnisse aus. Das Pflanzengewebe stirbt ab, Zellinhaltsstoffe werden frei und damit für die Silagemikroflora verfügbar. Laktobakterien entwickeln sich in Konkurrenz zu u.a. Clostridien, Listerien, Enterobakterien sowie Hefepilzen und werden zu der vorherrschenden Mikroorganismenart. Die Gärungsprodukte der Laktobakterien, in erster Linie Milchsäure und andere Gärsäuren, senken den pH-Wert auf ein Niveau von pH 3,8 bis pH 5,0 ab und unterdrücken so wirksam jegliche bakterielle Konkurrenz.
- Die stabile Phase ist erreicht, wenn durch das Fernhalten von Luftsauerstoff von der Silage keine Veränderung eintritt.
- Während der Entnahmephase ist die Silage dem Luftsauerstoff ausgesetzt. Das ermöglicht die Reaktivierung von aeroben Mikroorganismen, hauptsächlich Hefen und Schimmelpilzen, welche Nacherwärmung und Verderb verursachen können.

Jede Phase des Silierprozesses sollte zur Gewährleistung einer hohen Silagequalität kontrolliert ablaufen. Einflussfaktoren auf die Silagequalität in den jeweiligen Phasen sind die zu silierende Pflanzenart, die Siloform und die angewandte Siliertechnik. Lange Feldliegezeiten und verspäteter Luftabschluss verlängern die aerobe Phase und führen zu Verlusten an wasserlöslichen Kohlenhydraten mit der Folge einer geringeren Milchsäurebildung (HONIG 1987). Die Höhe der Nährstoffverluste während der Fermentationsphase wird durch das Ausmaß und die Geschwindigkeit der pH-Wert-Absenkung bestimmt. Ist die Trockensubstanz-Konzentration des zu silierenden Ausgangsmaterials zu hoch, dann ist die Wasseraktivität der Laktobakterien zu gering, mit der Folge einer nicht ausreichenden pH-Wert-Absenkung. Anaerobe Mikroorganismen, die hauptsächlich in nasserem Ausgangsmaterial aktiv sind, bewirken, wie pflanzliche Enzyme, eine Qualitätsminderung. In nassen Silagen, in denen die Absenkung des pH-Wertes nicht genügend ist, können sich Clostridien vermehren, die die gebildete Milchsäure zu Buttersäure und die Aminosäuren zu NH_3 fermentieren. Dieser Prozess der Buttersäuregärung führt zu einem pH-Wert-Anstieg und zu Trockensubstanzverlusten in der Silage (PAHLOW & HONIG 1986).

Während der stabilen Phase ist die Aktivität der Mikroorganismen stark eingeschränkt. Säuretolerante Enzyme hydrolysieren Strukturkohlenhydrate zu wasserlöslichen Kohlenhydraten. Proteasen transformieren komplexe N-Verbindungen zu NH_3 . Die Anzahl der Laktobakterien geht aufgrund des niedrigen pH-Wertes und der Gärungsprodukte um bis zu zwei Zehnerpotenzen zurück. Solange fermentierbare Kohlenhydrate vorhanden sind, ist die Silage haltbar (BAUER 2004). Sowohl während der stabilen Gärphase als auch bei der Entnahme-Phase ist die Gegenwart von Luftsauerstoff für die Silage schädlich. Das Eindringen von Sauerstoff führt zur Reaktivierung aerober Mikroorganismen, insbesondere Hefen, Schimmelpilze, *Bacillus spec.* und Enterobakterien. Die Folge davon ist, dass es zu einem Anstieg des pH-Wertes im Bereich der Öffnungsstelle kommt, dass Trockensubstanz verloren geht und dass der Nährwert der Silage beeinträchtigt wird. Die aerobe Instabilität hat nicht nur einen Verbrauch von Gärsäuren zur Folge, sondern verändert auch das Gefüge, die Farbe, die Schmackhaftigkeit, die Futteraufnahme und damit letztlich die Leistung der Tiere (WOOLFORD 1990). Einige Schimmelpilze sind zudem in der Lage, Mykotoxine zu bilden, die eine Gefahr für Tier und Mensch darstellen (GEDEK 1973).

2.2 Gäreigenschaften

2.2.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate

Die Konservierungseignung wird durch chemische, physikalische und mikrobiologische Eigenschaften der Futterpflanzen einschließlich der Epiphyten bestimmt. Zu diesen Eigenschaften, die die Gärfähigkeit prägen, zählt die Konzentration an wasserlöslichen Kohlenhydraten (= wLK) (HAIGH 1990). Die wichtigsten wasserlöslichen Kohlenhydrate der Gräser sind die Mono-, Di- und Oligosaccharide Glukose, Fructosane sowie Saccharose (MENGEL 1991, RÜCKERT 1993). Die verschiedenen Pflanzenarten werden u.a. entsprechend ihrer Konzentration an wasserlöslichen Kohlenhydraten in leicht, mittel und schwer silierfähig eingeteilt (GROSS & RIEBE 1974). Leguminosen zählen zu den Futterpflanzen mit niedrigen wLK-Konzentrationen (MCDONALD & WHITTENBURY 1973). Die Konzentration an wLK der Gräser ist arten- und sortenspezifisch (KLOSKOWSKI 1985, WULFES et al. 1995). *Lolium*-Arten besitzen einen verhältnismäßig hohen, *Festuca pratensis* einen mittleren und *Dactylis glomerata* eine relativ niedrige Konzentration an wLK (MCDONALD & WHITTENBURY 1973, FIEBIG et al. 1974). Tetraploide Sorten von *Lolium perenne* weisen günstigere Gäreigenschaften auf als diploide, bedingt durch höhere Konzentrationen an wLK im Halm (PODKOWKA & POTKANSKI 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1994a). Halmreiches Material hat wesentlich bessere Gäreigenschaften als blattreiches (OPITZ v. BOBERFELD 1994 b).

Die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen der Kohlenhydrat-Konzentrationen unterliegen den Einflüssen von Temperatur und Lichtintensität (RÜCKERT 1993). Nach MORITZ (1988) besteht eine signifikante Korrelation zwischen der Temperatursumme der letzten zwei Tagen vor der Ernte und der wLK-Konzentration in den Pflanzen. Dabei gibt es arteigene Unterschiede. *Lolium multiflorum* bildet offenbar auch bei kühleren Witterungsbedingungen mehr Kohlenhydrate als andere Arten (JELMINI & NÖSBERGER 1978b). Hohe Sonneneinstrahlung und niedrige Temperaturen beschleunigen die Photosyntheseleistung und führen dadurch zu einem Anstieg der Konzentration an wLK (JELMINI & NÖSBERGER 1978 a, b, KÜHBAUCH et al. 1986), während starke Bewölkung, regnerisches Wetter und hohe Temperaturen zu einer Abnahme der Kohlenhydrat-Konzentration führen (HAIGH 1990, MCDONALD et al. 1991). Am Spätnachmittag sind in der Regel höhere Konzentrationen an wLK in den Pflanzen feststellbar als am Morgen (MCDONALD & WHITTENBURY 1973, WEISE &

HONIG 1975). Allgemein gilt, dass die Konzentration an wK im Sommer niedriger ist als im Frühjahr. Für die Silagebereitung ergeben sich hieraus nach DANIEL & OPITZ v. BOBERFELD (1987) im Frühjahr bessere Bedingungen als im Sommer.

Das physiologische Alter der Pflanzen ist von großer Bedeutung für die Konzentration an wK (JONES et al. 1966). Gräser weisen häufig in der vegetativen gegenüber der generativen Phase niedrigere Konzentrationen auf (FIEBIG et al. 1974, KENNEDY 1988). Während bei allen Futtergräsern die Konzentration an wK vom Schoßbeginn bis zum Schieben der Blütenstände zunehmen (MCDONALD et al. 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1994 a), verändert sich die Konzentration an wK bei *Trifolium pratense* kaum (SCHOCH & ROULET 1962). Das Maximum an wK wird nach KLOSKOWSKI (1985) zu Beginn des Stadiums „Ähren-/Rispen-schieben“ erreicht. PODKOWKA (1969) findet die höchsten Werte bei Gräsern in und bei Leguminosen vor der Blüte. Mittelspäten Aufwüchsen misst ZIMMER (1988) noch Silierbarkeit zu, da die Konzentration an wK bei der Samenbildung zwar abnimmt, der Rückgang aber weniger deutlich ausgeprägt ist als der Anstieg des Rohfasergehaltes. Da mit zunehmenden Pflanzenalter die Rohprotein-Konzentration schneller als die Konzentration an wK abnimmt, kann der die Silierfähigkeit beschreibende Quotient aus Zucker- und Rohprotein-Konzentration mit der physiologischen Alterung sogar zunehmen (DANIEL 1984). Die Düngung, hierbei insbesondere Zeitpunkt und Höhe der Stickstoffapplikation, übt einen wichtigen Einfluss auf die Konzentration an wK aus (PODKOWKA 1969, FIEBIG et al. 1974). Eine mäßige N-Düngung begünstigt die Synthese von Kohlenhydraten und Nichtprotein-N-Verbindungen (WILMAN 1980), während bei erhöhtem N-Angebot die Assimilate vermehrt für die Aminosäuren und Amine verwendet werden (MENGEL 1991). Die strukturbildenden Kohlenhydrate (= Cellulose, Hemicellulose) nehmen dabei nach KÜNZEL & ZIMMER (1972a) stark zu. Die Stickstoffdüngung fördert zudem den Blattanteil der Pflanzen (ELLES 1989). Erhöhte N-Düngung führt zu erhöhten Rohprotein-Konzentrationen, steigender Pufferkapazität und niedrigen wK-Konzentrationen (OPITZ v. BOBERFELD & ELLES 1990). Die Konservierungseigenschaften verschlechtern sich hierdurch (DANIEL & ENGEL-REZZONICO 1985). Nach LANG et al. (1972) erklärt der Faktor N-Düngung 15% der Varianz der wK-Konzentration.

2.2.2 Reservekohlenhydrate

Fruktosane sind die hauptsächlichen Reservekohlenhydrate der Gräser in den gemäßigten Klimazonen (OJIMA & ISAWA 1968). Sie sind beim Verfüttern an den Wiederkäuer voll verdaulich (NEHRING 1968). Leguminosen enthalten keine Fruktane, sie speichern stattdessen Stärke als Reservekohlenhydrate (MENDEL 1991). Im Vergleich zu *Poaceen* weisen Leguminosen daher niedrigere Konzentrationen an wasserlöslichen Kohlenhydraten auf (PODKOWKA 1969). Am Beispiel der Stärke weist KAUFMANN (1968) nach, dass höherpolymere Kohlenhydrate in größeren Mengen vom Wiederkäuer besser verwertet werden als entsprechende Anteile Monosaccharide. Aus dieser Sicht wäre es nach KLEEBERGER & KÜHBACH (1976) wünschenswert, wenn gerade diese Reservekohlenhydrate, wie Fruktane, den Silierprozeß überstehen und bei der Verfütterung noch unversehrt zur Verfügung stehen. Andererseits stellen aber die Fruktane Gärsubstrate dar, welche im Falle mangelnder Mono- und Disaccharidmengen eine ausreichende Säureproduktion in der Silage sichern könnten. Fruktane unterschiedlichen Polymerisationsgrades und unterschiedlicher Herkunft können sowohl durch Silagepresssaft als auch durch aus Silage isolierte Mischkulturen praktisch vollständig abgebaut werden (KÜHBAUCH 1973, KLEEBERGER 1975).

2.2.3 Pufferkapazität

Für das Säuerungspotential des Grünfutters führen WEISSBACH et al. (1974) den Zucker-Pufferkapazitätsquotienten (= Z/PK) ein, der bei optimalen Bedingungen trockensubstanzabhängig zwischen 1,0 und 4,0 liegt. HONIG (1967) hält ein Z/PK-Verhältnis von mindestens 2,0 für notwendig. Unter Pufferkapazität wird der Widerstand gegen die natürliche Ansäuerung verstanden (MCDONALD & HENDERSON 1962). Die Pufferkapazität ist diejenige Menge an Milchsäure, die zur Einstellung eines pH-Wertes von 4,0 bei 100 g Frischmaterial erforderlich ist (WEISSBACH 1967). Da unabhängig davon der osmotische Druck das Wachstum unerwünschter Mikroorganismen unterdrückt, erweitert WEISSBACH (1975) das Schema und setzt den Z/PK-Quotienten in Beziehung zur TS-Konzentration. Die Effekte von Pufferkapazität, Zucker und TS-Konzentration auf das Gärergebnis lassen sich nach SCHMIDT et al. (1971) im Vergärbarkeitskoeffizient (= VK) über die Formel $VK = TS(\%) + 8 * Z/PK$ zusammenfassen. Ab $VK > 45$ können mit größter Sicherheit buttersäurefreie Silagen erzeugt werden, sofern das Siliergut mindestens 0,5 g NO_3

kg⁻¹ TM oder einen Keimbesatz von $\geq 10^5$ cfu (= colony forming units) LAB g⁻¹ FM aufweist (WEISSBACH & HONIG 1996). Zwischen PK und XP-Konzentration bestehen nach WIERINGA (1961) durchaus Korrelationen. Die neutralisierende Wirkung ist offenbar jedoch zu 70-80% auf die Konzentration von Salzen organischer Säuren (= Anionenfraktion) zurückzuführen (PLAYNE & McDONALD 1966). Zwischen den Pflanzenarten bestehen dabei Unterschiede. Leguminosen enthalten mehr Rohprotein und sind reicher an organischen Säuren, weswegen sich ihre Silierung schwieriger gestaltet (McDONALD & HENDERSON 1962). Mit dem Anwelken des Futters werden die organischen Säuren vermindert (PLAYNE & McDONALD 1966), mit der Folge, dass die PK abnimmt (ZIMMER 1969).

Mit einer Verzögerung der Nutzung und somit der physiologischen Alterung der Pflanzen nehmen lösliche Zellinhaltsstoffe (= wLK, organische Säuren, Mineralstoffe) und damit die Pufferkapazität ab (ELSÄSSER 1992). Älteres Futter benötigt nach ZIMMER (1988) weniger Säure, um den für die sichere Konservierung notwendigen „kritischen pH-Wert“ zu erreichen.

2.2.4 Epiphytischer Keimbesatz

Die natürliche Ansäuerung von Grünfutter beruht auf einer Spontangärung, an der ausschließlich die den Pflanzen anhaftenden Mikroorganismen (= epiphytischer Keimbesatz) beteiligt sind (BECK 1969, WEISSE 1969, ZIMMER 1969, MÜLLER et al. 1991). Die Zusammensetzung der Mikroflora auf frisch geernteten Futterpflanzen ist gänzlich anders als während des Silierprozesses oder in der fertigen Silage, dies beinhaltet sowohl die Anzahl als auch die taxonomische Zusammensetzung. Die Mehrzahl dieser Mikroorganismen befindet sich auf den unteren Blättern und Stängeln, wo sie besser vor ultravioletter Strahlung und Trockenheit geschützt sind (BLAKEMAN 1981). Die Keimdichte und Zusammensetzung der Gattungen der Mikroorganismen variiert in großer Breite je nach Standort, Tages- und Jahreszeit, Witterung, Pflanzenart und –sorte sowie Reifestadium und Substratangebot (BECK 1966, RUSER 1989, MÜLLER 1992, BEHRENDT & SEYFAHRT 1993). Die Gesamtmikroflora variiert nach LANGSTON & BOUMA (1960 a, b, c) zwischen 10^5 – 10^9 cfu g⁻¹ Pflanzenmaterial. In Tab. 1 sind alle auf dem Ausgangsmaterial vorkommenden relevanten Bakterien- und Pilzgruppen und deren typische Populationen nach PAHLOW et al. (2003) dargestellt.

Tab. 1: Bakterien- und Pilzgruppen-Besatz auf Pflanzen vor dem Einsilieren (PAHLOW et al. 2003)

Gruppe	Besatz
	cfu g ⁻¹ Frischmasse
Gesamtzahl aerober Bakterien	>10.000.000 (= 10 ⁷ cfu)
Laktobakterien	10 - 1.000.000 (=10 ¹ – 10 ⁶ cfu)
Enterobakterien	1.000 - 1.000.000 (= 10 ³ – 10 ⁶ cfu)
Hefen	1.000 - 100.000 (= 10 ³ – 10 ⁵ cfu)
Schimmel	1.000 - 10.000 (= 10 ³ – 10 ⁴ cfu)
Clostridien	100 - 1.000 (= 10 ² – 10 ³ cfu)
Essigsäurebakterien	100 - 1.000 (= 10 ² – 10 ³ cfu)
Propionsäurebakterien	10 – 100 (=10 ¹ – 10 ² cfu)

Viele der Mikroorganismenarten gehören zu den obligat aeroben Bakterien, diese stellen kurz nach dem Schließen des Silos ihr Wachstum ein (HIRANO & UPPER 1991). Anzahl und Gattungsspektren der Laktobakterien (= LAB) unterliegen starken Schwankungen im Laufe des Jahres, während gärschädliche Enterobakterien, Hefen und Schimmelpilze über die gesamte Vegetationsperiode in fast konstant hoher Keimdichte vorhanden sind (MÜLLER et al. 1991). Die LAB-Dichte liegt im Bereich zwischen 10² cfu * g⁻¹ Frischgut im Frühjahr und 10⁷ cfu * g⁻¹ Frischgut im Herbst (RUSER 1989, FEHRMANN & MÜLLER 1990), wobei sich mit steigender Gesamtzahl offenbar auch die Artenzahl der LAB erhöht (WEISE 1973). Die höchsten Werte finden BOLSEN et al. (1988), MUCK (1989), LIN et al. (1992) und LINDGREN et al. (1995a) nur zu einem bestimmten Reifestadium und immer zur Mitte der Vegetationszeit, so beim zweiten und dritten Schnitt von Luzerne und Gras. Nach WEISE (1969) ist jedoch nicht die Zahl, sondern die Vitalität und das Fermentationsvermögen einzelner Keime von Bedeutung. Bei seinen Untersuchungen zum physiologischen Leistungsvermögen von LAB findet WEISE (1973) heraus, dass heterofermentative LAB etwa doppelt so viel Kohlenhydrate umsetzen müssen wie homofermentative LAB, um die gleiche Milchsäuremenge zu produzieren. Nach RUSER (1989), sind $\frac{2}{3}$ der identifizierten LAB dem homofermentativen und $\frac{1}{3}$ dem heterofermentativen Gärungstyp zuzuordnen. Andere Autoren zeigen abweichend davon, dass 70-80% der LAB homofermentative Arten sind (DELLAGLIO 1985, DAESCHEL et al. 1987, FEHRMANN & MÜLLER 1990). Überwiegend heterofermentative Arten werden bei kühler und feuchter, hohe Keimichten homofermentativer Arten dagegen bei

warmer und trockener Witterung gefunden (LINDGREN et al. 1983, RUSER 1989, MORAN et al. 1991). Die LAB sind mikroaerophile Organismen und demnach nicht streng an anaerobe Verhältnisse gebunden (LAUBE 1964). Unter Sauerstoffzufuhr unterliegen sie jedoch verstärkt der Konkurrenz der aeroben und fakultativ aeroben Gärschädlingen (NEAL & THORNLEY 1983, McDONALD et al. 1991). Die Umschichtung der epiphytischen Keimflora setzt schon wenige Stunden nach dem Abdichten ein und bestimmt weitgehend den Gärverlauf (BECK 1966, McDONALD et al. 1991).

2.2.5 Häckseleffekte

Die epiphytischen LAB sind einzigartig in ihrer Reaktion auf den Ernteprozess. PAHLOW et al. (1995) und WOOLFORD & PAHLOW (1998) bezeichnen dies als „chopper inoculation phenomenon“, dies beschreibt die zu beobachtende starke Zunahme der LAB-Population um einen Faktor von 100 und mehr nach dem Ernteprozess im Vergleich zum ungeernteten Pflanzenmaterial (STIRLING & WHITTENBERRY 1963, FENTON 1987, MUCK 1989, PAHLOW 1991, SATTER et al. 1991). Auf maschinell geerntetem Gras sind vielfach mehr LAB nachweisbar als auf manuell geschnittenem Material desselben Pflanzenbestandes. Diese Tatsache wird von PAHLOW et al. (2003) als Ergebnis von Vermehrungsprozessen an zerkleinertem Futter bzw. der Kontamination durch Erntegeräte gedeutet. Durch Zerkleinerung des Materials tritt der Zelltod schneller ein, die Oberfläche der Nahrungsquelle für die LAB wird vergrößert und die Lagerungsdichte erhöht, dadurch tritt offenbar eine Reaktivierung bakterieller Ruhestandsformen -SOMMNICELL-Hypothese - ein. Die Häcksellänge hat zudem einen wichtigen Einfluss auf die Verdichtung des Siliergutes und damit auf die Silagequalität. MCGECHAN (1990) zeigt, dass die Verdichtung um 20% abnimmt, wenn die Häcksellänge von 20 mm auf 100 mm zunimmt, dabei ist der Verlauf nicht linear, sondern nimmt mit zunehmender Länge des Siliergutes stärker zu.

2.2.6 Vorwelkeeffekte

Positive Effekte des Vorwelkens bei der Gärfutterbereitung sind u.a.: Verhinderung der Bildung von Sickersaft, Verbesserung der Vergärbarkeit und Beeinträchtigung der Aktivität von *Clostridien*. Diesen Vorteilen stehen u.a. folgende Nachteile gegenüber: die Verdichtung wird erschwert, die Gefahr der Nacherwärmung vergrößert sich und es treten vorwelkeabhängige Verluste auf. In Abhängigkeit von der Vergärbarkeit (WEISSBACH et al. 1974) werden durch den Vorwelkeprozess Vorwelkegrade von $\geq 30\%$ TS angestrebt (WIERINGA 1958, KÜNTZEL & ZIMMER

1972b). Unmittelbar nach dem Schnitt setzen vor allem enzymatisch gesteuerte Abbauprozesse ein, deren Intensität offenbar stark von der Konzentration des Wassers der Pflanzenmasse und den herrschenden Temperaturen abhängig ist (LEHMANN 1972, RÜCKER & KNABE 1977, DEINUM & MAASSEN 1994). Vom Abbau sind vorrangig die Kohlehydrate mit geringem Polymerisationsgrad betroffen (MELVIN & SIMPSON 1963, KÜHBAUCH & ZÜCHNER 1975, WILKINS 1984, SPOELSTRA & HINDLE 1989). Welche Einflüsse vom Vorwelken auf die Verdaulichkeit organischer Substanz ausgehen, wird aufgrund differierender Beschaffenheit der Pflanzen, den äußeren Vorwelkebedingungen und häufig erst der Betrachtung der Konserve recht unterschiedlich beurteilt (FARRIES 1969, KIRCHGESSNER & PALLAUF 1975, HONIG & ZIMMER 1981, ELSÄSSER 1984, YAHAYA et al. 2002, MANYAWU et al. 2003a, b, STEINWIDDER et al. 2003, OPITZ v. BOBERFELD 2007).

2.2.7 Lagerungsdichte

Hauptaufgabe in der siliertechnischen Verfahrensgestaltung ist die nachhaltige Gewährleistung des Luftabschlusses. Grundlage ist hierbei die Reduzierung des Gasaustausches zwischen Siliergut und Atmosphäre auf das durch die biologischen Umsetzungen bedingte Niveau; dies wird vor allem infolge Verringerung des Porenvolumens im Futterstapel durch Verdichten erreicht. Die erreichbare Verdichtung des Grünfutters wird durch physikalische Mähguteigenschaften, wie Teilchen bzw. Partikelgröße, geometrische Form (= Länge, Durchmesser) sowie die Schüttdichte, charakterisiert. Wesentliche Einflussgrößen auf die Verdichtbarkeit von Siliergut sind die Merkmale Trockensubstanz- und Rohfaser-Konzentration und die Häcksellänge (DERNEDDE 1983); weitere Faktoren sind Abreifegrad, Sorte, Aufbereitungsgrad, Siloform und Verdichtungsdruck (JOHNSON et al. 2002). Als Einlagerungsdichte sollte bei Anwelksilagen etwa 500 - 600 kg Frischmasse m⁻³ angestrebt werden (KNABE et al. 1986, WEISE & RAMBUSCH 1988). Die Rohfaser-Konzentration steigt mit zunehmendem physiologischem Alter des Mähgutes an und kann sich vom Schossen bis zur Blüte von etwa 20% auf über 30% erhöhen. Rohfaser-Konzentrationen von mehr als 27% können sowohl im Horizontalsilo als auch bei Ballensilagen ein deutliches Absinken der TS-Dichte bewirken (UPPENKAMP 1994). Mit steigender Rohfaser-Konzentration erhöhen sich die Sperrigkeit und das Rückstellungsvermögen. Mit dem Ansteigen der TS-Konzentration auf > 40% wird die Lagerungsdichte aufgrund höherer Biegesteifigkeit von Halmen und Blättern

geringer und das Porenvolumen steigt an (FÜRL 1975, WILLIAMS 1994); dadurch erhöht sich der Gasaustausch zwischen dem im Porenvolumen enthaltenen Kohlendioxid mit dem Luftsauerstoff (RETTIG 1972, WEISE 1978). Hinzu kommt, dass mit zunehmendem Rohfaser- und TS-Konzentration die Bildung von Gärgas, das wie ein Schutzgas gegen unerwünschte aerobe Umsetzungen wirkt, geringer wird. Einem Ansteigen des Porenvolumens kann nur mit Hilfe der Siliertechnik durch Maßnahmen wie kürzere Häcksellängen oder höhere Verdichtungsdrücke entgegengewirkt werden. Weiterhin sollten als TS-Konzentration des Siliergutes bei der Einlagerung in Horizontalsilos 45% und bei der Silierung in Ballen 50% - 55% nicht überschritten werden (UPPENKAMP 1994). In Horizontalsilos sollte die Silooberfläche während der Lagerung ganzflächig belastet werden. Während in Horizontalsilos durch Befahren der Futterstockoberfläche mit Schleppern verdichtet wird, bestimmt bei Ballensilagen in erster Linie das angewandte Pressverfahren die Lagerungsdichte. Bei Rundballensilagen wird im Mittel eine Lagerungsdichte von 170 - 190 kg TS m⁻³ erreicht. Im Vergleich dazu beträgt die praxisübliche Grassilage-Lagerungsdichte in Horizontalsilos ca. 180 – 290 kg TS m⁻³ (DARBY & JOFRIET 1993, UPPENKAMP 1994) und in Hochsilos ca. 300 kg TS m⁻³ (WEISE & RAMBUSCH 1988).

2.3 Additive

2.3.1 Gruppen und Effekte

Silieradditive werden von der DLG bezogen auf ihre Wirkungsrichtung und Anwendungsbereiche in verschiedene Gruppen eingeteilt, vgl. Tab. 2 (ANONYMUS 2006); ein Gütesiegel wird nur erteilt, wenn es gesicherte Nachweise der Wirksamkeit erbracht hat. Nach ihrer Wirkungsrichtung erfolgt die Einteilung der Silierzusätze in Stimulatoren und Inhibitoren, vgl. Tab. 3 (PETTERSSON 1988, BOLSEN 1993). Auf die Fermentation stimulierend wirken die Applikation von fermentierbarem Substrat, von Enzympräparaten zur Freisetzung vergärbare Kohlenhydrate aus den Strukturkohlenhydraten des Siliergutes oder von Inokulantien mit dem Ziel einer effektiven Umsetzung der vorhandenen Kohlenhydrate. Durch die Zugabe von organischen und mineralischen Säuren, die eine sofortige pH-Wert-Absenkung unter ein Niveau bewirkt, welches keine oder stark eingeschränkte mikrobielle Umsetzung zulässt, wird dagegen u.U. sogar eine Fermentation verhindert. Der Einsatz von mineralischen und organischen Säuren sowie von anderen Inhibitoren ist in den letzten Jahren - vor allem wegen möglicher Umweltbelastungen - zurückgegangen,

Tab. 2: Gruppen von der DLG geprüfter Siliermittel (ANONYMUS 2006)

Gruppe 1 a	Mittel zur Verbesserung der Gärung von schwer silierbare Futter Vergärbarkeitskoeffizient (VK) < 35 Grundfutter mit zu niedrigem Gehalt an Gärsubstrat und/oder Trockensubstanz
Gruppe 1 b	Mittel zur Verbesserung der Vergärung von mittelschwer bis leicht silierbare Futter im unteren Trockensubstanzbereich VK > 35; TS < 35
Gruppe 1 c	Mittel zur Verbesserung der Vergärung von mittelschwer bis leicht silierbarem Futter im oberen Trockensubstanzbereich VK > 35; TS > 35
Gruppe 1 d	Mittel zur Verbesserung der Gärung von speziellen Futterarten Futtermittel, die besondere Anforderungen des Siliermittels erfordern (z.B. Futterrüben, Pülpfen, Pressschnitzel)
Gruppe 2	Mittel zur Verbesserung der aeroben Stabilität
Gruppe 3	Mittel zur Reduzierung von Gärtaftablauf
Gruppe 4 a	Mittel zur Verbesserung der Futteraufnahme
Gruppe 4 b	Mittel zur Verbesserung der Verdaulichkeit
Gruppe 4 c	Mittel zur Verbesserung der Mastleistung
Gruppe 4 d	Mittel zur Verbesserung der Milchleistung
Gruppe 5	Mittel zur Verhinderung der Vermehrung von Clostridien

obwohl diese Additive insbesondere bei schwer vergärbaren Siliergut wirkungssicher sind (WILSON & WILKENS 1973, WOOLFORD 1984). Zunehmend werden Laktobakterien-Starterkulturen eingesetzt, um qualitativ hochwertiges Futter zu erzeugen. Das Hinzufügen von selektierten Bakterienstämmen während der Fermentation beeinflusst den Fermentationsprozess in hohem Maße. Die meisten biologischen Additive beinhalten homofermentative Laktobakterien, um möglichst viel Milchsäure in der Silage zu produzieren. Zunehmend ist allerdings nach HOLZER et al. (2003) ein Trend hin zur Anwendung heterofermentativer Laktobakterien zu beobachten. Laktobakterien-Konzentrate werden als homo- oder heterofermentative Produkte sowie als deren Kombination verschiedener Arten- und Stammzusammensetzungen angeboten. Bei den Impfzusätzen handelt es sich durchweg um Laktobakterien in gefrier- bzw. sprühgetrockneter Form.

Tab. 3: Klassifizierung der Silage-Additive (verändert nach WOOLFORD 1984)

Klasse	Form	Beispiel	Wirkungsweise
Direkte Säuerung	Anorganische Säuren	Schwefelsäure	sofortige Reduktion des pH-Wertes, verhindert Weiterentwicklung der Mikroflora
	Organische Säuren	Ameisensäure, Propionsäure	
Fermentation-Inhibitoren	Direkte Sterilisierung	Formaldehyde	Hemmung der Mikroflora, generell, sofort oder bei der aufeinanderfolgenden Freisetzung des aktiven Agens
	Indirekte Sterilisierung	Hexamine	
Fermentationsförderer	Substrate	Melasse,	Förderung der Fermentation durch Lieferung von fermentierbaren Substrat Aufschluss von Reserven fermentierbaren Materials, Kohlenhydrate die sonst nicht genutzt werden können
	Enzyme	Cellolytische Enzyme Xylanase	
	Mikrobielle Kulturen	Homofermentative u. Heterofermentative MSB, Propionsäurebakterien	
Spezifisch antimikrobielle Verbindungen	(Antibiotische, synthetische, antimikrobielle Agens)	(Bicitracin, Bronopol)	Direkte Reduktion des Wachstums unerwünschter Mikroorganismen
	Andere antimikrobielle Agens	Chloride, Nitride	

2.3.2 Laktobakterien-Konzentrate

Die traditionelle Silierung ohne Starterkulturen beruht auf natürlich vorkommende Laktobakterien. Verschiedene Laktobakterien kommen auf Pflanzen vor, deren Rolle offenbar nicht ganz bekannt ist (MCDONALD et al. 1991). Der Umstand, dass auf verletzten Pflanzenteilen eine größere Anzahl an Laktobakterien zu finden ist als auf unverletzten Pflanzen (STIRLING & WHITTENBURY 1963), lässt vermuten, dass sie die Pflanzen durch Produktion von antagonistischen Stoffwechselprodukten, wie Säuren oder Verbindungen gegen Pilz- und bakterielle Erkrankungen, vor pathogenen Mikroorganismen schützen (VISSER et al. 1986). Die natürlich vorkommenden Laktobakterien vergären jedoch auf homofermentativen als auch auf heterofermentativen Weg, sodass von ihnen neben Milchsäure ebenfalls Essigsäure

Tab. 4: Auf Pflanzen und in Silagen natürlich vorkommende Milchsäurebakterien verändert nach PAHLOW et al. (2003)

Genus	Glucose Fermentation	Species
<i>Lactobacillus</i>	Homofermentativ	<i>Lac. acidophilus</i>
		<i>Lac. casei</i>
		<i>Lac. coryniformes</i>
		<i>Lac. curvatus</i>
		<i>Lac. delbrückii</i>
		<i>Lac. graminis</i>
		<i>Lac. helveticus</i>
		<i>Lac. homohiochii</i>
		<i>Lac. rhamnosus</i>
		<i>Lac. paracasei</i>
		<i>Lac. pentosus</i>
		<i>Lac. plantarum</i>
		<i>Lac. sailvarius</i>
		Heterofermentativ
<i>Lac. buchneri</i>		
<i>Lac. collinoides</i>		
<i>Lac. confusus</i>		
<i>Lac. divergens</i>		
<i>Lac. fermentum</i>		
<i>Lac. fructosus</i>		
<i>Lac. reuteri</i>		
<i>Lac. verideskensis</i>		
<i>Pediococcus</i>	Homofermentativ	<i>Ped. acidilactici</i>
		<i>Ped. damnosus</i>
		<i>Ped. inopinatus</i>
		<i>Ped. parvulus</i>
		<i>Ped. pentosaceus</i>
<i>Leukonostoc</i>	Heterofermentativ	<i>Leuc. mesenteroides</i>
		<i>Leuc. oenos</i>
		<i>Leuc. paramesenteroides</i>
<i>Enterococcus</i>	Homofermentativ	<i>Ec. faecium</i>
		<i>Ec. faecalis</i>
<i>Lactococcus</i>	Homofermentativ	<i>Lc. lactis</i>
<i>Streptococcus</i>	Homofermentativ	<i>Sc. bovis</i>

und Alkohole produziert werden. In Tab. 4 sind einige auf Pflanzen natürlich vorkommende Arten der Laktobakterien aufgelistet. Die vorherrschenden Species während des Silierprozesses sind nach NILSSON & NILSSON (1956) *Streptococce*n und *Lactobacilli*, wobei *Lactobacillus plantarum* die zahlenmäßig am häufigsten

auftretende Art ist. Dies bestätigen auch LANGSTON & BOUMA (1960 c), wonach die dominierenden Organismen in den Silagen *Lac. plantarum*, *Lac. brevis* und *Pediococcus spec.* sind, während GIBSON et al. (1958) berichten, dass *Lac. plantarum* und *Lac. acidophilus* bei der homofermentativen Fermentation dominieren. DELLAGLIO et al. (1983) berichten, dass *Lac. plantarum*, *Lac. buchneri*, *Pediococcus acidilactici* und *Ped. pentosaceus* eine wichtige Rolle bei der Silierung von Gras und Luzerne einnehmen.

In der Literatur sind auch einige Veränderungen in der mengenmäßigen Zusammensetzung der einzelnen homo- und heterofermentativen Arten beschrieben. So berichtet BECK (1972), dass die homofermentativen *Lac. plantarum*- und *Lac. curvatus*-Arten bis zum vierten Tag der Silierung die vorherrschenden Vertreter sind; im weiteren Fermentationsverlauf verschiebt sich die Dominanz hin zu den heterofermentativen *Lac. brevis* und *Lac. buchneri*. GARZIA & GIOVANNA (1984) finden in 23 italienischen Silagen 40 verschiedene Milchsäurebakterienarten, wobei 33 davon heterofermentativ sind. Auch hier sind *Lac. brevis* und *Lac. buchneri* die dominierenden Arten. Unter den LAB gibt es Kalt- und Warmvergärer, die Grenze bezogen auf Arten, lässt sich infolge der jeweils stammbedingten Varianz nicht eindeutig ziehen (GROSS & RIEBE 1974).

Heute werden Inokulantien in einer Vielzahl von Handelsprodukten angeboten und besitzen den größten Marktanteil unter den Silierzusätzen (WEDDEL & ROBERTS 1993). Dabei werden an diese Präparate folgende Anforderungen gestellt (REES 1997):

- hohe Vermehrungsrate und Konkurrenzkraft gegenüber anderen Mikroorganismen,
- homofermentativer Gärungsverlauf und schnelle Produktion von Milchsäure,
- hohe Säuretoleranz und Vermögen einer schnellen pH-Wert-Absenkung,
- Fermentation eines breiten Kohlenhydrat-Spektrums,
- keine Bildung von Dextrin aus Sucrose,
- keine Bildung von Mannitol aus Fructose,
- keine Wirkung gegen organische Säuren,
- hohe Thermotoleranz = ca. 5-50°C) sowie Osmotoleranz und
- entsprechende Haltbarkeit im handelsfähigen Zustand,.

Die Wirkung der zugesetzten LAB beruht auf einer beschleunigten und intensiveren Milchsäuregärung und der damit verbundenen schnelleren pH-Wert-Absenkung, hauptsächlich in der Anfangsphase der Gärung (PITT 1992, SPOELSTRA 1993). Dadurch wird bei ausreichendem Angebot an vergärbaren wK im Ausgangsmaterial durch die schnelle Säuerung, die Vermehrung unerwünschter Gärschädlinge unterdrückt (LINDGREN et al. 1988). Durch die Inhibierung von Konkurrenz-mikroorganismen kann der Proteinabbau und die Ammoniakbildung in beimpften Silagen eingeschränkt werden (FÜRSTENBERG & FISCHER 1994, WETHERALL et al. 1995). Die Untersuchungen von KEADY et al. (1994) sowie ROOKE & KAFILZADEH (1994) zeigen, dass LAB die Silagequalität nicht in jedem Fall verbessern; hier werden die Gärsäuren und der NH_3 -Gehalt in der Silage durch die Beimpfung nicht positiv beeinflusst. Die positive Wirkung von LAB ist nach PITT (1992) und OPITZ v. BOBERFELD (1998) neben dem epiphytischen Besatz und der Konzentration an wK des Ausgangsmaterials, auch von der Trockensubstanz des Siliergutes und von der Zusammensetzung und Dosierung des LAB-Zusatzes abhängig. Zugesetzte LAB sind nicht in der Lage, fehlendes Gärsubstrat, z.B. bei feuchten Silagen, zu kompensieren. Daher ist es wichtig, im LAB-Produkt Stämme zu verwenden, die bei der Fermentation ein möglichst breites Kohlenhydratspektrum nutzen (REES 1997). *Lactobacillus paracasei* ist nachweislich in der Lage, Speicherkohlenhydrate, wie Fruktane, abzubauen und als Nahrungsquelle zu nutzen (MATHIES 2004).

Durch den Zusatz von LAB wird das Gärsäuremuster im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle variiert. Die Fermentation ist TS-abhängig, daher nehmen die Effekte der Beimpfung mit LAB mit Zunahme der TS-Konzentration ab (OPITZ v. BOBERFELD 1998). Aussagen über die optimale TS-Konzentration sind in der Literatur unterschiedlich und offenbar vom zu silierenden Substrat abhängig. MARTINSSON (1992) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass LAB-Konzentrate auch bei höheren TS-Konzentrationen wirksam sind. Hingegen finden SHARP et al. (1994) nur geringe Effekte von LAB bei Kleegrassilagen höherer TS-Konzentrationen. Aus diesem Grund ist für die Inokulantien eine hohe Osmotoleranz wichtig (REES 1997). Mit Osmotoleranz wird die besondere Eignung von Impfzusätzen auch für TS-reiches Siliergut gekennzeichnet (PAHLOW & WEISSBACH 1996). Natürlicherweise kommen LAB vor allem auf Milch- und Fleischprodukten vor sowie auf pflanzlichem Gewebe mit Saftaustritt; Feuchtemangel existiert dort nicht. Stämme, die zunächst im Labor

für den Siliermitteleinsatz ausgewählt werden, stammen zumeist aus solchen Bedingungen. Es ist deshalb keinesfalls sicher, dass dort in der Regel auf wasserreichem Nährmedien gezeigten günstigen Eigenschaften, wie rasches Wachstum und gute Säurebildung, auch bei stark verminderter Wasserverfügbarkeit, wie z.B. in Anwelksilagen, beibehalten werden (PAHLOW 2004). Das Wachstum der LAB wird bei TS-Konzentrationen bis zu 30% kaum eingeschränkt. Dagegen erreichen etwa 90% der auf Futterpflanzen natürlich vorkommenden LAB bei der Silierung von trockenem Siliergut im TS-Bereich um 50% eine markante Wachstumsgrenze, weil sich im Pflanzensaft von Anwelkgut die löslichen Kohlenhydrate, Proteine nebst Abbauprodukten sowie Mineralstoffe soweit aufkonzentrieren, dass es ihnen an freiem Wasser fehlt. Nur etwa 10% der epiphytischen LAB wachsen auch noch unter diesen Bedingungen und sind demnach osmotolerant (PAHLOW 2004). Untersuchungen von HONIG (1991) und AUERBACH & WEISSBACH (2000) zeigen, dass die TS-Verluste bei einer TS-Konzentration von 39% durch die Behandlung mit LAB um durchschnittlich 40% durch die veränderte Gärung sinken; dabei ist mit einer Erhöhung der Milchsäurebildung um 70%, einer stärkeren pH-Wert-Absenkung um 20% sowie einer Verringerung der Buttersäure-Konzentrationen bis zu 90% zu rechnen.

Die Wirkung von mit LAB behandelten Silagen auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz wird in der Literatur unterschiedlich angegeben (OPITZ v. BOBERFELD 1998). So ist in den Untersuchungen von KEADY & STEEN (1994) die Verdaulichkeit der organischen Substanz von mit LAB behandelte Grassilage um 2,3%-Punkten höher als die unbehandelte Kontrollgruppe. Bei MAYNE (1993) ist die Verdaulichkeit der organischen Substanz um 1,6 und bei SHARP et al (1994) um 5,6 %-Punkte erhöht bei mit LAB beimpften Silagen. Bei den Untersuchungen von SHIELS et al. (1999) haben die LAB keinen Einfluss auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz.

Die Effekte auf die Veränderung der Faserbestandteile von mit LAB behandelten Silagen sind offenbar gering (WYSS 1993). Wobei STOKES (1992) sowie KEADY et al. (1994) von einer Verminderung der ADF- und NDF-Konzentration berichten.

2.4 Arbeitshypothese

Aus der Literatur lässt sich zusammenfassend herausstellen:

- Die Gärfähigkeit, gemessen am Gehalt von wK, Pufferkapazität, TS-Konzentration und epiphytischer Keimflora, ist von der Pflanzenart abhängig; grundsätzlich besitzen Gräser infolge höherer Z/PK-Quotienten bessere Gäreigenschaften als Leguminosen.
- Die Gäreigenschaften werden durch Sonneneinstrahlung, Temperatur sowie arbeitstechnischer Maßnahmen, wie Zerkleinern, Anwelken und Lagern, beeinflusst.
- Durch den Anwelkprozess wird eine Aufkonzentrierung der wK erreicht. Gleichzeitig wird durch hohe TS-Konzentrationen die Verdichtung im Futterstapel erschwert. Dadurch erhöht sich der Gasaustausch zwischen dem im Porenvolumen enthaltenen Kohlendioxid und dem Luftsauerstoff.
- Physiologisch ältere Pflanzenbestände weisen geringere Konzentrationen an wK und höhere Konzentrationen an Gerüstsubstanzen auf, dies erschwert deren Silierung.
- Laktobakterien-Starterkulturen nehmen Einfluss auf die Silierfähigkeit; ihre Wirkung beruht auf einer Beschleunigung und Intensivierung der Fermentation.

Daraus lassen sich folgende Fragen ableiten, zu dessen Klärung diese Arbeit beitragen soll:

- Kann ein Zusatz eines speziell selektierten Laktobakteriums zur Verbesserung bzw. zur Sicherung der Gärfutterqualität von schwer bzw. mittelschwer silierbarem Material beitragen?
- Ist dieser biologische Silierzusatz auch bei wechselnden Fermentationsbedingungen wirkungssicher?
- Wie ist die Wirkung verschiedener Arten in der Kombination mit anderen Laktobakterien zu sehen?

-
- Kann ein deutlicher Abbau der Speicherkohlenhydrate beim Einsatz des Silierzusatzes nachgewiesen werden?
 - Wie groß ist der Einfluss der TS-Konzentration auf die Gärfutterqualität und wo liegt dessen Optimum?

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1 Material

3.1.1 Standort und Witterung

Die Versuchsfelder befanden sich auf dem Gelände der Versuchstation des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II - Grünlandwirtschaft und Futterbau - der Universität Gießen, etwa 6 km südlich von Gießen, 160 m über NN. Bei dem anstehenden Bodentyp handelt es sich um einen Pseudogley aus periglazialen Fließerden über reliktschem Rotlehm (HARRACH 1987). Der Witterungsverlauf der Untersuchungsjahre wird aus Abb.1 ersichtlich.

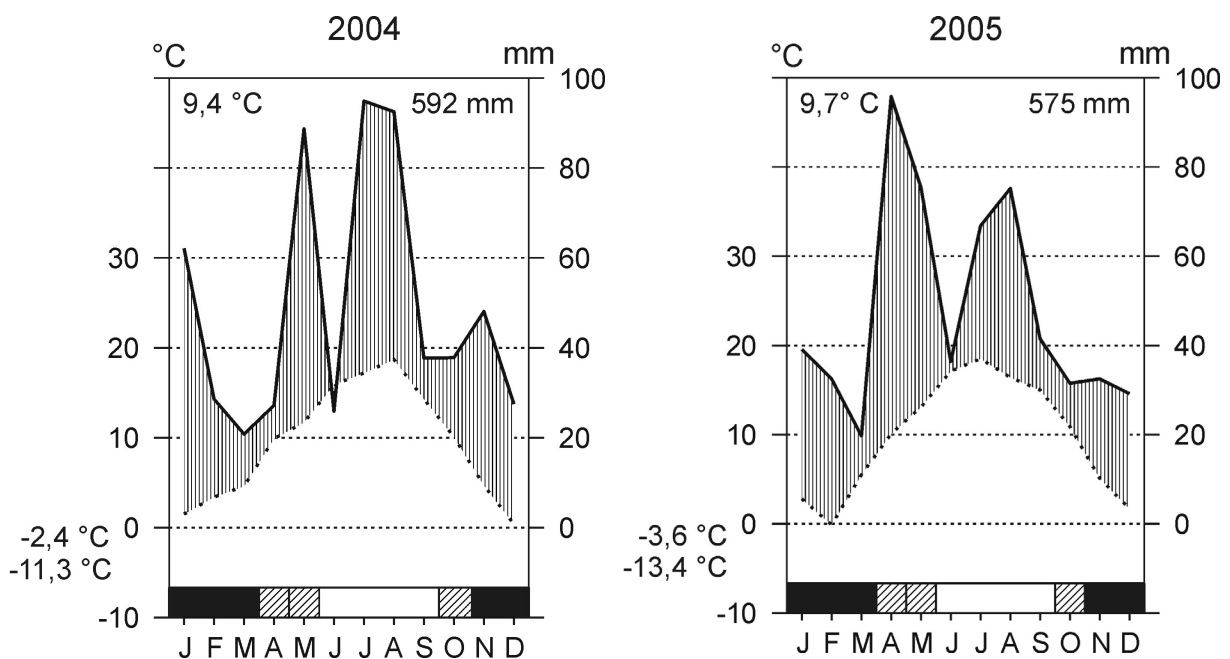


Abb. 1: Witterungs-Diagramme der Versuchstation Linden-Forst (160 m ü.NN), zusammengestellt nach WALTER (1957)

3.1.2 Varianten

Als Pflanzenbestände wurden *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* und *Trifolium pratense* ausgewählt. *Lolium perenne*, als Art mit verhältnismäßig hohen und *Dactylis glomerata* als Art mit einer niedrigen Konzentration an wasserlöslichen Kohlenhydraten (MCDONALD & WHITTENBURY 1973, FIEBIG et al. 1974). *Trifolium pratense* wurde als Leguminose gewählt, da diese keine Fruktane enthalten; sie speichern demgegenüber Stärke als Reservekohlenhydrate (MENGEL 1991) und

weisen deshalb niedrigere Konzentrationen wasserlöslicher Kohlenhydraten als *Poaceen* auf (PODKOWKA & POTKANSKI 1991).

Zur Untersuchung des Einflusses der selektierten Laktobakterien-Konzentrate auf die Silagequalität wurden zwei Versuche durchgeführt.

- Hauptversuch: Silierversuch mit 90 Tagen Lagerzeit zur Bestimmung der Gäreignung und Silagequalität
- Zeitreihenversuch: Silierversuch mit 2, 6, 12, 24 und 90 Tagen Lagerzeit zur Bestimmung des Silierverlaufs.

Hauptversuch:

Tab. 5: Varianten des Hauptversuches mit vier Wiederholungen

Faktoren	Stufen
1. Arten	1.1 <i>Lolium perenne</i> 1.2 <i>Dactylis glomerata</i> 1.3 <i>Trifolium pratense</i>
2. Vorwelken	2.1 25% TS (\pm 1,5% TS) 2.2 40% TS (\pm 1,5% TS)
3. Zusätze	3.1 ohne (= Kontrolle) 3.2 <i>Lac. plantarum</i> 3.3 <i>Lac. paracasei</i> 3.4 <i>Lac. rhamnosus</i> ; <i>Ec. faecium</i> (= Bonsilage) 3.5 <i>Ped. acidilactici</i> ; <i>Lc. Lactis</i> ; <i>Lac. paracasei</i> (= Bonsilage C)
4. Aufwuchs	4.1 Primär (= 2x, beide 2005) 4.2 Sekundär (= 2x, 2004 + 2005))

Zeitreihenversuch:**Tab. 6:** Varianten des Zeitreihenversuches mit zwei Weiderholungen

Faktoren	Stufen
1. Arten	1.1 <i>Lolium perenne</i> 1.2 <i>Dactylis glomerata</i> 1.3 <i>Trifolium pratense</i>
2. Vorwelken	2.1 25% TS ($\pm 1,5\%$ TS) 2.2 40% TS ($\pm 1,5\%$ TS)
3. Zusätze	3.1 ohne (= Kontrolle) 3.2 <i>Lac. plantarum</i> 3.3 <i>Lac. paracasei</i> 3.4 <i>Lac. rhamnosus</i> ; <i>Ec. faecium</i> (= Bonsilage) 3.5 <i>Ped. acidilactici</i> ; <i>Lc. Lactis</i> ; <i>Lac. paracasei</i> (= Bonsilage C)
4. Öffnung der Gläser	4.1 nach 2 Tagen 4.2 nach 6 Tagen 4.3 nach 12 Tagen 4.4 nach 24 Tagen 4.5 nach 90 Tagen aus Hauptversuch
5. Aufwuchs	5.1 Primär (= 2x, beide 2005) 5.2 Sekundär (= 2x, 2004 + 2005)

Mit Ausnahme des spät geernteten Primäraufwuchses im Jahr 2004, wurde bei sämtlichen im Jahr 2005 geernteten Aufwüchse eine zusätzliche Variante bestehend aus *Lac. paracasei* mit *Clostridium sporogenes* + *Clostridium tyrobutyricum* aufgenommen, um potentielle Effekte von *Lac. paracasei* noch besser beschreiben zu können.

3.1.3 Erntetermine

Tab. 7: Erntetermine der Aufwüchse und Arten

Hauptversuch u. Zeitreihenversuch		
Aufwuchs	Art	Erntetermin
Früher Primäraufwuchs	<i>Dactylis glomerata</i>	29.04.2005
	<i>Lolium perenne</i>	09.05.2005
	<i>Trifolium pratense</i>	16.05.2005
später Primäraufwuchs	<i>Dactylis glomerata</i>	30.05.2005
	<i>Lolium perenne</i>	06.06.2005
	<i>Trifolium pratense</i>	13.06.2005
Früher Sekundäraufwuchs	<i>Dactylis glomerata</i>	20.06.2005
	<i>Trifolium pratense</i>	27.06.2005
	<i>Lolium perenne</i>	04.07.2005
Später Sekundäraufwuchs	<i>Trifolium pratense</i>	06.09.2005
	<i>Dactylis glomerata</i>	13.09.2005
	<i>Lolium perenne</i>	20.09.2005

3.1.4 Applikationstechnik

Aus den einzelnen Laktobakteriengranulaten wurde eine Suspension erstellt. Als Aufwand wurden 2,0 g in 2,0 l Wasser je t Frischmasse, das entspricht 10^5 cfu g⁻¹ Frischmasse appliziert. Die Suspension wurde mittels einer pneumatisch betriebenen Düse gleichmäßig auf das Probenmaterial ohne Restmengen in verschiedenen Räumen aufgebracht.

3.1.5 Laborsilos und Lagerung

Die Silageproben des Haupt- und Anwelkversuchs wurden in 2 l Weckgläsern einsiliert und bis zum Öffnen im dunklen Raum bei 10 °C gelagert. Als Silierbehälter für den Zeitreihenversuch dienten 1 l Weckgläser. Die Lagerung erfolgte entsprechend den beiden anderen Versuchen.

3.2 Methoden

3.2.1 Probenahme

Die Ernte der Parzellen erfolgte mit einem Vollerntegerät zur Gewinnung des Pflanzenmaterials für die Untersuchungen der Gäreigenschaften und der Gärfutterqualität. Die Gäreigenschaften des Ausgangsmaterials und die Gärfutterqualität wurden von allen vier Aufwüchsen ermittelt; dabei wurde aufgrund

der großen Anzahl von Proben nur eine Art pro Woche geerntet und einsiliert. Das in 7 cm Schnitthöhe geerntete Ausgangsmaterial wurde auf eine Länge von 2 cm gehäckselt. Von diesem Ausgangsmaterial wurden für die Untersuchung der Gäreigenschaften ca. 300 g gewogen und bei 60°C im Ventilatorschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurden die Proben auf eine Partikelgröße von 1 mm gemahlen. Für die Silagebereitung wurden ca. 4.000 g des gehäckselten Ausgangsmaterials eingewogen und auf einer Darre für den Haupt- und Zeitreihenversuch auf einheitliche 25% TS bzw. 40% TS vorgewelkt und je nach Siliervariante einsiliert. Das Einsilieren des vorgewelkten Materials erfolgte für den Haupt- und Zeitreihenversuch in handelsüblichen 2 l Weckgläsern.

Die Lagerzeit der Silagen betrug 90 Tage (= Hauptversuch) und 2, 6, 12 bzw. 24 Tage (= Zeitreihenversuch) bei 10 °C in einem dunklen Raum.

3.2.2 Gäreignung

Zur Charakterisierung der Gäreignung wurde die Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate mit der Anthronmethode (YEMM & WILLIS 1954) und die Pufferkapazität nach WEISSBACH (1967) bestimmt. Aus der Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate (= in % der TS) und der Pufferkapazität (= Milchsäureverbrauch in g für pH 4,0 bei 100 g Pflanzen TS) wurde der Zucker/Pufferkapazitäts-Quotient (=Z/PK-Quotient) berechnet. Die Bestimmung der Rohprotein-Konzentration erfolgte nach der Methode von KJELDAHL (NAUMANN et al. 1983) und die Verdaulichkeit organischer Substanz wurde nach TILLEY & TERRY (1963) geschätzt. Die TS- sowie Rohasche-, NDF-, ADF- und ADL-Konzentrationen wurden nach NAUMANN et al. (1983) bestimmt.

3.2.3 Gärqualität

Nach 90 Tagen Lagerzeit wurden die Silageproben des Haupt entnommen und bis zur Qualitätsuntersuchung in einer Tiefkühltruhe bei -23°C gelagert. Die 1 l Weckgläser aus dem Zeitreihenversuch zur Bestimmung des Gärverlaufs wurden in einer Zeitreihe nach 2, 6, 12, 24 und 90 Tagen geöffnet und gleichwertig gelagert. An den Silagen wurde der pH-Wert gemessen (NAUMANN & BASSLER 1993) und der Gehalt an Ammoniak-N am Gesamt-N nach BASSLER et al. (1999) ermittelt. Die Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate wurde mit der Anthronmethode (YEMM & WILLIS 1954) und die Rohprotein-Konzentration nach der Methode von KJELDAHL

(NAUMANN et al. 1983) bestimmt. Die *in vitro*- Verdaulichkeit organischer Substanz, die Gerüstsubstanzen – NDF, ADF, ADL – und die Rohasche wurden nach den oben benannten Methoden erfasst. Sämtliche Ergebnisse der untersuchten Merkmale wurden auf die Trockensubstanz nach BERG & WEISSBACH (1976) korrigiert.

Die HPLC-Untersuchung wird nach HOLZER (2005) durch folgende Angaben charakterisiert:

Analysegerät: HP-1100
Detektor: RI 1047 A
Säule: IC Sep ION-300

HPLC-Konditionen

Injektionsvolumen 40 µl
Temperatur 42 °C
Laufzeit 57 min
Maximaldruck 100 bar
Minimaldruck 7 bar
Laufmittel 0,005 molare H₂SO₄

3.2.4 Aerostabilität

Die Aerostabilität wurde über Temperaturmessung nach HONIG (1990) bei konstant 20 °C Umgebungstemperatur ermittelt. Von jeder Wiederholung erfolgte eine Parallelmessung. Die Messzeit erstreckte sich über fünf Tage. Als aerostabil wurden Silagen bewertet, bei denen sich nach fünf Tagen Beobachtungsdauer die Temperatur < 1 °C erhöht hatte.

3.2.5 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse wurden mehrfaktorielle Varianzanalysen mit Hilfe des Programmes SPSS (ANONYMUS 2005) erstellt. Getrennt nach Aufwuchstermin und Pflanzenart wurden die Daten miteinander verrechnet. Die Wirkung der Faktoren wurde über den F-Test, Signifikanzniveau 5% und 1%, und Mittelwertvergleiche wurden über den multiplen t-Test, Signifikanz-

niveau 5%, vorgenommen. Zur Darstellung von Beziehungen einzelner Kennwerte wurden einfache Korrelationsanalysen durchgeführt; hier wurde das Signifikanzniveau von 5% und 1% zugrunde gelegt.

4. ERGEBNISSE

4.1 Ausgangsmaterial

4.1.1 Wasserlösliche Kohlenhydrate

Das Vorwelken hat in der Mehrzahl der Fälle keine signifikante Abnahme der Konzentration an wasserlöslichen Kohlenhydraten (=wLK) zur Folge, vgl. Tab. 8 und Anhangtab. 1. Bei den spät geernteten Primär- und Sekundäraufwüchsen bedingt das Vorwelken bei *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* eine gesicherte Verminderung der Konzentrationen an wLK; bei *Dactylis glomerata* ist dies lediglich beim früh geernteten Primäraufwuchs der Fall.

Tab. 8: Wasserlösliche Kohlenhydrate (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	19,7	5,8	10,3	11,9
40% TS	19,1	2,6	9,2	10,3
X _{Art}	19,4	4,2	9,8	11,1
GD _{5%} *	0,97	0,31	1,08	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	16,1	3,4	11,6	10,4
40% TS	14,6	3,2	10,7	9,5
X _{Art}	15,3	3,3	11,1	9,9
GD _{5%} *	1,19	0,30	0,59	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	4,3	11,2	7,4	7,6
40% TS	4,2	10,8	7,1	7,3
X _{Art}	4,2	11,0	7,2	7,5
GD _{5%} *	0,47	0,52	0,38	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25% TS	6,0	3,3	3,8	4,4
40% TS	5,4	3,2	2,9	3,8
X _{Art}	5,7	3,2	3,3	4,1
GD _{5%} *	0,44	0,26	0,34	-

*GD_{5%} (Vorwelkegrad)

4.1.2 Pufferkapazität

Das Vorwelken hat in der Hälfte der Fälle signifikanten Einfluss auf die Pufferkapazität, vgl. Tab. 9 und Anhangtab. 2. Eine gesicherte höhere Pufferkapazität bedingt das Vorwelken bei früh geernteten Primäraufwüchsen von *Dactylis glomerata* und *Trifolium pratense* als auch bei den spät geernteten Sekundäraufwüchsen von letztgenannter Art. Bei den spät geernteten Primäraufwüchsen von *Lolium perenne* und *Dactylis glomerata* als auch bei den früh geerntetem

Sekundäraufwuchs von *Trifolium pratense* bedingt das Vorwelken dagegen gesicherte niedrigere Pufferkapazitäten.

Tab. 9: Pufferkapazitäten (g MS * 100g TS⁻¹) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	8,1	8,8	8,6	8,5
40% TS	8,1	10,2	9,5	9,2
X _{Art}	8,1	9,5	9,0	8,9
GD _{5%} *	0,42	0,18	0,51	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	7,1	7,4	9,1	7,9
40% TS	6,8	7,2	9,1	7,7
X _{Art}	7,0	7,3	9,1	7,8
GD _{5%} *	0,25	0,15	0,52	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	6,9	7,1	10,7	8,3
40% TS	7,1	7,3	10,3	8,2
X _{Art}	7,0	7,2	10,5	8,2
GD _{5%} *	0,30	0,18	0,30	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25% TS	8,8	6,6	9,6	8,4
40% TS	9,2	6,6	11,1	8,9
X _{Art}	9,0	6,6	10,4	8,7
GD _{5%} *	0,36	0,14	0,85	-

* GD_{5%} (Vorwelkegrad)

4.1.3 Z/PK-Quotient

Das Vorwelken hat in der Mehrzahl der Fälle keine signifikante Abnahme der Zucker/Pufferkapazitäts-Quotienten (=Z/PK) zur Folge, vgl. Tab. 10 und Anhangstab. 3. Sowohl bei den früh geernteten Primäraufwüchsen von *Dactylis glomerata* und *Trifolium pratense* und bei den spät geernteten Sekundäraufwüchsen von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* als auch bei dem früh geernteten Sekundäraufwuchs von *Dactylis glomerata* bedingt das Vorwelken eine gesicherte Verminderung der Z/PK-Quotienten.

4.1.4 Rohprotein

Der Einfluss des Vorwelkens auf die Zunahme der Rohprotein-Konzentration ist in der Mehrzahl der Fälle nicht signifikant, vgl. Tab. 11 und Anhangstab 4. Bei früh geernteten Primäraufwüchsen bedingt das Vorwelken bei *Dactylis glomerata* und bei *Trifolium pratense* als auch beim früh geernteten Sekundäraufwuchs von erstgenann-

Tab. 10: Zucker/Pufferkapazitäts-Quotienten in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	2,4	0,7	1,2	1,4
40% TS	2,3	0,3	1,0	1,2
X _{Art}	2,4	0,5	1,1	1,3
GD _{5%} *	0,20	0,39	0,18	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	2,3	0,5	1,3	1,3
40% TS	2,2	0,4	1,2	1,3
X _{Art}	2,2	0,5	1,2	1,3
GD _{5%} *	0,24	0,05	0,12	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	0,6	1,6	0,7	1,0
40% TS	0,6	1,5	0,7	0,9
X _{Art}	0,6	1,5	0,7	0,9
GD _{5%} *	0,08	0,09	0,03	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25% TS	0,7	0,5	0,4	0,5
40% TS	0,6	0,5	0,3	0,4
X _{Art}	0,6	0,5	0,3	0,5
GD _{5%} *	0,05	0,05	0,06	-

* GD_{5%} (Vorwelkegrad)

Tab. 11: Rohproteingehalte (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	11,8	16,2	18,5	15,5
40% TS	12,0	18,2	19,2	16,4
X _{Art}	11,9	17,2	18,8	16,0
GD _{5%} *	0,98	0,47	0,54	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	7,3	9,6	15,2	10,7
40% TS	7,8	9,8	15,3	11,0
X _{Art}	7,5	9,7	15,2	10,8
GD _{5%} *	0,43	0,62	1,13	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	19,5	8,2	18,2	15,3
40% Ts	19,8	8,4	16,9	15,0
X _{Art}	19,6	8,3	17,5	15,2
GD _{5%} *	0,34	0,16	0,51	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25% TS	17,2	18,9	18,0	18,0
40% TS	17,5	19,1	18,7	18,4
X _{Art}	17,3	19,0	18,3	18,2
GD _{5%} *	0,36	0,42	1,00	-

* GD_{5%} (Vorwelkegrad)

ter Art eine gesicherte Erhöhung der Rohprotein-Konzentration. Bei *Lolium perenne* ist dies bei dem spät geernteten Primär- und Sekundäraufwuchs der Fall.

4.1.5 Verdaulichkeit organischer Substanz

Die *in vitro*- Verdaulichkeit organischer Substanz wird durch das Vorwelken in der Hälfte der Fälle signifikant beeinflusst, vgl. Tab. 12 und Anhangtabelle 5. Eine gesicherte Abnahme der Verdaulichkeit organischer Substanz tritt bedingt durch das Vorwelken bei *Trifolium pratense* früh und spät geernteter Sekundäraufwüchse, als auch bei früh geerntetem Primär- und spät geerntetem Sekundäraufwuchs bei *Lolium perenne* auf. Bei *Dactylis glomerata* ist hingegen eine Erhöhung der Verdaulichkeit der organischen Substanz bei früh und spät geernteten Primäraufwüchsen durch das Vorwelken gesichert.

Tab. 12: *in vitro*- Verdaulichkeiten (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	77,8	66,0	72,5	72,1
40% TS	76,2	67,5	71,4	71,7
X _{Art}	77,0	66,7	71,9	71,9
GD _{5%} *	1,07	1,02	1,28	
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	67,0	54,6	69,8	63,8
40% TS	65,5	58,9	69,1	64,5
X _{Art}	66,2	56,7	69,4	64,1
GD _{5%} *	2,07	1,48	0,94	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	75,0	68,4	73,3	72,4
40% TS	74,4	68,0	72,1	71,5
X _{Art}	74,7	68,2	72,9	71,9
GD _{5%} *	0,93	1,01	1,38	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25% TS	64,4	64,5	66,8	65,2
40% TS	63,5	63,8	65,3	64,2
X _{Art}	64,0	64,2	66,1	64,7
GD _{5%} *	0,19	0,77	1,02	-

* GD_{5%} (Vorwelkegrad)

4.1.6 NDF

Das Vorwelken hat in der Mehrzahl der Fälle keine signifikante Erhöhung der NDF-Konzentrationen zur Folge, vgl. Tab. 13 und Anhangtab. 6. Bei den früh und spät geernteten Primär- und früh geernteten Sekundäraufwüchsen bedingt das Vorwelken

bei *Dactylis glomerata* eine gesicherte Erhöhung der NDF-Konzentrationen; bei *Trifolium pratense* ist dies lediglich beim früh geernteten Sekundäraufwuchs der Fall.

Tab. 13: NDF-Gehalte (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	51,1	60,2	41,9	51,1
40% TS	52,2	62,5	40,4	51,7
X _{Art}	51,6	61,4	41,1	51,4
GD _{5%} *	1,55	0,76	2,73	
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	60,9	70,9	45,9	59,2
40% TS	62,3	72,0	45,8	60,0
X _{Art}	61,6	71,4	45,8	59,6
GD _{5%} *	1,54	0,90	1,31	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	58,0	58,8	38,6	51,8
40% TS	58,4	59,6	39,9	52,6
X _{Art}	28,2	59,2	39,2	52,2
GD _{5%} *	1,46	0,38	0,96	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25 % TS	60,2	63,0	47,3	56,8
40 % TS	61,4	62,9	48,8	57,7
X _{Art}	60,8	62,9	48,0	57,3
GD _{5%} *	1,18	0,76	3,03	-

* GD_{5%} (Vorwelkegrad)

4.1.7 ADF

Der Einfluss des Vorwelkens auf die ADF-Konzentrationen ist zumeist nicht signifikant, vgl. Tab. 14 und Anhangtab. 7. Das Vorwelken bedingt nur bei früh geernteten Sekundäraufwüchsen von *Trifolium pratense* und *Dactylis glomerata* sowie beim früh geernteten Primäraufwuchs letztgenannter Art eine gesicherte Erhöhung der ADF-Konzentration.

4.1.8 ADL

Das Vorwelken hat mit Ausnahme von zwei Fällen keinen signifikanten Einfluss auf die ADL-Konzentrationen, vgl. Tab. 15 und Anhangtab. 8. Nur bei *Dactylis glomerata* bedingt das Vorwelken beim früh geerntetem Primäraufwuchs eine gesicherte Erhöhung und beim frühen Sekundäraufwuchs eine gesicherte Verminderung der ADL-Konzentrationen.

Tab. 14: ADF-Gehalte (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	27,9	31,6	26,9	28,8
40% TS	28,1	32,2	26,8	29,0
X _{Art}	28,0	31,9	26,8	28,9
GD _{5%} *	0,30	0,39	1,03	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	35,9	41,2	31,6	36,2
40% TS	35,8	40,7	32,4	36,3
X _{Art}	35,9	40,9	32,0	36,2
GD _{5%} *	0,36	0,93	1,47	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	32,6	34,8	26,1	31,2
40% TS	32,8	35,1	28,3	32,1
X _{Art}	32,7	35,0	27,2	31,6
GD _{5%} *	0,38	0,20	0,76	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25% TS	32,8	34,6	38,8	35,4
40% TS	32,4	34,6	39,4	35,5
X _{Art}	32,6	34,6	39,1	35,4
GD _{5%} *	0,79	0,80	1,34	-

* GD_{5%} (Vorwelkegrad)**Tab. 15:** ADL-Gehalte (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	1,5	2,7	3,7	2,7
40% Ts	1,5	3,1	4,1	2,9
X _{Art}	1,5	2,9	3,9	2,8
GD _{5%} *	0,09	0,21	0,35	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	2,9	4,0	5,1	4,0
40% Ts	2,8	4,2	5,1	4,0
X _{Art}	2,9	4,1	5,1	4,0
GD _{5%} *	0,24	0,45	0,21	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	2,2	2,8	3,3	2,8
40% Ts	2,4	2,6	3,8	2,9
X _{Art}	2,3	2,7	3,6	2,8
GD _{5%} *	0,21	0,18	0,58	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25% TS	2,9	3,0	4,6	3,5
40% Ts	3,2	3,3	5,1	3,8
X _{Art}	3,1	3,1	4,8	3,7
GD _{5%} *	0,32	0,23	0,67	-

* GD_{5%} (Vorwelkegrad)

4.1.9 Rohasche

Das Vorwelken hat in der Mehrzahl der Fälle keinen signifikanten Einfluss auf die Rohasche-Konzentration, vgl. Tab. 16 und Anhangtab. 9. Beim früh geernteten Primäraufwuchs bedingt das Vorwelken bei *Dactylis glomerata* eine gesicherte Erhöhung und bei *Trifolium pratense* eine gesicherte Verminderung der Rohasche-Konzentrationen.

Tab. 16: Rohasche-Konzentrationen (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad und Art verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs				
Vorwelkegrad	<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	X_{TS}
25% TS	9,4	9,6	11,1	10,0
40% TS	9,3	11,0	10,5	10,3
X _{Art}	9,3	10,3	10,8	10,1
GD _{5%} *	0,35	0,40	0,50	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
25% TS	8,6	9,4	8,6	8,9
40% TS	8,3	9,4	8,9	8,9
X _{Art}	8,5	9,4	8,7	8,9
GD _{5%} *	0,58	0,75	0,90	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
25% TS	10,7	10,1	10,7	10,5
40% TS	10,9	10,2	10,9	10,7
X _{Art}	10,8	10,2	10,8	10,6
GD _{5%} *	0,32	0,16	0,40	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
25% TS	11,5	9,7	23,4	14,9
40% TS	11,4	9,8	23,5	14,9
X _{Art}	11,4	9,8	23,4	14,9
GD _{5%} *	0,52	0,25	0,66	-

* GD_{5%} (Vorwelkegrad)

4.2 Gärfutterqualität

4.2.1 pH-Wert

4.2.1.1 pH-Wert am 90. Tag

In den Abb. 2 bis 5 sowie in Anhangtab. 11 sind die pH-Werte, gemessen nach 90 Tagen Lagerzeit, in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz für vier verschiedene Erntetermine wiedergegeben. In der Mehrzahl der Fälle ist die Wechselwirkung Vorwelkegrad x Silierzusatz gesichert, vgl. Anhangtab. 10; ausgelöst wird diese Interaktion durch die größeren Differenzen der Silierzusätze in der stärker vorgewelkten Variante. Die Hauptwirkungen Vorwelkegrad und Silierzusätze sind zu sämtlichen Ernteterminen signifikant, wobei der Effekt des Vorwelkens meist größer als der der Zusätze ist, vgl. Anhangtab.10. Der kritische pH-Wert von pH 4,34 bzw. pH 4,73 wird in vielen Varianten, so *Dactylis glomerata* im früh und spät geernteten Primäraufwuchs sowie im spät geernteten Sekundäraufwuchs, *Trifolium pratense* im spät geernteten Sekundäraufwuchs sowie die Variante 25% TS im früh geernteten Sekundäraufwuchs und *Lolium perenne* Variante 25% TS in beiden Sekundäraufwüchsen nicht erreicht. Dort, wo der kritische pH-Wert erreicht wird, zeichnet sich die Kontrolle durch die höchsten und häufig *Lac.*

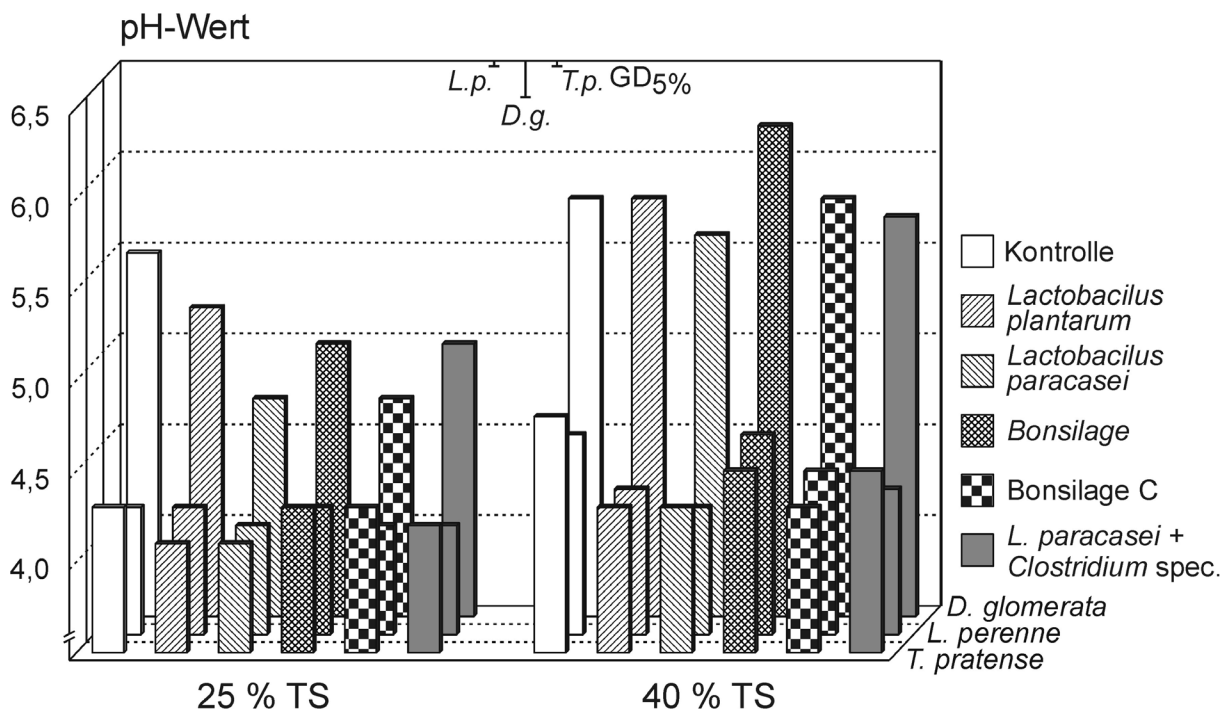


Abb. 2: pH-Werte früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

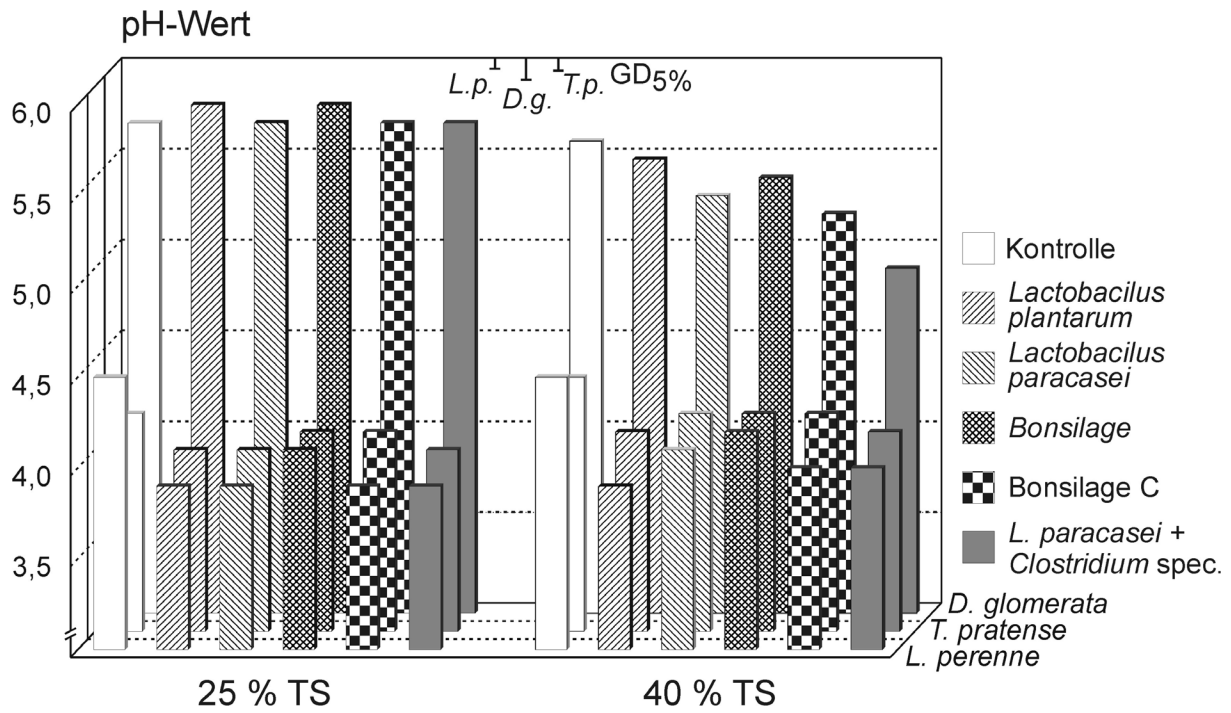


Abb. 3: pH-Werte spätgeernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

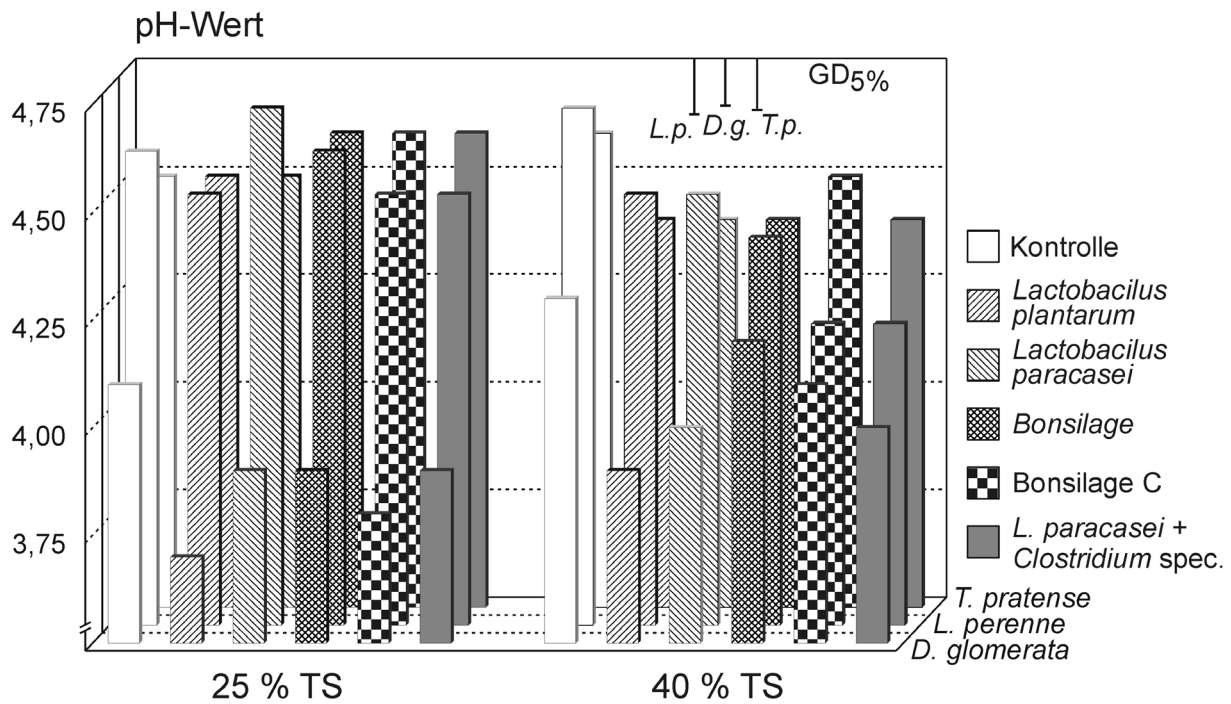


Abb. 4: pH-Werte früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

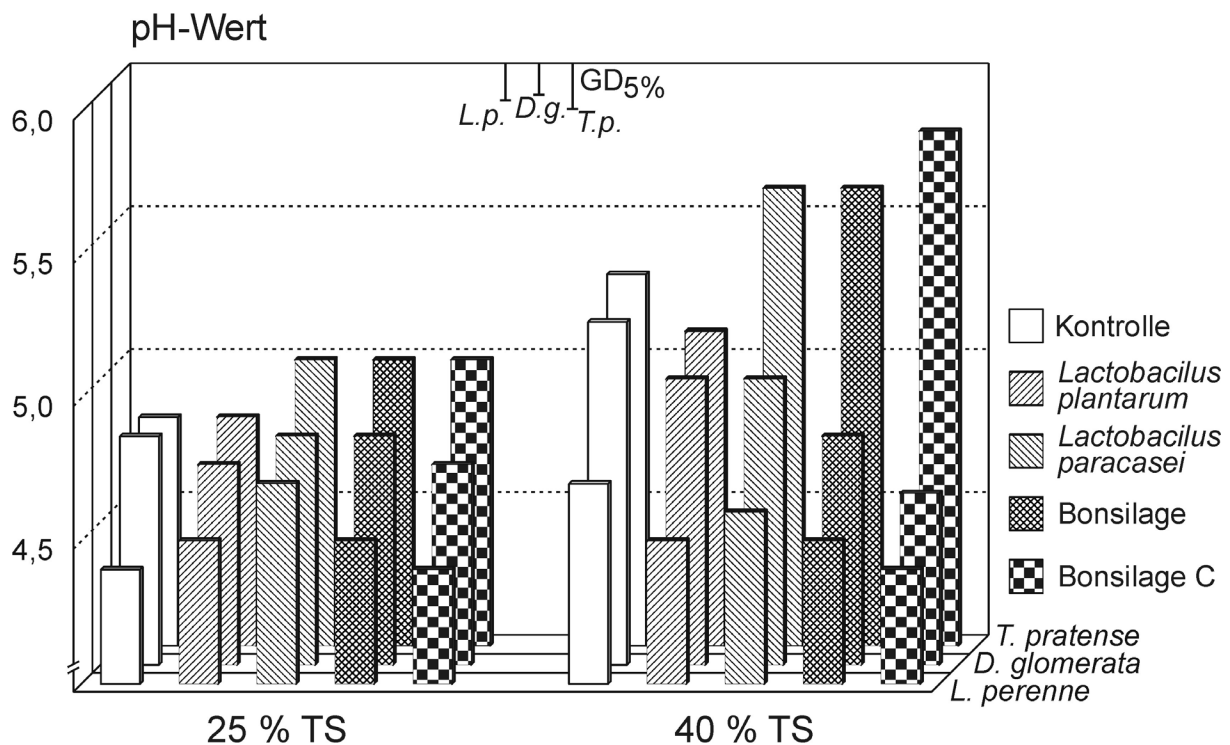


Abb. 5: pH-Werte spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

paracasei durch die niedrigsten pH-Werte aus. In den Anhangtab. sind die Varianten, wo der kritische pH-Wert nicht erreicht wird, dunkel unterlegt.

4.2.1.2 pH-Wert-Verläufe

In Ergänzung zur statischen Betrachtung geben die Abb. 6 bis 9 sowie die Anhangtab. 12 bis 15 die Dynamik der Fermentation in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz der vier verschiedenen Aufwüchse wieder. Dort, wo am 90. Tag der kritische pH-Wert von pH 4,34 bzw. pH 4,73 erreicht wird, zeichnet sich der Zusatz *Lac. paracasei* durch einen besonders raschen Abfall des pH-Wertes bereits am 6. Tag nach der Einlagerung aus; auch die Varianten *Lac. plantarum* und Bonsilage C, vgl Anhangtab. 12 bis 15, sind bereits kurz nach der Einlagerung auffallend effektiv.

4.2.2 Milchsäure

Nach 90 Tagen Lagerzeit sind die Silagen der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* stabil, hingegen wird der kritische pH-Wert bei *Dactylis glomerata* nicht erreicht. Bei den frühgeernteten Sekundäraufwüchsen wird bei allen drei Arten bei der Variante 40% TS und bei *Dactylis glomerata* auch bei der Variante

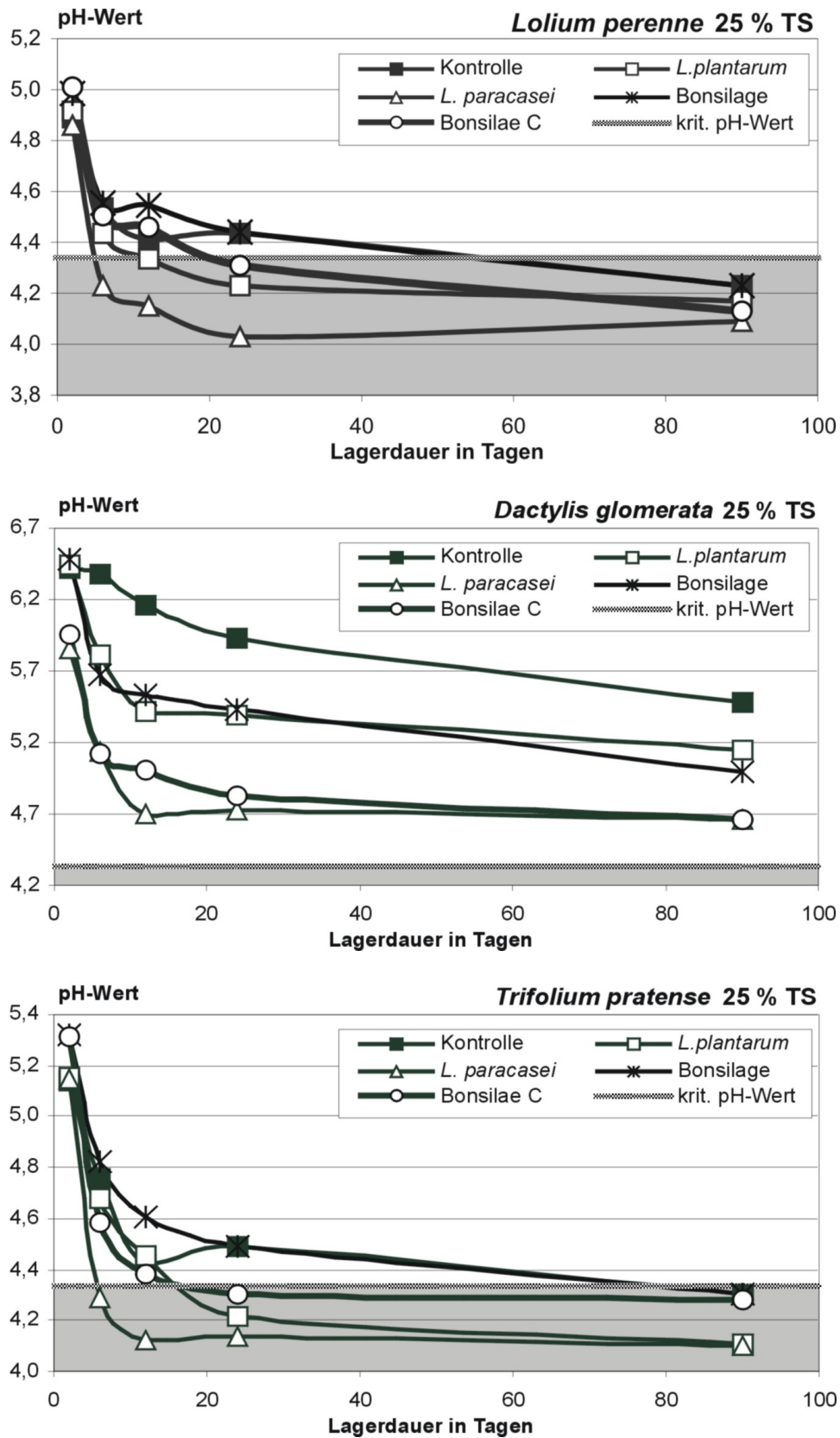


Abb. 6: pH-Werte frühgeernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz
6.1. Vorwelkegrad 25% TS

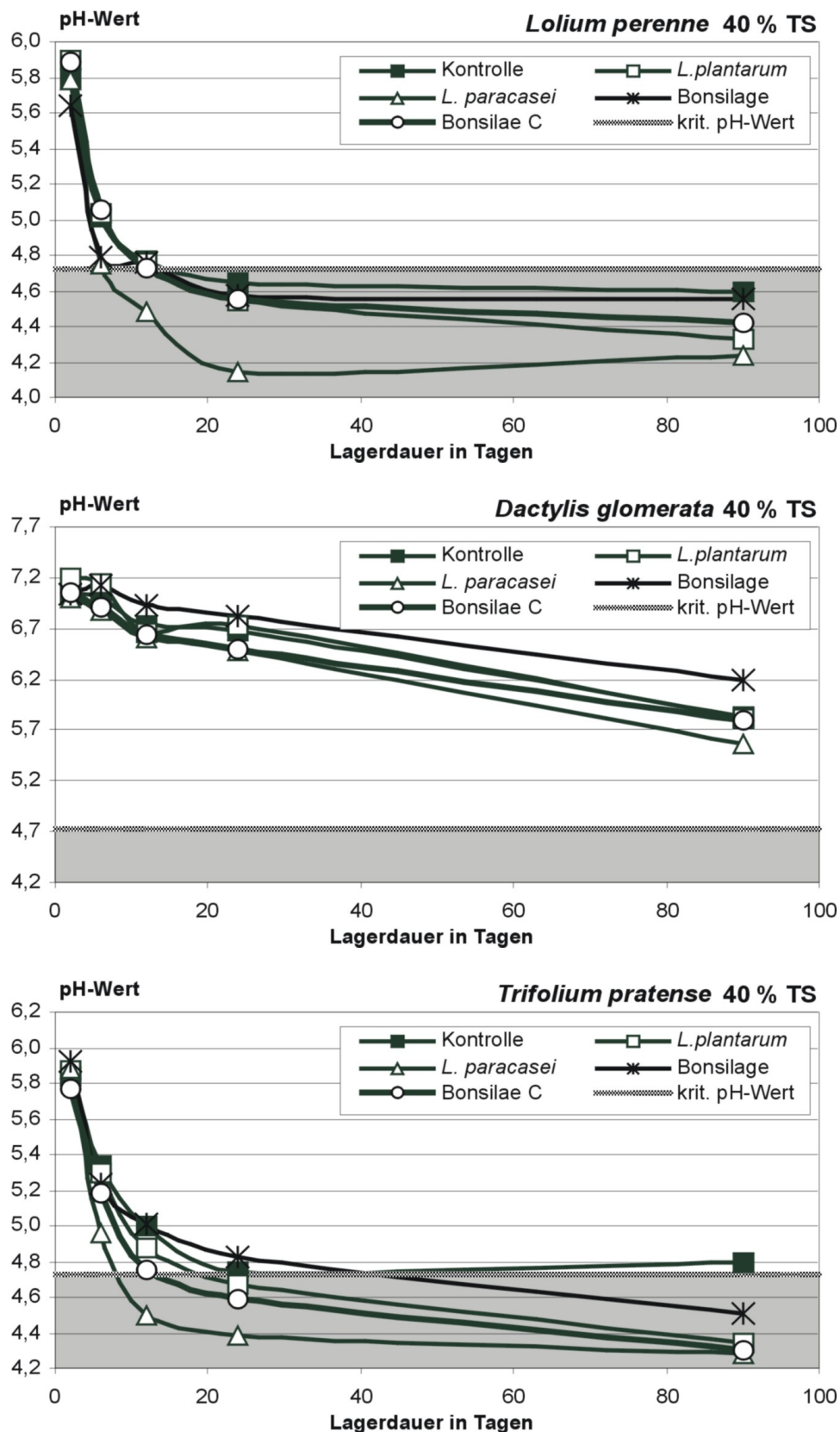


Abb. 6: pH-Werte frühgeernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz
6.2. Vorwelkegrad 40% TS

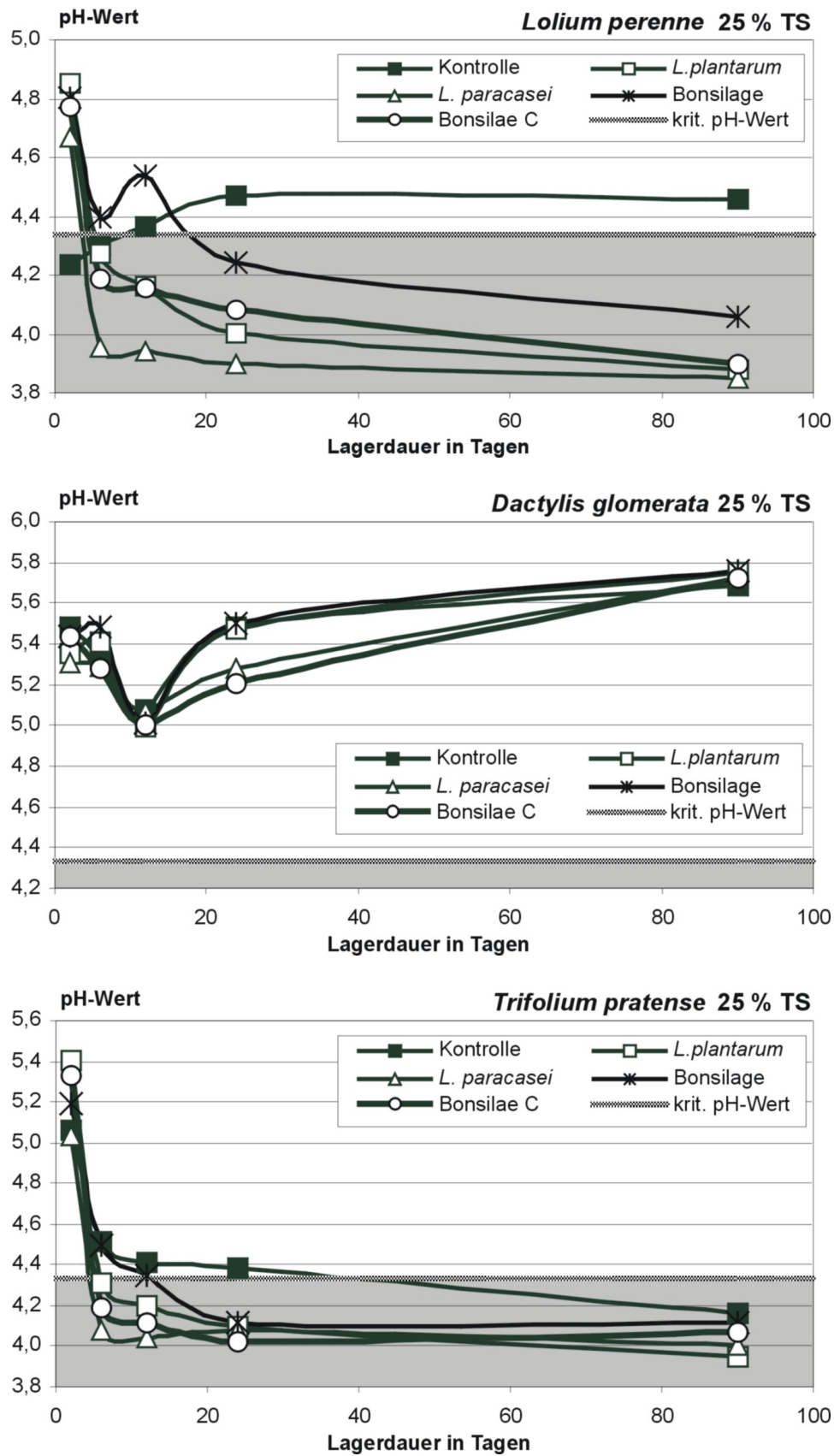


Abb. 7: pH-Werte spätgeernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz
7.1. Vorwelkegrad 25% TS

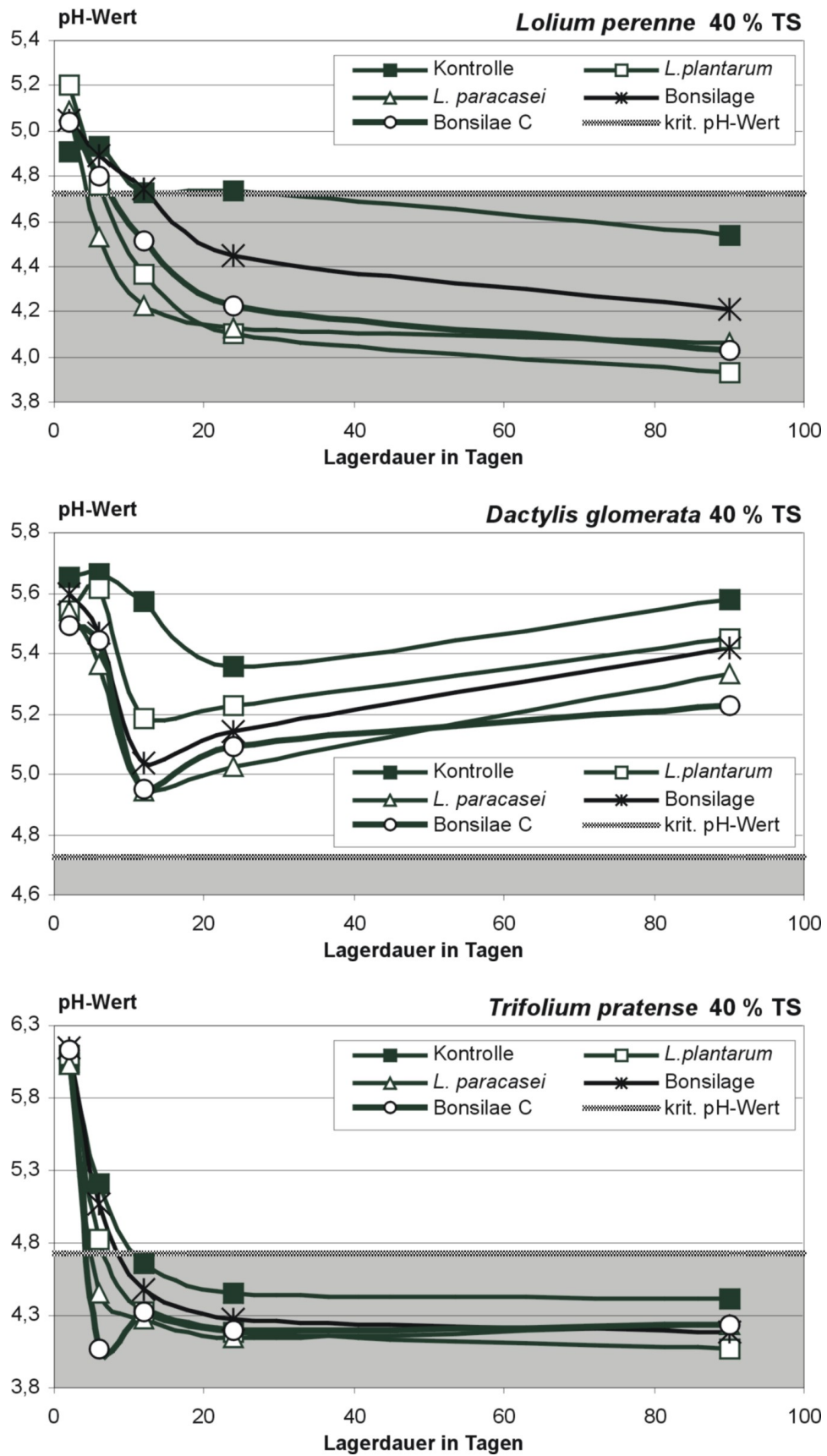


Abb. 7: pH-Werte spätgeernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz
7.2. Vorwelkegrad 40% TS

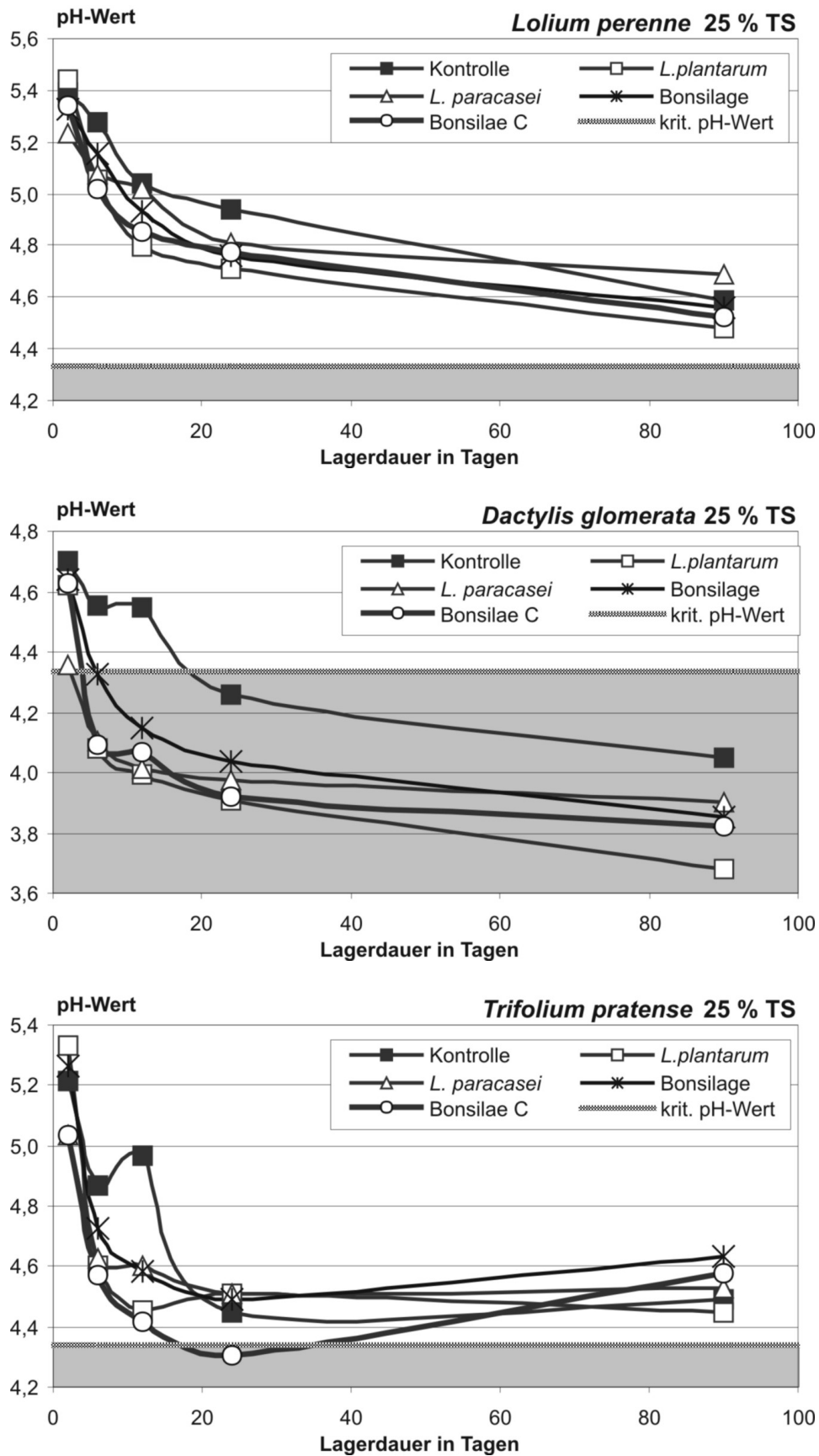


Abb. 8: pH-Werte frühgeernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz
8.1. Vorwelkegrad 25% TS

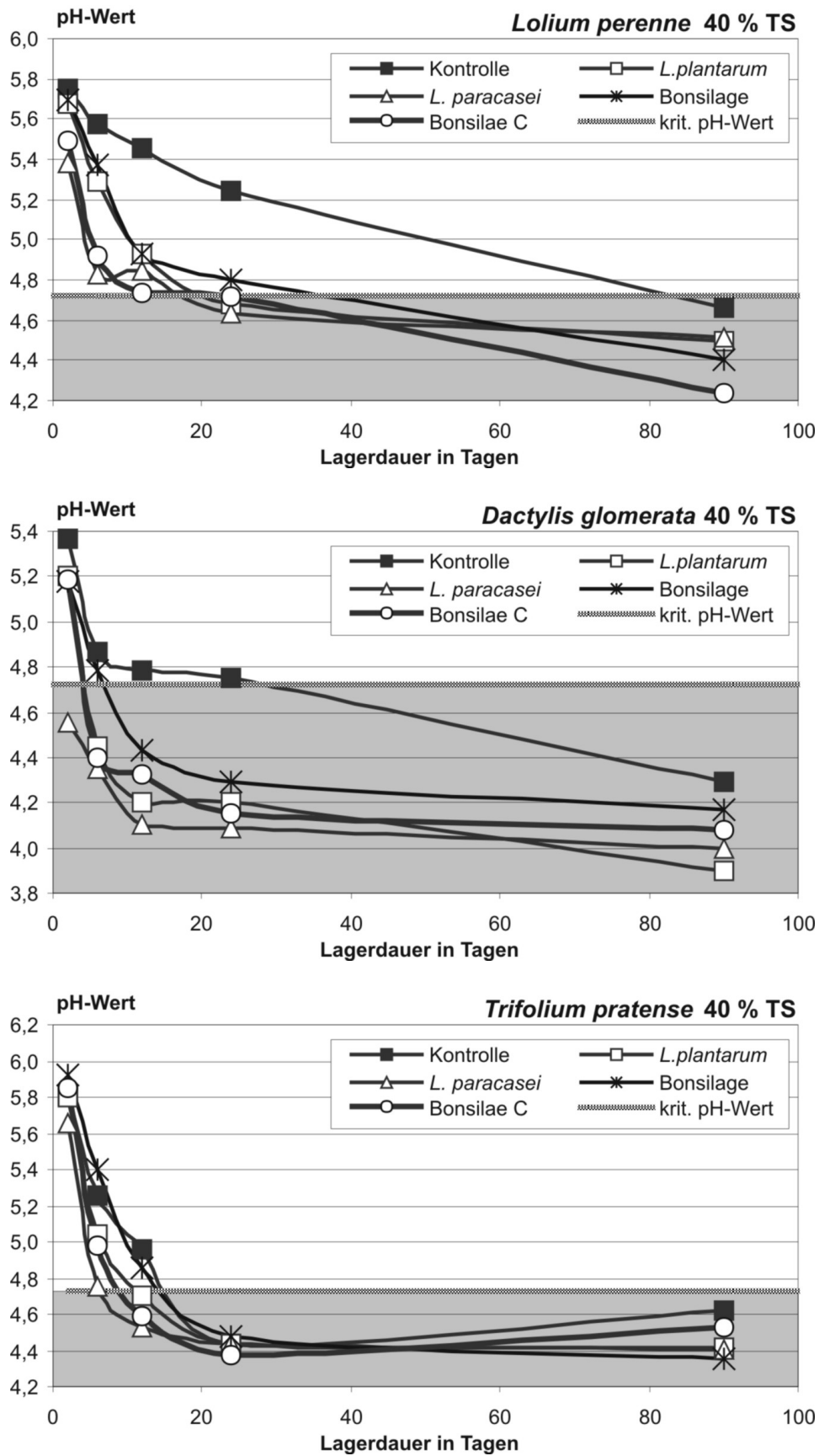


Abb. 8: pH-Werte frühgeernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz
8.2. Vorwelkegrad 40% TS

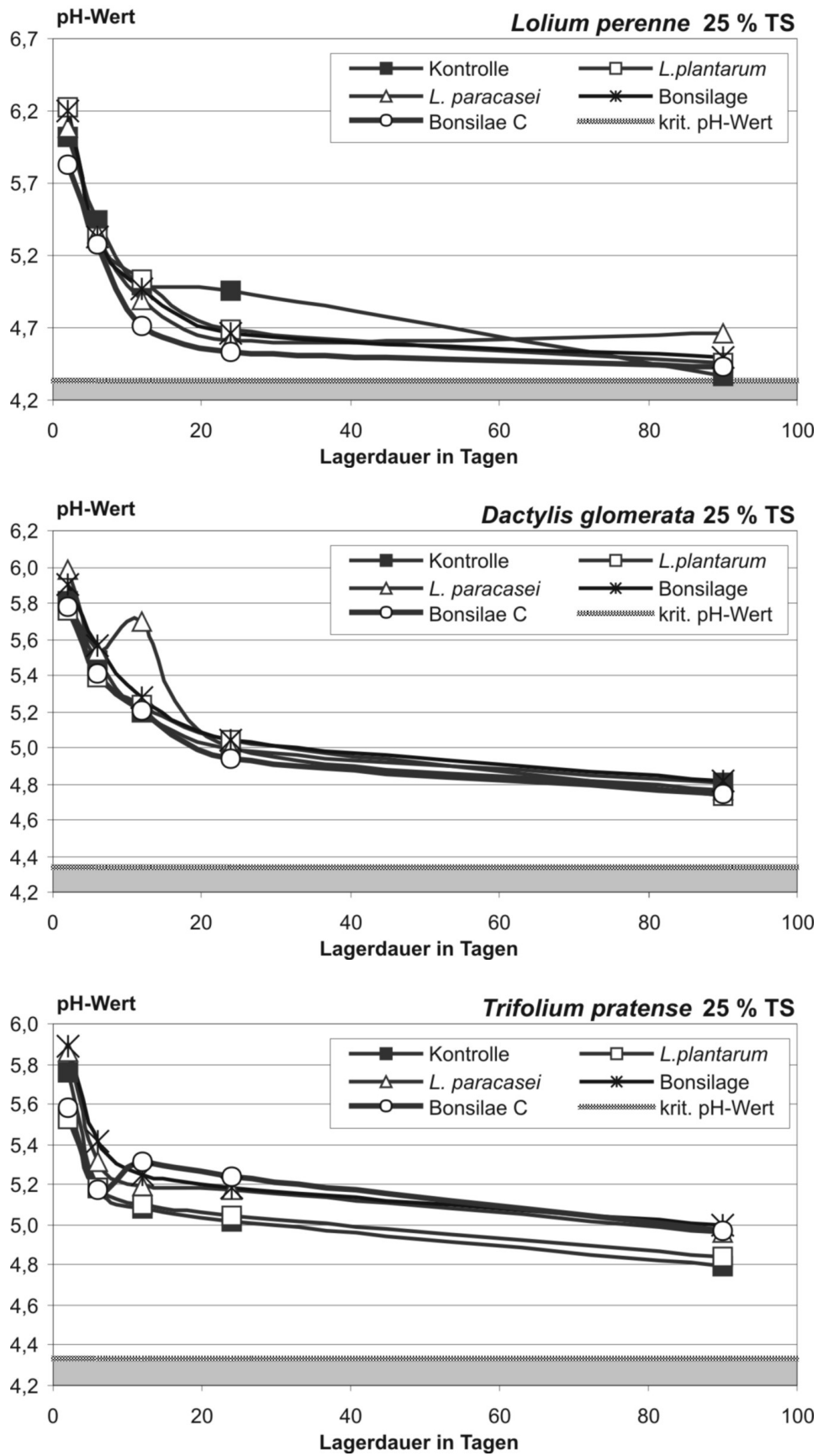


Abb. 9: pH-Werte spätgeernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz
9.1. Vorwelkegrad 25% TS

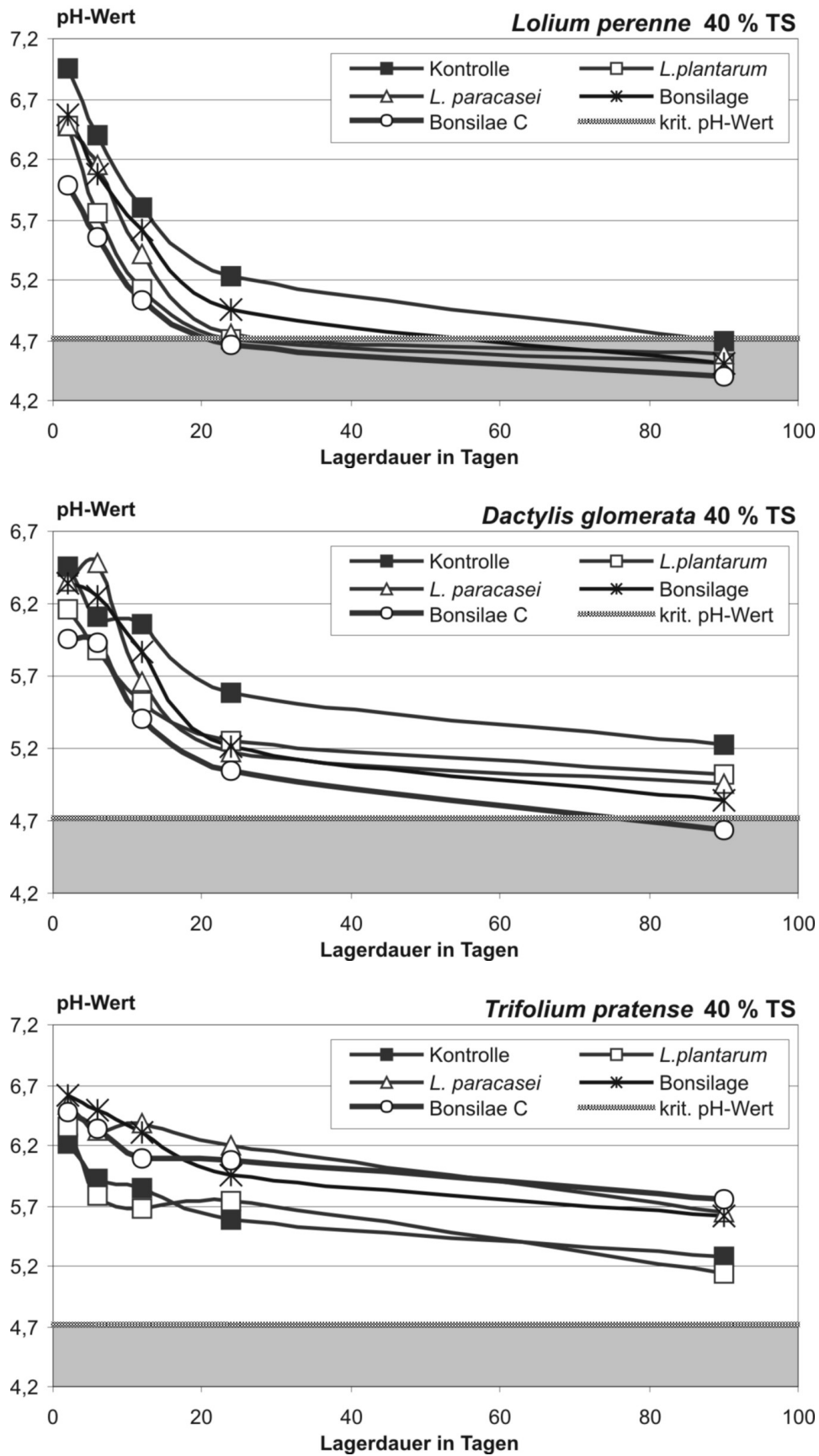


Abb. 9: pH-Werte spätgeernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz
9.2. Vorwelkegrad 40% TS

25% TS der kritische pH-Wert unterschritten. Bei den spätgeernteten Sekundäraufwüchsen weist nur *Lolium perenne* bei der Variante 25% TS stabile Silagen auf.

In den Abb. 10 bis 13 sowie in Anhangtab. 17 sind die Milchsäure- Konzentrationen gemessen nach 90 Tagen Lagerzeit, in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz der vier Erntetermine dargestellt. In der Mehrzahl der Varianten ist die Wechselwirkung Vorwelkegrad x Silierzusatz gesichert, vgl. Anhangtab. 16. Diese Interaktion wird durch größere Differenzen der Silierzusätze meist in dem TS-Bereich 25% ausgelöst. Die Hauptwirkungen Vorwelkegrad und Silierzusätze sind in der Mehrheit der Fälle signifikant, wobei der Effekt des Vorwelkens meist größer als der der Zusätze ist, vgl. Anhangtab.16. Dabei bedingt das Vorwelken zumeist eine Abnahme der Milchsäure-Konzentrationen. Hingegen bewirken die Silierzusätze in der Mehrzahl der Fälle eine signifikante Zunahme der Konzentration an Milchsäure. Mit fast verdoppelten Milchsäure-Konzentrationen ist der Effekt der Silierzusätze beim spät geernteten Primäraufwuchs von *Lolium perenne* im Vergleich zur Kontrollvariante am größten.

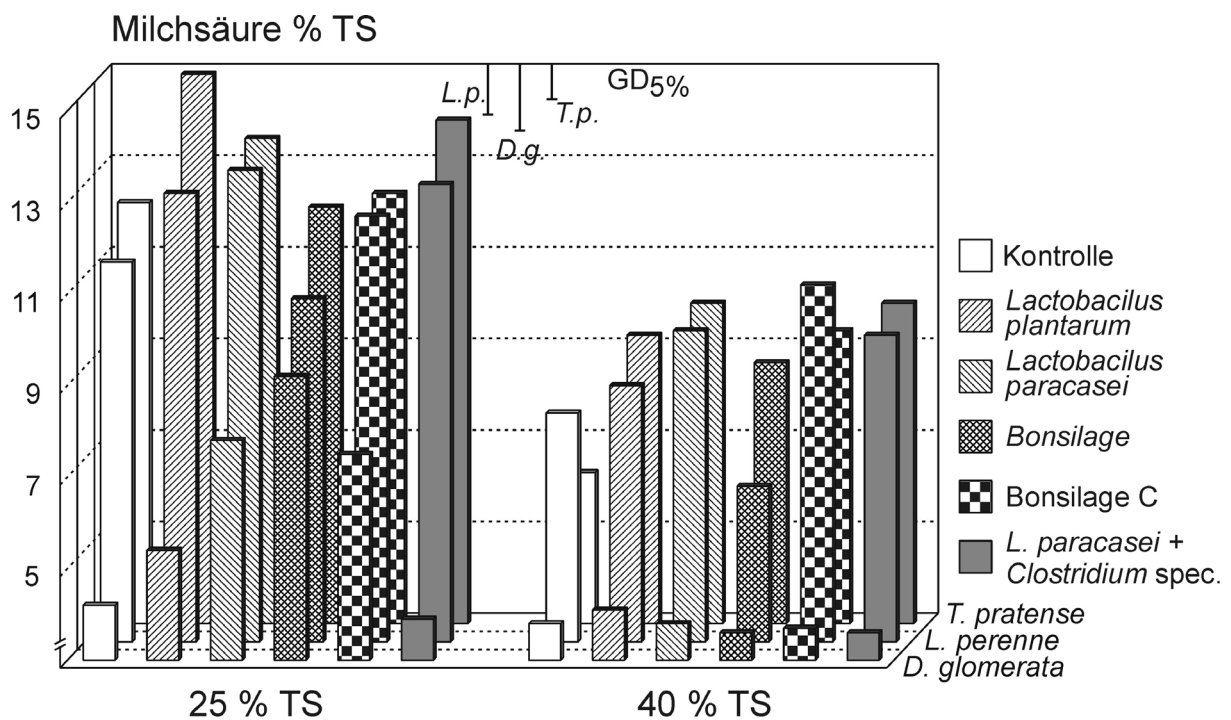


Abb. 10: Milchsäure (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

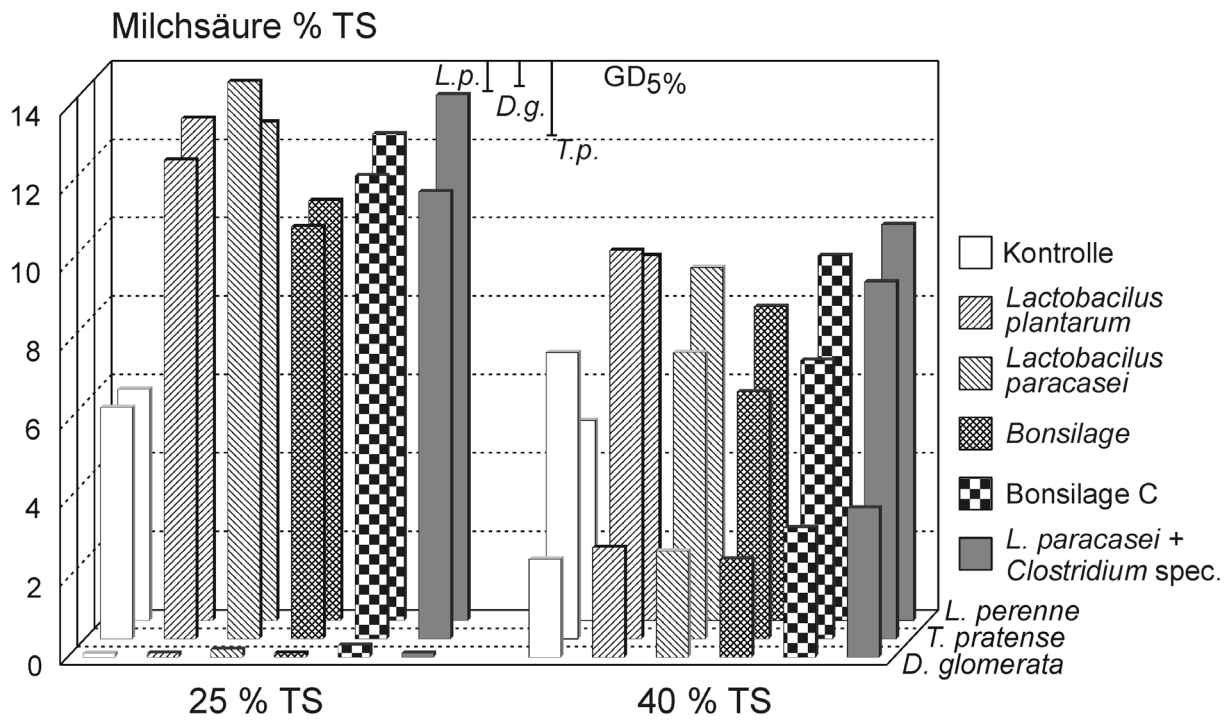


Abb. 11: Milchsäure (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silerzusatz

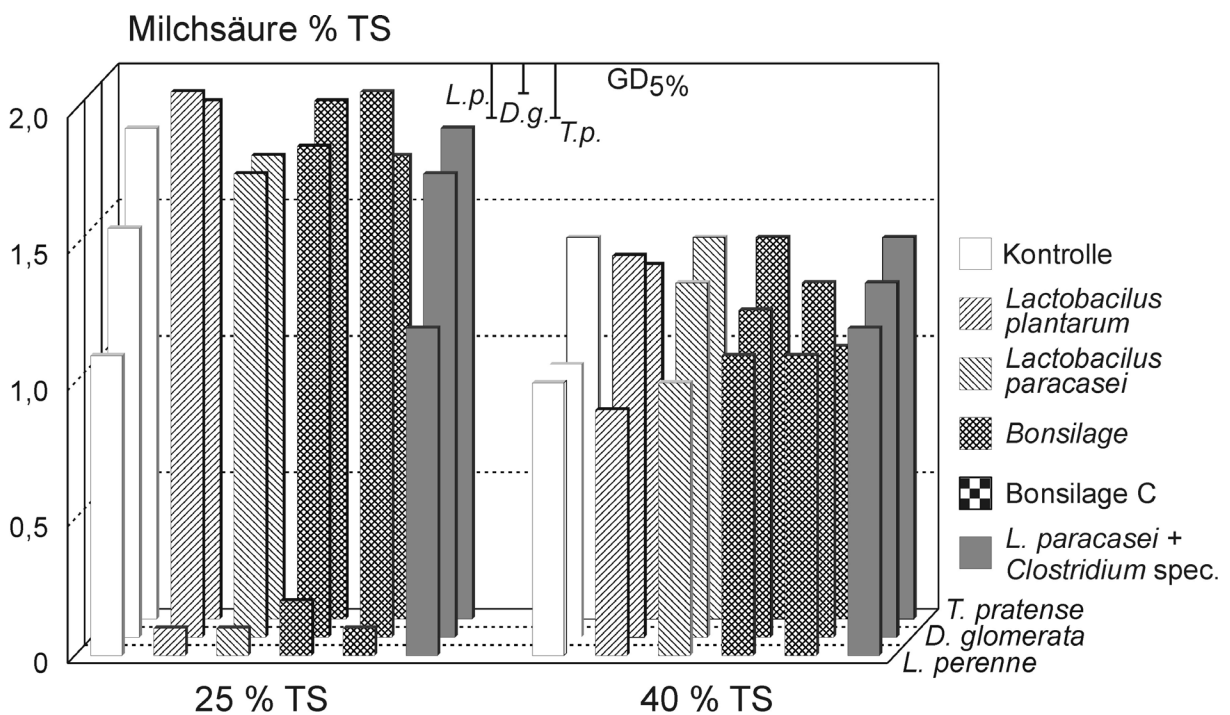


Abb. 12: Milchsäure (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silerzusatz

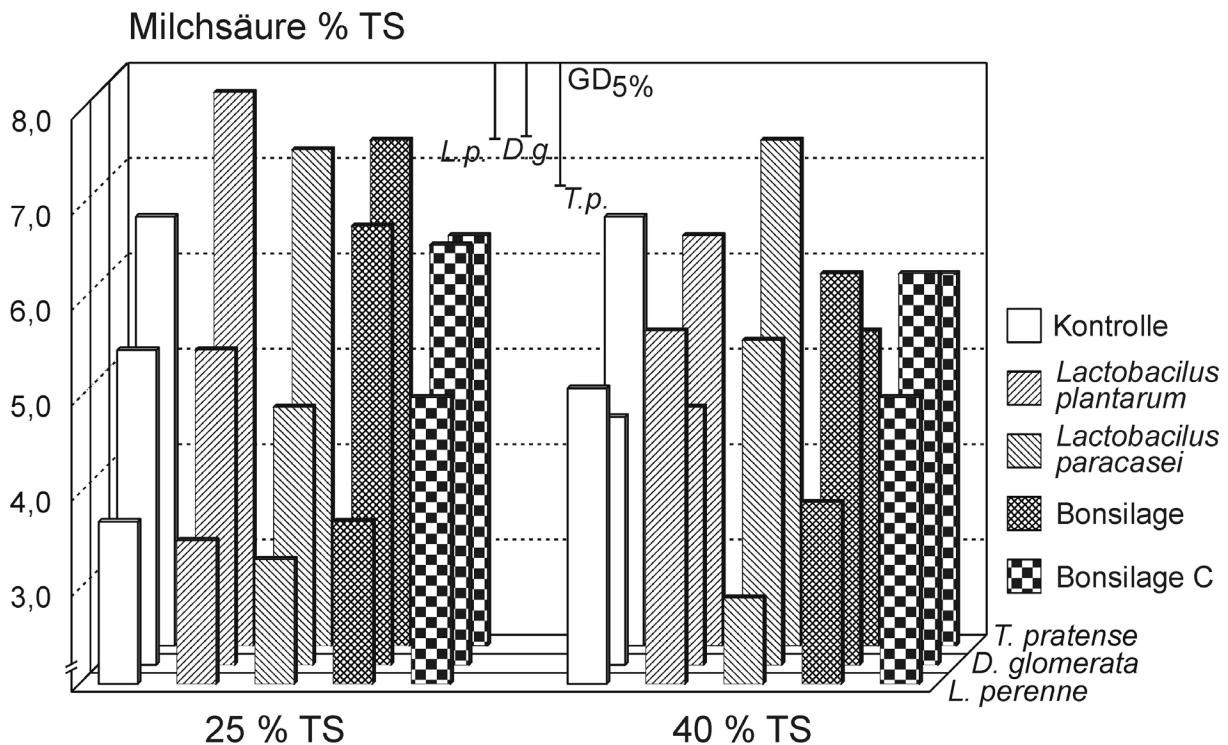


Abb. 13: Milchsäure (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.3 Essigsäure

Nach 90 Tagen Lagerzeit sind die Silagen der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* stabil, hingegen wird der kritische pH-Wert bei *Dactylis glomerata* nicht erreicht. Bei den frühgeernteten Sekundäraufwüchsen wird bei allen drei Arten bei der Variante 40% TS und bei *Dactylis glomerata* auch bei der Variante 25 % TS der kritische pH-Wert unterschritten. Bei den spätgeernteten Sekundäraufwüchsen weist nur *Lolium perenne* bei der Variante 25% TS stabile Silagen auf. Die Abbildungen 14 bis 17 zeigen die Essigsäure-Konzentrationen der vier Erntetermine in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz, vgl. Anhangtab. 19. Die Interaktion Vorwelkegrad x Silierzusatz ist bis auf die Varianten von *Dactylis glomerata* im früh geernteten Sekundäraufwuchs und *Lolium perenne* im spät geernteten Sekundäraufwuchs gesichert, vgl. Anhangtab. 18. Ausgelöst wird die Wechselwirkung, durch die meist größeren Differenzen der Varianten in der Vorwelkestufe 25% TS. Die Hauptwirkungen Vorwelkegrad und Silierzusatz sind in der Mehrheit der Fälle signifikant, wobei der Effekt des Vorwelkens meist größer als der der Zusätze ist, vgl. Anhangtab. 18. Das Vorwelken bedingt in den meisten Fällen eine Abnahme der Essigsäure-Konzentration. Im Vergleich zur Kontrollvariante

weisen die Varianten mit Silierzusätzen bei *Trifolium pratense* niedrigere Essigsäurekonzentrationen auf, Ausnahme ist hier der spät geerntete Sekundäraufwuchs.

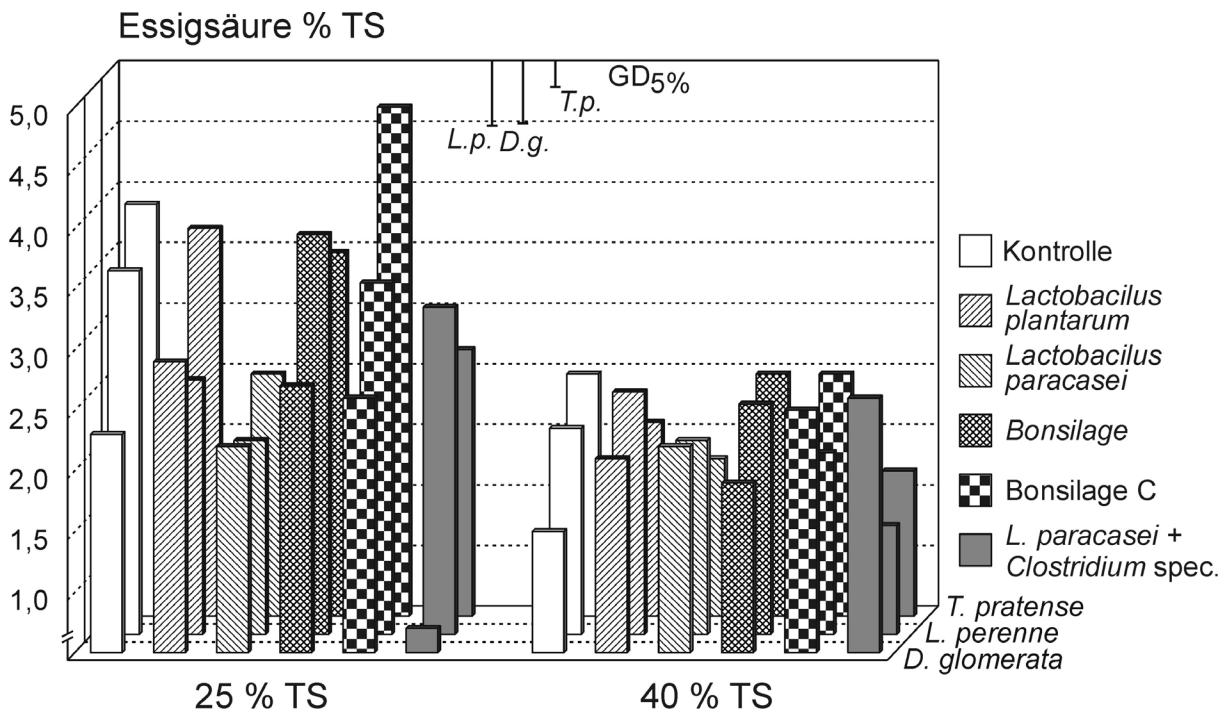


Abb. 14: Essigsäure (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

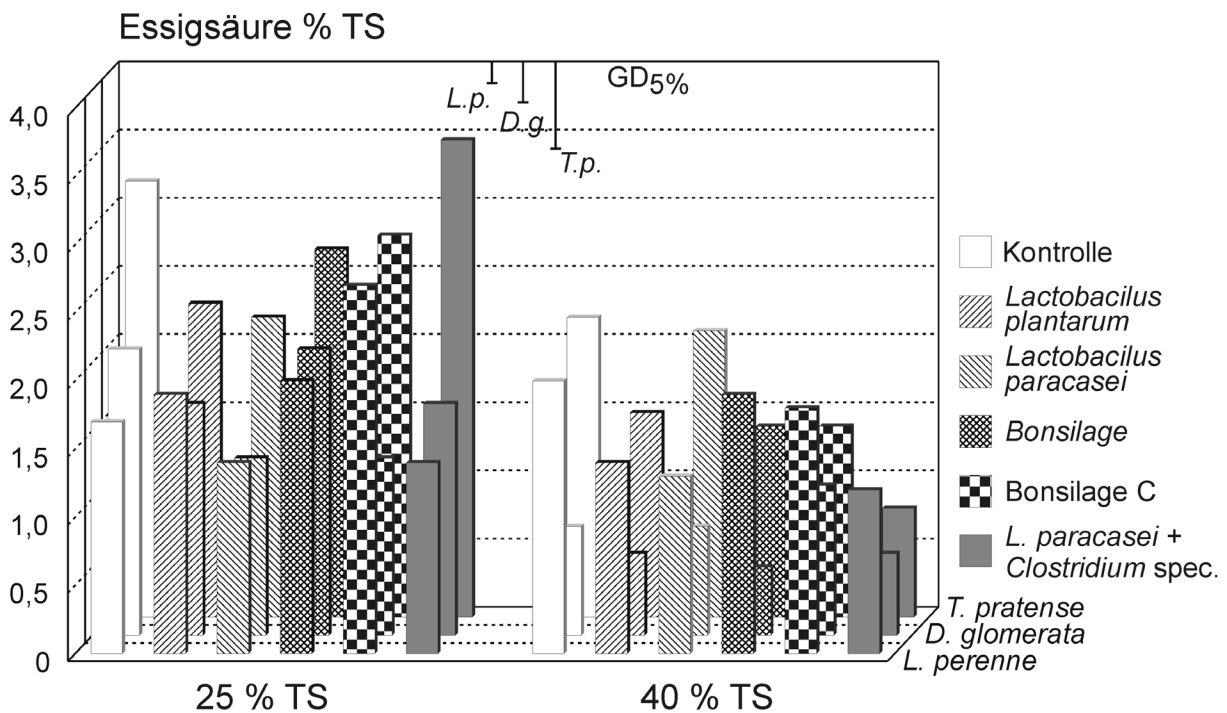


Abb. 15: Essigsäure (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

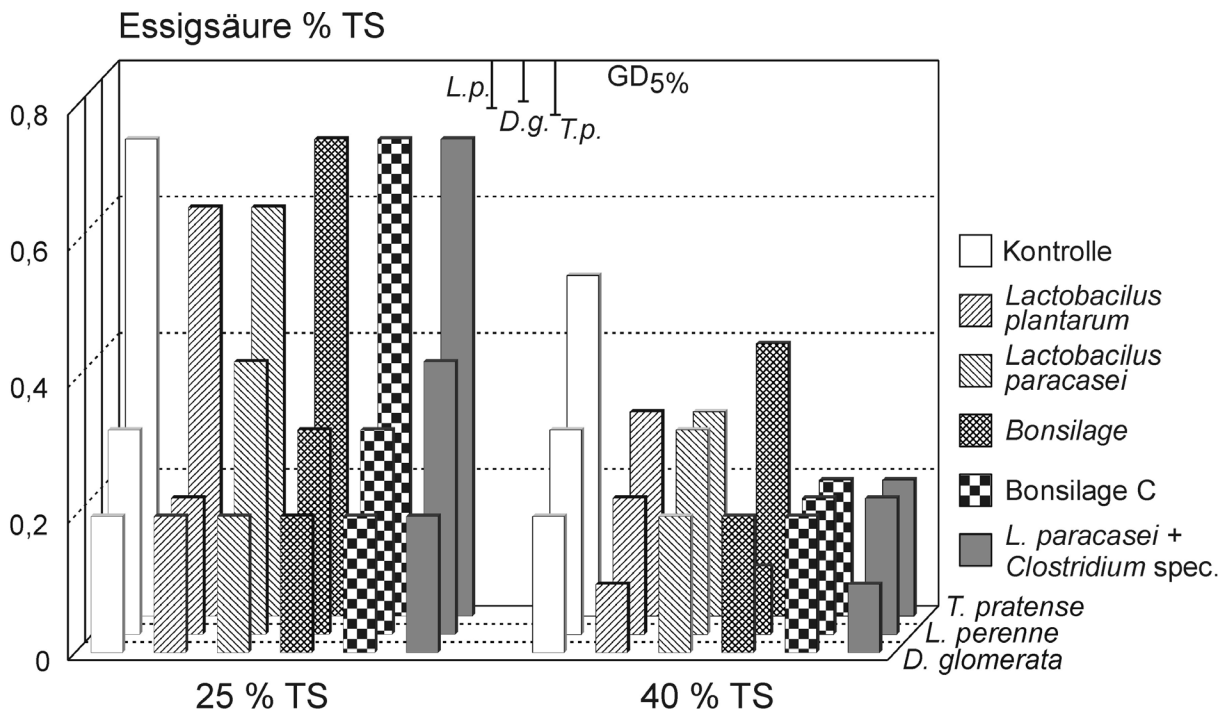


Abb. 16: Essigsäure (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

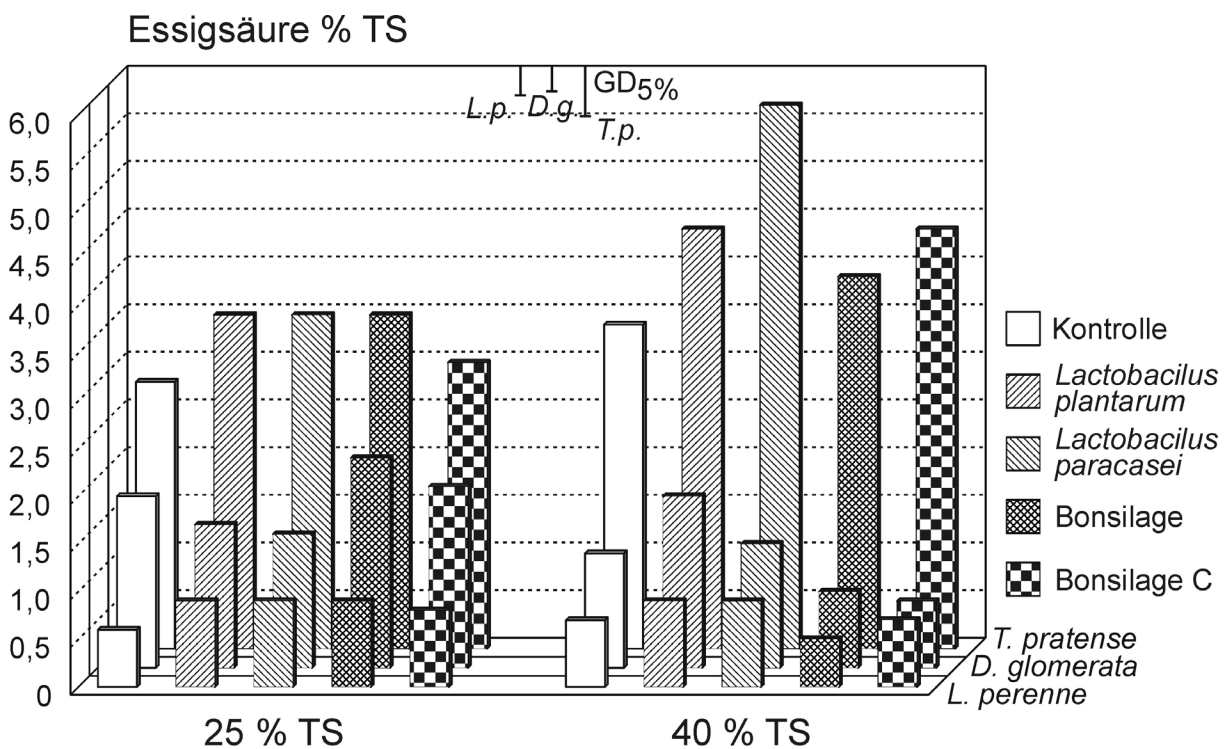


Abb. 17: Essigsäure (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.4 Buttersäure

Nach 90 Tagen Lagerzeit sind die Silagen der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* stabil, hingegen wird der kritische pH-Wert bei *Dactylis glomerata* nicht erreicht. Bei den frühgeernteten Sekundäraufwüchsen wird bei allen drei Arten bei der Variante 40% TS und bei *Dactylis glomerata* auch bei der Variante 25% TS der kritische pH-Wert unterschritten. Bei den spätgeernteten Sekundäraufwüchsen weist nur *Lolium perenne* bei der Variante 25% TS stabile Silagen auf.

Die Abbildungen 18 und 19 sowie Anhangtab. 21 geben die Buttersäurekonzentrationen der Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz wieder. Dabei sind nur bei *Dactylis glomerata* im spät geernteten Primäraufwuchs und der Variante 25% TS im früh geernteten Primäraufwuchs sowie bei der Kontrollvariante und beim Silierzusatz Bonsilage bei 25% TS vom *Lolium perenne* im spät geernteten Primäraufwuchs nennenswerte Buttersäure-Konzentrationen vorhanden. Die Wechselwirkung Vorwelkegrad x Zusatz ist gesichert, vgl. Anhangtab. 20; ausgelöst durch die größeren variantenbedingten Differenzen bei geringeren Vorwelkegraden. Die Hauptwirkungen Vorwelkegrad und Zusatz sind in allen buttersäurehaltigen Varianten gesichert, wobei der größere Effekt vom Vorwelkegrad ausgeht. Die Sekundäraufwüchse sind in allen Varianten frei von Buttersäure.

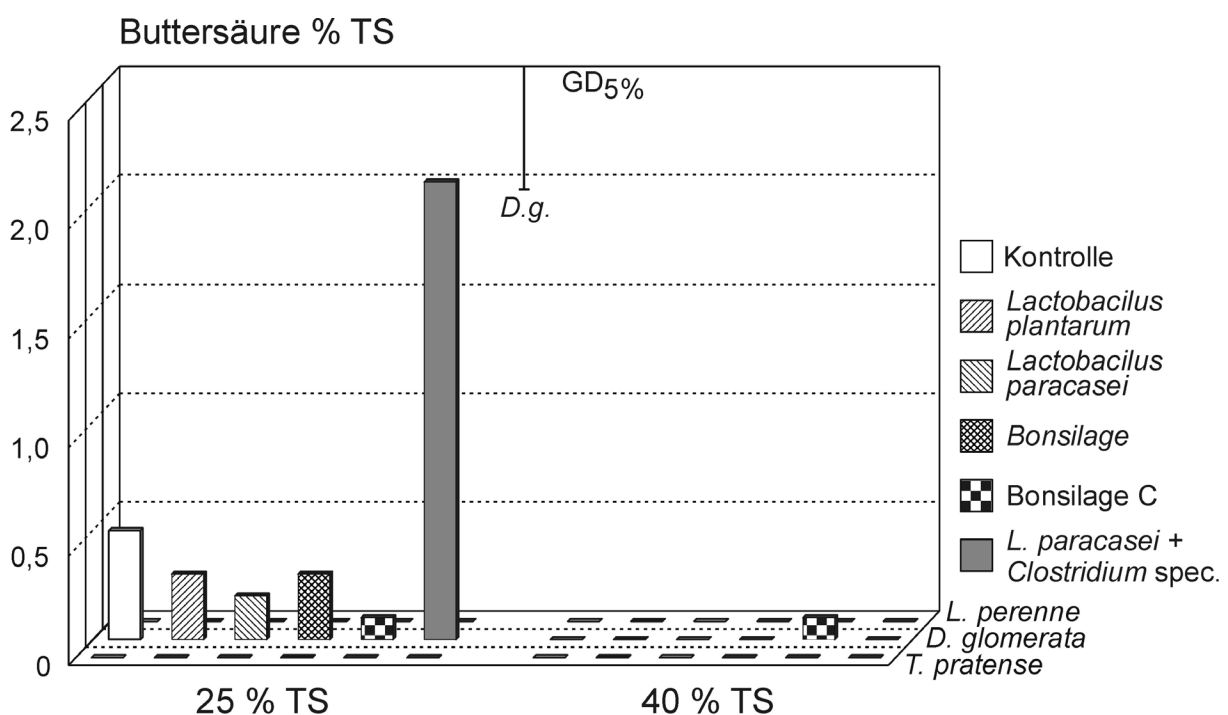


Abb. 18: Buttersäure (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

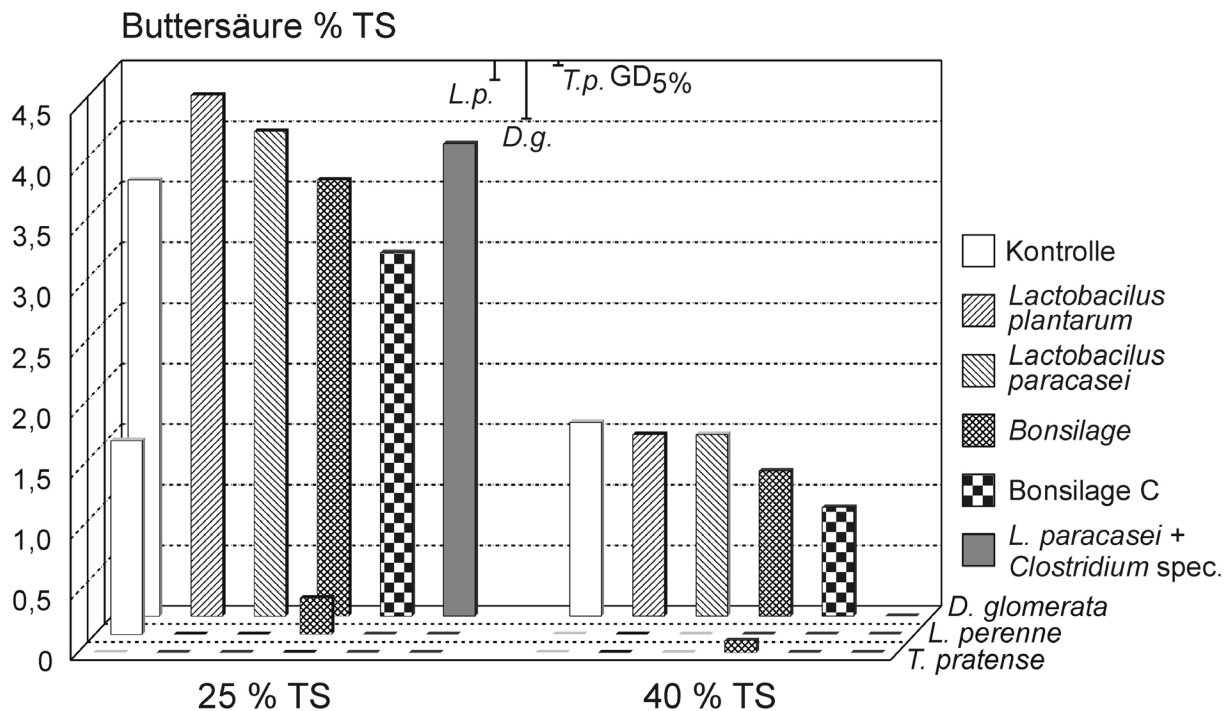


Abb. 19: Buttersäure (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.5 Flüchtige Fettsäuren

Nach 90 Tagen Lagerzeit sind die Silagen der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* stabil, hingegen wird der kritische pH-Wert bei *Dactylis glomerata* nicht erreicht. Bei den frühgeernteten Sekundäraufwüchsen wird bei allen drei Arten bei der Variante 40% TS und bei *Dactylis glomerata* auch bei der Variante 25% TS der kritische pH-Wert unterschritten. Bei den spätgeernteten Sekundäraufwüchsen weist nur *Lolium perenne* bei der Variante 25% TS stabile Silagen auf.

In den Abbildungen 20 bis 23 sowie in Anhangtabelle 23 sind die Konzentrationen der flüchtigen Fettsäuren der vier Erntetermine in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Zusatz wiedergegeben. Die Wechselwirkung Vorwelkegrad x Zusatz ist außer bei *Dactylis glomerata* im früh geernteten Sekundäraufwuchs gesichert, vgl. Anhangtab. 22; ausgelöst wird diese Interaktion durch die meist größeren Differenzen der Silierzusätze in der weniger stark vorgewelkten Varianten. Die Hauptwirkungen Silierzusatz und Vorwelkegrad sind in der Mehrzahl der Fälle signifikant, wobei der Effekt des Vorwelkens meist größer als der der Zusätze ist, vgl. Anhangtab. 22. Das Vorwelken bedingt bei der überwiegenden Anzahl der Varianten eine Abnahme der Konzentrationen an flüchtigen Fettsäuren. Im Vergleich zur Kontrollvariante weisen *Lac. plantarum* und *Lac. paracasei* oft geringere und

Bonsilage und Bonsilage C, vgl. Anhangtab 23, oft höher Konzentrationen flüchtiger Fettsäuren auf.

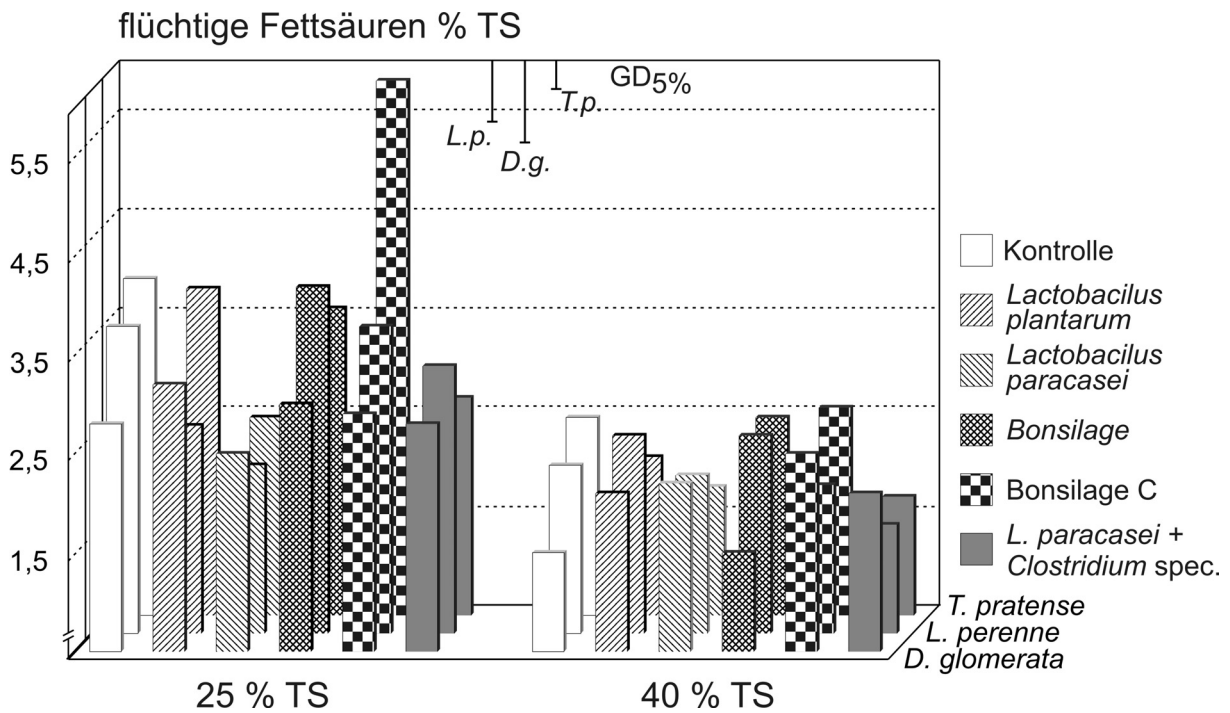


Abb. 20: Flüchtige Fettsäuren (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

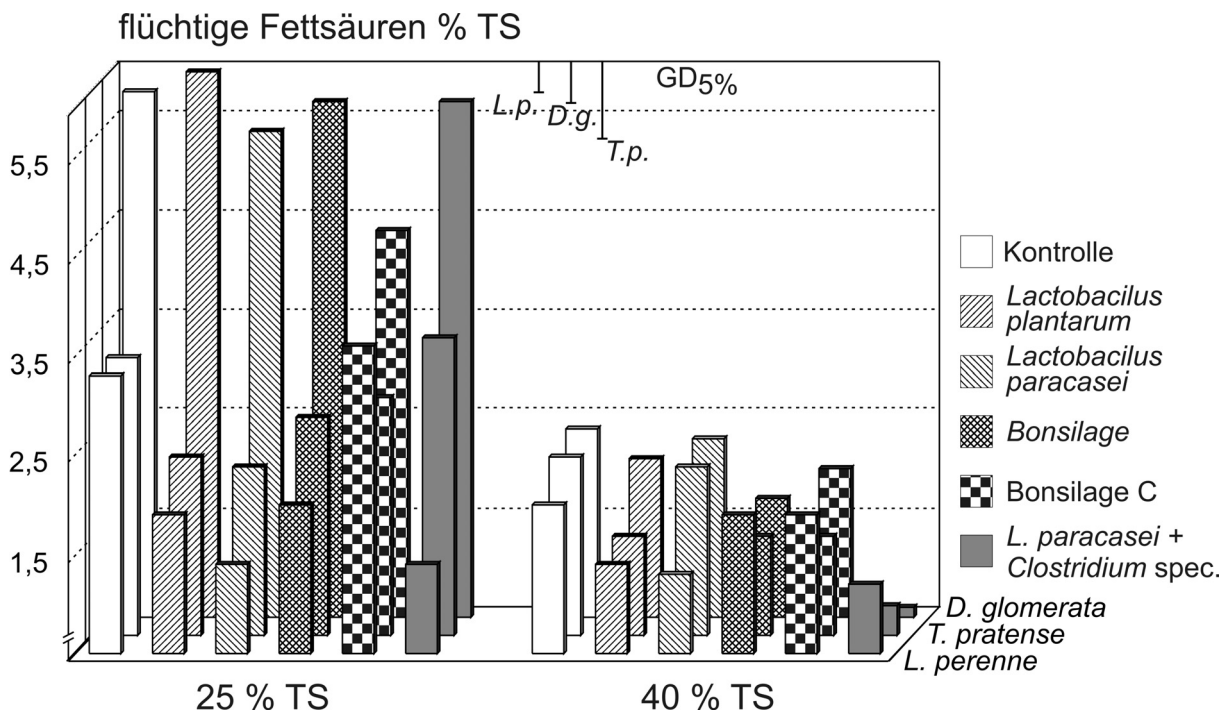


Abb. 21: Flüchtige Fettsäuren (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

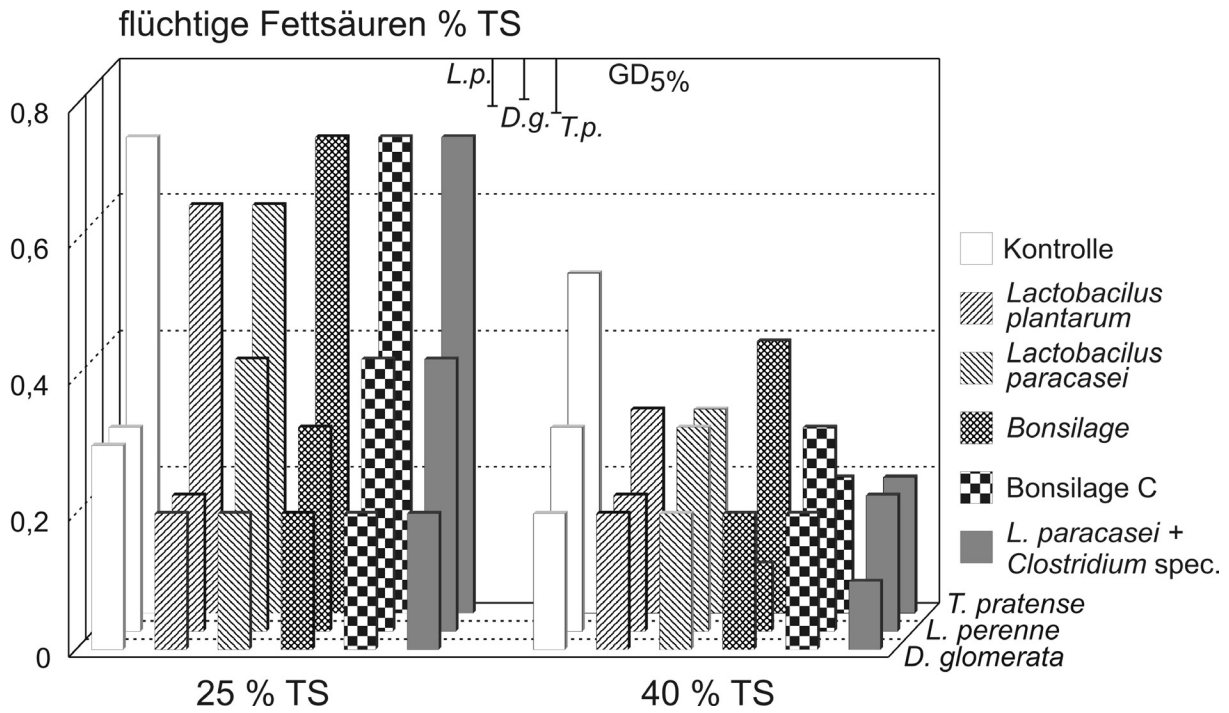


Abb. 22: Flüchtige Fettsäuren (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

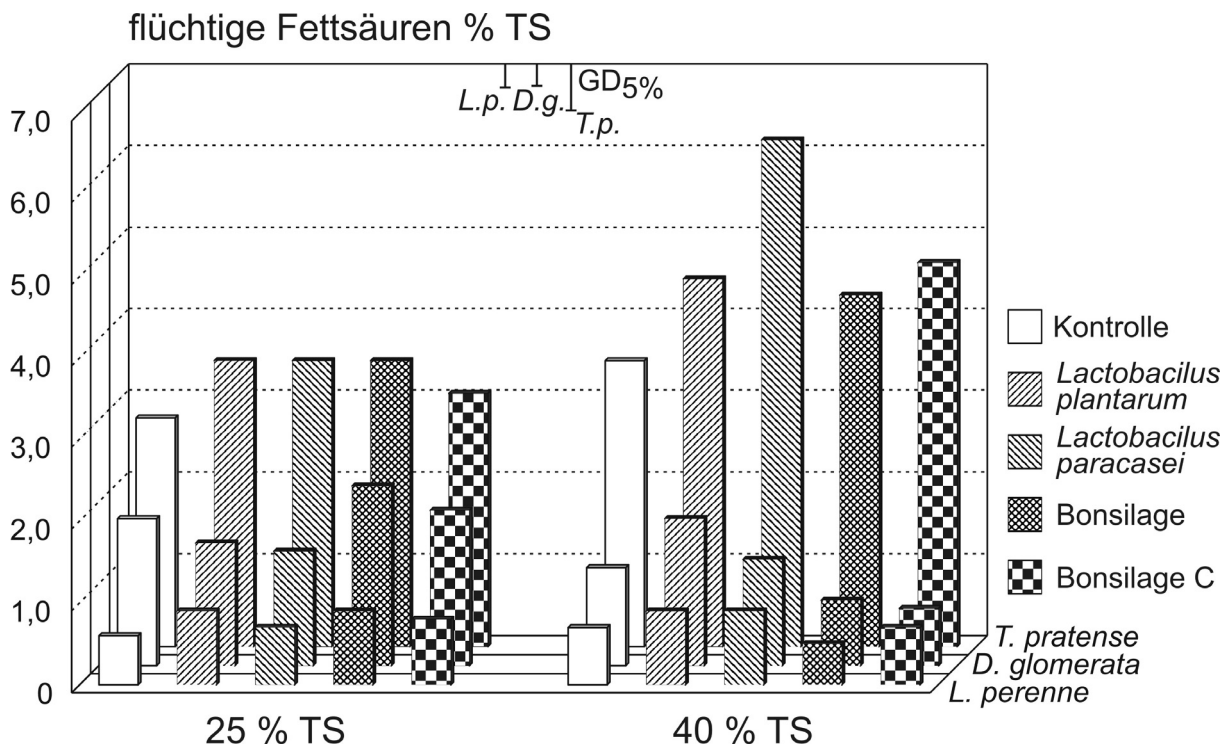


Abb. 23: Flüchtige Fettsäuren (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.6 Ethanol

Nach 90 Tagen Lagerzeit sind die Silagen der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* stabil, hingegen wird der kritische pH-Wert bei *Dactylis glomerata* nicht erreicht. Bei den frühgeernteten Sekundäraufwüchsen wird bei allen drei Arten bei der Variante 40% TS und bei *Dactylis glomerata* auch bei der Variante 25% TS der kritische pH-Wert unterschritten. Bei den spätgeernteten Sekundäraufwüchsen weist nur *Lolium perenne* bei der Variante 25% TS stabile Silagen auf. Bei den Ethanol-Konzentrationen kommt es in der Mehrzahl der Fälle zur Wechselwirkung Vorwelken x Zusatz, vgl. Abb. 24 bis 27 und Anhangtab. 24 und 25. Dabei ist diese Interaktion bei *Lolium perenne* beim früh geernteten Primär- und bei beiden Sekundäraufwüchsen in drei Fällen nicht signifikant. Die Wechselwirkung wird bei den Primäraufwüchsen durch die größeren Differenzen der Silierzusätze in der schwächer vorgewelkten Variante ausgelöst. Die Hauptwirkungen Silierzusätze und Vorwelkegrad sind zu sämtlichen Ernteterminen signifikant, wobei der Effekt des Vorwelkens meist größer als der der Zusätze ist, vgl. Anhangtab. 24. Die Primäraufwüchse weisen im Vergleich mit den Sekundäraufwüchsen höhere Ethanol-Konzentrationen auf. Hier weist die Kontrollvariante zumeist die höchsten Konzentrationen an Ethanol auf; Ausnahmen sind hier Bonsilage und Bonsilage C, vgl. Anhangtab. 25 bei *Lolium perenne*.

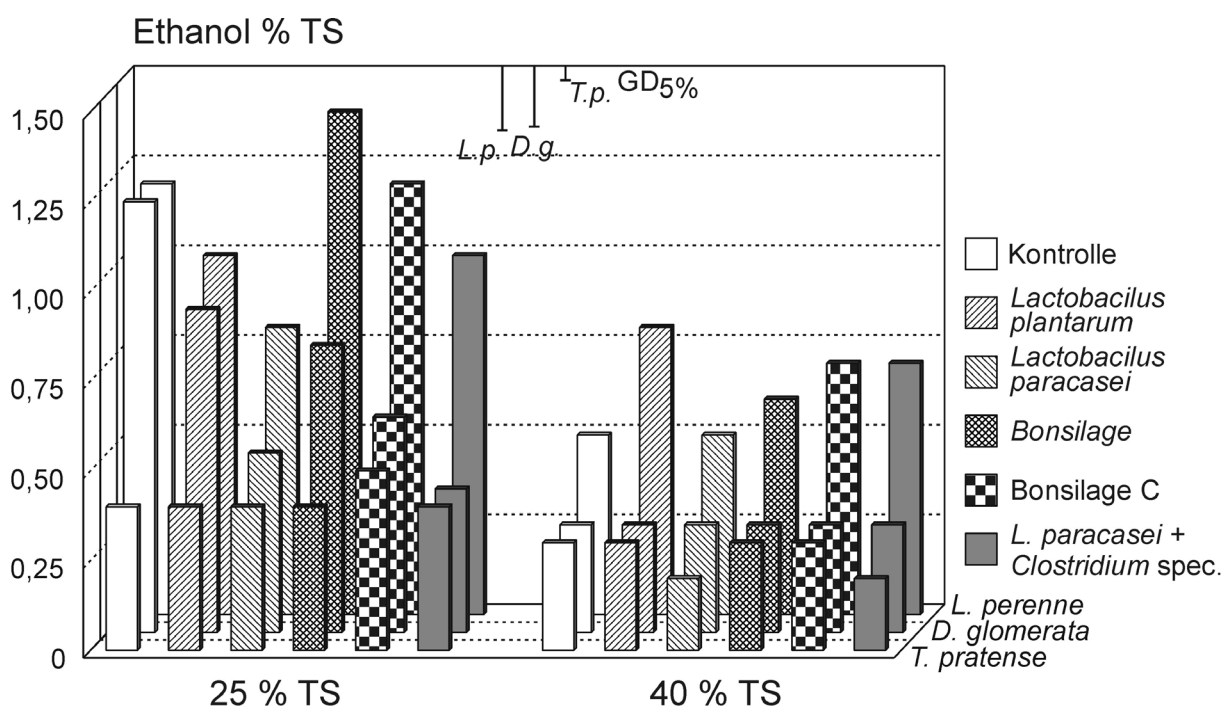


Abb. 24: Ethanol (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

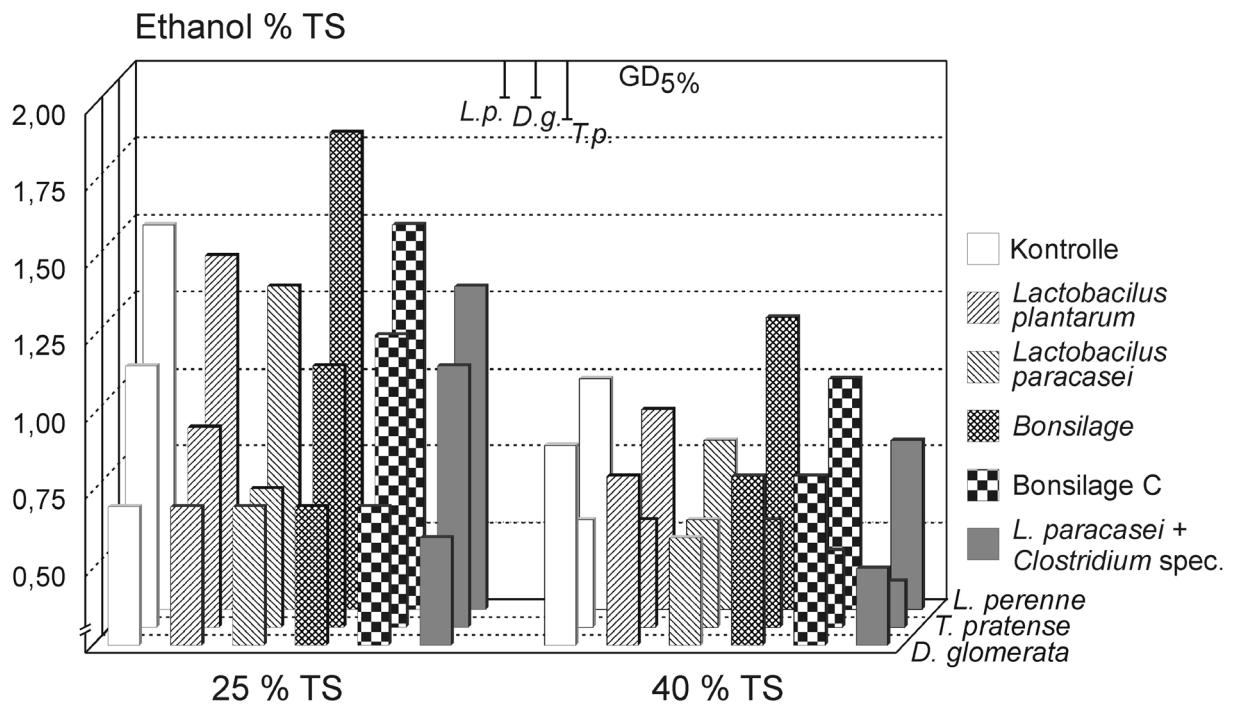


Abb. 25: Ethanol (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

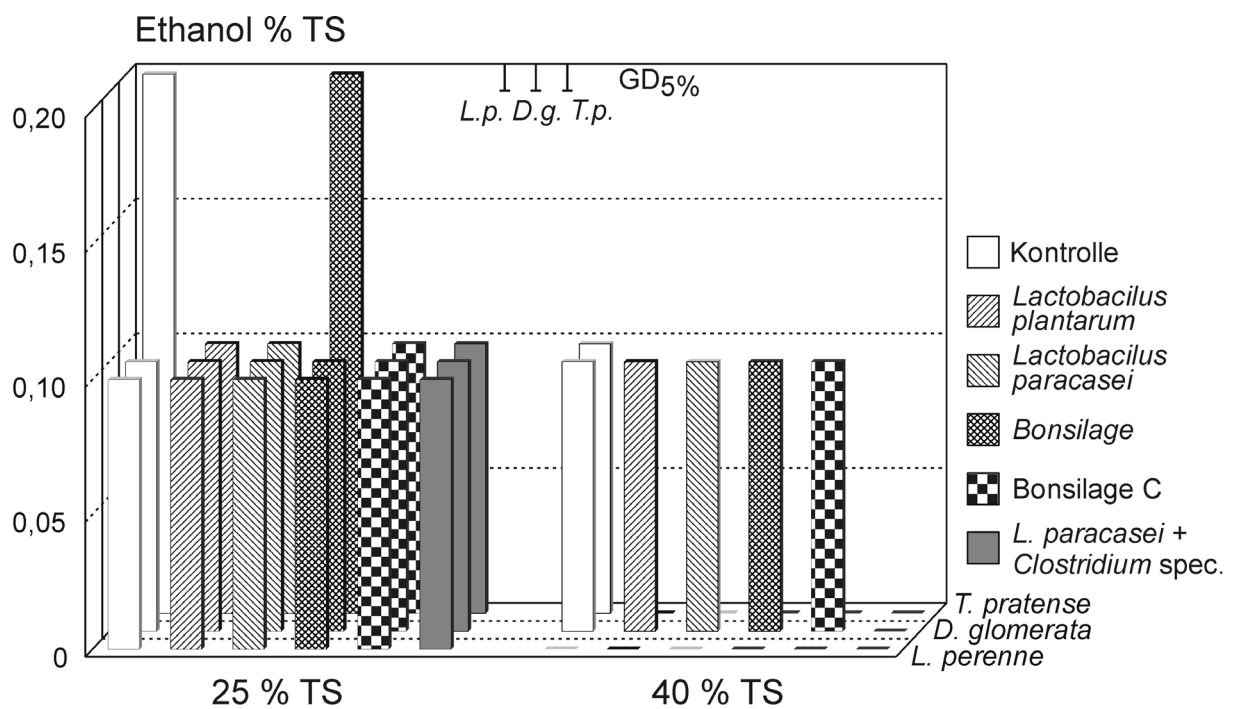


Abb. 26: Ethanol (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

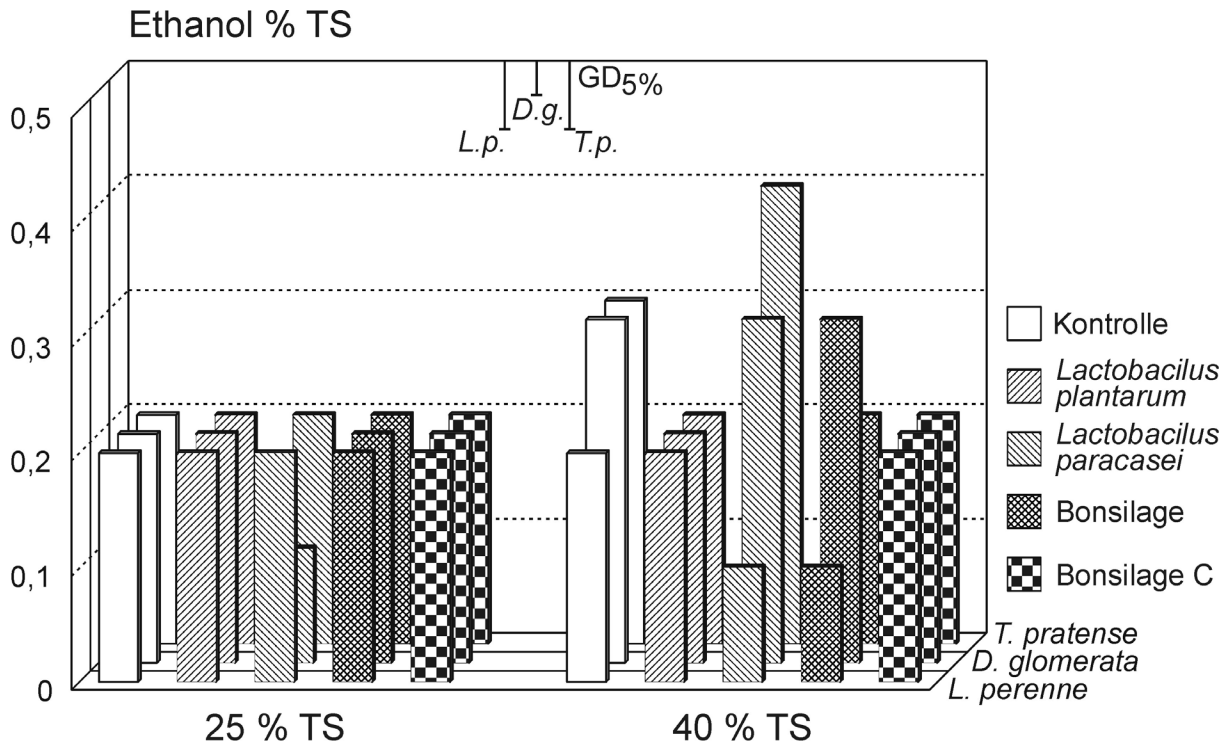


Abb. 27: Ethanol (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.7 NH₃-N am RP-N

Nach 90 Tagen Lagerzeit sind die Silagen der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* stabil, hingegen wird der kritische pH-Wert bei *Dactylis glomerata* nicht erreicht. Bei den frühgeernteten Sekundäraufwüchsen wird bei allen drei Arten bei der Variante 40% TS und bei *Dactylis glomerata* auch bei der Variante 25% TS der kritische pH-Wert unterschritten. Bei den spätgeernteten Sekundäraufwüchsen weist nur *Lolium perenne* bei der Variante 25% TS stabile Silagen auf. Die Abb. 28 bis 31 und Anhangtab. 27 stellen die NH₃-N-Anteile am Rohprotein-Stickstoff der vier Erntetermine dar. Die Wechselwirkung Vorwelkegrad x Silierzusatz ist gesichert, vgl. Anhangtab. 26, sie wird durch die meist größeren Differenzen, bei geringeren Vorwelkegraden ausgelöst. Die Hauptwirkungen Vorwelkegrad und Silierzusätze sind, bis auf den spät geernteten Sekundäraufwuchs von *Lolium perenne*, zu sämtlichen Ernteterminen signifikant, wobei der Effekt des Vorwelkens meist größer als der der Zusätze ist, vgl. Anhangtab. 26. Das Vorwelken bedingt in den meisten Fällen einen Rückgang der NH₃-Anteile. Dort, wo die kritische NH₃-Grenze von 10% NH₃-N am Rohprotein-N unterschritten wird, zeichnen sich häufig *Lac. paracasei* und *Lac. plantarum* durch die niedrigsten NH₃-Anteile am Rohprotein-

N aus. In der Mehrzahl der Varianten, in denen die kritische NH₃-Grenze überschritten wird, bedingt der Einsatz der Silierzusätze eine Absenkung der NH₃-Anteile.

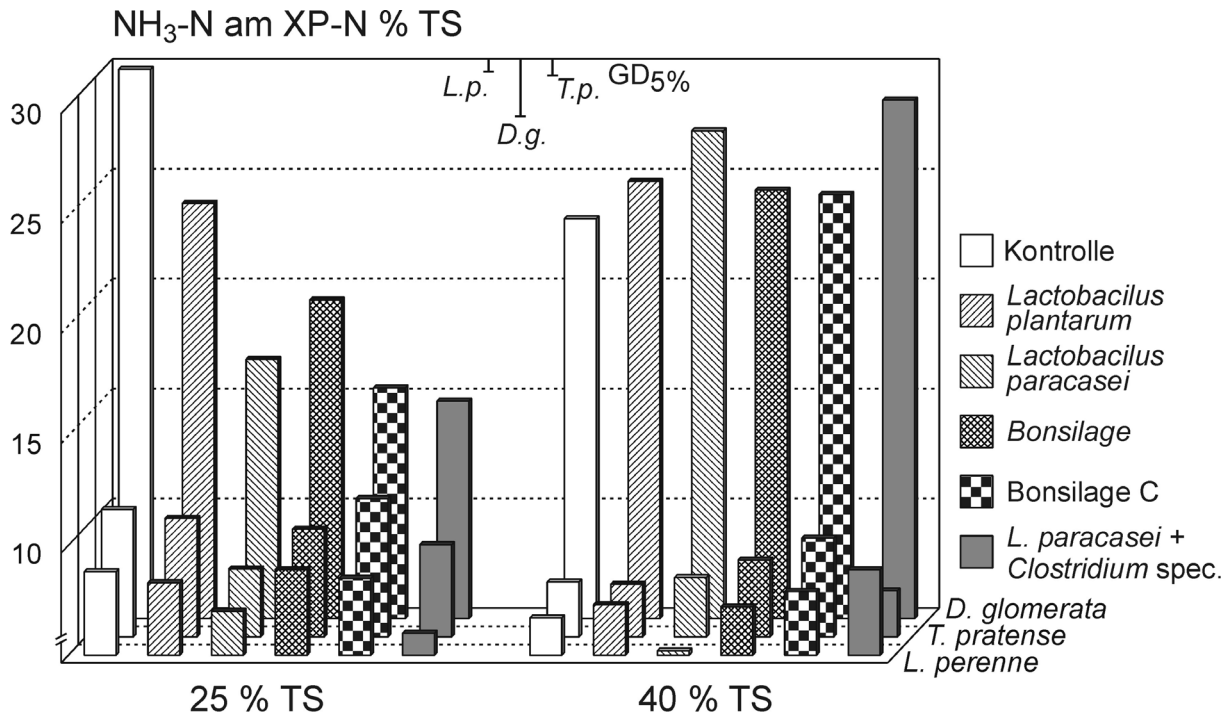


Abb. 28: NH₃-N am RP-N (%) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

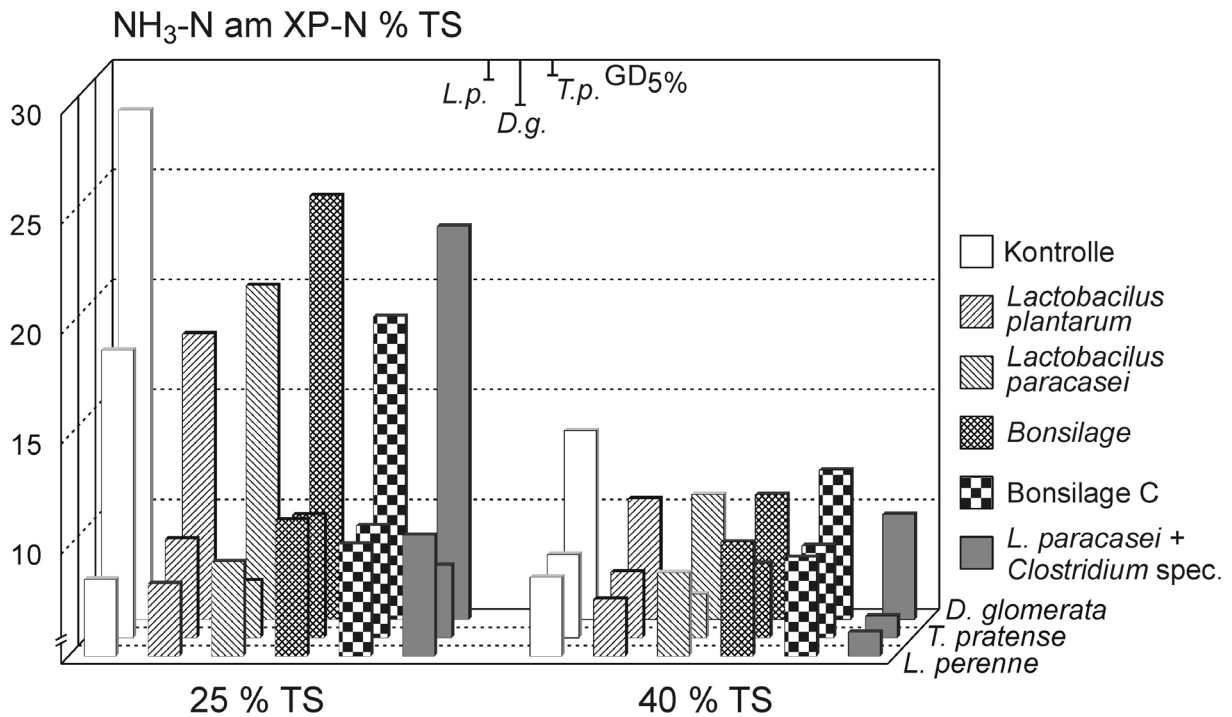


Abb. 29: NH₃-N am RP-N (%) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

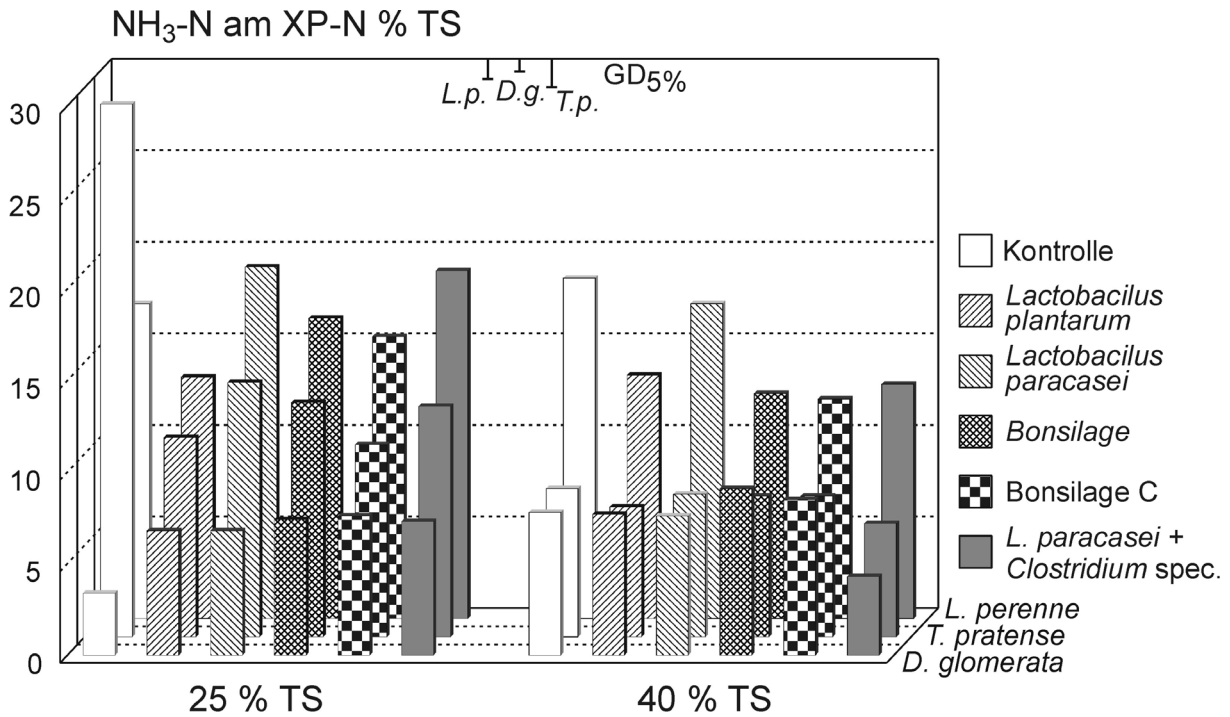


Abb. 30: NH₃-N am RP-N (%) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

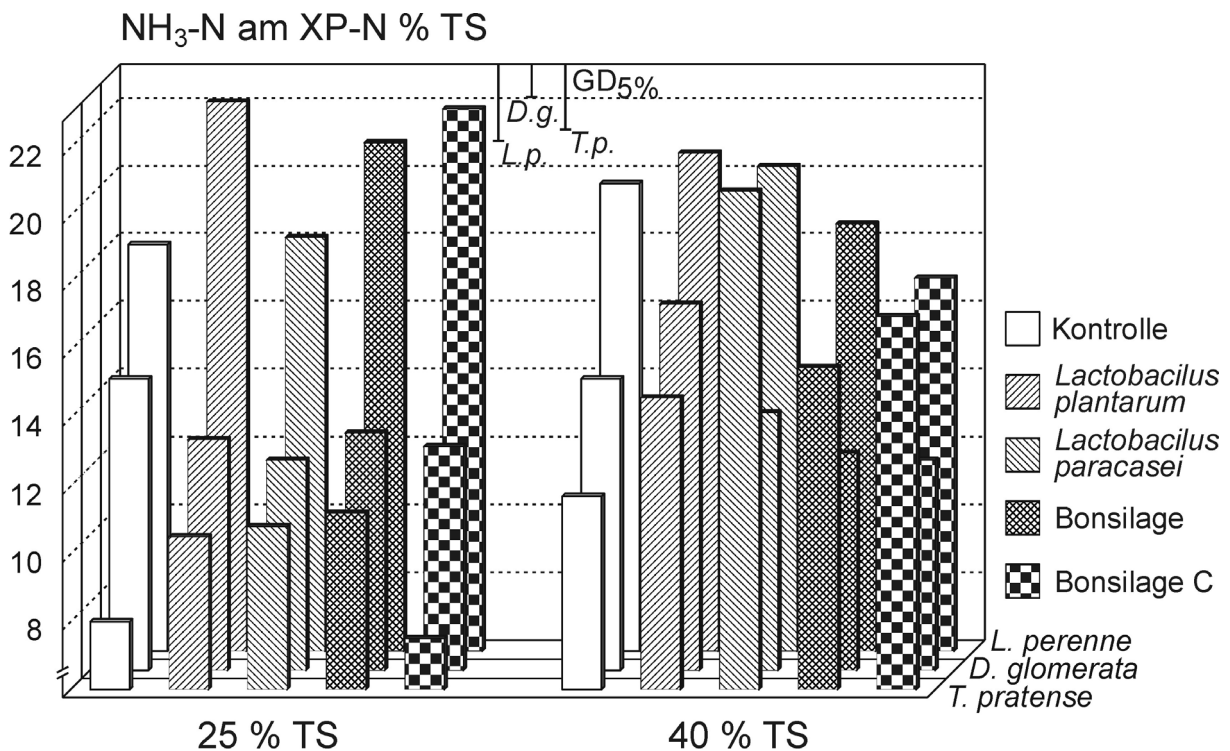


Abb. 31: NH₃-N am RP-N (%) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.8 Restliche wasserlösliche Kohlenhydrate

Die Abb. 32 bis 35 sowie Anhangtab. 29 zeigen die wasserlöslichen Kohlenhydrate in der TS der Silagen für die vier verschiedenen Erntetermine. Die Interaktion Vorwelkegrad x Zusatz ist ausnahmslos gesichert, vgl. Anhangtab. 28; ausgelöst wird die Wechselwirkung durch die größeren Unterschiede bei höheren Vorwelkegraden. Die Hauptwirkungen Vorwelkegrad und Silierzusatz sind zu sämtlichen Ernteterminen signifikant, wobei der Effekt des Vorwelkens meist größer als der der Zusätze ist, vgl. Anhangtab. 28. Das Anwelken bedingt in der Mehrzahl der Fälle höhere Konzentrationen an wK in den Silagen. Bei *Trifolium pratense* zeichnet sich die Kontrollvariante stets und bei *Lolium perenne* und *Dactylis glomerata* die Variante *L. paracasei* häufig durch die höchsten Konzentrationen an wK aus.

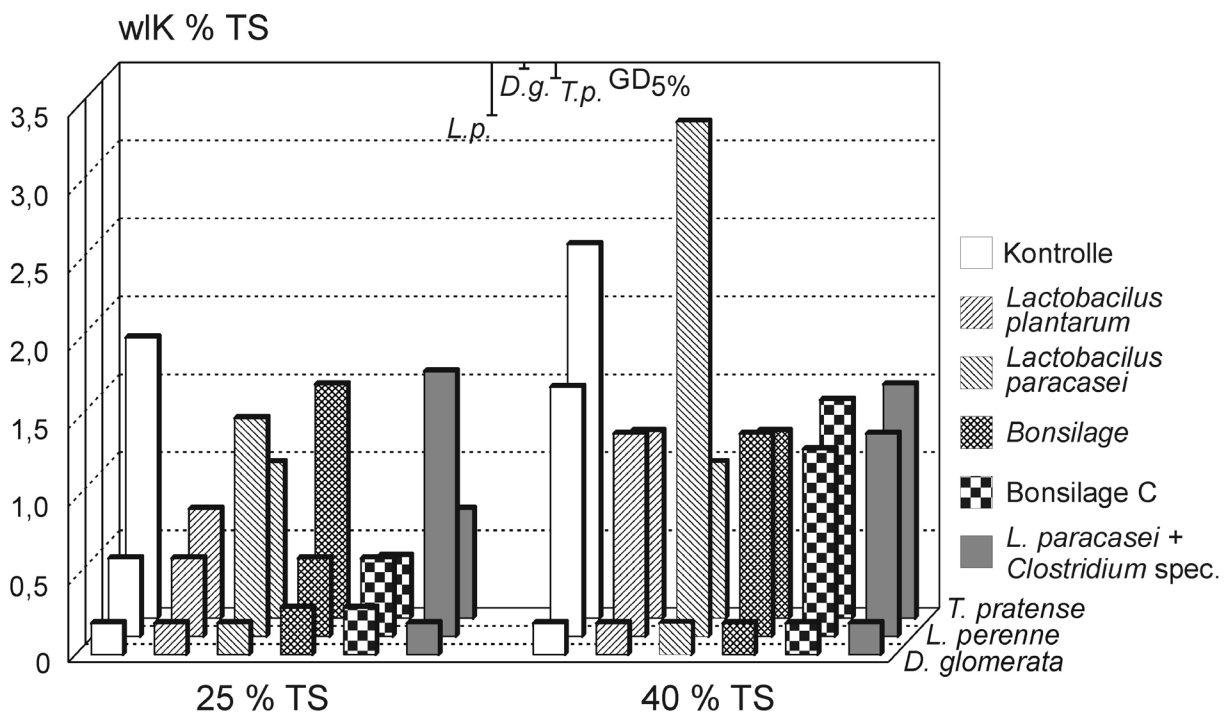


Abb. 32: wK (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

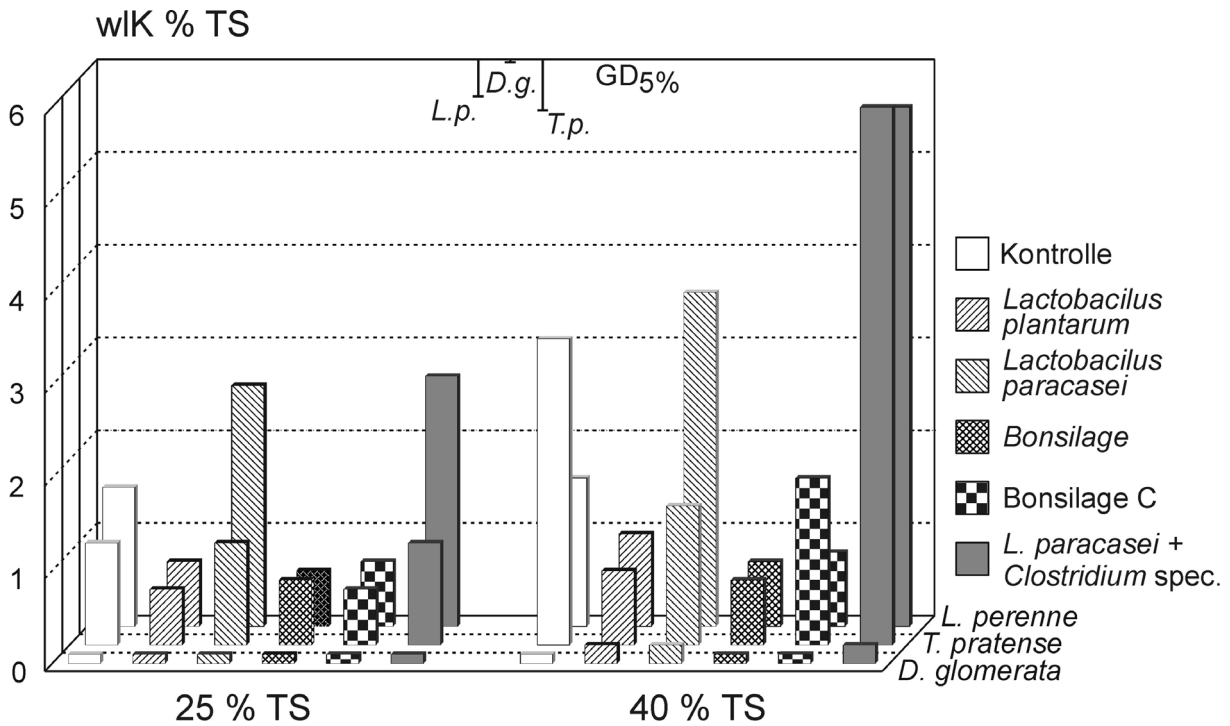


Abb. 33: wIK (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

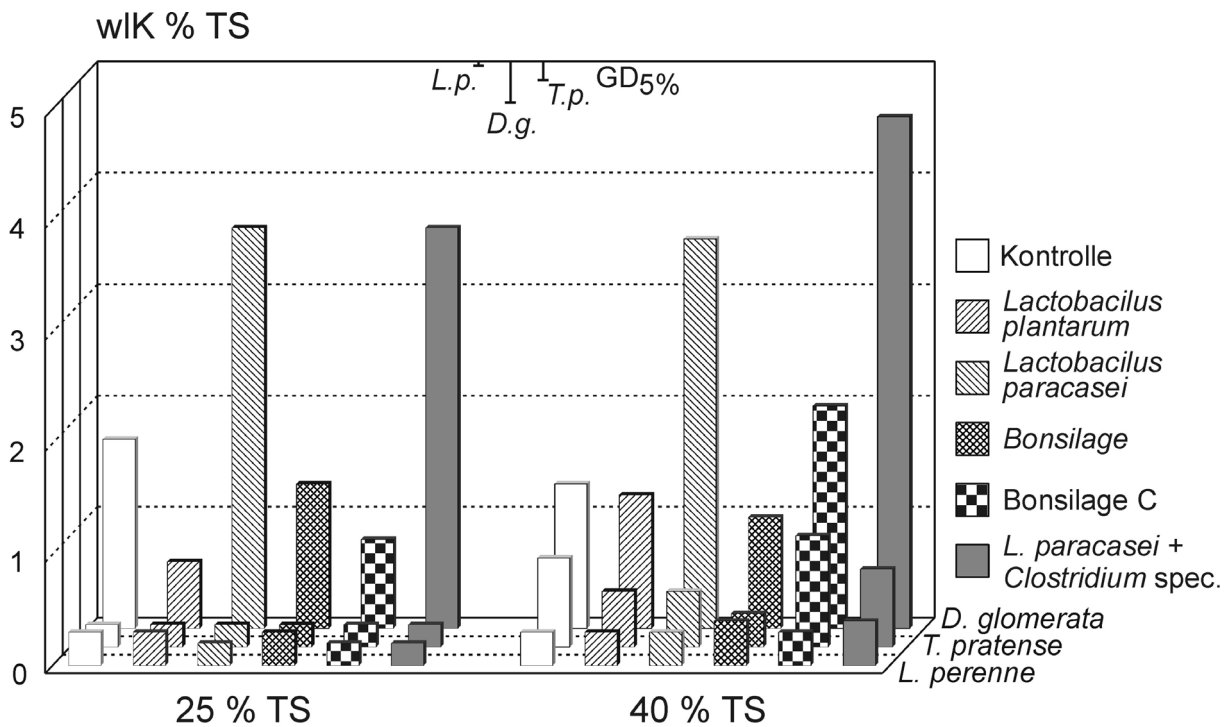


Abb. 34: wIK (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

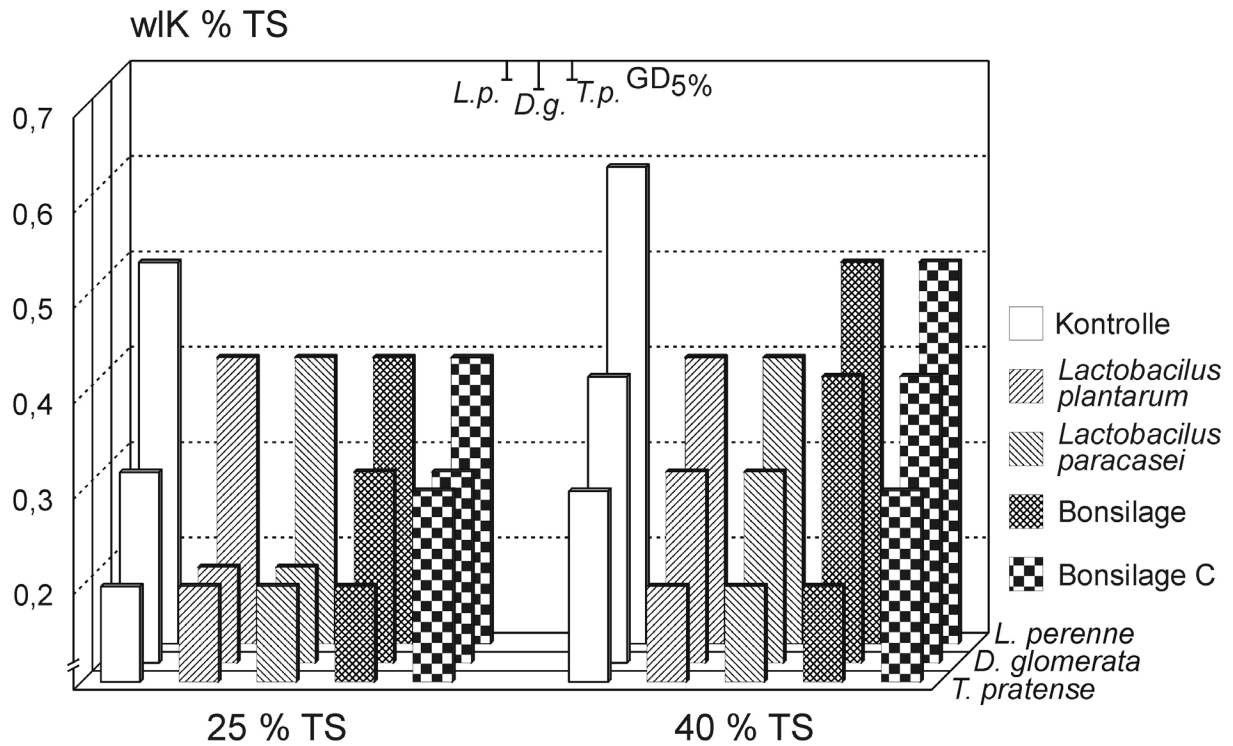


Abb. 35: wIK (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.9 Rohprotein

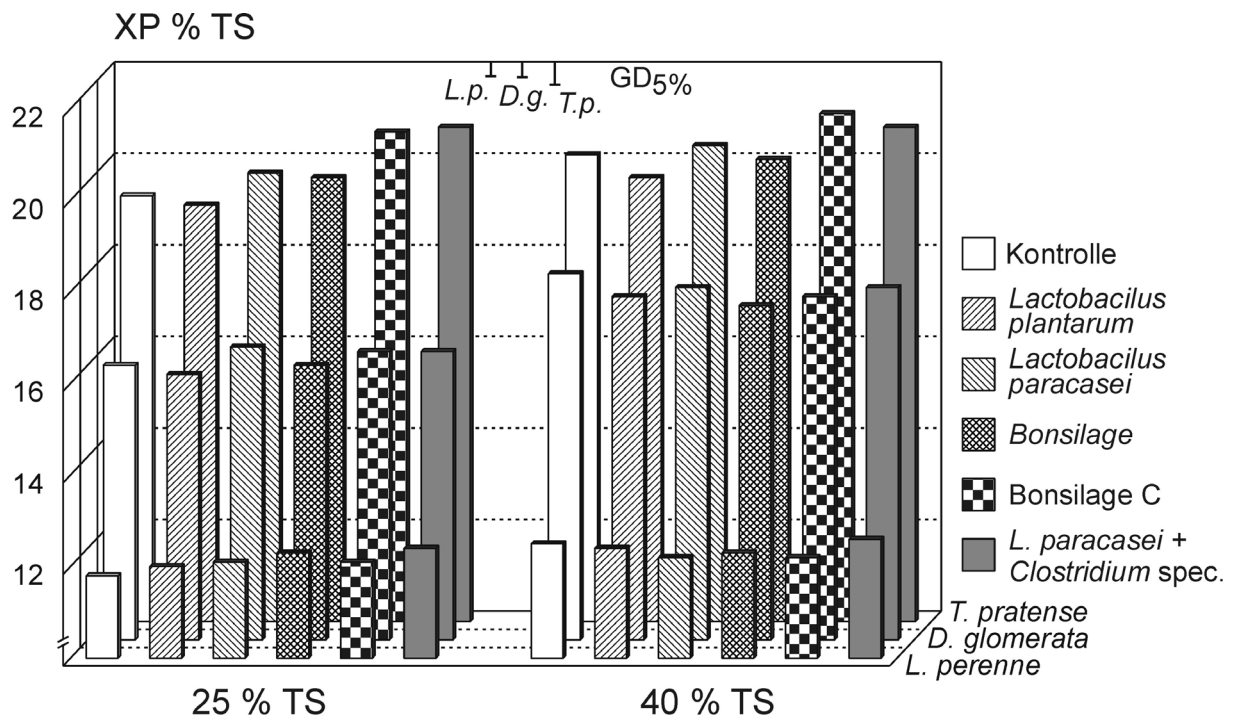


Abb. 36: Rohprotein (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

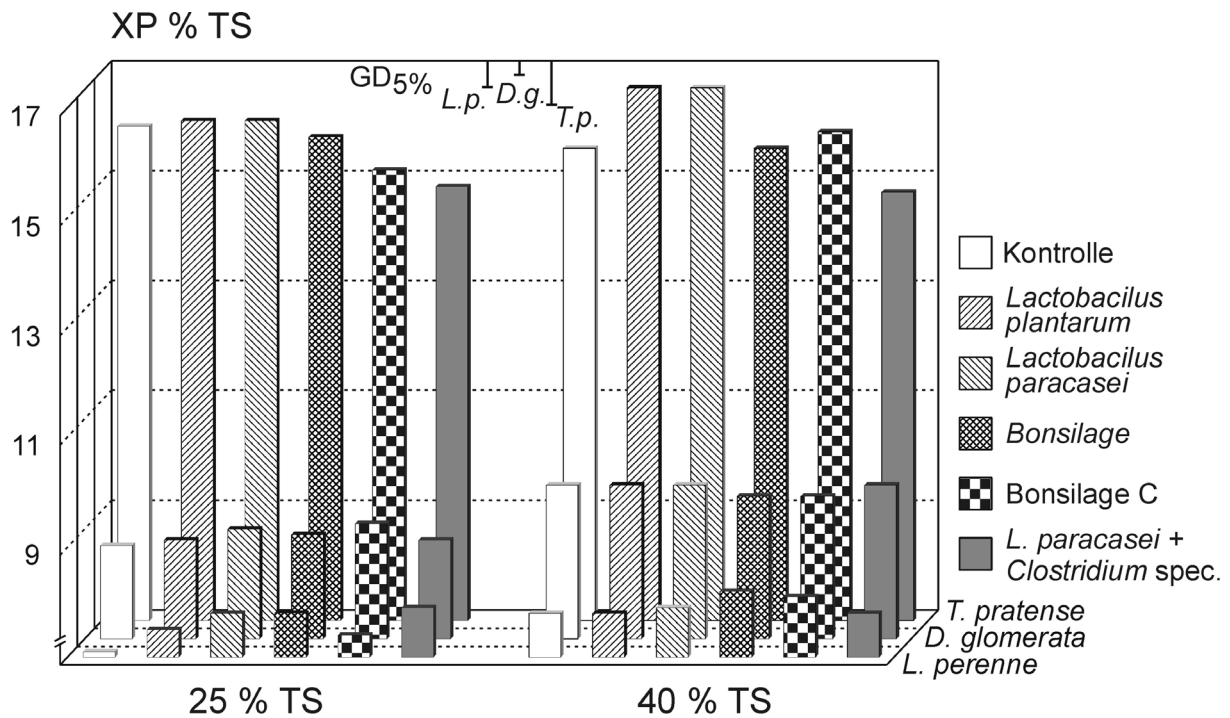


Abb. 37: Rohprotein (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

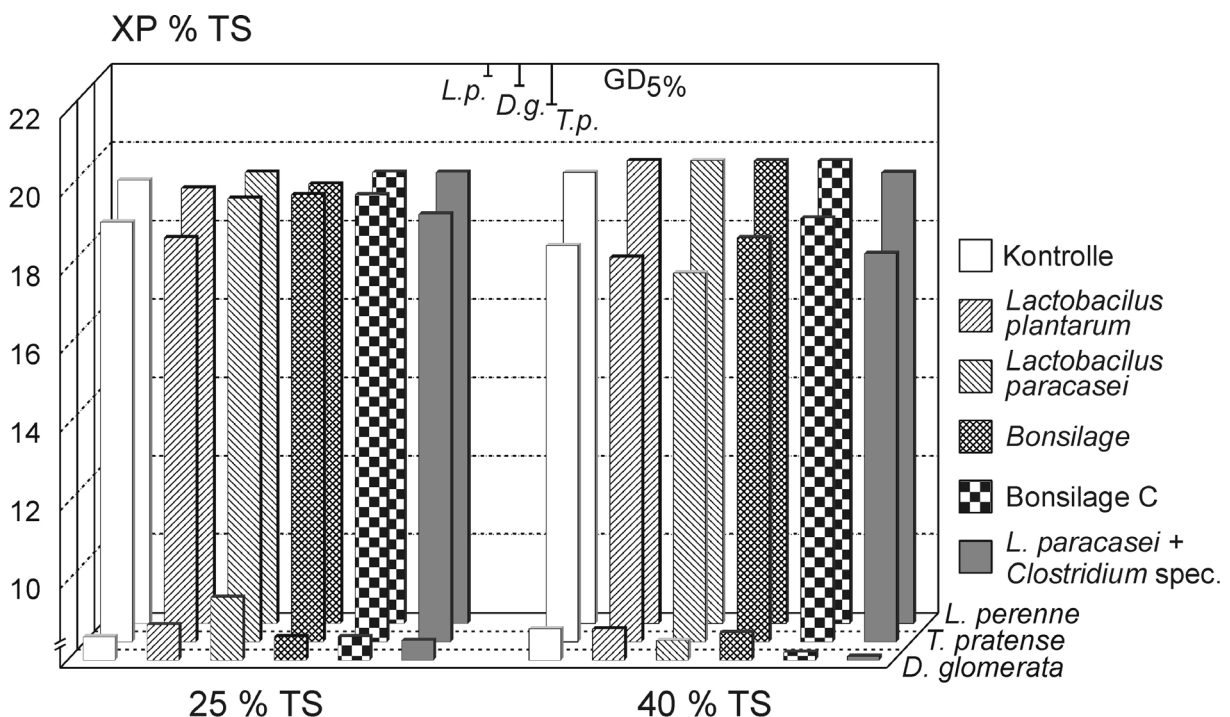


Abb. 38: Rohprotein (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

Die Abb. 36 bis 39 stellen die Rohprotein-Konzentrationen der Silagen der vier verschiedenen Erntetermine dar, vgl. Anhangtab. 31. Die Wechselwirkung Vorwelkegrad x Zusatz ist in der Mehrzahl der Fälle zwar gesichert, die

unterschiedliche Differenzierung der Varianten in der trockenen Vorwelkestufe ist allerdings nicht relevant. Die Hauptwirkung Vorwelkegrad ist zu sämtlichen Ernteterminen signifikant, da es durch stärkeres Anwelken zumeist zum Anstieg der Rohprotein-Konzentrationen kommt, vgl. Anhangtab. 30. Die Wirkung der Zusätze ist - bis auf die spät geernteten Primäraufwüchse von *Dactylis glomerata* und *Trifolium pratense* und die Sekundäraufwüchse von *Lolium perenne* - ebenfalls signifikant, wobei der Effekt des Vorwelkens größer ist als der der Zusätze. vgl. Anhangtab. 32.

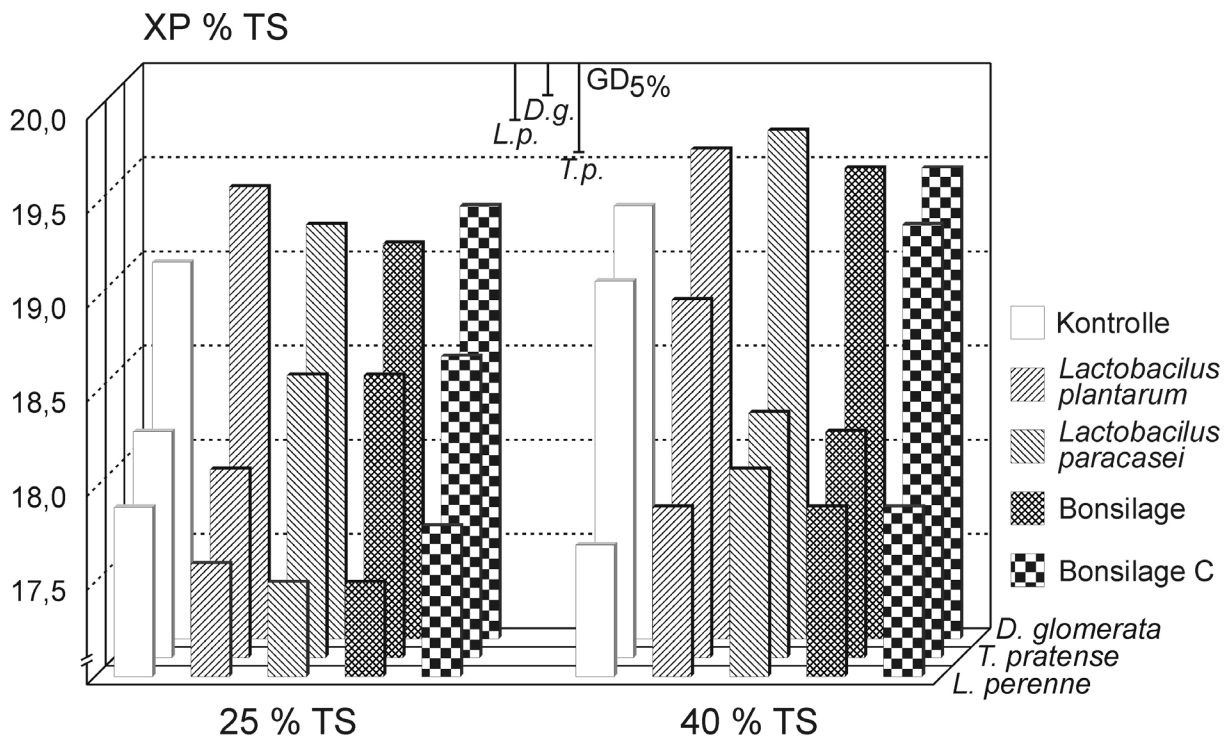


Abb. 39: Rohprotein (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.10 Verdaulichkeit organischer Substanz

Nach 90 Tagen Lagerzeit sind die Silagen der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* stabil, hingegen wird der kritische pH-Wert bei *Dactylis glomerata* nicht erreicht. Bei den frühgeernteten Sekundäraufwüchsen wird bei allen drei Arten bei der Variante 40% TS und bei *Dactylis glomerata* auch bei der Variante 25% TS der kritische pH-Wert unterschritten. Bei den spätgeernteten Sekundäraufwüchsen weist nur *Lolium perenne* bei der Variante 25% TS stabile Silagen auf.

In den Abb. 40 bis 43 sowie in der Anhangtab. 33 sind die Verdaulichkeiten organischer Substanz nach 90 Tagen Lagerzeit der vier verschiedenen Erntetermine wiedergegeben. Die Interaktion Vorwelkegrad x Silierzusatz ist in der Mehrzahl der

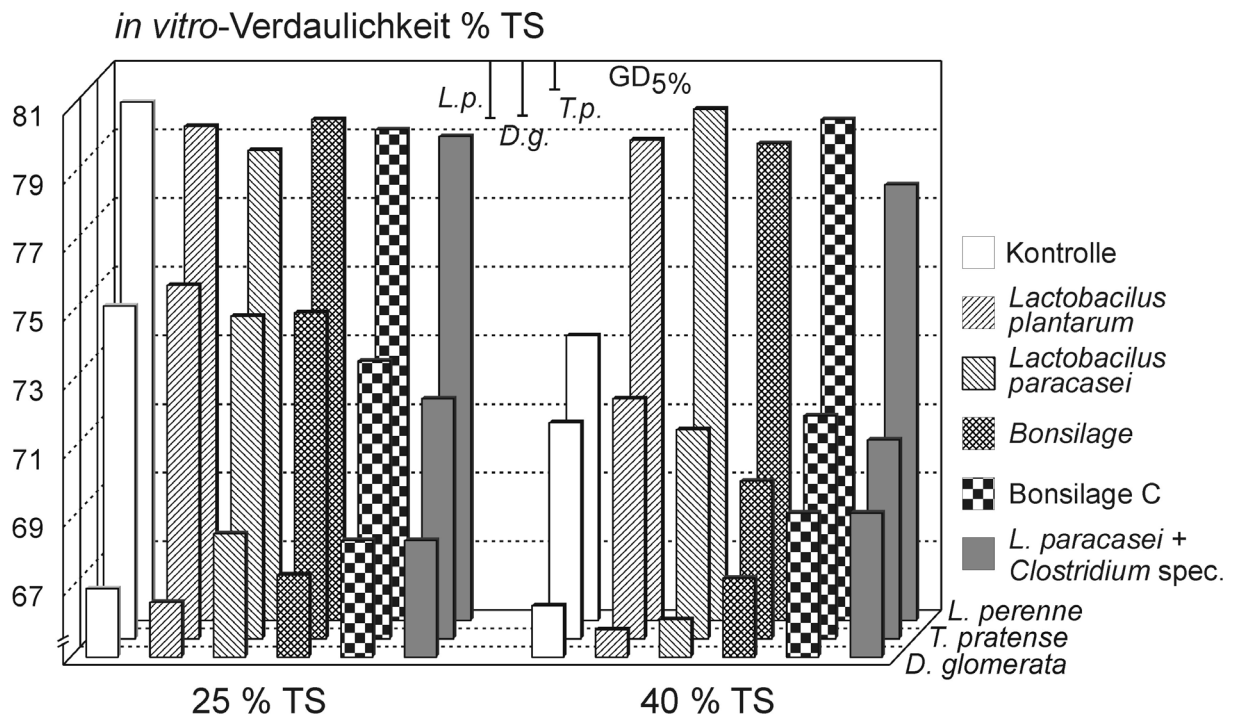


Abb. 40: Verdaulichkeit organischer Substanz (% TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

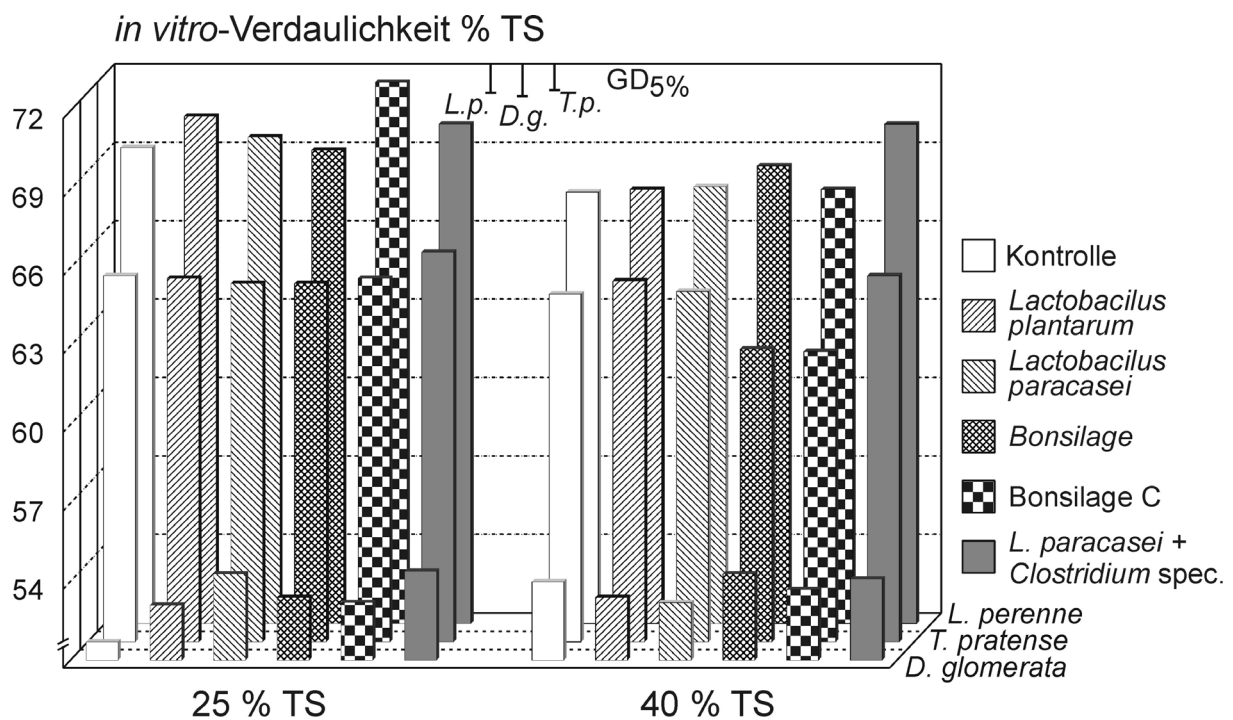


Abb. 41: Verdaulichkeit organischer Substanz (% TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

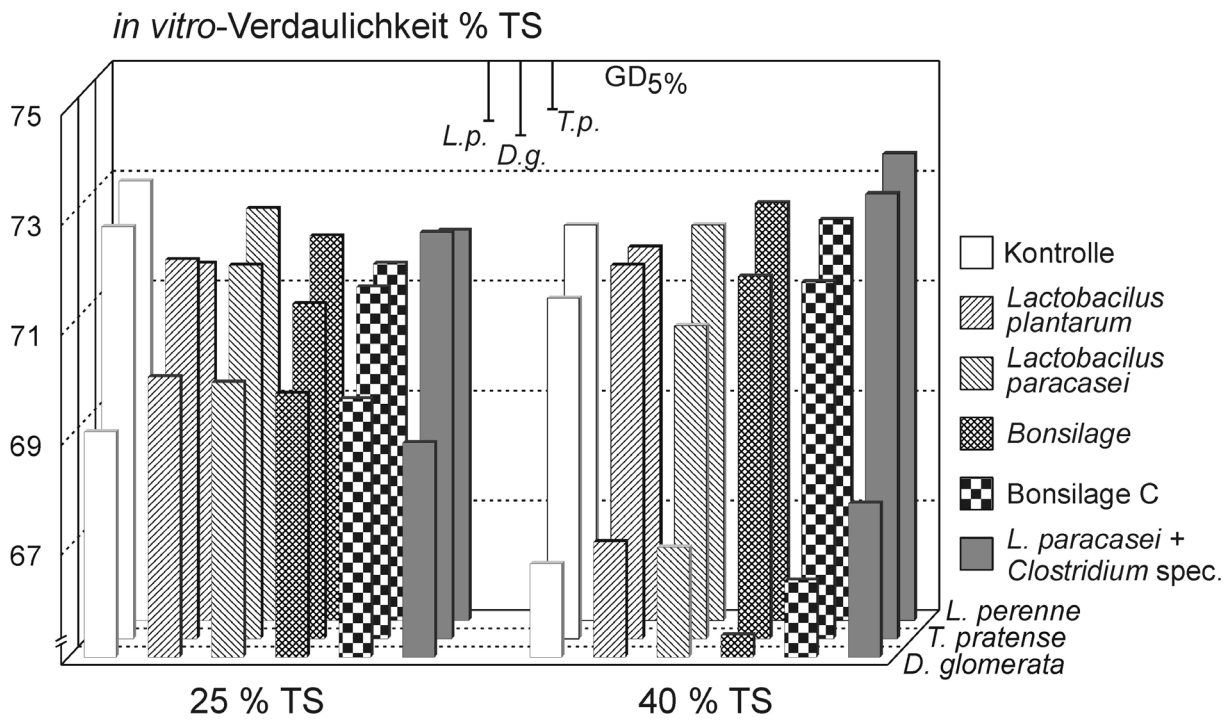


Abb. 42: Verdaulichkeit organischer Substanz (% TS) früh geernteter Sekundär-
aufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

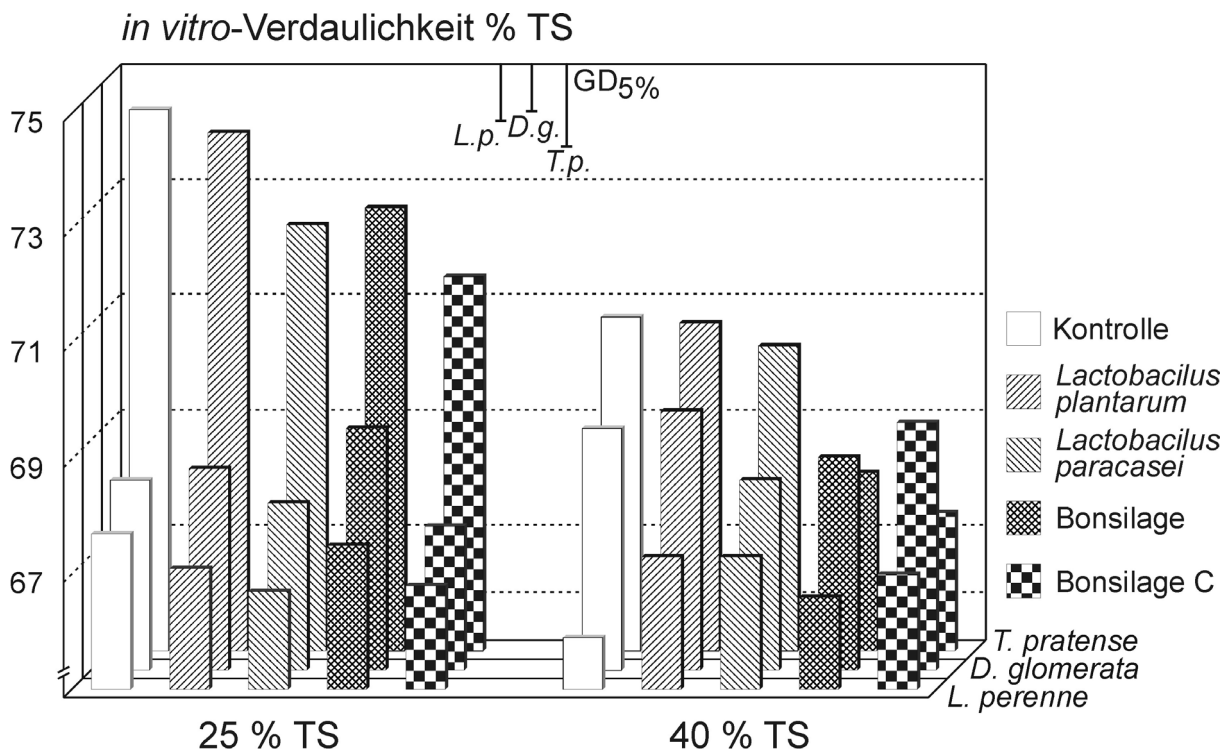


Abb. 43: Verdaulichkeit organischer Substanz (% TS) spät geernteter Sekundär-
aufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

Fälle gesichert, vgl. Anhangtab. 32; ausgelöst wird diese Wechselwirkung durch die größeren Differenzen der Silierzusätze in der stärker vorgewelkten Variante. Die Wirkung der Silierzusätze ist mit Ausnahme der beiden Sekundäraufwüchse von *Lolium perenne* und dem früh geernteten Sekundäraufwuchs von *Dactylis glomerata* signifikant, vgl. Anhangtab. 32. Die Wirkung Vorwelkegrad ist in sieben von zwölf Fällen gesichert. So liegt bei den Primäraufwüchsen von *Dactylis glomerata*, bei den Sekundäraufwüchsen von *Lolium perenne* und den früh geernteten Sekundäraufwüchsen von *Trifolium pratense* keine signifikante Wirkung des Vorwelkegrads vor. Wobei der Effekt des Vorwelkens meist größer ist als der der Zusätze. Die Silierzusätze zeichnen sich besonders bei *Lolium perenne* und *Dactylis glomerata* durch eine erhöhte Verdaulichkeit der organischen Substanz in der Mehrzahl der Fälle aus.

4.2.11 NDF

In den Abb. 44 bis 47 sowie in Anhangtab. 35 sind die NDF-Konzentrationen der vier verschiedenen Erntetermine wiedergegeben. Die Interaktion Vorwelkegrad x Silierzusatz ist bis auf die Primär- und die früh geernteten Sekundäraufwüchse von *Dactylis glomerata* gesichert, vgl. Anhangtab. 34.; ausgelöst wird diese Wechsel

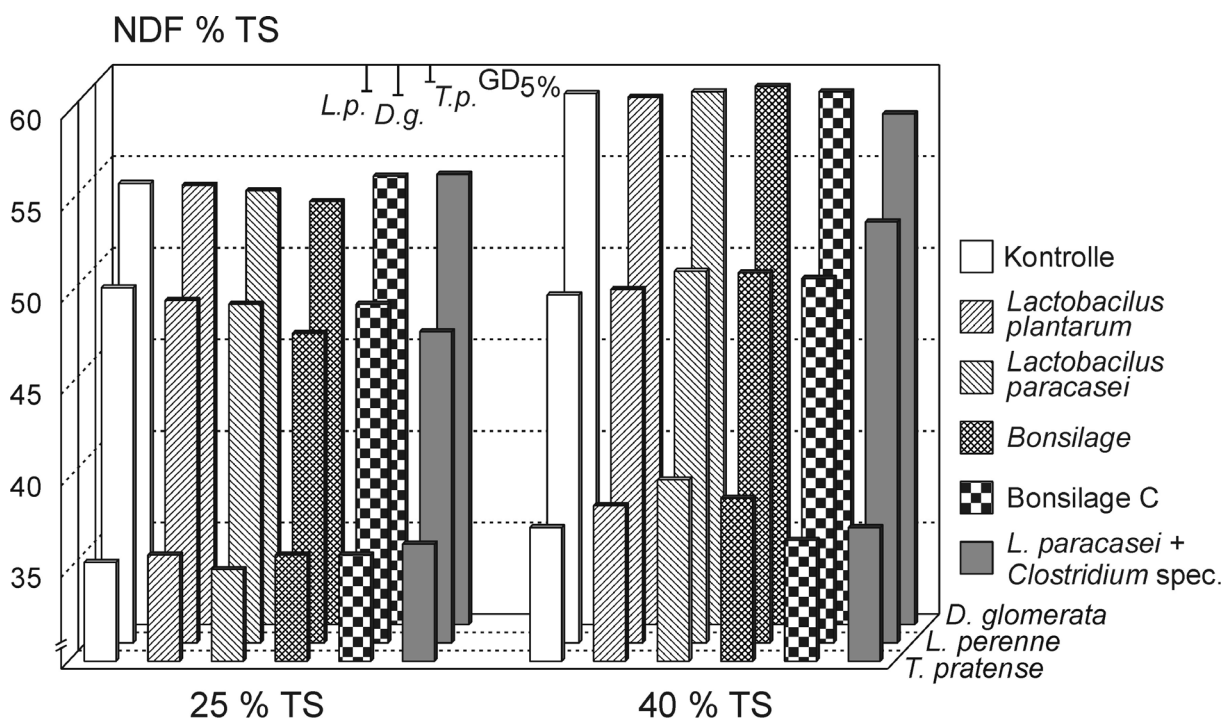


Abb. 44: NDF-Konzentrationen (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

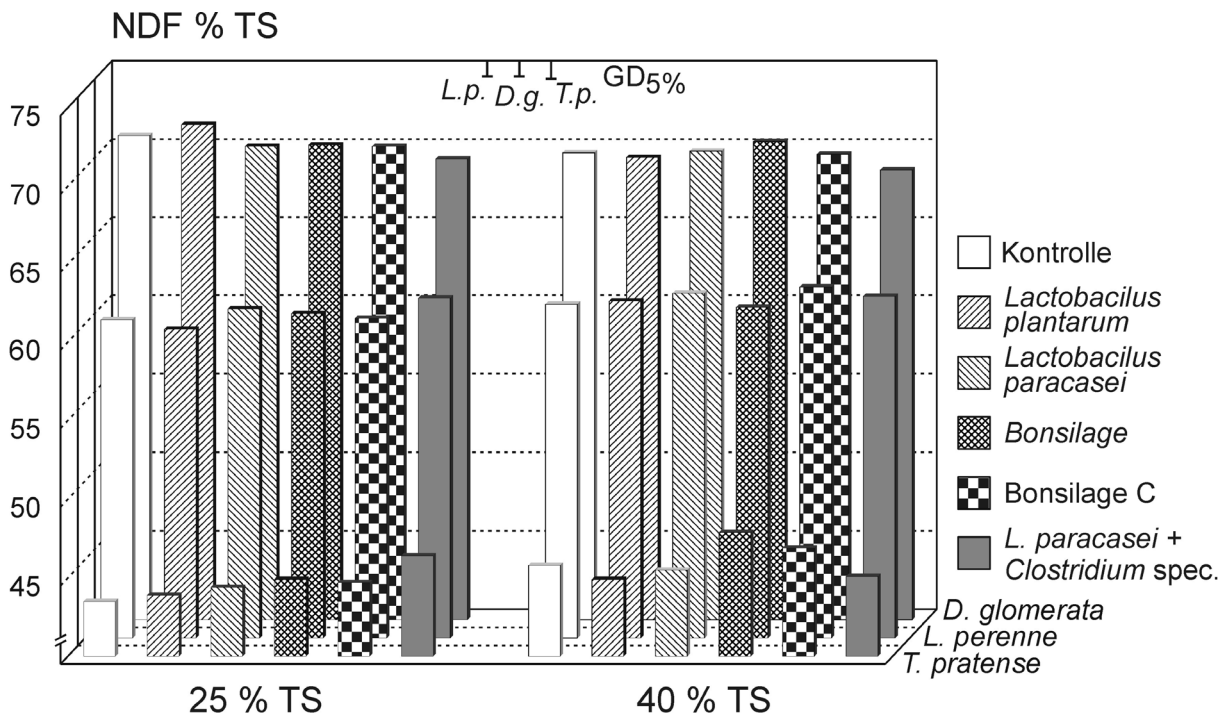


Abb. 45: NDF-Konzentrationen (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

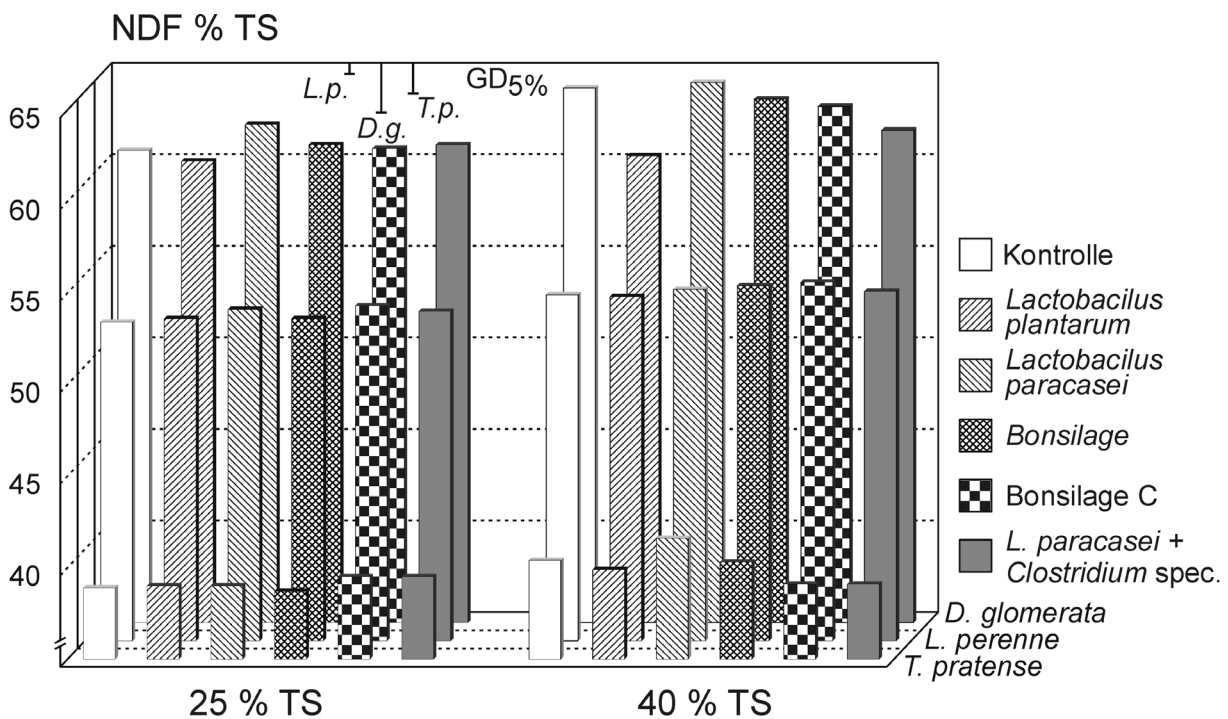


Abb. 46: NDF-Konzentrationen (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

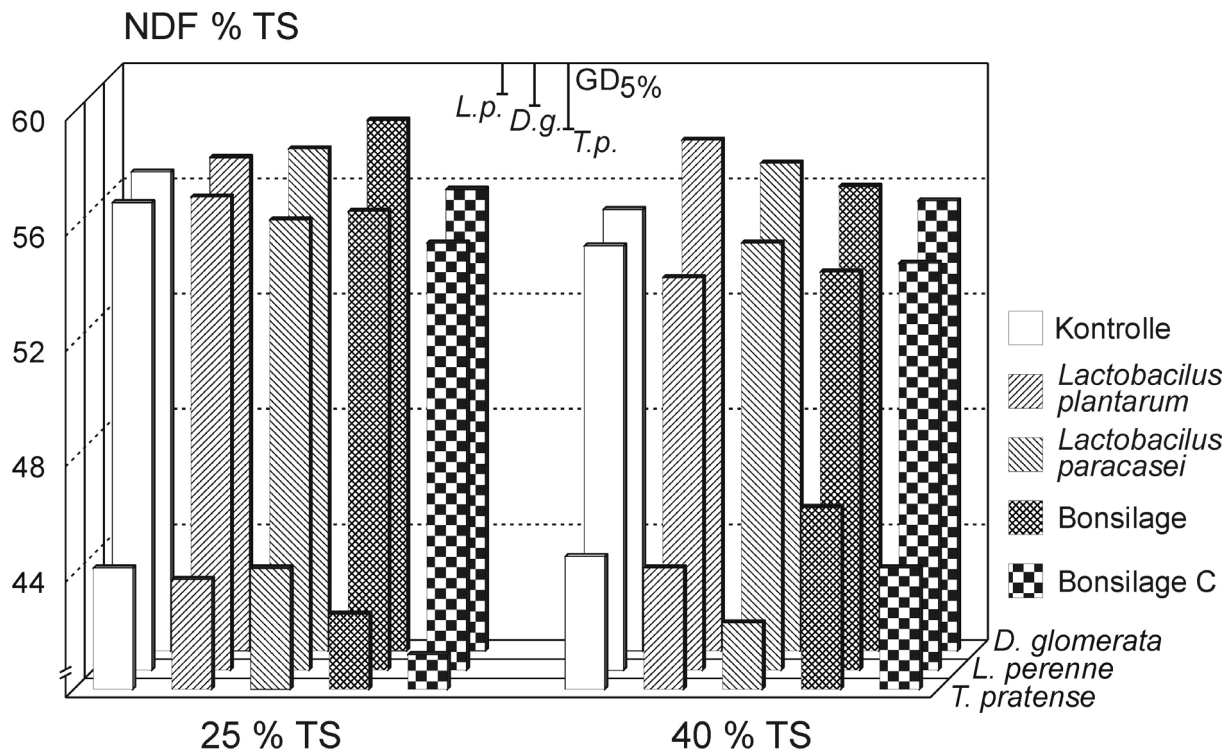


Abb. 47: NDF-Konzentrationen (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

wirkung durch die größeren Differenzen der Silierzusätze in der stärker angewelkten Variante. Die Hauptwirkung Vorwelkegrad ist in sämtlichen Fällen signifikant, zudem ist der Effekt des Vorwelkens größer als der der Silierzusätze, vgl. Anhangtab. 34. Die Silierzusätze sind in der Hälfte der Fälle signifikant. Bei den früh geernteten Primäraufwüchsen von *Lolium perenne* und *Dactylis glomerata*, den früh geernteten Sekundäraufwüchsen von *Dactylis glomerata* sowie den spät geernteten Sekundäraufwüchsen von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* ist kein Einfluss der Silierzusätze auf die NDF-Konzentrationen feststellbar.

4.2.12 ADF

Die Abb. 48 bis 51 sowie die Anhangtab. 37 zeigen die ADF-Konzentrationen der verschiedenen Aufwüchse. Die Wechselwirkung Vorwelkegrad x Silierzusatz ist in der Mehrzahl der Fälle gesichert, vgl. Anhangtab. 36. Ausgelöst wird diese Interaktion durch die größeren Differenzen der Silierzusätze in der stärker vorgewelkten Variante. Die beiden Hauptwirkungen sind in der Mehrheit der Fälle signifikant, wobei bei *Lolium perenne* und *Dactylis glomerata* zumeist der Effekt des Vorwelkens größer ist als der Effekt der Silierzusätze, hingegen ist bei *Trifolium pratense* der Effekt der Silierzusätze stärker.

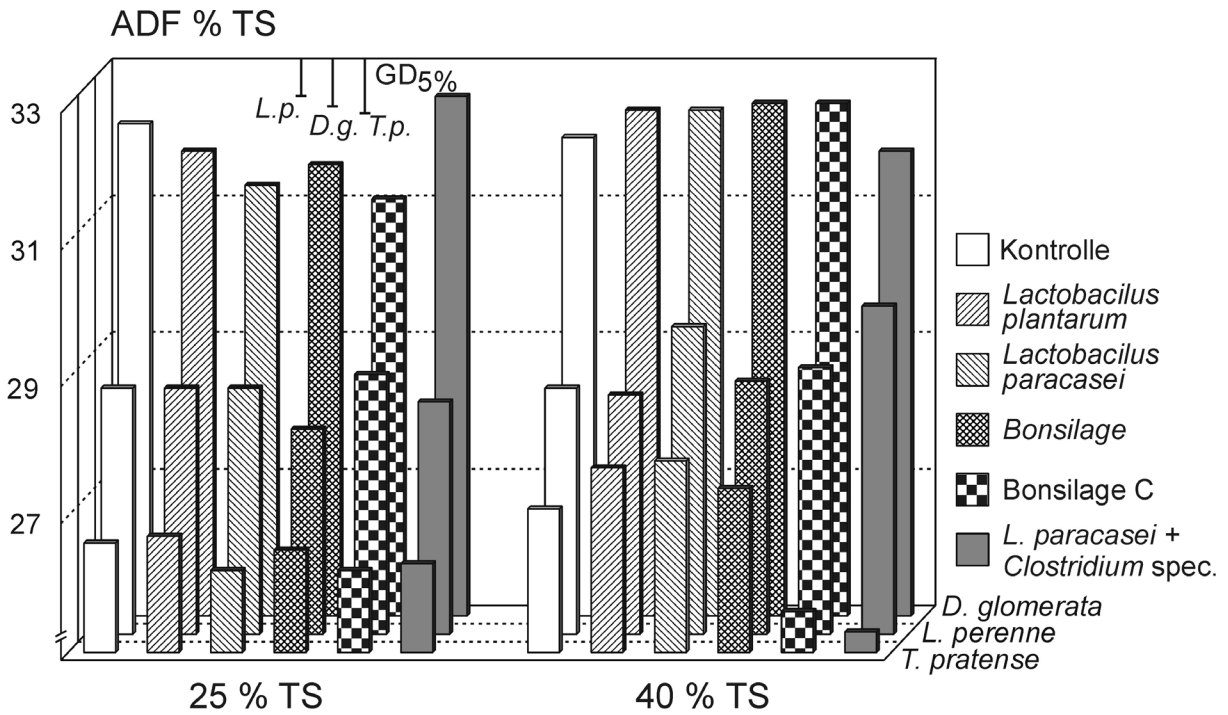


Abb. 48: ADF-Konzentrationen (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

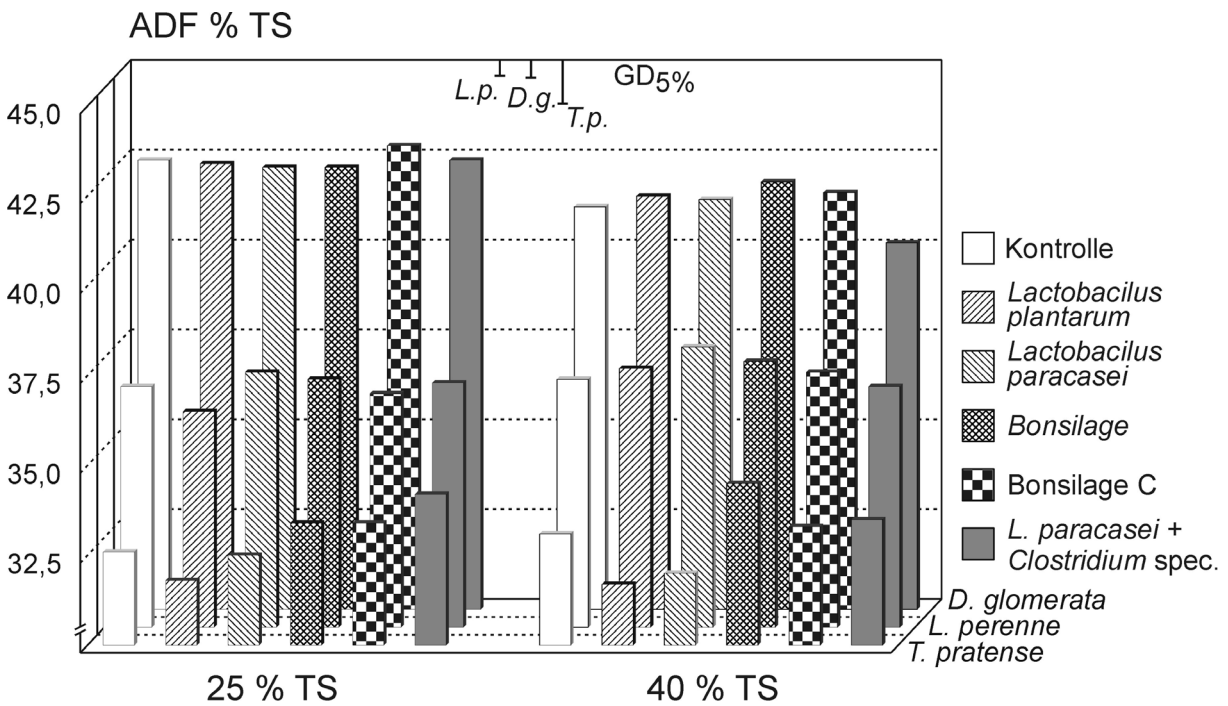


Abb. 49: ADF-Konzentrationen (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

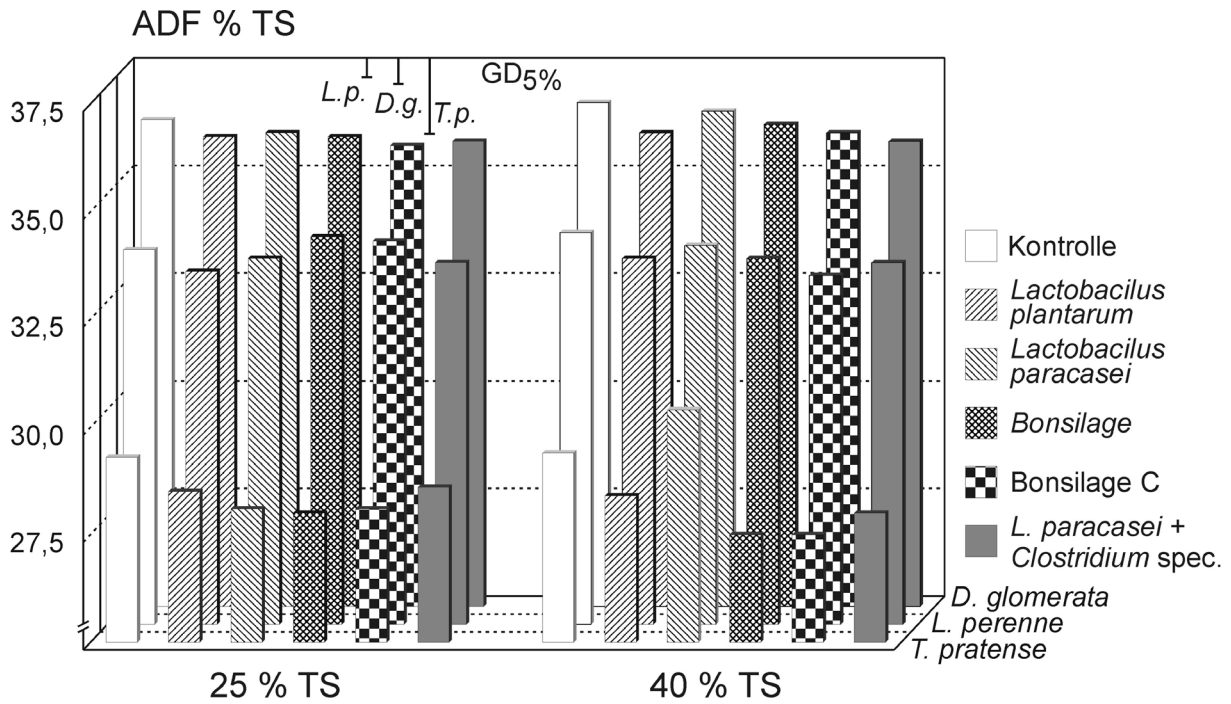


Abb. 50: ADF-Konzentrationen (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

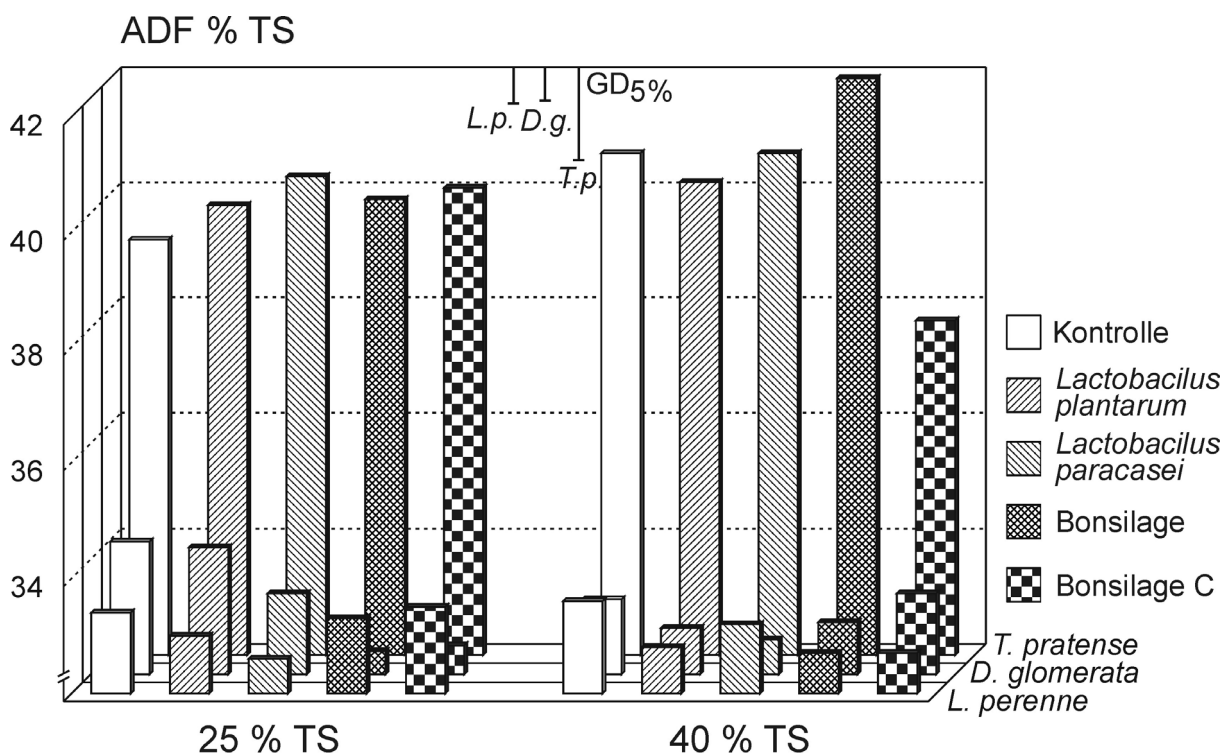


Abb. 51: ADF-Konzentrationen (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

4.2.13 ADL

In den Abbildungen 52 bis 55 sowie in Anhangtab. 39 sind die ADL-Konzentrationen in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz für die vier verschiedenen Erntetermine wiedergegeben. In der Mehrzahl der Fälle ist die Interaktion Vorwelkegrad x Silierzusatz gesichert, vgl. Anhangtab. 38.; wobei dies nicht relevant ist. Die Hauptwirkungen Silierzusatz und Vorwelkegrad sind zumeist signifikant, wobei von beiden Effekten nur ein geringer Einfluss auf die ADL-Konzentrationen ausgeht.

4.2.14 Rohasche

In den Abb. 56 bis 59 sowie in der Anhangtab. 41 sind die Rohasche-Konzentrationen der verschiedenen Erntetermine dargestellt. Die Wechselwirkung Vorwelkegrad x Silierzusatz ist in der Mehrzahl der Fälle nicht gesichert, vgl. Anhangtab. 40. Die Hauptwirkung Silierzusatz ist nicht signifikant, hingegen zeigt die Hauptwirkung Vorwelkegrad in der Hälfte der Fälle eine Signifikanz, wobei vom Effekt des Vorwelkens allerdings kein relevanter Einfluss auf die Rohasche-Konzentrationen ausgeht.

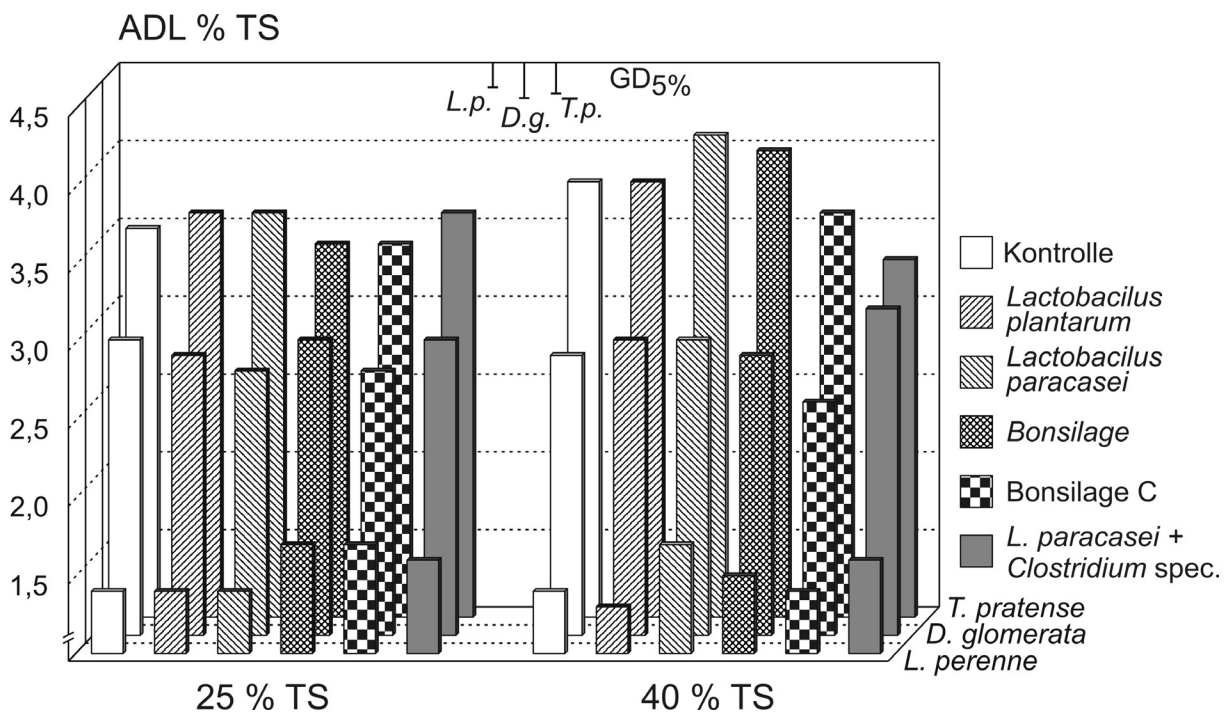


Abb. 52: ADL-Konzentrationen (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

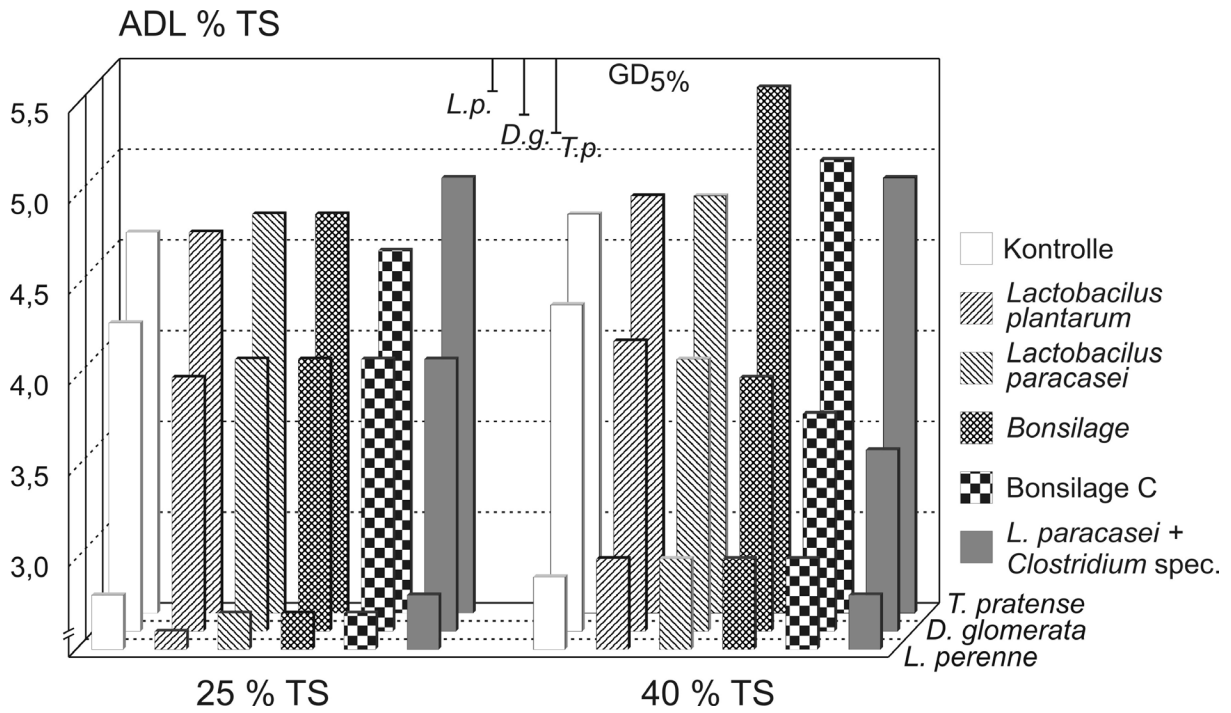


Abb. 53: ADL-Konzentrationen (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

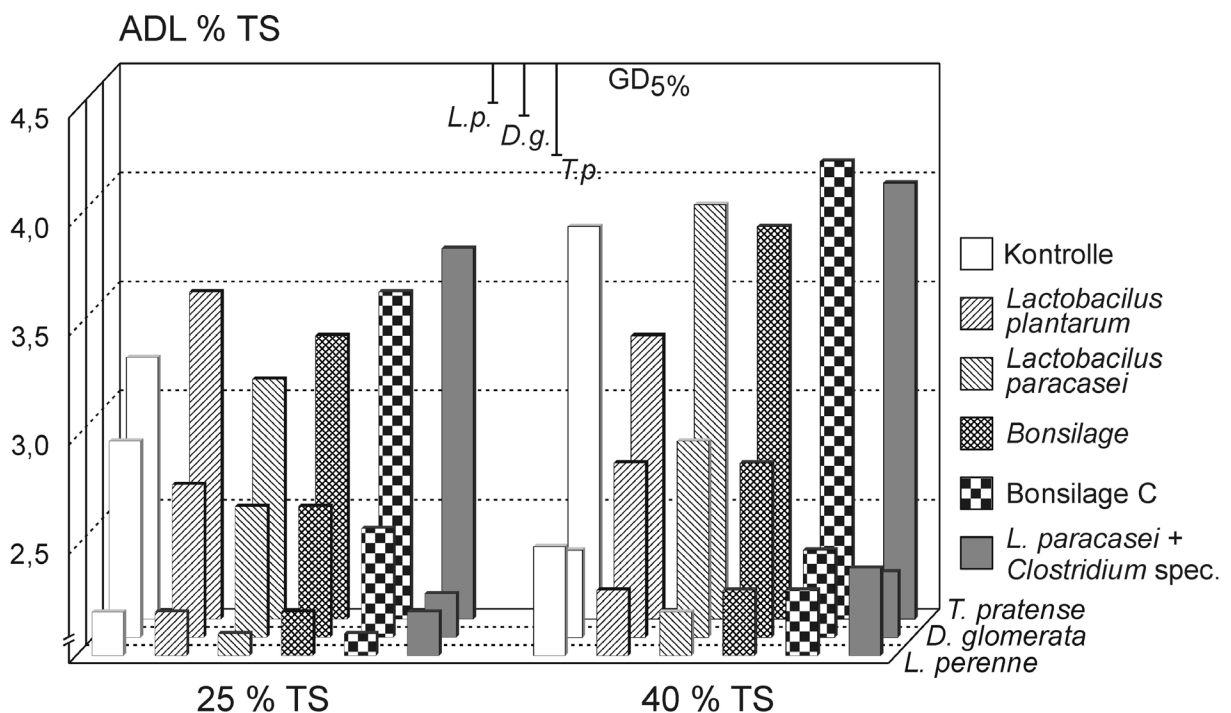


Abb. 54: ADL-Konzentrationen (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

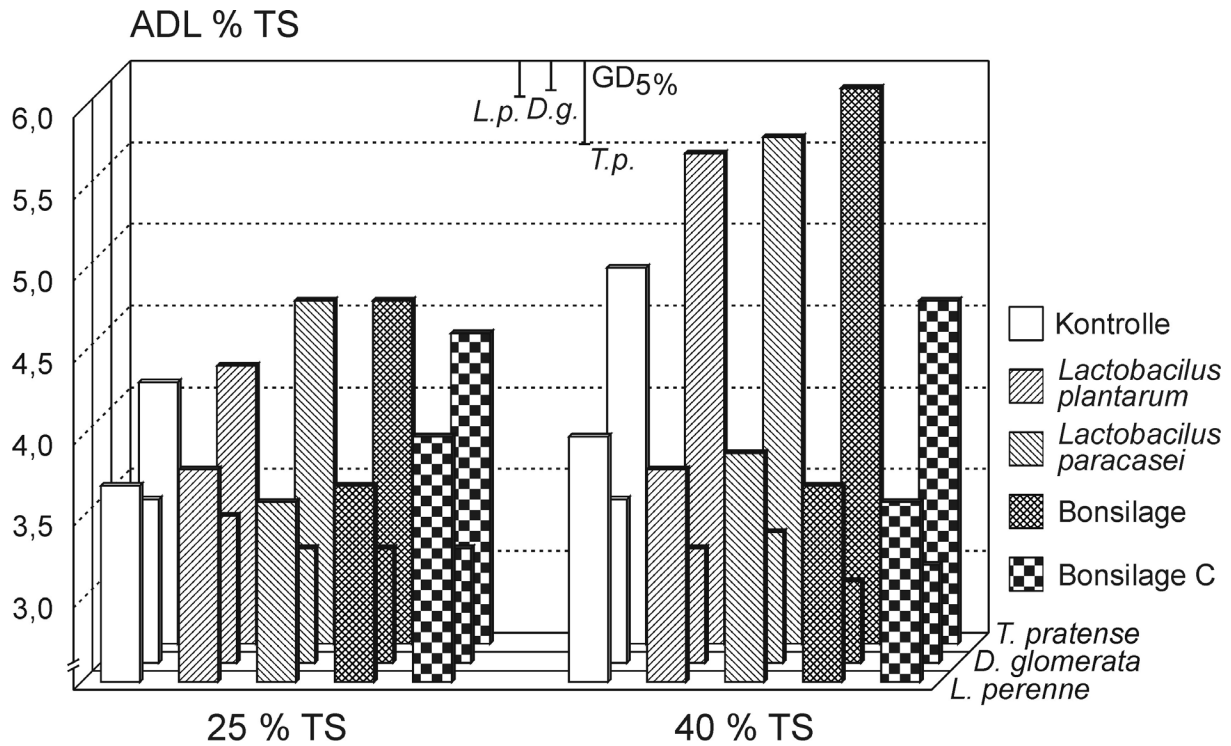


Abb. 55: ADL-Konzentrationen (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

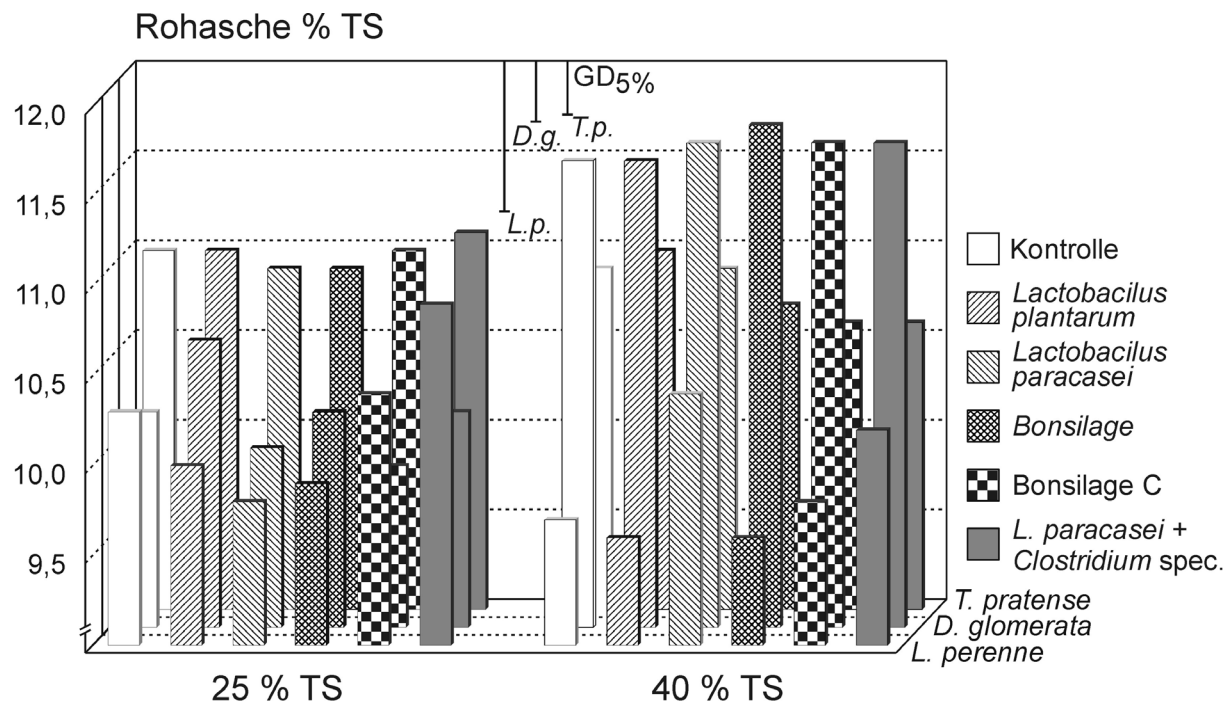


Abb. 56: Rohasche (% in TS) früh geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

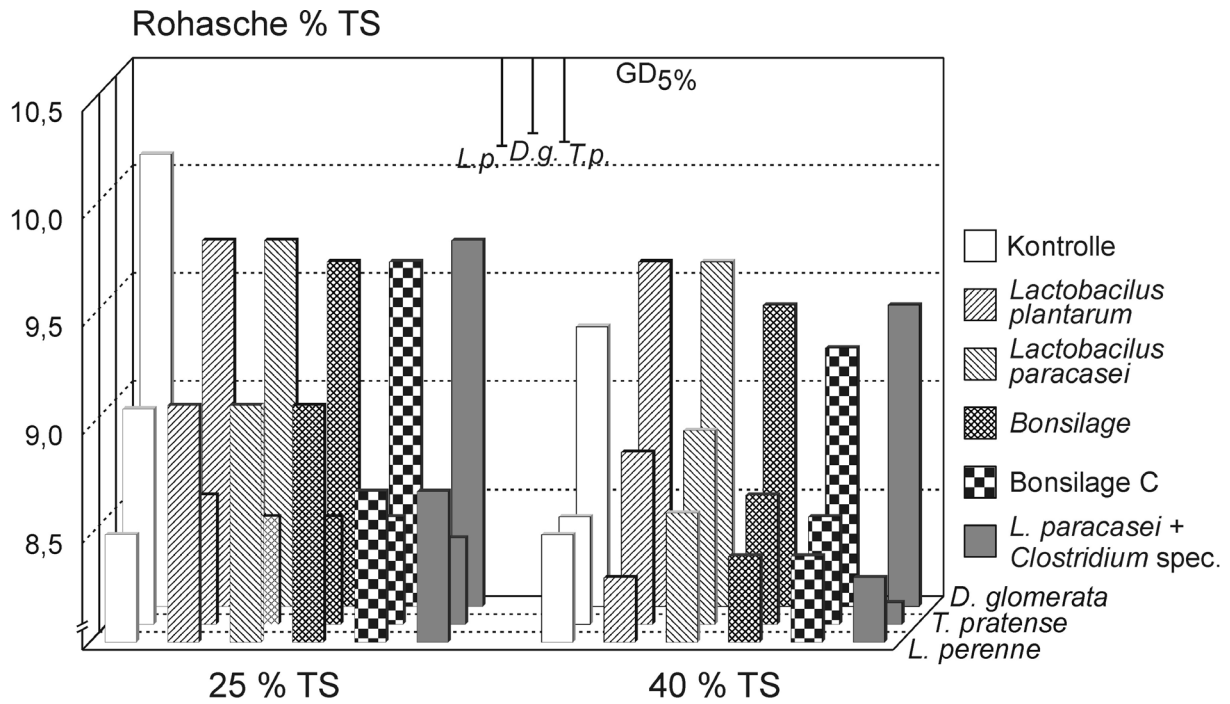


Abb. 57: Rohasche (% in TS) spät geernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

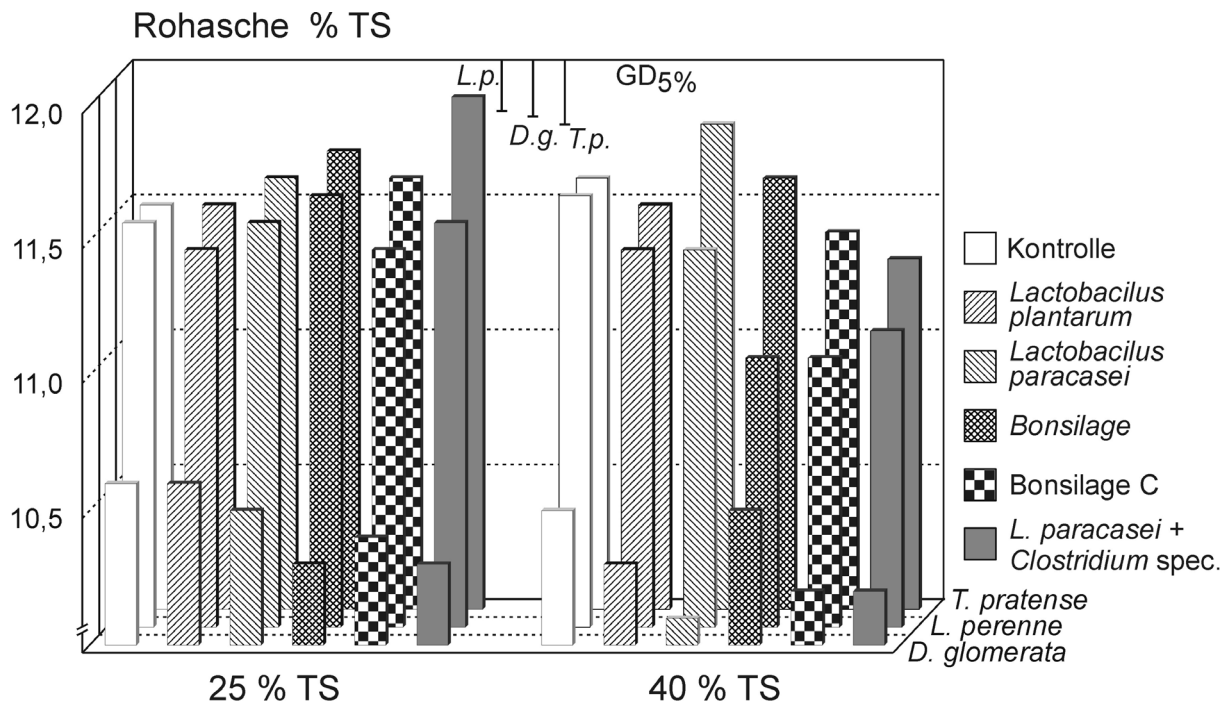


Abb. 58: Rohasche (% in TS) früh geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

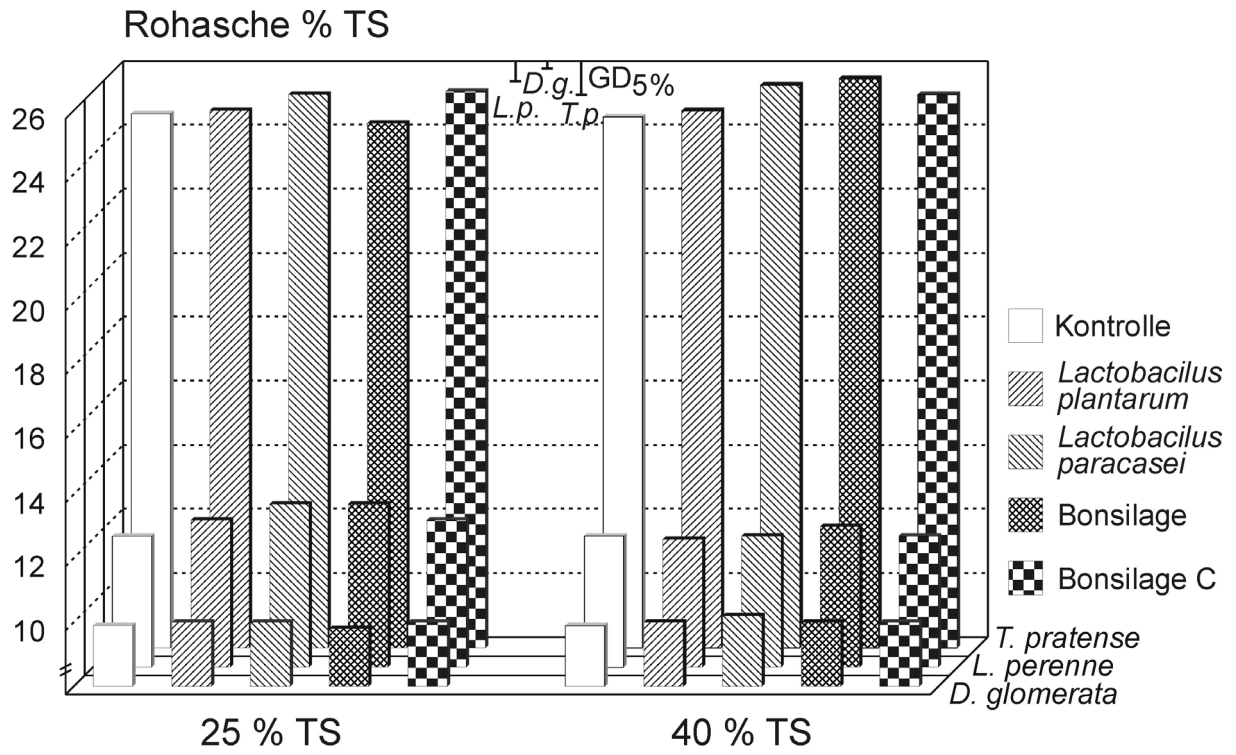


Abb. 59: Rohasche (% in TS) spät geernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad und Silierzusatz

5. DISKUSSION

5.1 Trocknungs- und Bröckelverluste

Das Trocknungsverhalten und die Bröckelverlustanfälligkeit von Futterpflanzen sind wichtige Merkmale zur Beurteilung der Konservierungseignung. Es wird angenommen, dass in der landwirtschaftlichen Praxis je nach botanischer Zusammensetzung der Aufwüchse und nach Trocknungsbedingungen bis zu einem Drittel des aufgewachsenen Ertrages bei der Heubereitung durch Atmungs-, Auswaschungs- und Bröckelverluste verloren gehen (JONES 1979, HÖHN 1989). Dabei treten Unterschiede durch die verwendete Technik auf (BECKHOFF et al. 1979). Je günstiger die Trocknungsbedingungen sind und je schneller die Pflanzen trocknen, umso geringer wird das Verlustrisiko bei der Bodentrocknung (MCGECHAN 1989, BOSMA 1991). TS-Verluste durch Abbröckeln von Pflanzenteilen bei mechanischer Belastung im Zuge der Zett-, Wende- und Erntearbeiten machen einen erheblichen Teil der gesamten Feldverluste aus. Mit steigendem Trocknungsgrad des Erntegutes nimmt die Bröckelverlustanfälligkeit zu, weil das pflanzliche Gewebe spröde wird und bei mechanischer Beanspruchung zerbricht (MCGECHAN 1989). Nach ISSELSTEIN & RIDDER (1994) ist die Bröckelverlustanfälligkeit, die durch die unterschiedliche Trocknungsgeschwindigkeit von Blatt und Stängel beeinflusst wird, bei Kräutern und Leguminosen höher als bei Gräsern. In den Untersuchungen von ISSELSTEIN (1994) bestehen die Bröckelverluste überwiegend aus Blatt- und weniger aus Stängelmasse. Das von Blatt und Halm bzw. Stängel unterschiedliche Abtrocknen (OPITZ v. BOBERFELD 1994b) hat Konsequenzen für die Anfälligkeit gegenüber Bröckelverlusten bei mechanischer Belastung. Abbröckeln hochverdaulicher Blätter mindert, über den Verlust an Trockensubstanz hinaus, die Qualität des Erntegutes (ISSELSTEIN & RIDDER 1993). Dies gilt auch für Gräser, bei denen ab dem Entwicklungsstadium „Blütenstand -Schieben“ die Futterqualität der Blätter die der Halme übersteigt (OPITZ v. BOBERFELD 1994b). Die Ermittlung der Bröckelverluste unter Feldbedingungen ist methodisch aufwendig und die Ergebnisse weisen in der Regel eine große Fehlerstreuung auf (BECKHOFF et al. 1979, KOEGEL et al. 1985). Zudem wird der Trocknungsverlauf von Futterpflanzen auf dem Felde nachhaltig von der Struktur des Schwads bzw. der Schichtstärke des Trocknungsgutes bestimmt (ISSELSTEIN 1994). In den vorliegenden Untersuchungen werden daher für die Silagebereitung jeweils 4 kg des gehäckselten Ausgangsmaterials in Darresäcke eingewogen und auf einer Darre auf einheitliche 25% TS bzw. 40% TS getrocknet.

Auf diese Weise ist eine schonende gleichmäßige Trocknung ohne mechanische Beanspruchung gegeben. Zudem bleiben mögliche Bröckelverluste weitgehend in den Darresäcken, so dass eine Verfälschung der ermittelten Ergebnisse durch Bröckelverluste weitgehend ausgeschlossen werden kann.

5.2 Gäreigenschaften

Von der Konzentration wasserlöslichen Kohlenhydraten (=wLK) geht der größte Einfluss auf die Vergärbarkeit von Pflanzenmaterial aus. Aufgrund der puffernden Eigenschaften einiger Inhaltstoffe der Futterpflanzen, wie z.B. Proteine und organischer Anionen (PLAYNE & McDONALD 1966, ZIMMER 1987), reicht die Konzentration an wLK allein aber nicht für eine Beurteilung der Gäreigenschaften des Siliergutes aus. Nach VOSS (1967) ist die für die Bildung ausreichender Mengen an Milchsäure benötigte wLK-Konzentration von der Pufferkapazität abhängig. Die höchsten wLK-Konzentrationen werden beim frühen Primäraufwuchs von *Lolium perenne* mit 19,7% in TS gemessen, vgl. Tab. 8. Nach HONIG (1987) werden für Dauerkonserven 30 g Kohlenhydrate kg^{-1} Siliergut als ausreichend angesehen. Das entspricht bei einem Vorwelkegrad von 25% einer Kohlenhydrat-Konzentration von 12% in der TS; bei einem Vorwelkegrad von 40% einer wLK-Konzentration von 7,5% in der TS. Daraus folgt, dass das Material der verschiedenen Aufwüchse mit wenigen Ausnahmen (= Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* sowie früher Sekundäraufwuchs von *Dactylis glomerata*), vgl. Tab. 9, als schwer silierbar zu bezeichnen ist. Die Pufferung der gebildeten Milchsäure wird hauptsächlich durch hohe Rohprotein- und Rohasche-Konzentrationen verursacht. Die von JUCKEN (1994) und NUSSBAUM (1998) festgestellte enge Beziehung zwischen Rohprotein-Konzentration und Pufferkapazität kann von den in Tab. 17 dargestellten Korrelationskoeffizienten nicht bestätigt werden. In der Korrelationsberechnung sind alle Aufwüchse und demnach unterschiedliche Entwicklungsstadien zusammengefasst; dies erklärt die relativ niedrigen Werte. Bei allen drei untersuchten Arten ist der Einfluss der Rohasche auf die Pufferkapazität größer als der Einfluss, der vom Rohprotein ausgeht.

Nach Angaben von ZHAO & DANIEL (1991) braucht die Rohprotein-Konzentration jedoch nicht immer mit der Pufferkapazität zu korrelieren. So beschreibt OPITZ v. BOBERFELD (1994a), dass sich die Pufferungseigenschaften des Halmes mit Hilfe der Rohprotein-Konzentration beschreiben lassen, aber die Beziehung zwischen

Rohprotein und Pufferkapazität im Blatt nicht so eng ist; das kann durch erhöhte Mineralstoffgehalte im Blatt hervorgerufen werden.

Tab. 17: Korrelationen zwischen Pufferkapazität und der Rohasche- bzw. Rohprotein-Konzentration, n = 40

		Asche	Rohprotein
Pufferkapazität	<i>L. perenne</i>	0,516**	0,261
	<i>D. glomerata</i>	0,516**	0,249
	<i>T. pratense</i>	0,421**	0,383*

Die wLK-Konzentration und die Pufferkapazität reichen jedoch als alleiniges Gärungskriterium nicht aus. Das Verhältnis beider zueinander, beschrieben durch den Zucker/Pufferkapazitätsquotienten (= Z/PK-Quotient), gibt mehr Aufschluss. Nach WEISSBACH et al. (1977) ist der benötigte Z/PK-Quotient von der TS-Konzentration abhängig; je niedriger diese ist, umso größer muss der Quotient sein. Für die Erzeugung gärbioologisch einwandfreier Silagen mit Vorwelkegraden von 30% sollte der Quotient mindestens 2,0 betragen. Die Ergebnisse zeigen, vgl. Tab. 10, dass es beim Z/PK-Quotient erteterminbedingte Einflüsse gibt. Nur bei den frühen Primäraufwüchsen von *Lolium perenne* wird der geforderte Quotient bedingt durch die hohen wLK-Konzentrationen erreicht. Die Z/PK-Quotienten der Sekundäraufwüchse von *Lolium perenne* liegen aufgrund geringer Konzentrationen an wLK und hoher Pufferkapazitäten auf einem niedrigen Niveau. Dies hat zur Folge, dass die geforderte Gäreignung im Untersuchungszeitraum meist nicht erreicht wird. McDONALD & WHITTENBURY (1973), JUCKEN (1994) und LASER (1999) stellen fest, dass sich *Trifolium pratense* durch eine hohe Pufferkapazität und eine niedrige Konzentration an wLK auszeichnet. Dies wird in der vorliegenden Untersuchung bestätigt, vgl. Tab 8 u. 9. Die hohe Konzentration an puffernden Substanzen ist auf einen artspezifisch hohen Anteil an Erdalkalien und der hohen Rohprotein-Konzentration zurückzuführen (BISKUPEK 1993 und OPITZ v. BOBERFELD & BISKUPEK 1995). Aus diesem Grund lassen die Z/PK-Quotienten von *Trifolium pratense* aller Aufwüchse keine optimale Fermentierung erwarten. Nach JUCKEN (1994) weisen kleereiche Pflanzenbestände niedrigere Z/PK-Quotienten als grasreiche Bestände auf. Die hohen wLK-Konzentrationen in den Primäraufwüchsen vom *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* sind eine Folge hoher Einstrahlung und gemäßigter

Temperaturen zum Zeitpunkt der Ernte und werden auf den bedeutenden Halmanteil, bei geringem Blattanteil dieses Entwicklungsstadiums zurückgeführt (OPITZ v. BOBERFELD 1994b). Aufgrund der artspezifischen geringen Konzentration an wLK weist *Dactylis glomerata* im Vergleich zu *Lolium perenne* geringere Z/PK-Quotienten auf. Zu gleichen Ergebnissen kommen auch JUCKEN (1994) und OPITZ v. BOBERFELD & JUCKEN (1995). Besonders *Dactylis glomerata* aber auch die Sekundäraufwüchse von *Trifolium pratense* liefern nach GROSS (1982) ein Siliergut, welches die Herstellung einer Dauerkonserve ohne chemische Hilfsmittel nur schwer ermöglicht.

5.3 Silagequalität

Die Wirkung von selektierten Laktobakterien-Konzentraten auf das Gärergebnis und die Futterqualität ist recht unterschiedlich (PAHLOW 1982, PAHLOW & HONIG 1986, MÜLLER et al. 1991, OPITZ v. BOBERFELD 1998); neben Faktoren, wie Erntetermin und Vorwelkegrad, kann der Anteil flüchtiger Stoffwechselprodukte bei der TS-Bestimmung des Gärfutters eine mögliche Einflussgröße für die unterschiedlichen Wertungen sein (OPITZ v. BOBERFELD 1998). Die Benutzung von Korrekturfaktoren oder Korrekturgleichungen zur Bewertung flüchtiger Verbindungen bei der TS-Bestimmung von Silagen setzt Informationen über den pH-Wert und die Konzentration flüchtiger Stoffwechselprodukte voraus (BERG & WEISSBACH 1976, WEISSBACH & KUHLA 1995). Fehlen diese Informationen, so ist die Gefahr der Unterbewertung groß (OPITZ v. BOBERFELD 1998); Laborexperimente und Fütterungsversuche kommen in solchen Fällen zu differierenden Wertungen (SHARP et al. 1994, PIPPARD et al. 1996). Da bei den durchgeführten Untersuchungen Informationen über den pH-Wert und den flüchtigen Stoffwechselprodukten vorliegen, ist die Trockensubstanz hier nach Berg & WEISSBACH (1976) korrigiert.

Die Silagequalität wird in den vorliegenden Untersuchungen über pH-Wert, Milch-, Essig- und Buttersäure-Konzentrationen, Ethanol sowie den $\text{NH}_3\text{-N}$ -Anteil am Rohprotein-N beschrieben. Der **pH-Wert** ist ein Maß für die H^+ -Konzentration und damit den Säuerungsgrad, folglich ein wichtiger Indikator für die Stabilität und Haltbarkeit von Silagen. Die Ansäuerung korreliert dabei eng mit der Wachstumsrate der Laktobakterien (WEISE 1969), nicht aber mit der Konzentration der Milchsäure (NUSSBAUM 1998), da die jeweilige Pufferkapazität des Erntegutes den absoluten pH-Wert beeinflusst (JUCKEN 1994, OPITZ v. BOBERFELD & JUCKEN 1995). Um auch eventuell vorhandene Buttersäurebildner auszuschalten, muss der kritische pH-Wert

rasch unterschritten werden (McDONALD ET AL. 1991, WEISSBACH & HONIG 1996). Der kritische pH-Wert ist von der jeweiligen TS-Konzentration abhängig und beträgt pH 4,34 bei dem in diesen Untersuchungen verwendeten Material mit 25% TS und pH 4,73 bei der TS-Konzentration mit 40% TS. Die Untersuchungen zeigen, dass die Konzentration wLK und die daraus resultierenden Zucker/Pufferkapazitäts-Quotienten bei den Primäraufwüchsen von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* ausreichen, um den kritischen pH-Wert zu unterschreiten. In den Silagen der Primäraufwüchse von *Dactylis glomerata* wird der kritische pH-Wert aufgrund geringerer Konzentrationen an wLK hingegen nicht erreicht vgl. Abb. 6 und 7. Bei den Sekundäraufwüchsen wird der benötigte pH-Wert meist nicht erreicht, vgl. Abb. 8 und 9. Grund dafür sind die niedrigen Z/PK-Quotienten, infolge niedriger wLK-Konzentrationen. Bei den früh geernteten Sekundäraufwüchsen wird der kritische pH-Wert bei einer TS-Konzentration von 25% nicht erreicht. Das Anwelken auf 40% TS bewirkt hingegen ein Unterschreiten des kritischen pH-Wertes. Als Konsequenz ergibt sich für das Material mit niedrigen wLK-Konzentrationen höhere Vorwelkegrade, welche u.a einen Konzentrationseffekt der wasserlöslichen Kohlenhydrate zur Folge haben (HONIG & PAHLOW 1986).

Im Hinblick auf die zugesetzten Additive ist ein nachhaltiger Einfluss auf den pH-Wert der Silagen festzustellen. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auch NUSSBAUM (1998) und OPITZ V. BOBERFELD (1998 u. 2001). Besonders dort, wo der kritische pH-Wert unterschritten wird, ist nach Zugabe von Laktobakterien eine schnellere Ansäuerung festzustellen. Das bedeutet, dass Gärschädlinge nicht tätig werden können bzw. gar nicht tätig werden konnten. ALBRECHT et al. (1992) und ROOKE & KAFILZADEN (1994) kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Im Vergleich zur Kontrollvariante zeichnen sich oft *Lac. paracasei* und *Lac. plantarum* durch eine schnelle pH-Wert-Absenkung aus; gleiches stellen WINTERS et al. (1998) fest.

Insbesondere bei geringen Konzentrationen an fermentierbarem Substrat im Pflanzenmaterial ist anscheinend eine effiziente Umsetzung in Milchsäure bedeutsam. Durch Zugabe von Inokulantien wird beabsichtigt, den Mangel an erwünschten Laktobakterien (= LAB) auf dem Siliergut auszugleichen (PAHLOW & MÜLLER 1990, LIN et al. 1992) und darüber hinaus die homofermentative Milchsäurebildung anzuregen (HARRISON et al. 1989).

Die vorhandene **Milchsäure-Konzentration** spiegelt u.a. den Besatz und die Aktivität der LAB während des Silierprozesses wieder. Dabei ist ein signifikanter

Einfluss des jeweiligen LAB-Präparats festzustellen, vgl. Abb. 10 bis 13 und Anhangtab. 16. und 17. Der Zusatz von LAB führt zu einem signifikanten Anstieg der Milchsäure-Konzentration. Grund dafür ist u.a. die verstärkte homofermentative Milchsäuregärung infolge der zugegebenen selektierten LAB. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auch KAISER & WEISS (1997), OPITZ v. BOBERFELD (1998), WINTERS et al. (1998) und SHURKHNO et al. (2005). Während mit zunehmender TS-Konzentration der pH-Wert ansteigt, sinkt die Produktion von Milchsäure. Dies zeigt, dass die LAB bei der vorliegenden Konzentration an wLK im feuchten Material aktiv sind. Zu gleichen Ergebnissen kommen auch YAHAJA et al. (2002). Bei den Silagen der spät geernteten Sekundäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* und bei der schwächer vorgewelkten Variante beider Arten beim früh geernteten Sekundäraufwuchs ist die Milchsäurebildung zum Erreichen des kritischen pH-Wertes nicht ausreichend. Gleiches gilt für alle Silagen von *Dactylis glomerata* mit Ausnahme des frühgeernteten Sekundäraufwuchses. Obwohl die eingesetzten LAB auch in diesen Silagen eine erhöhte Milchsäure-Produktion bewirken, reichen die Milchsäure-Konzentrationen aufgrund der niedrigen Konzentrationen an wLK nicht aus, um stabile Silagen zu erhalten.

Der Einfluss der LAB-Impfkulturen auf die **Essigsäure-Konzentration** ist uneinheitlich, vgl. Abb. 14 bis 17 und Anhangtab. 19. Die Bildung von Essigsäure lässt auf die Stoffwechselaktivität von heterofermentativen Laktobakterien der natürlichen Mikroflora schließen. Der Zusatz von homofermentativen LAB, der nach PITT (1992) den natürlichen Besatz an LAB dominieren soll, führt, wie auch FÜRSTENBERG & FISCHER (1994) feststellen, zu einer geringeren Essigsäurebildung. Die teilweise erhöhten Essigsäure-Konzentrationen in den vorliegenden Untersuchungen sind durch die Aktivität heterofermentativer LAB und Enterobakterien der natürlichen Mikroflora erklärbar. VAITIEKUNAS & ABEL (1993) finden ebenfalls keine Unterdrückung der Essigsäureproduktion nach Zugabe von homofermentativen LAB. Bis auf einige Varianten beim frühen Primäraufwuchs von *Lolium perenne* liegen die Essigsäure-Konzentrationen aller Silagen laut DLG-Schlüssel (ANONYMUS 2006) im erwünschten Rahmen < 3% in der TS.

Auftretende **Buttersäure** ist ein Anzeichen einer fehlgeleiteten Gärung durch das Vorkommen von Clostridien. WIK und Milchsäure dienen den saccharolytischen Clostridien als Nahrungsquelle, die dann zu Buttersäure umgebaut werden. Die Buttersäure-Konzentrationen liegen in der Mehrzahl der untersuchten Silagen unter

der Nachweisgrenze, vgl. Abb. 18 und 19 sowie Anhangtab. 21. Nur bei den Primäraufwüchsen von *Dactylis glomerata* und der Kontrollvariante von *Lolium perenne* bei der schwächer vorgewelkten Variante beim spätereernteneten Primäraufwuchs sind Buttersäure-Konzentrationen bis $> 4\%$ in der TS feststellbar. Nach WEISSBACH (1977) kann nur von buttersäurefreien Silagen gesprochen werden, wenn die Konzentration $< 0,3\%$ liegt. Auffällig ist, dass die Buttersäure-Konzentration bei der höheren TS-Variante deutlich zurückgeht. Hier zeigt sich, dass die Aktivität der Clostridien mit zunehmender Feuchtigkeit ansteigt (SPOELSTRA 1993 und OPITZ v. BOBERFELD 2001). Buttersäure wird vor allem dann gebildet, wenn der Clostridien-Besatz aufgrund von Verschmutzung des Erntegutes durch übermäßigen Erdanteil hoch und gleichzeitig der Nitrat-Gehalt niedrig ist. Die vorgefundenen Rohasche-Konzentrationen sind im Gegensatz zu den buttersäurefreien Silagen nicht erhöht, so dass dies vermutlich nicht der ausschlaggebende Faktor für die hohen Buttersäure-Konzentrationen ist. Die Zugabe von LAB führt im Vergleich zu den buttersäurehaltigen Kontroll-Silagen zwar nicht zu einer vollständigen Unterdrückung der Buttersäure, aber zu deutlich niedrigeren Buttersäure-Konzentrationen. Ausnahme ist hier die Variante 25% TS beim spätgeernteten Sekundäraufwuchs von *Dactylis glomerata*. POLIP & KAISER (1997) finden bei schwer silierbaren Ausgangsmaterial durch den Zusatz von LAB-Inoculantien keine Unterdrückung der Buttersäure, was sie auf das Fehlen der inhibierenden Wirkung des Nitrates zurückführen.

Bei der buttersäurehaltigen Kontrollsilage vom spätgeernteten Primäraufwuchs von *Lolium perenne* bedingt der Einsatz der LAB-Präparate ein Absenken der Buttersäure-Konzentration bis annähernd zur Nachweisgrenze. Zu gleichen Ergebnissen kommen NUSSBAUM (1998), STERZENBACH (2000) und THAYSEN (2001) in ihren Untersuchungen. Selbst die Variante mit *Lac. paracasei* und zugesetzten Clostridien zeigt nur in den Primäraufwüchsen von *Dactylis glomerata* nennenswerte Buttersäure-Konzentrationen, deren Höhe vergleichbar ist mit den Buttersäure-Konzentrationen der anderen untersuchten LAB-Zusätze, vgl. Abb. 18 und 19 sowie Anhangtab. 21. Dies zeigt, dass bei ausreichendem fermentierbaren Material der homofermentative Stamm *Lac. paracasei* in der Lage ist, die Aktivität der zugesetzten Clostridien zu beeinträchtigen und damit eine Produktion von Buttersäure zu unterdrücken.

Auf die **flüchtigen Fettsäuren** wird hier nicht weiter eingegangen, da deren Hauptbestandteil die Butter- und Essigsäure ausmacht und dies bereits diskutiert ist. Die **Ethanol-Konzentrationen** sind insgesamt mit $< 1,5\%$ niedrig, vgl. Abb. 24 bis 27 und Anhangtab. 25. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch JUCKEN (1994), STERZENBACH (2000), OPITZ v. BOBERFELD (2001) und OPITZ v. BOBERFELD & STERZENBACH (2001). Wobei die Ethanol-Konzentrationen in den Silagen der Sekundäraufwüchse mit $< 0,4\%$ deutlich geringer sind als in den Silagen der Primäraufwüchse. Die niedrigen Ethanol-Konzentrationen sind vor allem auf eine geringe Aktivität von Hefen und Enterobakterien zurückzuführen. Diese fermentieren wK zu Ethanol. Daher sind die höheren Ethanolgehalte in den Primäraufwüchsen offenbar durch eine größere Aktivität von Hefen und Enterobakterien begründet. Der höhere Vorwelkegrad bedingt bei den Primäraufwüchsen in der Mehrzahl der Varianten eine Abnahme der Ethanol-Konzentrationen. Zu gleichen Ergebnissen kommt OPITZ v. BOBERFELD (2001) in seinen Untersuchungen; dort treten in den Silagen $> 40\%$ TS Ethanol-Konzentrationen von $1,1\%$ und bei Vorwelkegraden $< 30\%$ TS Ethanol-Konzentrationen von $1,7\%$ in der TS auf. Im Gegensatz dazu beschreiben DRIEHUS & v. WIKSELAAR (2000) eine Erhöhung der Ethanol-Konzentrationen in Silagen mit hohen TS-Konzentrationen. Anhand der vorliegenden Ergebnisse lässt sich zudem ein Einfluss der zugesetzten LAB-Inokulantien feststellen; in der Kontrolle liegen die Ethanol-Konzentrationen signifikant höher als bei der Zugabe der Additive. Somit wirken die Zusätze hemmend auf die Hefen und Enterobakterien. Zu gleichen Ergebnissen kommen KAISER & WEISS (1997b), STERZENBACH (2000), und DRIEHUS & v. WIKSELAAR (2000). Hingegen findet WYSS (1993) erhöhte Konzentrationen bei Zugabe von Additiven, was er mit dem Auftreten von Hefen und einer damit verbundenen alkoholischen Gärung begründet.

Der **NH₃-N-Anteil am Rohprotein-N** ist ein Indikator für den Eiweißabbau und damit ist der NH₃-Anteil eine wichtige Größe für die Silagequalität. Die Entstehung von NH₃ durch die Aktivität proteolytischer Enzyme sollte möglichst gering sein. Nach McDONALD et al. (1991) ist eine hohe NH₃-Konzentration ein Anzeichen für einen hohen Anteil peptolytischer Clostridien. Nach Untersuchungen von GROSS (1982) führen hohe NH₃-N-Konzentrationen zum zusätzlichen Abpuffern der bereits gebildeten Milchsäure und zum Wiederanstieg der pH-Werte in solchen Silagen. In den vorliegenden Untersuchungen liegen die Konzentrationen an NH₃-N zwischen $4,3\%$ und $30,0\%$, vgl. Abb. 28 bis 31 und Anhangtab. 27. Insgesamt liegen die NH₃-

Anteile meist über dem Grenzwert von 8%, ab dem von einem beginnenden Eiweißverderb gesprochen werden kann (WIERINGA 1961); Ausnahmen sind hier nur die Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* und die frühen Sekundäraufwüchse von *Dactylis glomerata* und *Trifolium pratense* der stärker vorgewelkten Varianten. Nach WIERINGA (1961) gelten Silagen als verdorben, wenn der NH_3 -Anteil am Rohprotein-N $> 16\%$ ist. Dies ist bei den frühen Primäraufwüchsen von *Dactylis glomerata* und bei den Sekundäraufwüchsen von *Lolium perenne* als auch bei der Kontrollvarianten von *Trifolium pratense* bei der geringeren Vorwelkenstufe im frühen Sekundäraufwuchs der Fall. Das stärkere Vorwelken bedingt in den meisten Fällen eine signifikante Abnahme der NH_3 -Konzentrationen. Demnach sind die Eiweißzersetzer nach VOSS (1967) durch das Vorwelken in ihrer Wirkung gehemmt. Auch hier wird die Abhängigkeit vom Z/PK-Quotienten und damit der Gäreignung sichtbar. Mit Zunahme der Z/PK-Quotienten geht auch der NH_3 -Anteil zurück. Von den Silierzusätzen geht auch hier ein relevanter Einfluss aus. In der Mehrzahl der Fälle bewirken die zugesetzten LAB niedrigere NH_3 -Konzentrationen. Zu gleichen Ergebnissen kommen PAHLOW & HONIG (1986), OPITZ v. BOBERFELD (1997) und NUSSBAUM (1998). KAISER et al. (1995) führen die niedrigen NH_3 -Konzentrationen darauf zurück, dass die Buttersäurebildung nicht direkt im Zusammenhang mit dem Aminosäureabbau steht und somit die Milchsäure allein als Substrat für die Bildung von Buttersäure dient. Das in den vorliegenden Untersuchungen trotz größtenteils buttersäurefreier Silagen ein Eiweißabbau stattfindet, lässt auf das Vorherrschen von Proteolyten schließen, die zwar auch Buttersäure bilden können, sich aber in einigen Formen ganz auf den Eiweißabbau spezialisiert haben (SCHMIDT et al. 1973). Die Effekte der eingesetzten LAB sind in den feuchteren Silagen noch deutlicher als in den stärker vorgewelkten Varianten. So werden im frühen Primäraufwuchs von *Dactylis glomerata* die hohen NH_3 -Anteile von 30% durch den Einsatz der LAB fast halbiert. Gleiches ist beim spätgeernteten Primär- und frühgeernteten Sekundäraufwuchs von *Trifolium pratense* zu verzeichnen. Hier kann der NH_3 -Anteil beim spätgeernteten Primäraufwuchs wiederum von 18,1% auf 7,6% bis 10,6% je nach Zusatz gesenkt werden. Beim frühgeernteten Sekundäraufwuchs ist sogar ein Rückgang des NH_3 -Anteils von 29% auf 10,5% beim Einsatz von Bonsilage zu beobachten. Daher können durch den gezielten Einsatz der LAB wieder NH_3 -Anteile von deutlich $< 16\%$ erreicht werden, damit gelten diese Silagen nach WIERINGA (1961) nicht mehr als verdorben.

Die Konzentration **wasserlöslicher Kohlenhydrate** in den Silagen liegt bei allen Aufwüchsen und Arten im Mittel zwischen 0,2% und 2,2% der TS, vgl. Abb. 32 - 35 und Anhangtab. 29. Hohe Konzentrationen können nach OPITZ v. BOBERFELD (1994a) von Hefen zu Alkohol abgebaut werden, was den Wert des Futters nach der Auslagerung gefährdet. Nach KAISER et al. (1997a) sollte eine stabile Silage jedoch über genügend Reserven an wLK verfügen, um einen niedrigeren pH-Wert bei längerer Lagerungsdauer zu gewährleisten und so die Gefahr des „Umkippen“ zu verhindern. Auch hier kann ein relevanter Einfluss der eingesetzten LAB-Inokulantien festgestellt werden. In der Mehrzahl der Fälle kommt es zu einer Abnahme der Konzentration wLK durch den Einsatz der LAB. Dies ist durch die Bildung größerer Milchsäure-Konzentrationen und die damit verbundenen niedrigeren pH-Werte infolge einer effizienteren Umsetzung der vorhanden wLK begründet. Im Gegensatz dazu zeichnet sich *Lac. paracasei* oft durch höhere Konzentrationen wLK im Vergleich zur Kontrolle bei gleichzeitig höheren Milchsäure-Konzentrationen und niedrigeren pH-Werten aus. Dies ist durch die von MATHIES (2004) dargestellte Fähigkeit des Stammes *Lac. paracasei*, ein breites Kohlenhydrat-Spektrum und damit auch einige der Strukturkohlenhydrate aufzuschließen zu können, erklärbar.

5.4 Gärverluste

WEISSBACH (2005) zeigt, dass die TS-Verluste, begründet durch gasförmige Fermentationsprodukte, durch die Untersuchungsmethode beeinflusst werden. Die am häufigsten verwendete Methode ist der Vergleich der in ein Silo eingebrachten und nach der Silierung wieder ausgelagerten Trockensubstanz. Andere Methoden basieren auf der Messung der Fermentationsgase, die spontan das Silo verlassen, entweder indem man diese direkt in einem bestimmten Medium, wie KOH, einfängt oder noch einfacher indem man das befüllte Silo zu Beginn und am Ende des Fermentationsprozesses wiegt. Hierbei sind jedoch die TS-Konzentrationen wesentlich geringer als bei der TS-Bestimmung nach Öffnung des Silos. Die Differenz ist in einer bestimmten Menge CO₂ begründet, die sich in der Silage befindet (WEISSBACH 2005).

BERG (1971) teilt in seinen Untersuchungen die gasförmigen Fermentationsprodukte in verschiedenen Fraktionen auf:

- CO₂ das spontan das Silo verlässt,
- CO₂ das beim Entleeren des Silos entweicht,

- CO₂ das beim trocknen der Silage verloren geht,
- eine kleine Menge anderer Gase, welche spontan dem Silo entweichen und mit KOH nicht aufgefangen werden können.

Die Gesamtheit aller vier Fraktionen stellt die Fermentationsverluste dar. Die Summe aus dem CO₂ das spontan das Silo verlässt und der Menge anderer Gase, welche spontan dem Silo entweichen und in KOH nicht aufgefangen werden können, stellt den Gewichtsverlust des Silos während der Fermentation dar. Die Summe aus dem CO₂ das beim Entleeren des Silos entweicht und dem CO₂ das beim trocknen der Silagen verloren geht, ist die Menge an CO₂, die in der Silage verbleibt und erst bei der Entleerung des Silos entweicht (WEISSBACH 2005). Nach BERG (1971), macht der in der Silage verbleibende und erst bei Siloentleerung austretende CO₂-Anteil etwa 2,5% der einsiliierten TS aus. Als Konsequenz können nach WEISSBACH (2005) die TS-Verluste in Laborsilos ohne Lufteinfluss und Gasausfluss durch die Differenz zwischen Gewicht am Beginn und am Ende der Fermentation + 2,5 bestimmt werden.

In den vorliegenden Untersuchungen liegen die Gärverluste alleine auf Basis der Wägung ohne weitere Korrekturen bei allen drei Arten zwischen 0,5% und 1,7%. Hierbei sind die Laborsilos direkt nach dem Einsilieren und direkt vor der Auslagerung gewogen worden. Aufgrund der letztendlich doch bestehenden Problematik der unterschiedlichen Bestimmungsmethoden wird hier darauf verzichtet, die Gärverluste mit den Literaturangaben zu diskutieren. Unter Praxisbedingungen sind deutlich höhere Gärverluste zu verzeichnen.

5.5 Verdaulichkeit organischer Substanz

5.5.1 Gerüstsubstanzen

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (= DOM) variiert unter dem Einfluss des Standortes, der klimatischen Bedingungen und insbesondere des Entwicklungsstadiums der Pflanze (KÜHBAUCH 1987, OPITZ V. BOBERFELD 1994b). Im Laufe der Vegetationsperiode sinkt die DOM, da mit fortschreitender Seneszenz der Zellwandanteil zunimmt. Aber nicht nur der Zellwandanteil, sondern auch die Zellwandzusammensetzung begründen die Unterschiede in der DOM. Die Faktoren NDF, ADF und ADL stellen die schwer- oder unverdaulichen Gerüstsubstanzen dar (OPITZ V. BOBERFELD 1994a), wobei der prozentuale Anteil dieser Fraktionen für die DOM entscheidend ist.

Durch die unterschiedlich langen Wachstumsperioden weisen die Aufwüchse deutlich unterschiedliche **NDF**-Konzentrationen auf, vgl. Abb. 44 bis 47 und Anhangtab. 35. Dabei bewirkt das frühe Schneiden der Aufwüchse niedrigere NDF-Konzentrationen, da davon auszugehen ist, dass in der längeren Wachstumsperiode deutlich mehr Stützgewebe vorhanden ist. Zu gleichen Ergebnissen kommen KRÄLING (2005), NEFF (2005) und OPITZ V. BOBERFELD & NEFF (2006). Auch OPITZ VON BOBERFELD (1994b) berichtet vom Einfluss des Entwicklungsstadiums von Futtergräsern auf die Konzentration der Gerüstsubstanzen. Die **ADF**-Konzentrationen verhalten sich ähnlich den NDF-Konzentrationen, auch hierbei sind die mittleren Konzentrationen der einzelnen Aufwüchse verschieden vgl. Abb. 48 bis 51 und Anhangtab. 37. Sie variieren bei *Lolium perenne* von 28% im frühen Primäraufwuchs bis hin zu 37% im späten Sekundäraufwuchs, vgl. Abb. 48-51 und Anhangtab. 37. Größere Schwankungen sind bei *Dactylis glomerata* von minimal 31,1% im frühen Primäraufwuchs und maximal 42,9 % im späten Primäraufwuchs zu verzeichnen. Hingegen ist das Minimum bei *Trifolium pratense* mit 26,2% im frühen Primäraufwuchs der niedrigste Wert aller drei untersuchten Arten; das Maximum von 42,0% im spätgeernteten Sekundäraufwuchs zeigt die großen Differenzen in den ADF-Konzentrationen. Diese starken Differenzen innerhalb der Arten werden durch die Untersuchungen von KRÄLING (2005) nicht vollständig bestätigt, hier sind Differenzen von 5 bis 6 Prozentpunkten der ADF-Konzentration verschiedenen Alters und verschiedener Jahresaufwüchse von spätgeernteten Mischbeständen zu verzeichnen. Nach OPITZ V. BOBERFELD (1994a) beträgt die tägliche Zunahme der ADF-Konzentrationen etwa 0,2% mit einer geringen Varianz, wodurch das physiologische Alter der Bestände ausschlaggebend für die Höhe der ADF-Konzentration ist. Zudem berichtet der gleiche Autor von einer Verschiebung des Blatt/Halm-Verhältnisses mit zunehmendem Alter der Pflanzen, wobei der Halm sowohl eine größere Masse als auch einen höheren Gerüstsubstananteil erlangt. Wie bereits die NDF- und ADF-Konzentrationen, so unterscheiden sich die **ADL**-Konzentrationen der Aufwüchse der untersuchten Arten vgl. Abb. 52 bis 55 und Anhangtab. 39. Bei *Lolium perenne* liegen die ADL-Konzentrationen zwischen 1,4% und 4,0% in TS, bei *Trifolium pratense* zwischen 3,1% bis zu 5% in TS und bei *Dactylis glomerata* zwischen 2,5% und ebenfalls maximal 4,0%. vgl. Abb. 52 bis 55 und Anhangtab. 39, wobei bei den physiologisch jüngeren Aufwüchsen die niedrigeren Konzentrationen zu finden sind.

Bei Aufwüchsen höheren physiologischen Alters sind offenbar nach WOLF (2002) Assimilate bereits zu Strukturkohlenhydraten mit höherem Polymerisationsgrad umgewandelt worden. OPITZ V. BOBERFELD (1994b, 1996) berichtet von steigendem Anteil der Gerüstsubstanzen mit zunehmendem Alter der Aufwüchse. So bestehen, entsprechend Tab. 18, enge Korrelationen zwischen NDF, ADF und ADL und der Verdaulichkeit organischer Substanz mit einem Bestimmtheitsmaß $> 50\%$ bei *Lolium perenne* und *Trifolium pratense*. Mit steigendem Anteil der Gerüstsubstanzen nimmt die DOM ab. BUXTON & REDFEARN (1997) nennen Lignin als bestimmender Faktor für die Verdaulichkeit organischer Substanz. Jedoch zeigen die Ergebnisse, dass bei *Dactylis glomerata* und *Trifolium pratense* die engste Beziehung zur NDF-Konzentration besteht, vgl. Tab. 18. In den vorliegenden Untersuchungen bestehen besonders bei *Trifolium pratense* und *Lolium perenne* enge Beziehungen zwischen allen Gerüstsubstanzen; zu ähnlichen Ergebnissen kommen OPITZ V. BOBERFELD & NEFF (2006).

Tab. 18: Korrelationen (= r) zwischen Verdaulichkeit organischer Substanz, NDF, ADF, und ADL von *L. perenne* n = 144, *D. glomerata* n = 48 und *T. pratense* n = 120 der stabilen Silagen

		NDF	ADF	ADL
Verd. org. S.	L. perenne	- 0,761**	- 0,820**	- 0,907**
	D. glomerata	- 0,432**	- 0,323*	- 0,056
	T. pratense	- 0,935**	- 0,889**	- 0,871**
	L. perenne		0,964**	0,633**
	NDF D. glomerata		0,219	0,093
	T. pratense		0,953**	0,883**
	L. perenne			0,694**
	ADF D. glomerata			0,335*
	T. pratense			0,875**

Offenbar ist nicht die Lignin-Konzentration allein ausschlaggebend für die Verdaulichkeit organischer Substanz, sondern der Grad der Verknüpfung des Lignins mit anderen Zellwandbestandteilen. Nach SÜDEKUM (2001) ist Lignin über Quervernetzungen mit Hemicellulosen verbunden und beeinträchtigt demnach auch die Verdauung dieser Zellwandfraktion. BEN GHEDALIA et al. (1995) bestimmen die monomere Zusammensetzung und *in vitro*-Verdaulichkeit der Zellwandkohlenhydrate

von Weizenganzpflanzen, Blättern, Halmen und Ähren und können die Depression in der Zellwandverdaulichkeit der Xylanfraktion der Hemicellulosen und der Lignifizierung der Hemicellulosen zuordnen. Lignin geht nach JUNG (1989) mit Hemicellulose im Gegensatz zur Cellulose eine kovalente Bindung ein. Daher liegt die Vermutung nahe, dass die DOM von Hemicellulose durch die Lignifizierung stärker beeinträchtigt wird als die DOM der Cellulose (FORD 1978). Obwohl eine negative Beziehung zwischen DOM und ADL-Konzentration besteht, folgert JUNG (1989), dass die räumliche Anordnung des gebundenen Lignins entscheidender ist. Die geringen Korrelationen der einzelnen Gerüstsubstanzen von *Dactylis glomerata* untereinander und mit der DOM sind u.a. in der geringen Varianz der Werte begründet. In die Berechnung der Korrelationen sind nur die Werte der Silagen eingegangen, bei denen der kritische pH-Wert erreicht bzw. unterschritten ist, dies war bei *Dactylis glomerata* nur im frühen Sekundäraufwuchs der Fall.

In den Abb. 60 bis 68 sind die Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL der Silagen verschiedener Schnitte von *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* und *Trifolium pratense* im Vergleich zu den NDF-, ADF- und ADL-Konzentrationen des Anwelkgutes dargestellt. Tritt keine Veränderung vom Anwelkgut zur Silage ein, so entspricht die Regression der Winkelhalbierenden. Zwischen den Gerüstsubstanzen vom Anwelkgut und dem entsprechenden Gärfutter liegen die Bestimmtheitsmaße bei *Dactylis glomerata* markant < 50%. Wird *Dactylis glomerata* nicht betrachtet, so zeigt sich bei den restlichen Arten für die Fraktion NDF, dass der Fermentationsprozess die NDF-Konzentration mindert, die ADF-Konzentration nimmt dagegen durchweg zu und die ADL-Konzentration verhält sich indifferent.

5.5.2 Vorwelkegrad

In den Abb. 69 und 70 ist die *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz verschiedener Schnitte von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* in Abhängigkeit von den Vorwelkegraden einer Veröffentlichung von OPITZ v. BOBERFELD (2007) wiedergegeben, der die gleichen Pflanzenarten und Untersuchungsmethoden zugrunde liegen; da in dieser Untersuchung die TS-Konzentrationen stärker variieren und mehr TS-Stufen vorhanden sind, sind die Resultate für die Fragestellung hier äußerst aufschlussreich.

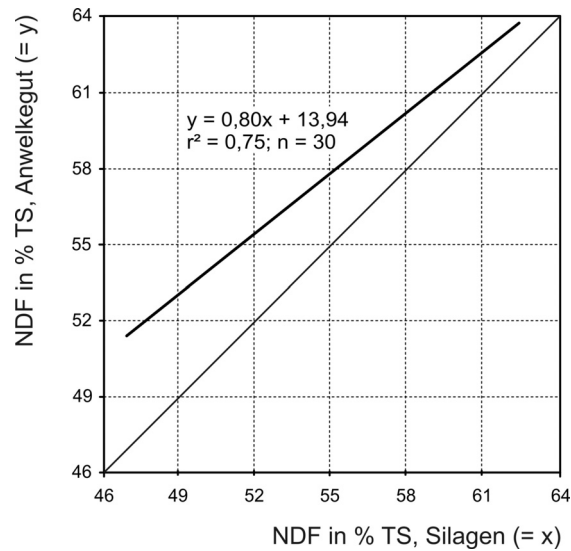


Abb. 60: NDF-Konzentrationen von *Lolium perenne*-Silagen im Vergleich zu den NDF-Konzentrationen des Anwelkegutes

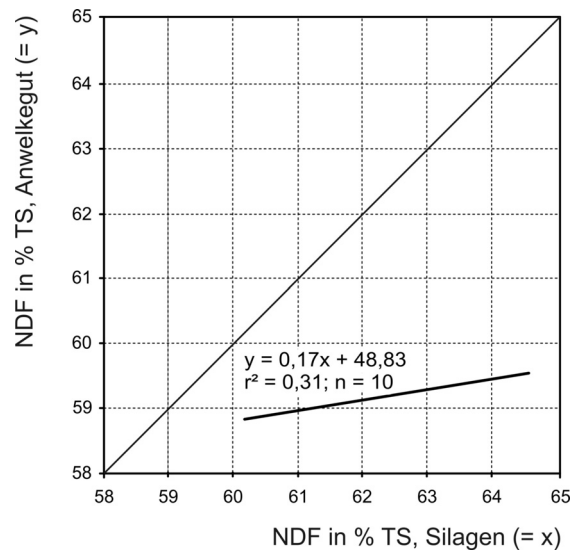


Abb. 61: NDF-Konzentrationen von *Dactylis glomerata*-Silagen im Vergleich zu den NDF-Konzentrationen des Anwelkegutes

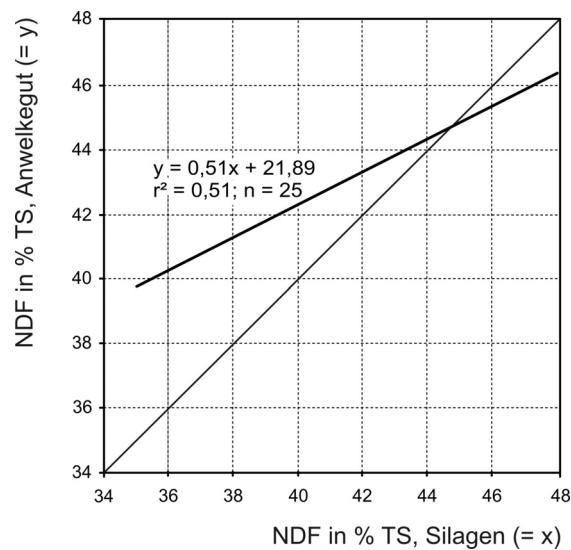


Abb. 62: NDF-Konzentrationen von *Trifolium pratense*-Silagen im Vergleich zu den NDF-Konzentrationen des Anwelkegutes

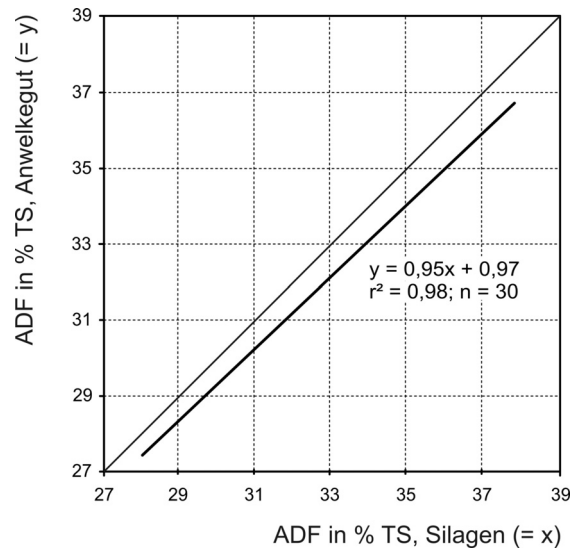


Abb. 63: ADF-Konzentrationen von *Lolium perenne*-Silagen im Vergleich zu den ADF-Konzentrationen des Anwelkegutes

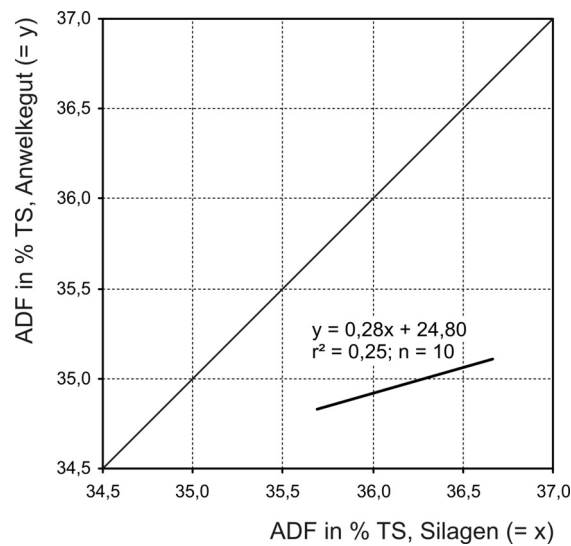


Abb. 64: ADF-Konzentrationen von *Dactylis glomerata*-Silagen im Vergleich zu den ADF-Konzentrationen des Anwelkegutes

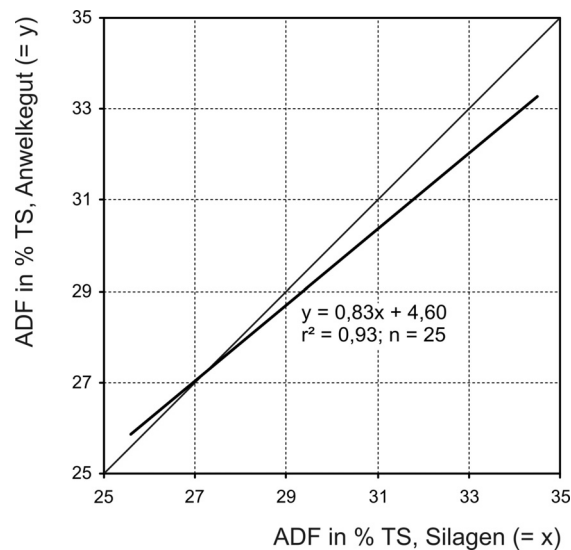


Abb. 65: ADF-Konzentrationen von *Trifolium pratense*-Silagen im Vergleich zu den ADF-Konzentrationen des Anwelkegutes

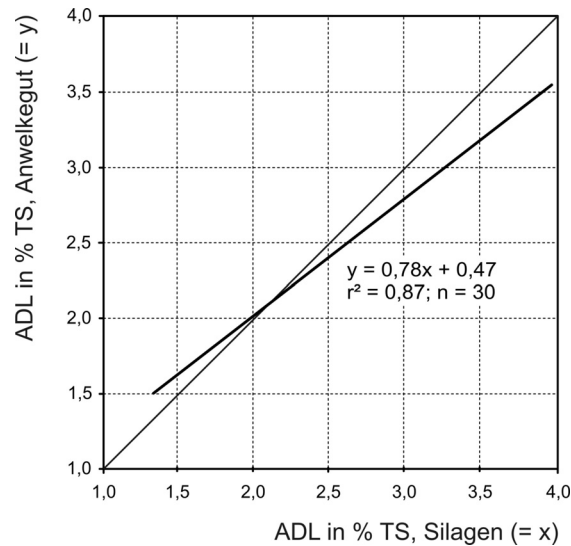


Abb. 66: ADL-Konzentrationen von *Lolium perenne*-Silagen im Vergleich zu den ADL-Konzentrationen des Anwelkegutes

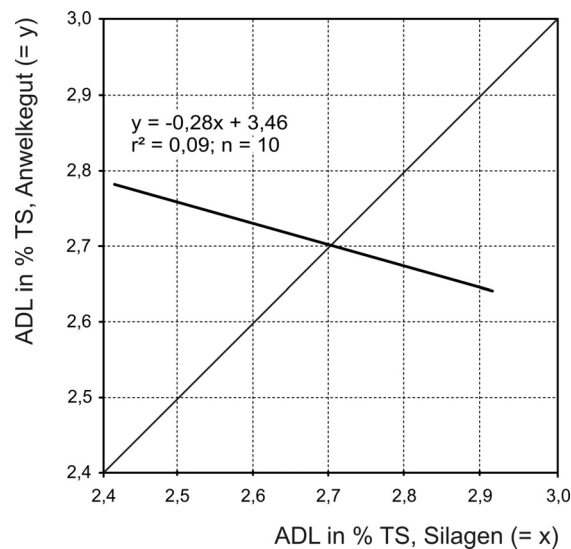


Abb. 67: ADL-Konzentrationen von *Dactylis glomerata*-Silagen im Vergleich zu den ADL-Konzentrationen des Anwelkegutes

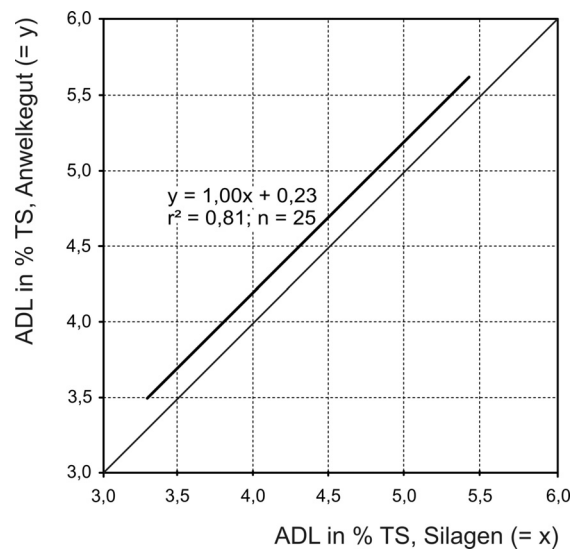


Abb. 68: ADL-Konzentrationen von *Trifolium pratense*-Silagen im Vergleich zu den ADL-Konzentrationen des Anwelkegutes

Während die Veränderungen der *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz bei steigendem Vorwelkegrad von 20% auf 50% TS mit etwa 3%-Punkten bei *Lolium perenne*, vgl. Abb. 69, beim Primäraufwuchs am größten ist, liegt bei *Trifolium pratense* beim Sekundäraufwuchs mit etwa 4%-Punkten, vgl. Abb. 70, das Maximum. In der Mehrzahl der Schnitte ist die Beziehung von *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz und Vorwelkegrad signifikant. Aufschlussreich in dem Zusammenhang ist, ob sich die vorwelkegradbedingten Differenzen in der *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz auch im Gärfutter widerspiegeln. Da ohne Ausnahme lediglich von den Primäraufwüchsen nach 90 Tagen Lagerzeit Silagen vorliegen, bei denen der TS-abhängige kritische pH-Wert (WEISSBACH et al. 1977) erreicht ist, bezieht sich der in Abb. 71 von OPITZ v. BOBERFELD (2007) vorgenommene Vergleich auf sämtliche Vorwelkegrade der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense*. Wird beim Vorwelken die *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz beeinträchtigt, so schlägt sich dies entsprechend Abb. 71 auch beim Gärfutter nieder. In den Abb. 72 und 73 sind von diesem Material die vorwelkegradabhängigen Konzentrationen der TS an wasserlöslichen Kohlenhydraten abgetragen. Das Vorwelken bedingt eine Abnahme der Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate, wobei die Streuung der gemessenen Einzelwerte, entsprechend den Bestimmtheitsmaßen, allerdings größer ist. Trotz geringfügiger Abnahmen der Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate durch den Vorwelkeprozess bei gleichzeitig durchweg geringen vorwelkebedingten Veränderungen der Pufferkapazität, bedingt das Vorwelken weitgehend art- und aufwuchsunabhängig, entsprechend den Abb. 74 und 75, eine Verbesserung der Vergärbarkeit, gemessen am Vergärbarkeitskoeffizienten nach WEISSBACH et al. (1974). Zur Reduzierung des Fehlgärrisikos erfordern *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* aufgrund der differierenden Säuerungspotentiale unterschiedliche Vorwelkegrade.

Neben der Höhe der Vergärbarkeits-Koeffizienten ist für den Erfolg des Gärverlaufes bzw. dessen Prognose der epiphytische Besatz an LAB mit $>10^5$ cfu LAB kg⁻¹ TS und bzw. oder eine ausreichende Nitrat-Konzentration des zu silierenden Materials mit $\geq 0,1\%$ NO₃ der TS entscheidend (WEISSBACH 1998). Sowohl der epiphytische LAB-Besatz (RUSER 1989, PAHLOW 1991, MÜLLER et al. 1993) wie auch die Nitrat-Konzentration (SPOELSTRA 1983, WEISSBACH & HONIG 1996, OPITZ v. BOBERFELD & STERZENBACH 2001) des zu silierenden Materials weist eine große Varianz auf. Da offenbar gewisse Kompensationen zwischen den drei Größen – Vergärbarkeit, LAB-

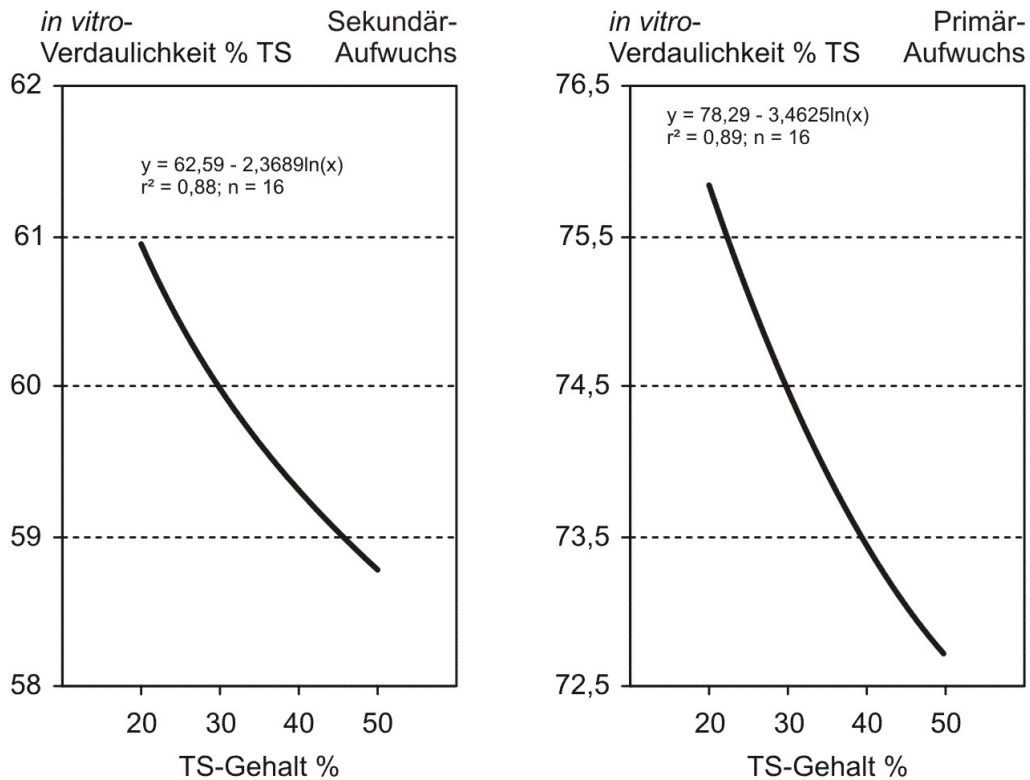


Abb. 69: *in vitro*-Verdaulichkeit von *Lolium perenne* in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vorwelkegrad nach OPITZ V. BOBERFELD (2007)

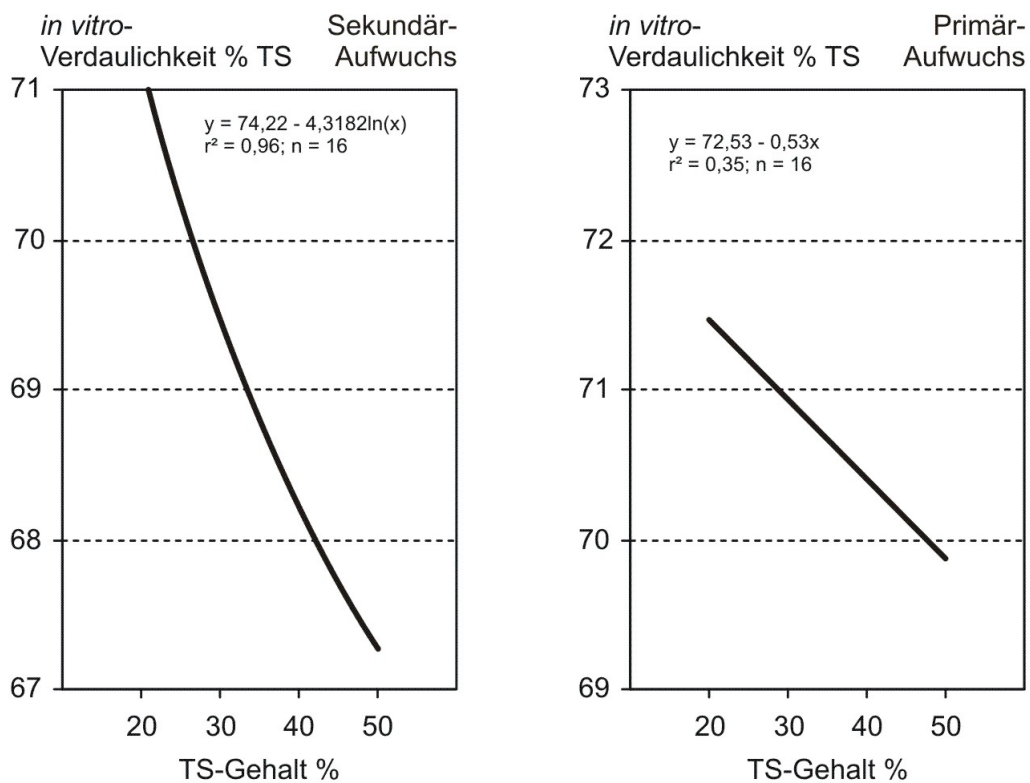


Abb. 70: *in vitro*-Verdaulichkeit von *Trifolium pratense* in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vorwelkegrad nach OPITZ V. BOBERFELD (2007)

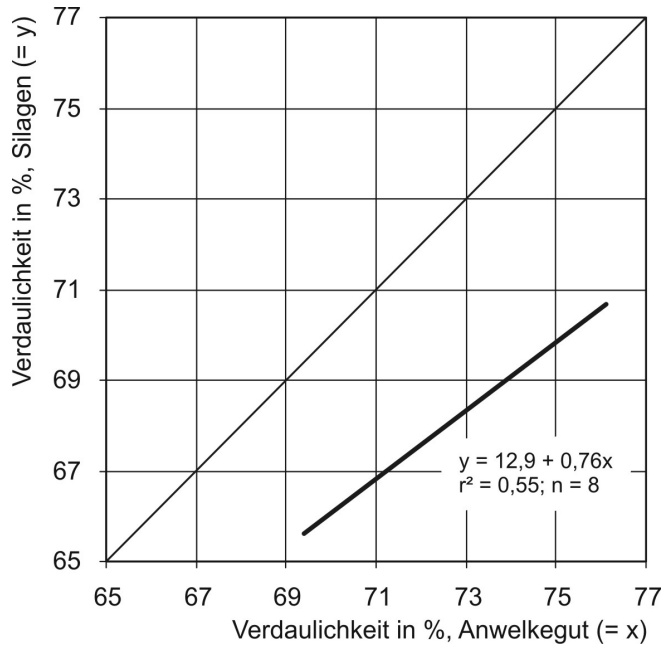


Abb. 71: *in vitro*-Verdaulichkeit verschiedener Silagen - Lagerungsdauer 90 Tage – in Abhängigkeit von der *in vitro*-Verdaulichkeit des Anwelkegutes von Primäraufwüchsen nach OPITZ v. BOBERFELD (2007)

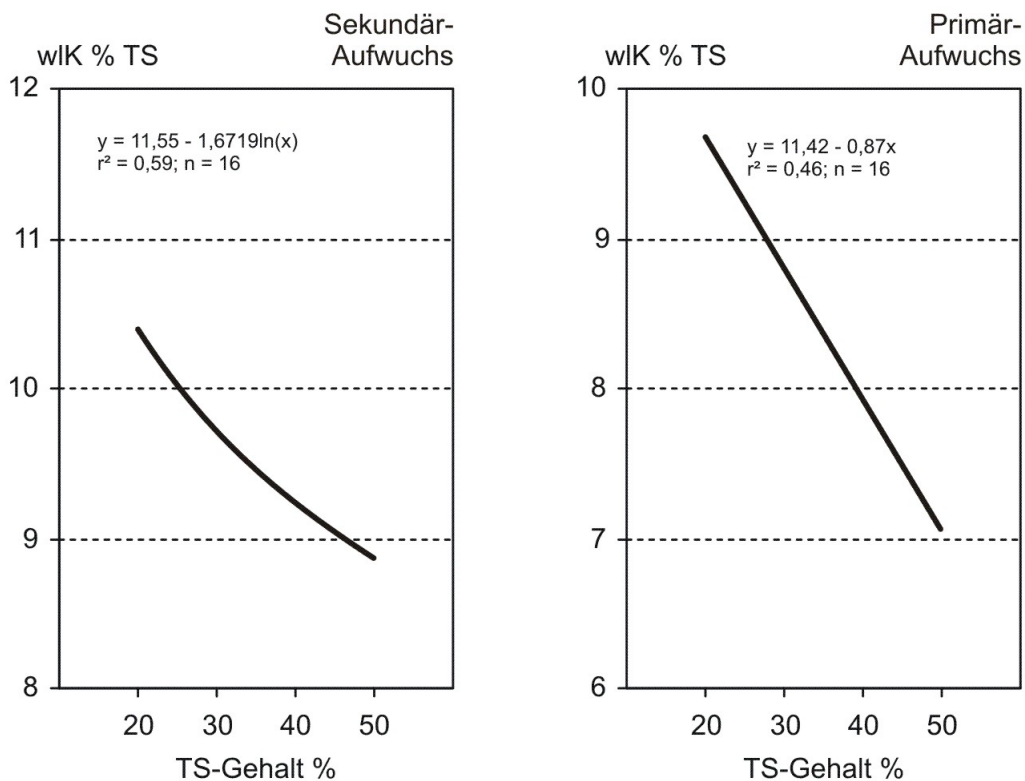


Abb. 72: Wasserlösliche Kohlenhydrate von *Lolium perenne* in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vorwelkegrad nach OPITZ v. BOBERFELD (2007)

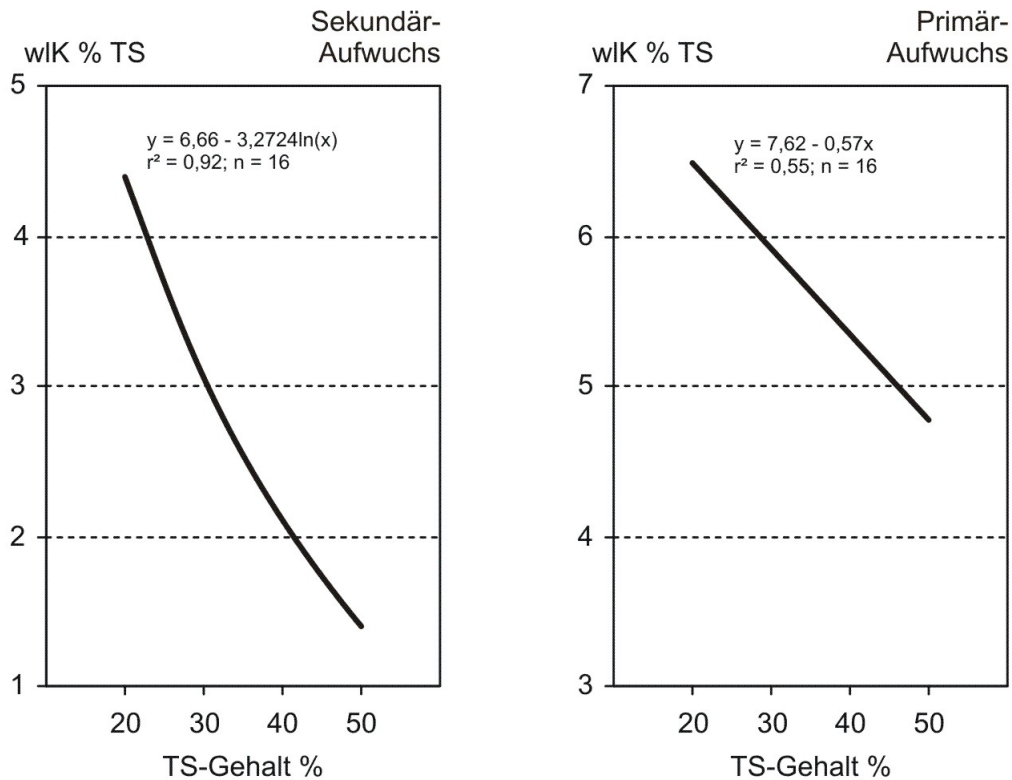


Abb. 73: Wasserlösliche Kohlenhydrate von *Trifolium pratense* in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vorwelkegrad nach OPITZ v. BOBERFELD (2007)

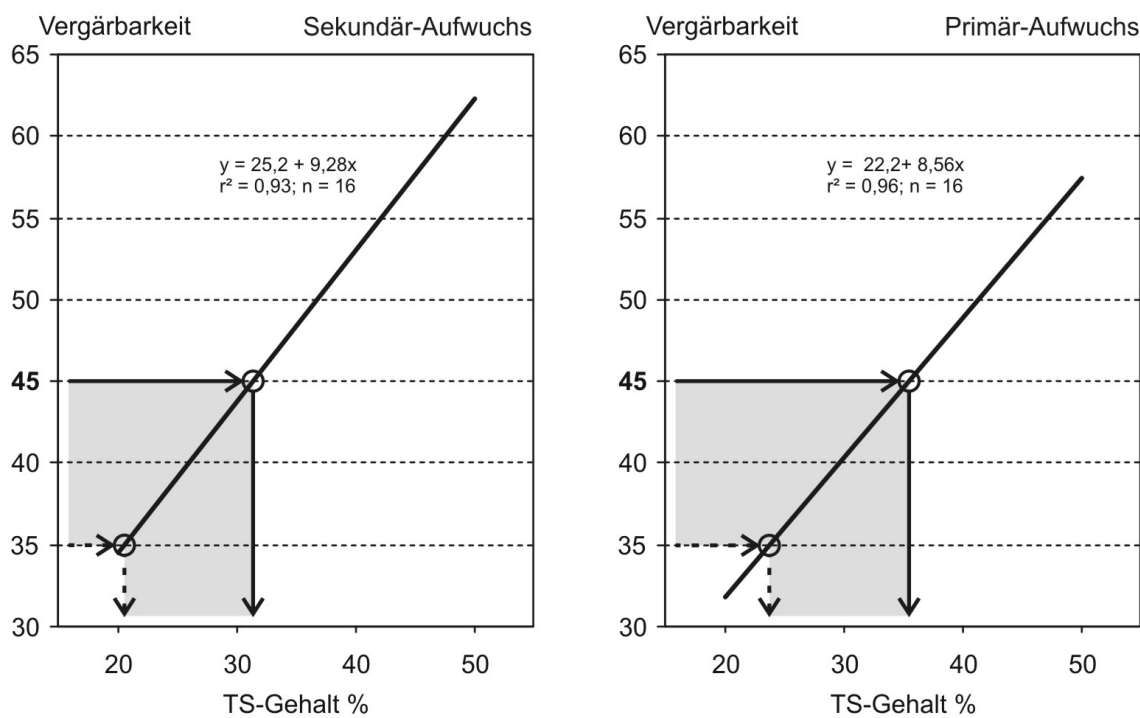


Abb. 74: Vergärbarkeit von *Lolium perenne* in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vorwelkegrad nach OPITZ v. BOBERFELD (2007)

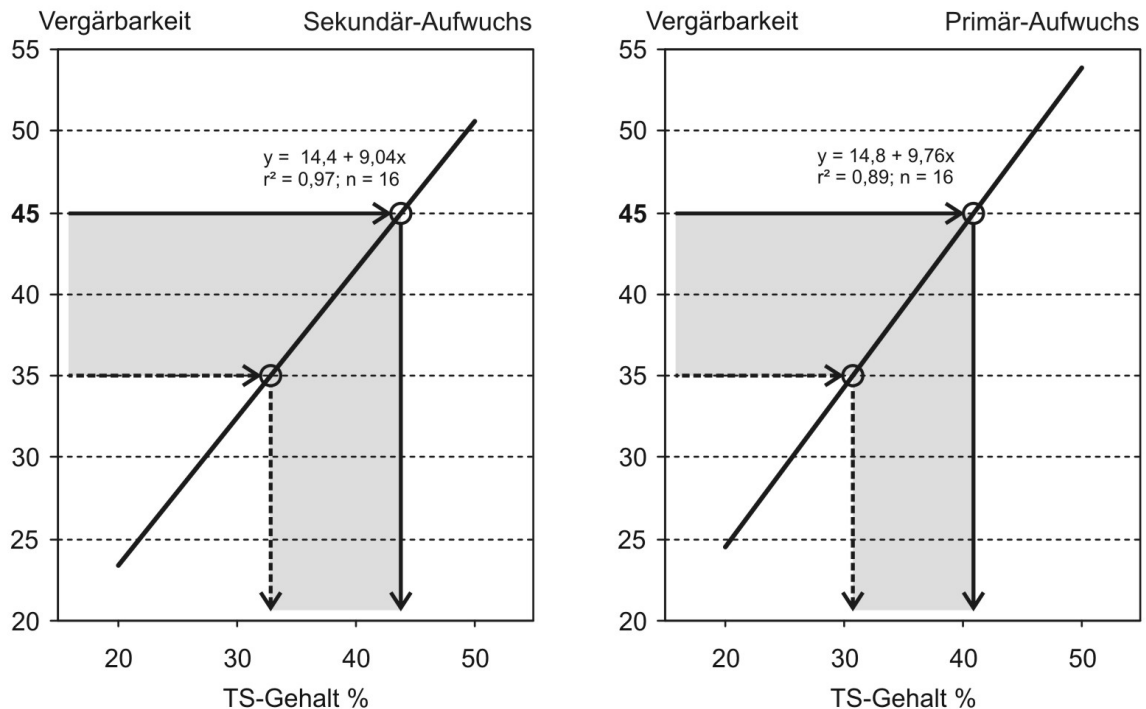


Abb. 75: Vergärbarkeit von *Trifolium pratense* in Abhängigkeit von Aufwuchs und Vorwelkegrad nach OPITZ v. BOBERFELD (2007)

Besatz und Nitrat-Konzentration – möglich sind, hat dies vor dem Hintergrund der gezielten Anwendung von Additiven (= LAB-Konzentrate, Salze, Säuren) auch Einfluss auf den die Vergärbarkeit nachhaltig prägenden Vorwelkegrad (OPITZ v. BOBERFELD 2007). Die gezielte Anwendung von Additiven erlaubt geringere Vorwelkegrade, was gleichzeitig geringere Qualitätseinbußen, ein vermindertes Witterungsrisiko und eine Einsparung an Arbeitsgängen beim Vorwelken bedeutet. Zur Sicherung einer hohen Qualität ist das Vorwelken nach den Untersuchungen von OPITZ v. BOBERFELD (2007) stets auf das zwingend erforderliche Maß zu beschränken.

5.6 Additiv-Effekte

Die Wirkung der zugesetzten LAB beruht auf einer beschleunigten und intensiveren Milchsäuregärung und der damit verbundenen schnelleren pH-Wert-Absenkung hauptsächlich in der Anfangsphase der Gärung (Pitt 1992, SPOELSTRA 1993). Dadurch wird, bei ausreichendem Angebot an vergärbaren wIK im Ausgangsmaterial durch die schnelle Säuerung, die Vermehrung unerwünschter Gärschädlinge unterdrückt (LINDGREN et al. 1988). Nach McDONALD et al. (1991) und ALBRECHT et al.

(1992) sind die ersten vier Tage entscheidend für das Gelingen der Silage. Im Gegensatz zur Kontrolle zeichnen sich die eingesetzten LAB-Inoculantien durch niedrigere pH-Werte, besonders in den ersten Tagen der Silierung, vgl. Abb. 6-9 und Anhangtab. 11-15., durch höhere Konzentration gebildeter Milchsäure, vgl. Abb. 10 bis 13 sowie Anhangtab. 19, durch niedrigere $\text{NH}_3\text{-N}$ -Anteile am Rohprotein-N, vgl. Abb. 28 bis 31 und Anhangtab. 27 und durch Verbesserung der Verdaulichkeit der org. Substanz aus, vgl. Abb. 40 bis 43 sowie Anhangtab. 33. Einige wichtige Punkte werden hierzu unter Punkt 5.3. diskutiert. Die positiven Effekte der LAB-Inoculantien treten in der Mehrzahl der Fälle und unabhängig vom Aufwuchs beim Siliergut zutage. Damit stimmen die vorliegenden Ergebnisse mit den Untersuchungen von KEADY & STEEN (1994) sowie NUSSBAUM (1998) überein, die auch bei wK-ärmeren Siliergut durch Beimpfung gärbioologisch günstige Wirkungen konstatieren, insbesondere niedrigere pH-Werte und NH_3 -Konzentrationen. Hingegen stehen die Ergebnisse im Widerspruch zu solchen von PAHLOW (1987) sowie KEADY et al. (1994), denen zu Folge eine Beimpfung mit LAB bei schwer fermentierbarem Futter nicht sinnvoll ist. Dabei kommt es zwischen den eingesetzten Arten und Artkombinationen zu Unterschieden. Durch eine schnelle pH-Wert-Absenkung zeichnen sich *Lac. plantarum* und besonders *Lac. paracasei* aus. Die Kombination von *Lac. paracasei* mit *Ped. acidilactici* und *Lc. lactis* bewirkt im Vergleich keine schnellere pH-Wert-Absenkung und auch keine niedrigeren pH-Werte bei fortschreitender Lagerdauer. LAB werden wegen ihres unterschiedlichen, aber sich gut ergänzenden Säurungsverhaltens kombiniert. So übernimmt z.B. *Ec. faecium* im Bonsilage (= *Ec. faecium*, *Lac. rhamnosus*) eine schnelle Anfangssäuerung im Bereich oberhalb pH 5,0 und ist somit Wegbereiter für die Lactobacillen (ALBRECHT et al. 1992), hier *Lac. rhamnosus*. Viele Stämme der Art *Lac. plantarum* zeichnen sich nach PAHLOW & HONIG (1986) sowie McDONALD et al. (1991) durch ihre hohen Wachstumsraten, das starke Säurebildungsvermögen, ihrer Pflanzenadaptiertheit sowie der hohen Konkurrenzkraft gegenüber Silagekontaminationen als besonders geeignet für den Einsatz als Impfkulturen bei der Silierung aus. Dies bestätigen auch die vorliegenden Ergebnisse.

Der mögliche Mangel an verwertbaren Kohlenhydraten ist besonders bei Grassilagen eine Ursache für die Unwirksamkeit von LAB-Impfkulturen (HONIG & PAHLOW 1986). Als Alternative zur kostenaufwendigen Zugabe von Kohlenhydratquellen, wie Melasse bzw. Einsatz von stärke- und cellulosespaltenden Enzymen, wird die

bessere Ausnutzung der in den Futtermitteln enthaltenen Kohlenhydrate durch die LAB angesehen (HOLZER 2005). Die Verwertung eines möglichst breiten Spektrums an löslichen- und Speicherkohlenhydraten mit begrenztem Polymerisationsgrad des Siliergutes durch die Impfkultur bietet ihr auch anscheinend im Hinblick auf die Nahrungskonkurrenz einen Selektionsvorteil gegenüber der Epiphytenflora (HOLZER 2005). So ist auch die, im Vergleich zu den anderen Varianten, schnelle pH-Wert-Absenkung und starke Milchsäurebildung von *Lac. paracasei* zu erklären. *Lac. paracasei* hat nach MATHIES (2004) die Fähigkeit, auch Speicherkohlenhydrate als Nährstoffgrundlage für die Bildung von Milchsäure zu nutzen. Nach MÜLLER & LIER (1994) sind nur 3% der auf Gras natürlich vorkommenden LAB in der Lage, Speicherkohlenhydrate, wie Fruktane, zu fermentieren. Auch WINTERS et al. (1998) zeigen in ihren Versuchen eine schnellere pH-Wert-Absenkung und höhere Konzentrationen gebildeter Milchsäure durch fruktanabbauende Stämme von *Lac. paracasei*; der Fruktanabbau startet dabei bereits mit Beginn der Silierung.

Der positive Einfluss der eingesetzten LAB-Impfkulturen auf die Silagequalität ist bei beiden untersuchten TS-Varianten gegeben, wobei dieser im niedrigen TS-Bereich stärker ausgeprägt ist. Demnach können durch den Einsatz ausgewählter LAB-Impfkulturen auch bei TS-Konzentrationen < 30% stabile Silagen erreicht werden; zu ähnlichen Ergebnissen kommen YIMIN et al. (1999). In Silagen mit niedriger TS-Konzentration steigt die Gefahr der Buttersäurebildung durch Clostridien (TÜRK 2005), daher ist von entscheidender Bedeutung, dass insbesondere hier der pH-Wert möglichst schnell abgesenkt wird, um das Wachstum der buttersäurebildenden Clostridien zu unterbinden. Auch hier zeigt *Lac. paracasei* trotz zusätzlicher Beimpfung mit Clostridien nur in einer Variante von *Dactylis glomerata* nennenswerte Buttersäure-Konzentrationen, die in der Höhe vergleichbar mit den Werten der anderen LAB-Inokulantien sind. Dies zeigt, dass bei ausreichendem fermentierbaren Material die homofermentative Art *Lac. paracasei* in der Lage ist, die Aktivität der zugesetzten Clostridien zu verhindern und damit eine Buttersäureproduktion zu unterdrücken. Durch die Inhibierung von „Gärschädlingen“ kann zudem der Proteinabbau und die Ammoniakbildung in beimpften Silagen eingeschränkt werden (FÜRSTENBERG & FISCHER 1994, WETHERALL ET AL. 1995).

Die Applikation der LAB ist von entscheidender Bedeutung für den Fermentationsprozess. Dabei muss das zu silierende Material möglichst gleichmäßig mit der LAB-Suspension beimpft werden, um eine optimale Verteilung der LAB zu

gewährleisten. Dies ist umso wichtiger, da LAB im Gegensatz zu Clostridien nicht beigeißelt und damit nicht beweglich sind.

5.7 Aerostabilität

Bei den in der Untersuchung eingesetzten LAB-Konzentraten handelt es sich ausnahmslos um homofermentative Arten. Insofern stellt sich die Frage nach der Aerostabilität des Gärfutters (WYSS et al. 1991 u. 1994, PAHLOW & HONIG 1994), da die flüchtigen Fettsäuren mit ihrer fungistatischen Wirkung Einfluss auf die Nacherwärmung haben.

Werden die Silagen betrachtet, bei denen der kritische pH-Wert erreicht bzw. unterschritten wird, so ist innerhalb der ersten fünf Tage nach der Auslagerung aus den Laborsilos keine Temperaturzunahme von > 1 °C zu beobachten, die Silagen sind aerostabil. Maßgebend dafür ist offenbar der rasche Vorwelkeprozess, die vorhandene Menge an flüchtigen Fettsäuren, vgl. Anhangtab. 23, die geringen Reste an wasserlöslichen Kohlenhydraten der Silagen sowie die ausreichend lange Lagerdauer. Diese Beobachtung deckt sich mit den Untersuchungen zur Aerostabilität von Grassilagen bei abgestufter Lagerdauer nach OPITZ v. BOBERFELD (2001).

6. ZUSAMMENFASSUNG

Der Laktobakterienanteil am epiphytischen Besatz variiert stark, er ist häufig unzureichend und kaum prognostizierbar. Ziel der Untersuchungen war es daher zu ermitteln, inwiefern verschiedene zugesetzte, selektierte homofermentative Laktobakterienarten (= *Lactobacillus paracasei*, *Lac. plantarum*) und –kombinationen (= *Enterococcus faecium* + *Lac. rhamnosus* bzw. *Lac. paracasei* + *Lactococcus lactis* + *Pediococcus acidilactici*) mit einheitlichem Aufwand von 10^5 cfu g⁻¹ Anwelkegut die Gärqualität von Silagen verbessern oder absichern. Die Additive kamen zu verschiedenen Pflanzenarten (= *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*), bei abgestuften Vorwelkegraden (= 25, 40% TS), zu verschiedenen Aufwüchsen (= Primär, Sekundär) und unterschiedlichen Ernteterminen (= früh, spät) zur Anwendung. Als Zielgrößen dienten für das Anwelkegut: wasserlösliche Kohlenhydrate, Pufferkapazität, Rohprotein, Rohasche, *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz sowie die Gerüstsubstanzen NDF, ADF, ADL; beim Gärfutter wurden nach 90 Tagen Lagerdauer erfasst: pH-Wert (= bei diesem Merkmal zusätzlich noch 2, 6, 12, 24 Tage Lagerzeit) Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure, restliche flüchtigen Fettsäuren, restliche wasserlösliche Kohlenhydrate, *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz, die Gerüstsubstanzen NDF, ADF, ADL und die Aerostabilität. Folgende Ergebnisse lassen sich herausstellen:

1. Die Gäreigenschaften des Anwelkgutes variierten mit Z/PK-Quotienten von 0,3 bis 2,4. Bei *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* lag der Z/PK-Quotient in 50% der Aufwüchse > 1,0, bei *Dactylis glomerata* war das nur bei 33% der Fälle so.
2. Über sämtliche Erntetermine betrachtet bestand zwischen der Pufferkapazität und der Konzentration an Rohprotein bzw. Rohasche eine nur geringe Abhängigkeit (= $r^2 < 0,3$), wobei die Korrelationskoeffizienten für die Beziehung von Pufferkapazität und Rohasche artunabhängig geringfügig größer waren.
3. Der TS-abhängige kritische pH-Wert wurde unter Einbeziehung der 144 Varianten bei *Lolium perenne* in 27%, bei *Trifolium pratense* in 40% und bei *Dactylis glomerata* in 73% der Fälle nicht erreicht. Maßgebend dafür waren offenbar die zu geringen Z/PK-Quotienten.
4. Bis auf wenige Ausnahmen waren pflanzenart- und ernteterminunabhängig die Interaktionen Vorwelkegrad x Laktobakterien-Zusatz signifikant. Ausgelöst wurde die Wechselwirkung durch die größere Differenzierung der zusatzbedingten

- Effekte bei geringeren Vorwelkegraden (= 25% TS). Diese Feststellung ist methodisch relevant.
5. Bezogen auf die gebildete Milchsäure und die pH-Werte der Silagen erwies sich *Lactobacillus paracasei* verglichen mit *Lac. plantarum* als effizienter. Die gute Wirksamkeit zeigt sich bereits nach sechs Tagen Lagerzeit.
 6. Bei den Kombinationen bestehend aus mehreren Arten ergab sich ein Vorteil bei dem Zusatz, der *Lac. paracasei* (= Produkt Bonsilage C) enthielt. Die Kombination *Lac. rhamnosus* + *Enterococcus faecium* (= Produkt Bonsilage) war *Lac. plantarum* nicht überlegen.
 7. Bei den stabilen Silagen von *Trifolium pratense* mit geringem Vorwelkegrad (= 25% TS) wiesen die Kontrollen NH₃-Anteile am Rohprotein-N-Gehalt von > 10% auf; hier bewirken die Laktobakterien-Zusätze, insbesondere die *Lac. paracasei*-haltigen, einen signifikant geringeren Proteinabbau.
 8. Wird von stabilen Silagen ausgegangen, so hat die Applikation homofermentativer Laktobakterien-Konzentrate bei einer Lagerzeit von 90 Tagen die aerobe Stabilität nicht beeinträchtigt.
 9. Die Verknüpfung der Ergebnisse hier mit den Ergebnissen der Literatur zeigt, dass effiziente Laktobakterien-Zusätze geringere Vorwelkegrade ermöglichen, was geringere vorwelkebedingte Verluste, ein vermindertes Witterungsrisiko und Einsparungen an Zett- und Schwadarbeitsgängen bedingt.

7. SUMMARY

Effect of different lactobacterial additives on silage quality in relation to plant species, cutting date and degree of pre-wilting

The proportion of lactic acid bacteria in the epiphytic fauna is highly variable, often inadequate and almost impossible to estimate. The purpose of this study was to determine to what extent the addition of different selected homofermentative lactic acid bacterial species (= *Lactobacillus paracasei*, *Lac. plantarum*) and combinations (= *Enterococcus faecium* + *Lac. rhamnosus* or *Lac. paracasei* + *Lactococcus lactis* + *Pediococcus acidilactici*) at a uniform inoculation rate of 10^5 cfu g⁻¹ to pre-wilted forage improves or stabilises the fermentation quality of silages. The additives were applied to different plant species (= *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense*), at staggered degrees of pre-wilting (= 25, 40% DM), different growths (= primary, secondary) and at different cutting dates (= early, late). Target parameters for the wilted forage were: water soluble carbohydrates, buffering capacity, crude protein, crude ash, *in vitro* digestibility of organic matter and the structural carbohydrates NDF, ADF, ADL; data determined for the silage after 90 days storage were: pH (= with additional pH measurements after 2, 6, 12 and 24 days storage), lactic acid, acetic acid, butyric acid, residual volatile fatty acids, residual soluble carbohydrates, *in vitro* digestibility of organic matter, the structural carbohydrates NDF, ADF, ADL and aerobic stability. The salient results were:

1. The fermentation characteristics of the pre-wilted forage varied, with sugar/BC ratios ranging from 0.3 to 2.4. The sugar/BC ratio of *Lolium perenne* and *Trifolium pratense* was > 1.0 in 50% of growths, whereas for *Dactylis glomerata* this was only true in 33% of cases.
2. When considered across all cutting dates, there was a low correlation between buffering capacity and concentrations of crude protein and crude ash (= $r^2 < 0.3$), the correlation coefficients for the relationship between buffering capacity and crude ash being slightly higher, irrespective of plant species.
3. The DM-dependent critical pH, taking all 144 varieties into consideration, was not reached in 27% of cases for *Lolium perenne*, in 40% of cases for *Trifolium pratense* and in 73% of cases for *Dactylis glomerata*. The main reason for this appeared to be the too low ratios of sugar to buffering capacity.

4. With a few exceptions the interactions between the degree of pre-wilting and the addition of lactic acid bacteria were significant, irrespective of plant species and cutting date. The interaction was triggered by the greater variability of additive-induced effects at lower degrees of pre-wilting (= 25% DM). This is relevant from a methodological point of view.
5. In terms of the amount of lactic acid produced and the pH of the silages, *Lactobacillus paracasei* proved more efficient than *Lac. plantarum*. The good efficacy was evident after just six days storage.
6. In the combinations consisting of several plant species the additive containing *Lac. paracasei* (= product Bonsilage C) proved to be superior. The combination of *Lac. rhamnosus* + *Enterococcus faecium* (= product Bonsilage) was not superior to *Lac. plantarum*.
7. In the stable silages of *Trifolium pratense* with little pre-wilting (= 25% DM) the controls had a NH₃ proportion in the crude protein-N content of > 10%; here the lactobacterial additives, especially those containing *Lac. paracasei*, had a significantly lower protein degradation.
8. As regards silage stability the application of homofermentative lactic acid bacterial concentrates did not impair aerobic stability after a storage period of 90 days.
9. Linking the results of this study to those reported in the literature shows that efficient lactobacterial concentrates reduce the duration of pre-wilting required, which in turn means fewer wilting-induced losses, less weather risk and fewer tedding and swathing operations.

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. ALBRECHT, C., F. IDLER, J. VENUD & W. SCHRADER, 1992: Einsatz von Milchsäurebakterien als Starterkulturen für die Konservierung von Grünfütterstoffen. 3. Mitt. : Testung ausgewählter Stämme in Modellsilierungsversuchen. *Das wirtschaftseigene Futter*, **38**, 124-130.
2. ANONYMUS, 2000: SPSS für Windows, Version 10.0.7, SPSS Deutschland, München.
3. ANONYMUS, 2006: DLG-Richtlinien für die Prüfung von Siliermitteln auf die DLG-Gütezeichen-Fähigkeit – Hrsg. DLG, Frankfurt.
4. ANONYMUS, 2006: Praxishandbuch Futterkonservierung – Hrsg. DLG, Frankfurt.
5. AUERBAUCH, H. & F. WEISSBACH, 2000: Einfluss eines Siliermittelzusatzes und der Prüfbedingungen (Labor- und Praxismaßstab) auf ausgewählte Gärparameter und die aerobe Stabilität von Grassilagen bei Verwendung von identischem Ausgangsmaterial. *Proc. DLG Ausschuss Futterkonservierung*, 1-7.
6. BAUER, J., 2004: Mikrobiologie der Silierung. In: *Mikrobiologie und Tierernährung*, 20. Hülsenberger Gespräche, Lübeck, 65-71.
7. BECK, T., 1966: Die Mikrobiologie der Gärfutterbereitung. *Das wirtschaftseigene Futter*, **12**, 227-263.
8. BECK, T., 1969: Der gegenwärtige Stand der Mikrobiologie der Einsäuerung und Trocknung von Futterpflanzen. *Proc. 3th Gen. Meeting. Europ. Grassl. Fed.*, Braunschweig, 207-219.
9. BECK, T., 1972: The quantitative und qualitative composition of the lactic acid population of silage. *Landw. Forsch.* **27**, 55-63.
10. BECKHOFF, J., W. DERNEDDE, H. HONIG & M. SCHURING, 1979: Einfluss neuer Mähaufbereiter auf Trocknung und Feldverluste bei der Gewinnung von Anwelksilage und Heu. *Das wirtschaftseigene Futter* **25**, 5-19.
11. BEHRENDT, H. & W. SEYFARTH, 1993: Untersuchungen des mikrobiellen Epiphytenbesatzes der Phyllosphäre extensiv genutzter Futtergräser. *Jahrestagung AG Grünland u. Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwiss.*, Husum, **37**, 243-249.
12. BEN-GHEDALIA, D., A. KABALA & J. MIRON, 1995: Composition and in vitro digestibility of carbohydrates of wheat plants harvested at bloom and soft-dough stages. *J. Sci. Food Agric.* **68**, 111-116.
13. BERG, K. & F. WEISSBACH, 1976: Untersuchungen zur vollständigen Erfassung des Trockensubstanzgehaltes von Silagen. 1. Mitt.: Ermittlung der Stoffwechselprodukte bei der Trocknung von Silageproben. *Arch. Tierernährg.* **26**, 661-672.

14. BERG, K., 1971: Die Trockensubstanzbestimmung von Silagen und die Erfassung flüchtiger, den Futterwert beeinflussender Verbindungen sowie Modellversuche zur Ermittlung der Gärverluste. Diss., Deutsche Akademie der Landwirtschaftswiss., Berlin, 97-145.
15. BISKUPEK, B., 1993: Futterqualität in Abhängigkeit von interspezifischer Konkurrenz. Diss. Giessen.
16. BLAKEMAN, J.P., 1981: Microbial ecology of the phylloplane. Academic Press, London.
17. BOLSEN, K.K., 1993: The basic principals of silage - with emphasis on fermentation and additives. Proc. 6th Symp. Forage Conserv., Pohorelice, 51-58.
18. BOLSEN, K.K., A. LAYTIMI, R. HART, L. NUTZBACH, F. NIROOMAND & L. LEIPOLD, 1988: Effect of commercial inoculants on fermentation of 1987 silage crops. K. Agric. Exp. Stn. Rep. Prog. **539**; 137-153.
19. BOLSEN, K.K., C. LIN & B.E. BRENT, 1992: Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and com silages. J. Dairy Sci. **75**, 3066-3083.
20. BOSMA, A.H., 1991: Efficient field treatment for silage and hay. Landbauforsch. Völkenrode **123**, 71-85.
21. BUXTON, D.R. & D.D. REDFEARN, 1997: Plant limitations to fiber digestion and utilization. J. Nutr. **127**, 814-818.
22. DAESCHEL, M.A., R.E. ANDERSON & H.P. FEMING, 1987: Microbial ecology of fermenting plant material. Fems **46**; 357-367.
23. DANIEL, P., 1984: Silierfähigkeit und Silagequalität bei Wiesengras von Glatt-haferwiesen. Landw. Forsch. **37**, 142-153.
24. DANIEL, P., & N. ENGEL-REZZONICO, 1985: Einfluss der Bewirtschaftung auf Erträge, Futterwert und Konservierungseignung der Primäraufwüchse vom Grünland im Vogelsberg. – VDLUFA-Schriftenreihe **16**, 519-526.
25. DANIEL, P. & W. OPITZ VON BOBERFELD, 1987: Zum Effekt von *Trifolium repens* L. auf den Ertrag und die Siliereigenschaften von Mischbeständen bei unterschiedlichem N-Aufwand. – Das wirtschaftseigenes Futter **33**, 289-299.
26. DARBY, D.E. & J.C. JOFRIET, 1993: Density of silage in horizontal silos. Can. Agric. Engng. **35**, 275-280.
27. DEINUM, B. & A. MAASSEN, 1994: Effects of drying temperature on chemical composition and in vitro digestibility of forages. Anim. Feed Technol. **46**, 75-86.
28. DELLAGLIO, F., 1985: Lactic acid bacteria in silage fermentation. Microbiologie-Aliments-Nutrition **3**, 91-104.

29. DELLAGLIO, F., S. TORRIANI, & E. SANTI, 1983: Annali della facolta di agraria, UCSC, **1**, 171-182.
30. DERNEDDE, W., 1983: Der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Verdichtung von Gras in Lagerbehälter bei statischer Belastung, Landbauforsch. Völkenrode, **33**, 259-263.
31. DRIEHUIS, F. & G. V. WIKSELAAR, 2000: The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. J. Sci. Food Agric. **80**, 711-718.
32. ELLES, S., 1989: Einfluss von Hauptbestandsbildner, Narbendichte, N-Düngung und Zeit auf Ertrag, Energiedicht, P/E-Quotient, Nitratgehalt und Gärfähigkeit. Diss., Gießen.
33. ELLES, S., P. DANIEL & W. OPITZ v. BOBERFELD, 1990: Einfluss des N-Aufwandes auf die Gärfähigkeit und Gärqualität verschiedener Sortengemische. Das wirtschaftseigene Futter **36**, 21-30.
34. ELSÄSSER, M. 1984: Auswirkungen der Heubelüftung mit solarerwärmter Trocknungsluft auf Qualitätseigenschaften von Mähweidefutter. Diss. Hohenheim.
35. ELSÄSSER, M. 1992: Die Grenzen der Grünlandextensivierung aus futterbaulicher Sicht. Tagungsbericht zum Symposium „Grünlandextensivierung“ in Aulendorf. Hrsg.: Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf, 48-53.
36. FARRIS, E., 1969: Zum Einfluß des Anwelkens auf die Verdaulichkeit von Silagen und Heu. Das wirtschaftseigene Futter **15**, 52-59.
37. FEHRMANN, E. & T. Müller, 1990: Jahresverlauf des epiphytischen Mikrobensatzes auf einem Graslandstandort. Das wirtschaftseigene Futter **36**, 66-78.
38. FENTON, M.P., 1987: An investigation into the sources of lactic acid bacteria in grass silage. J. Appl. Bacteriol. **62**, 181-188.
39. FIEBIG, H.-J., G. RINNO & K. EBERT, 1974: Silierfähigkeit und Futterwert von Gräsern in Abhängigkeit von Stickstoffdüngung und Schnittzeitpunkt, 1. Mitt.: Wasserlösliche Kohlenhydrate, Rohprotein und Silierfähigkeit. Arch. Acker- und Pflanzenbau u. Bodenkunde, **18**, 293-303.
40. FORD, C.W., 1978: Effect of partial delignification on the *in vitro* digestibility of cell wall polysaccharides in *Digitaria decumbens* (Pangola grass). Aust. J. Agric. Res. **29**, 1157-1166.
41. FÜRLL, C., 1975: Physikalisch-mechanische Eigenschaften angewelktem Sieliertgut – Bestimmungsmethoden und Ergebnisse. Wiss. Z. Univ. Rostock, Mathemat. Naturw. Reihe **24**, 523-533.
42. FÜRSTENBERG, L. & B. FISCHER, 1994: Zum Einfluss der Beimpfung von Gras- und Anwelksilage mit homofermentativen Laktobakterien auf Futter-

- aufnahme, Leistung und Gewichtsentwicklung von Milchkühen. Das wirtschaftseigene Futter **40**, 48-58.
43. GARZIA, L. & S. GIOVANNA, 1984: A survey of lactic acid bacteria in Italian silage. *J. Appl. Bacteriol.* **56**, 3373-3379.
 44. GEDEK, B., 1973: Futtermittelverderb durch Bakterien und Pilze und seine nachteiligen Folgen. *Übers. Tierernährung* **1**, 45-56.
 45. GIBSON, T., A.C. STIRLING, R.M. KEDDIE & R.F. ROSENBERGER, 1958: J. general Microbiology, **19**, 112-129.
 46. GROSS, F., 1982: Einflüsse auf Gärfutterqualität und Nährstoffverluste. – In: *KTBL-Schrift* **247**, Heu und Silage von der Ernte bis zur Krippe, 45-47.
 47. GROSS, F. & K. RIEBE, 1974: *Gärfutter*. – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart
 48. HAIGH, P. M., 1990: Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silage made on commercial farms, *Grass and Forage Sci.*, **45**, 263-271.
 49. HARRACH, T., 1987: Schriftliche Mitteilung
 50. HARRISON J.H., S.D. SODERLUND & K.A. LONEY, 1989: EFFECT of inoculation rate of selected strains of lactic acid bacteria on fermentation and *in vitro* digestibility of grass-legume forage. *J. Dairy Sci.* **72**, 2421-2426.
 51. HIRANO, S.S. & C.D. UPPER, 1991: Bacterial community dynamics. In Andrews, J.H. & S.S. Hirano, *Microbial ecology of leaves*. Verlag Springer, New York, 271-294.
 52. HÖHN, E., 1989: Feldverluste bei der Futterernte – Schicksal oder Nachlässigkeit? *Landw. Schweiz* **2**, 281-283.
 53. HOLZER, M. 2005: Schriftliche Mitteilung vom 29.09.2005.
 54. HOLZER, M., E. MAYERHUBER, H. DANNER & R. BRAUN, 2003: The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. *Trends in Biotechnology* **21** No. 6, 282-287
 55. HONIG, H., 1967: Gärvorgang, Verluste und Qualität bei der Konservierung von Weidegras mit unterschiedlichem TS-Gehalt. *Das wirtschaftseigene Futter*, **13**, 287-297.
 56. HONIG, H., 1987: Gärbiologische Voraussetzungen zur Gewinnung qualitätsreicher Anweilksilage in: *Grünfütterernte und –konservierung*, *KTBL-Schrift* **318**, 47-59.
 57. Honig, H., 1990: Evaluation of aerobic stability. *Grovfoder Grass and Forage. Rep. Swed. Univ. Agric. Sci.* **3**, 76-82

58. HONIG, H., 1991: Reduction losses during storage and unloading of silage. Proceedings European Grassland Federation, in: Forage Conservation towards 2000, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 123, 116-128.
59. HONIG, H. & E. ZIMMER, 1981: Comparison of conservation methods under controlled practical conditions. Proc. 14th Intern. Grassl. Congr. Lexington, 650-653.
60. HONIG H. & G. PAHLOW, 1996: Wirkungsweisen und Einsatzgrenzen von Silage-Impfkulturen aus Milchsäurebakterien. 2. Mitt.: Wirkung von Anwelkgrad, Felddauer und Zuckerzusatz auf das Konservierungsergebnis bei Gras. Das wirtschaftseigene Futter **32**, 205 – 228.
61. HONIG, H., G. PAHLOW, & J. THAYSEN, 1999: Aerobic Instability-effects and possibilities for its prevention. Proceedings 12th International Silage Conf., Uppsala **12**, 288-289.
62. ISSELSTEIN, J. & P. RIDDER, 1993: Untersuchungen zum Trocknungsverlauf ausgewählter Grünlandkräuter unter kontrollierten Bedingungen. Das wirtschaftseigene Futter **39**, 136-145.
63. ISSELSTEIN, J., 1994: Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandkräuter. Habil.-Schr. Giessen.
64. JELMINI, J. & J. NÖSBERGER, J. 1978a: Einfluss der Lichtintensität auf die Ertragsbildung und den Gehalt an nichtstrukturbildenden Kohlenhydraten und Stickstoff von *Festuca pratensis* Huds., *Lolium multiflorum* Lam., *Trifolium pratense* L. und *Trifolium repens* L. J. Agr. Crop Sci. **416**, 143-153.
65. JELMINI, J. & J. NÖSBERGER, 1978b: Einfluss der Lichtintensität auf die Ertragsbildung und den Gehalt an nichtstrukturbildenden Kohlenhydraten und Stickstoff von *Festuca pratensis* Huds., *Lolium multiflorum* Lam., *Trifolium pratense* L. und *Trifolium repens* L. J. Agr. Crop Sci. **416**, 154-163.
66. JOHNSON, L. M., J.H. HARRISON, D. DAVIDSON, W.C. MAHANNA, K. SHINNERS & D. LINDLER, 2002: Effects of maturity , Inoculation and Mechanical Processing on Pack Density and Aerobic Stability, J. Dairy Sci., **85**, 434-444.
67. JONES, D.J.H., G.A.P. GRIFFITH & R.J.K. WALTERS, 1965: The effect of nitrogen fertilizers on the water-soluble carbohydrate content of grass. J. Agric. Sci. **64**, 323-328.
68. JONES, L., 1979: The effect of stage of growth on the rate of drying of cut grass at 20 °C. Grass and Forage Sci. **34**, 139-144.
69. JUCKEN, H., 1994: Mischungseffekte unter den Aspekten Gäreigenschaften und Gärfutterqualität. Diss. Giessen.
70. JUNG, H.G., 1989: Forage lignins and their effects on fiber digestibility. – Agron. J. **81**, 33-38.

71. KAISER, E. & K. WEISS: 1997: Zum Gärungsverlauf bei der Silierung von nitratarmen Grünfütter. 1. Mitt: Gärungsverlauf bei Zusatz von Nitrat, Nitrit, Milchsäurebakterien und Ameisensäure. Arch. Anim. Nutr. **50**, 187-200.
72. KAISER, E., K. WEISS & A. MILIMONKA, 1995: Silierbarkeit von nitratarmen Grünfütter. VDLUFA Schriftenreihe **40**, 770-780.
73. KAISER, E., K. WEISS & A. MILIMONKA, 1999: Untersuchungen zur Gärqualität von Silagen aus nitratarmen Grünfütter. Arch. Anim. Nutr. **50**, 187-200.
74. KAISER, E., K. WEISS & R. KRAUSE, 2000: Zur Beurteilung der Gärqualität von Grassilagen. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwiss., Kiel, **44**, 253-258.
75. KAUFMANN, W., 1968: Hohe Leistung von Milchkühen und Mastrindern erfordern beste Futterqualität und richtige Rationsgestaltung. Arch. DLG **43**.
76. KEADY, T.W.J., 2000: Beyond the science: what the farmer looks for in the production of silage. Proc. Alltech's Symposium, Nottingham **6**, 439-452.
77. KEADY, T.W.J. & R.W.J. STEEN, 1994: Effects of treating low dry-matter grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. Grass and Forage Sci. **49**, 438-446.
78. KEADY, T.W.J. R.W.J. STEEN, D.J. KILPATRICK & C.S. MAYNE, C.S. 1994: Effects of inoculant treatment on silage fermentation, digestibility and intake by growing cattle. Grass and Forage Sci. **48**, 238-294.
79. KENNEDY, S. J., 1988: Enzymes as silage additives. Proc. 12th Gen. Meeting Europ. Grassl. Fed. Dublin, 233-237.
80. KIRCHGESSNER, M. & J. PALLAUF, 1975: Zur Verdaulichkeit von Mähweidegras bei verschiedenen Konservierungsverfahren. Das wirtschaftseigene Futter **21**, 66-80.
81. KLEEBERGER, A. & W. KÜHBAUCH, 1976: Über den Abbau von Grasfructosanen durch Laktobazillen aus Silage. Zbl. Bakt. Abt. II, **131**, 393-404.
82. KLEEBERGER, A., 1975: Bacterial Decomposition of Polymerisation. J. Brit. Grassland Soc. **30**, 223-227.
83. KLOSKOWSKI, J. H., 1985: Verdaulichkeit (in vivo, in vitro) in frischem und konserviertem Frühjahr und Herbstfütter aus *Festuca pratensis* und *Trifolium pratense* in einem Standortvergleich (435 und 1085 m über NN). Diss. TU München.
84. KNABE, O., M. FECHNER & G. WIESE, 1986: Verfahren der Silageproduktion. Deutscher Landwirtschafts-Verl., Berlin.
85. KÖGEL, R.G., R.J. STRAUB & R.P. WALGENBACH, 1985: Quantification of mechanical losses in forage harvesting. Trans. Americ. Soc. Agric. a. Biol. Eng **28**, 1047-1051.

86. KRÄLING, M., 2005: Einfluss der Gerüstsubstanzen auf die *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz differenziert bewirtschafteter Winterweiden. Diss., Giessen.
87. KÜHBAUCH, W. & S. ZÜCHNER, 1975: Der Einfluß der Polymerisationsgrade von wasserlöslichen Kohlehydraten in Gräsern auf deren Verluste während der Heutrocknung im Freiland. J. Agron. Crop Sci. **141**, 249-255.
88. KÜHBAUCH, W., 1973: Veränderung von Kohlenhydratfraktionen in Blättern und Stängeln einiger Knaulgrassorten während des Wachstums. Landw. Forschung **26**, 213-220.
89. KÜHBAUCH, W., 1987: Veränderung der Qualität von Grünlandfutter unter dem Einfluss von Standort und Bewirtschaftung. – Kali-Briefe **18**, 485-510.
90. KÜHBAUCH, W., G. VOIGTLÄNDER & J. KLOSKOWSKI, 1986: Kohlenhydrate des Zellinhalts in frischem und konserviertem Frühjahr- und Herbstfutter aus Wiesenschwingel und Rotklee in einem Standortvergleich. Das wirtschaftseigene Futter, **32**, 5-12.
91. KÜNTZEL, U. & E. ZIMMER, 1972a: Untersuchungen über Vorkommen, Veränderung und Verbrauch von Kohlenhydraten bei der Silierung. Landbauforsch. Völkenrode, **13**, 1-89.
92. KÜNTZEL, U. & E. ZIMMER, 1972b: Umweltbelastungen durch Verarbeitungsrückstände der Futterkonservierung. Ber. Landw. **50**, 682-692.
93. LANG, V, F. LOOSER & W. KÜHBAUCH, 1972: Zum Einfluss einiger Faktoren auf den Gehalt an löslichen Kohlenhydraten im Aufwuchs einer Weidelgras-Weisskleeweide. J. Agr. Crop Sci. **136**, 363-373.
94. LANGSTON, C.W. & C. BOUMA, 1960a: Types and Sequences change of bacteria in orchard grass and alfalfa silages. J. Dairy Sci. **43**, 1575-1584.
95. LANGSTON, C.W. & C. BOUMA, 1960b: A study of the microorganisms of grass silage I. The cocci. Appl. Microbiologie **8**, 212-224.
96. LANGSTON, C.W. & C. BOUMA, 1960c: A study of the microorganisms of grass silage II. the lactobacilli Appl. Microbiologie **8**; 224-234.
97. Laser, H., 1999: Zur Leistung einschließlich Gäreignung von Arten des *Festuco-Cynosuretum* unter variierenden Bedingungen. Diss. Gießen
98. LAUBE, W., 1964: Die Konservierung eiweißreichen Grünfutters durch Silagebereitung. 2. Grünlandsymposium 24.-26.02.64 des Institutes für Grünland und Feldfutterbau und der deutschen agrarwissenschaftlichen Gesellschaft, Karl-Marx-Univ. Leipzig.
99. LEHMANN, D., 1972: Ein Beitrag zur Bestimmung von Verlustvorgängen und Verderberscheinungen bei der Trocknung und Lagerung von Halmfutter. Diss. Göttingen.

100. LINN, C., K.K. BOLSEN, B. E. BRENT, B.E. & D.Y.C. FUNG, 1992: Epiphytic lactic acid bacteria succession during the pre-ensiling and ensiling periods of alfalfa and maize. *J. Appl. Bact.* **73**; 373-387.
101. LIN, C., K.K. BOLSEN, B.E. BRENT, R.A. HART, J.T. DICKERSON, A.M. FEYERHERM & W.R. AIMUTIS, 1992: Epiphytic microflora an alfalfa and whole-plant corn, *J. Dairy Sci.* **75**, 2484-2493.
102. LINDGREN, S., A. BROMANDER, & K. PETTERSSON, 1988: Evaluation of silage additives using scale-model silos. *Swed. J. Agric. Res.* **13**, 91-100.
103. LINDGREN, S., S. LINGVALL, A. KASPERSON, A. DEKARTOW & E. RYDBER, 1983: Effect of inoculants, grain and formic acid on silage fermentation. *Swed. J. Agric. Res.* **13**, 91-100.
104. LINDGREN, S., K.L. PETTERSSON, A. JONSSON, P. LINGVALL & A. KAKSPERSSON, 1985: Silage inoculation: Selectet strains, temperature, wilting and practical application. *Swed. J. Agric. Res.* **15**, 9-18.
105. MANYAWU, G.J., S. SIBANDA, I.C. CHAKOMA, C. MUTISI & P.N.D. NDIWENI, 2003a: The intake and palatability of four different types of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) silage fed to sheep. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* **16**, 823-829.
106. MANYAWU, G.J., S. SIBANDA, I.C. CHAKOMA, C.MUTISI & P.N.B. NDIWENI, 2003b: The effect of pre-wilting and incorporation of maize meal on the fermentation of Bana grass silage. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* **16**, 843-851.
107. MARTINSSON, K., 1992: A study of the efficacy of a bacterial inoculant and formic acid as additives for grass silage in terms of milk production. *Grass and Forage Sci.* **47**, 189-198.
108. MATHIES, E., 2004: Mündliche Mitteilung vom 2. Juli 2004.
109. MAYNE, C.S., 1993: The effect of formic acid, sulphuric acid and a bacterial inoculant on silage fermentation and the food intake and milk production of lactating dairy cows. *Animal Prod.* **51**, 1-13.
110. McDONALD, P. & A.R. HENDERSON, 1962: Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensilage, *J. Sci. Food Agric.* **13**, 395-400.
111. McDONALD, P. & R. WHITTENBURY, 1973: The ensilage process. In: BUTLER, G.W. & R.W. BAILEY, *Chemistry and Biochemistry of Herbage*, Vol. 3, Academic Press, London and New York, 33-60.
112. McDONALD, P., A.R. HENDERSON & S. HERON 1991: *The Biochemistry of silage* 2nd ed., Chalcompe Publications, Academic press London and New York.
113. MCGECHAN, M.B., 1989: A. review of losses arising during conservation of grass forage. 1. Field losses. *J. Agric. Eng. Res.* **44**, 1-21.

114. MCGECHAN, M.B., 1990: A review of losses arising during conservation of grass forage. Part 2. Storage losses. *J. Agric. Eng. Res.* **45**, 1-30.
115. MELVIN, J.F. & B. SIMPSON, 1963: Chemical changes and respiratory drift during the air drying of ryegrass. *J. Sci. Food Agric.* **14**, 228-234.
116. MENGEL, K., 1991: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 7. Auflage, Verl. Gustav Fischer, Stuttgart.
117. MORAN, J.P., P. O'KIELY, P.K. WILSON & M.B. CROMBY-QUILTY, 1991: Lactic acid bacteria levels on grass grown for silage in Ireland. *Landbauforsch. Völkenrode, Sonderheft 123*; 283-286.
118. MORITZ, R., 1988: Wirkungen der Nutzungshäufigkeit auf den Reservekohlenhydrat-Haushalt von *Festuca pratensis* Huds.. Diss. Hohenheim.
119. MUCK, R.E., 1989: Initial bacterial numbers on Lucerne prior to ensiling. *Grass Forage Sci.* **44**, 19-25.
120. MÜLLER, M. & D. LIER, 1994: Fermentation of fructans by epiphytic lactic acid bacteria. *J. App. Bact.* **76**, 406-411.
121. MÜLLER, M., 1992: Vergärung von Grasfructanen durch epiphytische Milchsäurebakterien. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwiss., Hohenheim **36**, 262-266.
122. MÜLLER, TH., E. FEHRMANN, W. SEYFARTH, W & O. KNABE, 1991: Einfluss des mikrobiellen Epiphytenbesatzes von Futtergräsern auf die Qualität der Silagen. *Das wirtschaftseigene Futter* , **37**, 41-54.
123. NAUMANN, K., R. BASSLER, R. SEIBOLD & K. BARTH, 1993: Die chemischen Untersuchungen von Futtermitteln. *Methodenbuch Band III*, Verl. Neumann-Neudamm, Melsungen, Berlin, Basel und Wien.
124. NEAL, H.D. & J.H.M. THORNLEY, 1983: A model of anaerobic phase of ensiling. *Grass and Forage Sci.* **38**, 121-134.
125. NEFF, M., 2005: Gerüstsubstanz- und Mineralstoffmuster unterschiedlich bewirtschafteter Ackerpferch-Zwischenfrüchte. Diss. Giessen.
126. NEHRING, K., 1968: Die Bestimmung der Kohlenhydrate in den Futterstoffen – ein Beitrag zur Entwicklung der Futtermittelanalyse, *Sitz. Ber. dtsh. Akad. Landwirtschaftswiss.* **10**, 101-118.
127. NILSSON, G. & P.E. NILSSON, 1956: The microflora on the surface of some fodder plants at different stages of maturity. *Archiv für Mikrobiologie*, **24**, 423-436.
128. NUSSBAUM, H., 1998: Siliereignung von Wiesenauwüchsen verschiedenen physiologischen Alters in Verbindung mit dem Einsatz ausgewählter Silierzusatzmittel. Diss. Hohenheim.

129. OJIMA, K. & T. ISAWA, 1968: The variation of carbohydrates in various species of grasses and legumes. *Canad. J. Bot.* **46**, 1507-1511.
130. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1994a: Grünlandlehre, Biologische und ökologische Grundlagen – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
131. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1994b: Phänotyp und Futterqualität einschließlich Konservierungseigenschaften bei Gräsern. *J. Agron. Crop Sci.* **172**, 289-308.
132. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1996: Qualitätsveränderungen einschließlich Mycotoxin-Problematik von Primäraufwüchsen einer Glatthaferwiese (*Arrhenatherion elatioris*). *Agribiol. Res.* **49**, 52-62.
133. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1997: Gäreigenschaften und Silagequalität von Primäraufwüchsen einer Glatthaferwiese (*Arrhenatherion elatioris*) in Abhängigkeit von der Jahreszeit. *Germ. J. Agron.* **1**, 90-94.
134. OPITZ V. BOBERFELD, W., 1998: Zum Effekt von Laktobakterienzusätze bei Grassilagen. *Germ. J. Agron.* **3**, 135-149.
135. OPITZ V. BOBERFELD, W., 2001: Zum Effekt homofermentativer Laktobakterien-Zusätze auf die Aerobestabilität von Grassilagen. *Germ. J. Agron.* **5**, 7-14.
136. OPITZ V. BOBERFELD, W., 2007: Verdaulichkeit organischer Substanz in Abhängigkeit vom Vorwelkegrad. Hrsg. DLG: Futterernte auf dem Grünland – Technik für Qualität und Leistung. DLG-Grünlandtagung 2007, Arnstadt/Thüringen, 21-29.
137. OPITZ V. BOBERFELD, W. & S. ELLES, 1990: Einfluss von Hauptbestandbildner (*Lolium multiflorum* Lam., *Lolium x boucheanum* Kunth, *Lolium perenne* L. und *Dactylis glomerata* L.), Narbendichte, N-Düngung und Zeit auf Ertrag, Energiedichte, P/E-Quotient und Nitratgehalt. – *J. Agron. Crop Sci.* **164**, 289-296.
138. OPITZ V. BOBERFELD, W. & B. BISKUPEK, 1995: Zum Einfluss interspezifischer Konkurrenz in einer Kleeegrasmischung auf die Futterqualität. *J. Agron. Crop Sci.* **175**, 355-364.
139. OPITZ V. BOBERFELD, W. & E. JUCKEN, 1995: Gäreigenschaften und Gärfutterqualität in Abhängigkeit variiertes Mischungskomponenten unter Einbeziehung interspezifischer Konkurrenz. *Das wirtschaftseigene Futter* **41**, 163-171.
140. OPITZ V. BOBERFELD, W. & M. STERZENBACH, 2001: Specific problems of silage making in low-input conditions. *Grassl. Sci. Europe* **6**, 129-132.
141. OPITZ V. BOBERFELD, W. & M. NEFF, 2006: Qualitative Eigenschaften ausgewählter Ackerpferch-Zwischenfrüchte. Mitt. 1: Zellwandanteil und Zellwandbeschaffenheit. *Die Bodenkultur* **57**, 75-86.
142. PAHLOW, G., 1982: Verbesserung der aeroben Stabilität von Silage durch Impfpräparate. *Das wirtschaftseigene Futter* **28**, 107-122.

143. PAHLOW, G. 1987: Einsatz und Bewertung von biologischen Siliermitteln. KTBL-Schrift **318** Grünfütterernte und -Konservierung, 59-67.
144. PAHLOW, G., 1991: Role of microflora in forage conservation. Landbauforsch. Völkenrode Sonderheft 123, 26-36.
145. PAHLOW, G., 2004: Mikrobiologie der Silierung. In: Mikrobiologie und Tierernährung, 20. Hülsenberger Gespräche, Lübeck, 86-92.
146. PAHLOW, G. & H. HONIG, 1986: Wirkungsweise und Einsatzgrenzen von Silage-Impfkulturen aus Milchsäurebakterien 1. Mitt. Das wirtschaftseigene Futter **32**, 20-35.
147. Pahlow, G. & H. Honig, 1994: The role of microbial additives in the aerobic stability of silage. Proc. 15th Gen. Meeting Europ. Grassl. Fed. Wageningen, NL, 149-151
148. PAHLOW, G. & T. MÜLLER, 1990: Determination of epiphytic micro-organisms on grass as influenced by harvesting and sample preparation. Proc. 9th Silage Conf., Newcastle, 23-24.
149. PAHLOW, G., T. MÜLLER & D. LIER, 1995: Einfluss des Ernteverfahrens auf die Nachweisbarkeit epiphytischer Laktobakterien von Futterpflanzen. Das wirtschaftseigene Futter **41**; 306-326.
150. PAHLOW, G. & F. WEISSBACH, 1996: Effect of numbers of epiphytic lactic acid bacteria (LAB) and of inoculants on the rate of pH-decline in direct cut and wilted grass silage. In: Proc. 11th Int. Silage Conf., Aberystwyth, 8.-11. September 1996.
151. PAHLOW, G., R.E. MUCK, F. DRIEHUIS, S.J.W.H. OUDE ELFERINK & S.F. SPOELSTRA, 2003: Mikrobiologie of Ensiling. Silage Sci. a. Techn. **42**, 30-43.
152. PETTERSSON K., 1988: Ensiling of forage. Ph. D. Thesis, Swed. Univ. Agric. Sci., Uppsala.
153. PIPPARD, C.J., M.G. PORTER, R.W.J. STEEN, F.J. GORDON, C.S. MAIN, R.E. POOTS, E.F. UNSWORTH & D.J. KILPATRICK, 1996: A method for obtaining and storing uniform silage for feeding experiments. Anim. Feed Sci. and Technology **57**, 87-95.
154. PITT, R.E., 1992: Microbial and enzymatic additives for ensiling. Proc. 54th Cornell Nutrition Conf. Rochester, New York, 137-147.
155. PLANE, M.J. & P. McDONALD, P. 1966: The buffering constituents of herbage and of silage. J. Sci. Food Agric. **17**, 264-268.
156. PODKOWKA, W. & A. POTKANSKI, 1991: Forage conservation as influenced by chemical and physical properties of the crop. Forage. Landbauforsch. Völkenrode, Sonderheft 123, 2-15.

157. PODKOWKA, W., 1969: Bewertung und Klassifizierung von Futterpflanzen im Hinblick auf die Gärfähigkeit. Proc. 3rd Gen. Meeting Europ. Grassl. Fed., Braunschweig, 41-52.
158. POLIP, I. & KAISER, E., 1997: Zum Einfluss des Clostridiensporengehaltes im Ausgangsmaterial auf die Buttersäuregärung beim Silieren in Abhängigkeit von verschiedenen Hemmstoffzusätzen. Proc. Soc. Nutrition Physiology **6**, 107.
159. REES, T.J., 1997: The Development of a Novel Antifungal Silage Inoculant. Ph. D. Thesis, Cranfield Univ. Biotechnology Centre, UK.
160. RETTIG H., 1972: Untersuchungen des physikalischen Gasaustausches an Konservierungsbehältern. Diss. Akad. d. Landwirtschaftswiss., Berlin.
161. ROOKE, J.A. & F. KAFILZADEH, 1994: The effect upon fermentation and nutritive value of silages produced after treatment by three different inoculants of lactic acid bacteria applied alone or in combination. Grass and Forage Sci. **45**, 143-152.
162. RÜCKER, G. & O. KNABE, 1977: Non mechanical field losses in wilting grasses as influenced by different factors. Proc. 13th Intern. Grassl. Congr. Leipzig, 1379-1381.
163. RÜCKER, G., 1993: Tagesperiodische Schwankungen des Gehaltes an wasserlöslichen Kohlenhydraten und gleichzeitige Veränderungen des Rohprotein- und Rohfasergehaltes in Gräsern. Tagungsband **37**, Jahrestagung AG Grünland u. Futterbau, Husum, 223-226.
164. RUSER, B., 1989: Erfassung und Identifizierung des epiphytischen Milchsäurebakterienbesatzes auf Gras und Mais in Abhängigkeit von Standort, Sorte, Entwicklungsstadium sowie Ernte- und Klimaeinflüssen. Landbauforsch. Völkenrode, Sonderheft 3.
165. RUSER, B., 1989: Das Vorkommen von Laktobakterien auf Futterpflanzen. Landbauforsch. Völkenrode **39**, 32-39.
166. SATTER, L.D, R.E. MUCK, B.A. JONES, T.R. DHIMAN, J.A. WOODFORD & C.M. WACEK, 1991: Efficacy of bacterial inoculants for lucerne silage. Lanbauforsch Völkenrode, Sonderheft 123, 342-343.
167. SCHMITDT, L., F. WEISSBACH, K.D. WERNECKE & E. HEIN, 1971: Erarbeitung von Parametern für die Vorhersage und Steuerung des Gärverlaufes bei der Grünfuttersilierung. Bericht des Oskar Kellner-Institutes, Rostock.
168. SCHMIDT, W., H. WETTERAU, H. BEYRICH, M. MÜLLER & E.M. GOTT-SCHILLING, 1973: Silageherstellung. 2 Aufl., VEB Dt. Landwirtschaftsverl., Berlin.
169. SCHOCH, W. & R. ROULEZ, 1962: Über die Bedeutung der Kohlenhydrate bei der Bereitung von Silage aus Grundfutter. Schweiz. Landw. Forschung **1**, 143-182.

170. SHARP, R., P.G. HOOPER, & D.G. ARMSTRONG, 1994: The digestion of grass silage produced using inoculants of lactic acid bacteria. *Grass and Forage Sci.* **49**, 42-53.
171. SHIELS, P., P. O'KIELY, P., A.P. MOLONEY, O. O'CONNELL, B. CORCORAN & P. Caffrey. 1999: Digestibility and nitrogen balance in cattle offered silages made with different species and strains of lactic acid bacteria. *Proc. 12th Intern Silage Conf., Uppsala*, 157-159.
172. SHURKHNO, R.A., R.G. GAREEV, A.G. ABUL`KHANOV, S.Z. VALIDOV, A.M. BORONIN & R.P. NAUMOVA, 2005: Fermentation of high-protein plant biomass by introduction of lactic acid bacteria. *Appl. Biochemistry and Microbiology* **41**, 69-78.
173. SPOELSTRA, S.F., 1993: Chemische und biologische Siliermittel für die Futterkonservierung. *Übers. Tierernährung* **21**, 87-116.
174. SPOELSTRA, S.F. & A.V. HINDLE, 1989: Influence of wilting on the chemical and microbiol parameters of grass relevant ensiling. *Netherl. J. Agric. Sci.* **37**, 355-364.
175. STEINWIDDER, A., E., T. ZEILER, T. GUGGENBERGER, J. HÄUSLER, A. SCHAUER & L. GRUBER, 2003: Einfluss von Partikellänge und Trockenmassegehalt bei unterschiedlichem Kraffuttereinsatz auf Pansenparameter, Verdaulichkeit und Futteraufnahme von Rindern. 2. Mitt.: Ergebnisse der Untersuchungen mit Milchkühen und Diskussion der Gesamtergebnisse. *Züchtungskunde* **75**, 190-203.
176. STERZENBACH, M., 2000: Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensive bewirtschafteten Grünlandes durch Mutterkühe. *Diss. Giessen*.
177. STITLING, A.C. & A. WHITTENBURY, 1963: Sources of lactic acid bacteria occurring in silage. *J. Appl. Bact.* **26**; 86-90.
178. STOKES, M.R., 1992: Effects of an enzyme mixture, an inoculant and their interaction on silage fermentation and dairy production. *J. Dairy Sci.* **75**, 764-773.
179. SÜDEKUM, K.-H., 2001: Fachliche Grundlagen internationaler Futterbewertungssysteme für Milchkühe und Zukunftsperspektiven für die deutschen Empfehlungen (Energie, Protein, Aminosäuren). – 28. *Viehwh. Facht.*, BAL Gumpenstein, Irnding, 1-10.
180. THAYSEN, J., 2001: Einfluss von Milchsäurebakterien (*Lactobacillus plantarum*) und Melasse auf die Qualität von Grassilagen und die Leistung von Milchkühen. *Diss. Kiel*.
181. TILLEY, J.M.A. & R.A. TERRY, 1963: A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. – *J. Brit. Grassl. Soc.* **18**, 104-111.
182. TÜRK, B., 2005: Einfluss verschiedener Kultivierungsbedingungen und Hemmstoffe auf die Entwicklung der vegetativen Zellen und Sporen von *Clostridium butyricum*, *C. sporogens* und *C. tyrobutyricum*. *Diss. Wien*.

183. UPPEKAMP, N., 1994: Anwelksilage. Ein Verfahrensvergleich. AID e.V. BONN, 1284.
184. VAITIKUNAS, W. UND H. ABEL, 1993: Zum Einfluss vom Milchsäurebakterien als Siliermittel auf den Futterwert von Grassilagen für Milchkühe. Agribiol. Res. **46**, 2, 126-136.
185. VISSER, R., W.H. HOLZAPFEL, J.J. BEZUIDENHOUT & J.M. KOTZE, 1986: Applied and Environmental Microbiology, **52**, 552-555.
186. VOSS, N., 1967: Über die Amin- und Ammoniakbildung im Gärfutter. – Das wirtschaftseigene Futter **12**, 161-171.
187. WALTER, H., 1957: Wie kann man den Klimatypus anschaulich darstellen? Umschau **24**, 751-753.
188. WEDDEL, J.R. & D.J. ROBERTS, 1993: Silage Additives 1993, Technical note SAC, Edinburgh.
189. WEINBERG, Z.G. & R.E. MUCK, 1996: New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiology Reviews **19**, 53-68.
190. WEISE, F., 1969: Einfluss des epiphytischen Keimbesatzes auf den Gärungsverlauf. Proc. 3th Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed., Braunschweig, 221-227.
191. WEISE, F., 1973: Säurebildungsvermögen und Ökonomie des Zuckerverbrauchs von Laktobazillen auf Gärfutter. Landbauforschung Völkenrode **23**, 71-77.
192. WEISE, F. & H. HONIG, 1975: Einfluss unterschiedlicher Vorwelkezeiten auf den Gärverlauf bei Wiesenschwingel. Das wirtschaftseigene Futter **21**, 10-24.
193. WEISE, G., 1978: Der Lufteinfluss bei der Grünfuttersilierung. Untersuchungen zu Ursache, Wirkung und Unterbindung. Diss. Akad. Landwirtschaftsw., Berlin.
194. WEISE, G. & H. RAMBUSCH, H. 1988: Produktionsüberwachung und Qualitätssicherung, normative Silokartei, Silierkatalog, Akad. Landwirtschaftsw., Berlin.
195. WEISSBACH, F., 1967: Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Vergärbarkeit. Akad. Landwirtschaftsw., Tagungsbericht **92**, 211-220.
196. WEISSBACH F., 1975: Methoden und Tabellen zur Schätzung der Vergärbarkeit. Akad. Landwirtschaftsw., Berlin.
197. WEISSBACH, F., 2005: A simple method for the correction of fermentation losses measured in laboratory silos. In: Silage production and utilisation, Proc. 24th Intern. Silage Conference, Belfast, 278.

198. WEISSBACH, F., L. SCHMIDT & E. HEIN, 1974: Method for anticipation of the run of fermentation in silage making, based on the chemical composition of green fodder. Proc. 12th Intern. Grassl. Congr., Moskow 3, Part II, 663-673.
199. WEISSBACH, F., L. SCHMIDT, G. PETERS, E. HEIN, K. BERG, G. WEISE & O. KNABE, 1977: Methode und Tabellen zur Schätzung der Vergärbarkeit. 3. Aufl., Hrsg: Akad. Landwirtschaftswiss., Berlin.
200. WEISSBACH, F. & S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierernähr. **23**, 189-214.
201. WEISSBACH, F. & H. HONIG, 1996: Über die Vorhersage und Steuerung des Gärverlaufes bei der Silierung von Grünfütter aus extensiven Anbau, Landbauforsch. Völkenrode, **1**, 10-17.
202. WETHERALL, J.A., D.G ARMSTRONG, H.J. FINLAYSON & J.A. ROOKE, 1995: Reduction of proteolysis during ensilage of perennial ryegrass by protease inhibitors. J. Sci. and Food Agric. **68**, 497-505.
203. WIERINGA, G. W., 1961: Über den Einfluss des Grünfütters auf die Gärung. Futtermittelkonservierung, **1**, 27-35.
204. WIERINGA, G.W., 1958: The effect of wilting on butyric acid fermentation in silage. Netherl. J. Agric. Sci. **6**, 204-210.
205. WILKENS, R.J., 1984: A review of the effects of wilting on the composition and feeding values of silage. Landbauforsch. Völkenrode, Sonderh. 69, 71-72.
206. WILLIAMS, A.G., 1994: The Permeability and Porosity of Grass Silage as Affected by Dry Matter. J. Agric. Engng. Res. **59**, 133-140.
207. WILLMANN, D., 1980: Early spring and late autumn response to applied nitrogen in four grasses. 1. Yield, number of tillers and chemical composition. – J. Agric. Sci., Camb. **94**, 425-442.
208. WILSON, R.F. & R.J. WILKENS, 1973: Formic acid as silage additives for wet crops of cocksfoot and lucerne. J. Agric. Sci. **80**, 225-231.
209. WINTERS, A.L., R.J. MERRY, M. MÜLLER, D.R. DAVIES, G. PAHLOW & T. MÜLLER, 1998: Degradation of fructans by epiphytic and inoculated lactic acid bacteria during ensilage of grass. J. Appl. Microbiology, **84**, 304-312.
210. WOLF, D., 2002: Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungs-termin auf Qualität und Masse von Winterweidefütter. Diss. Giessen.
211. WOOLFORD, M.K., 1984: The silage Fermentation, Microbiology Series **14**, Marcel Decker, Inc, New York.
212. WOOLFORD, M.K., 1990: The detrimental effects of air on silage. J. Appl. Bacteriology **68**, 101-116.

213. WOOLFORD, M.K. & G. PAHLOW, 1998: The silage fermentation. p. 73-102. In B.J.B. WOOD. Microbiologie of fermented foods. 2nd ed. Vol. 1. Blackie Academic & Professional, London.
214. WULFES, R., P. NYMAN, A. KORNER, 1995: Ein Modell zur Berechnung der Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten bei *Lolium perenne* L. und *Dactylis glomerata* L. Tagungsband **37** Jahrestagung AG Grünland und Futterbau, Husum, 81-87.
215. WYSS, U., 1993: Einsatz eines Milchsäurebakterien-Impfzusatzes in Grassilage aus der Sicht der Konservierung, Landw. Schweiz **6**, 203-207.
216. WYSS, U. H. HONIG & G. PAHLOW, 1991: Einfluss von Luftstrom und die Wirkung von spezifischen Zusätzen auf die aerobe Stabilität Grawelsilagen. Das wirtschaftseigene Futter **37**, 129-142
217. Wyss, U. H. Honig & G. Pahlow, 1994: The influence of airstrom and the effect of specific addition on the aerobic stability of wilted grass silage. Proc. 15th Gen. Meeting. Europ. Grassl. Fed. Wagenningen, NL, 155-157
218. YHAYA, M.S., M. K, J. TAKAHASHI & S. MATSUOKA, 2002: The effect of different moisture contents at ensiling on silo degradation and digestibility of structural carbohydrates of orchardgrass. Anim. Feed Sci. Technol. **101**, 127-133.
219. YEMM, E. M. & J.P. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. – Biochemical J. **57**, 508-514.
220. YIMIN CAI, Y. BENNO, M. OGAWA & S. KUMAI, 1999: Effect of applying acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. J. Dairy Sci. **82**, 520-526.
221. ZHAO, G. & P. DANIEL, 1991: Vergleichende Untersuchungen zur Methodik der Bestimmung der Pufferkapazität in Futtergräsern. Das wirtschaftseigene Futter **37**, 249-257.
222. ZIMMER, E., 1969: Biochemische Grundlagen der Einsäuerung. Proc 3rd Gen. Meeting Europ. Grassl. Fed. Braunschweig, 113-125.
223. ZIMMER, E., 1987: Futterwerbung und Futterkonservierung. – In: VOIGTLÄNDER, G. & H. JACOB, Grünlandwirtschaft und Futterbau, Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 387-430.
224. ZIMMER, E., 1988: Auswirkungen einer veränderten Grünlandbewirtschaftung auf die Futterkonservierung. Auswirkungen von Naturschutzauflagen auf die Grünlandbewirtschaftung. KTBL-Arbeitspapier 131, 73-85.

9. TABELLENANHANG**Anhangtabelle****Anwelkgut**

Wasserlösliche Kohlenhydrate	1
Pufferkapazität.....	2
Z/PK-Quotienten.....	3
Rohprotein	4
Verdaulichkeit organischer Substanz	5
NDF	6
ADF	7
ADL	8
Rohasche	9

Siliergut

pH-Werte am 90. Tag	10-11
pH-Wert-Verläufe.....	12-15
Milchsäure	16-17
Essigsäure.....	18-19
Buttersäure	20-21
Flüchtige Fettsäuren	22-23
Ethanol	24-25
NH ₃ -N am Rohprotein N	26-27
Restliche wasserlösliche Kohlenhydrate	28-29
Rohprotein	30-31
Verdaulichkeit organischer Substanz	32-33
NDF	34-35
ADF	36-37
ADL	38-39
Rohasche	40-41

Anhangtab. 1: Varianztabelle für wasserlösliche Kohlenhydrate verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	1,050	26,211*	2,615
Rest	8	0,446	0,045	0,551
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	5,374*	0,117	1,896*
Rest	8	0,662	0,041	0,163
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,037	0,426	0,218
Rest	8	0,105	0,129	0,066
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	0,765*	0,079	1,963*
Rest	8	0,094	0,031	0,055
Total	9			

Anhangtab. 2: Varianztabelle für die Pufferkapazitäten (g MS * 100g TS⁻¹) verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	0,007	4,447*	1,682*
Rest	8	0,082	0,016	0,121
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	0,288*	0,130*	0,016
Rest	8	0,030	0,010	0,126
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,070	0,078	0,523*
Rest	8	0,042	0,015	0,042
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	0,250	< 0,001	5,344*
Rest	8	0,061	0,009	0,340
Total	9			

Anhangtab. 3: Varianztabelle für die Zucker/Pufferkapazitäts-Quotienten verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	0,025	0,412*	0,116*
Rest	8	0,018	0,001	0,014
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	0,028	0,001	0,017
Rest	8	0,027	0,001	0,007
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,002	0,022*	< 0,001
Rest	8	0,003	0,004	0,001
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	0,017*	0,002	0,045*
Rest	8	0,001	0,001	0,001
Total	9			

Anhangtab. 4: Varianztabelle für die Rohprotein-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	0,108	9,592*	1,132*
Rest	8	0,450	0,016	0,139
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	0,587*	0,085	0,063
Rest	8	0,089	0,179	0,605
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,160	0,095*	3,875*
Rest	8	0,054	0,012	0,122
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	0,383*	0,085	1,025
Rest	8	0,060	0,083	0,466
Total	9			

Anhangtab. 5: Varianztabelle für die *in vitro*-Verdaulichkeit verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	6,204*	5,679*	2,864
Rest	8	0,540	0,490	0,770
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	5,604	45,991*	1,158
Rest	8	2,005	1,033	0,416
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,808	0,498	6,785*
Rest	8	0,407	0,475	0,902
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	3,218*	0,983	6,218*
Rest	8	0,113	0,277	0,486
Total	9			

Anhangtab. 6: Varianztabelle für die NDF-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	2,344	13,183*	5,528
Rest	8	1,128	0,272	3,515
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	5,389	2,799*	0,056
Rest	8	1,107	0,379	0,809
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,372	1,604*	4,468*
Rest	8	1,003	0,069	0,429
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	3,387	0,007	6,106
Rest	8	0,656	0,270	4,312
Total	9			

Anhangtab. 7: Varianztabelle für die ADF-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	0,080	0,859*	0,004
Rest	8	0,043	0,071	0,503
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	0,064	0,824	1,868
Rest	8	0,061	0,405	1,014
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,187	0,116*	11,436*
Rest	8	0,070	0,019	0,272
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	0,500	0,001	0,770
Rest	8	0,296	0,301	0,843
Total	9			

Anhangtab. 8: Varianztabelle für die ADL-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	0,002	0,436*	0,254
Rest	8	0,003	0,021	0,056
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	0,022	0,134	< 0,001
Rest	8	0,026	0,095	0,021
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,063	0,116*	0,525
Rest	8	0,022	0,016	0,159
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	0,146	< 0,001	0,560
Rest	8	0,055	0,026	0,212
Total	9			

Anhangtab. 9: Varianztabelle für die Rohasche-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad	1	0,048	5,123*	0,782*
Rest	8	0,058	0,075	0,118
Total	9			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad	1	0,230	5,320	0,345
Rest	8	0,158	0,263	0,381
Total	9			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad	1	0,067	0,025	0,085
Rest	8	0,049	0,011	0,076
Total	9			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad	1	0,097	0,019	0,058
Rest	8	0,125	0,029	0,204
Total	9			

Anhangtab. 10: Varianztabelle für die pH-Werte verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	0,689*	8,124*	0,711*
Zusatz (Z)	5	0,093*	0,365*	0,155*
V x Z	5	0,013*	0,203*	0,036*
Rest	36	0,001	0,019	0,001
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,205*	2,036*	0,244*
Zusatz (Z)	5	0,411*	0,109*	0,075*
V x Z	5	0,007*	0,118*	0,013*
Rest	36	0,002	0,007	0,002
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,235*	0,117*	0,118*
Zusatz (Z)	5	0,091*	0,557*	0,019*
V x Z	5	0,048*	0,012*	0,046*
Rest	36	0,008	0,006	0,007
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	0,044*	0,147*	3,782*
Zusatz (Z)	4	0,038*	0,107*	0,212*
V x Z	4	0,026*	0,066*	0,052*
Rest	30	0,008	0,005	0,012
Total	39			

Anhangtab. 11: pH-Werte in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40% TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	x TS
Kontrolle	4,2	5,5	4,3	4,7	4,6	5,8	4,8	5,1	4,9
<i>L. plantarum</i>	4,2	5,2	4,1	4,5	4,3	5,8	4,3	4,8	4,7
<i>L. paracasei</i>	4,1	4,7	4,1	4,3	4,2	5,6	4,3	4,7	4,5
Bonsilage	4,2	5,0	4,3	4,5	4,6	6,2	4,5	5,1	4,8
Bonsilage C	4,1	4,7	4,3	4,4	4,4	5,8	4,3	4,8	4,6
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	4,1	5,0	4,2	4,4	4,3	5,7	4,5	4,8	4,6
X Art	4,2	5,0	4,2	4,7	4,4	5,8	4,5	5,1	4,9
GD 5% *	0,03	0,20	0,03	-	0,03	0,20	0,03	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	4,5	5,7	4,2	4,8	4,5	5,6	4,4	4,8	4,8
<i>L. plantarum</i>	3,9	5,8	4,0	4,5	3,9	5,5	4,1	4,5	4,5
<i>L. paracasei</i>	3,9	5,7	4,0	4,5	4,1	5,3	4,2	4,5	4,5
Bonsilage	4,1	5,8	4,1	4,6	4,2	5,4	4,2	4,6	4,6
Bonsilage C	3,9	5,7	4,1	4,6	4,0	5,2	4,2	4,5	4,5
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	3,9	5,7	4,0	4,5	4,0	4,9	4,1	4,3	4,4
X Art	4,0	5,7	4,1	4,6	4,1	5,3	4,2	4,5	4,6
GD 5% *	0,06	0,12	0,07	-	0,06	0,12	0,07	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	4,6	4,1	4,5	4,4	4,7	4,3	4,6	4,5	4,5
<i>L. plantarum</i>	4,5	3,7	4,5	4,2	4,5	3,9	4,4	4,3	4,2
<i>L. paracasei</i>	4,7	3,9	4,5	4,4	4,5	4,0	4,4	4,3	4,3
Bonsilage	4,6	3,9	4,6	4,3	4,4	4,2	4,4	4,3	4,3
Bonsilage C	4,5	3,8	4,6	4,3	4,2	4,1	4,5	4,3	4,3
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	4,5	3,9	4,6	4,3	4,2	4,0	4,4	4,2	4,3
X Art	4,6	3,9	4,5	4,3	4,4	4,1	4,4	4,3	4,3
GD 5% *	0,13	0,11	0,12	-	0,13	0,11	0,12	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	4,4	4,8	4,8	4,7	4,7	5,2	5,3	5,1	4,9
<i>L. plantarum</i>	4,5	4,7	4,8	4,7	4,5	5,0	5,1	4,9	4,8
<i>L. paracasei</i>	4,7	4,8	5,0	4,8	4,6	5,0	5,6	5,1	4,9
Bonsilage	4,5	4,8	5,0	4,8	4,5	4,8	5,6	5,0	4,9
Bonsilage C	4,4	4,7	5,0	4,7	4,4	4,6	5,8	4,9	4,8
X Art	4,5	4,8	4,9	4,7	4,5	4,9	5,5	5,0	4,9
GD 5% *	0,02	0,03	0,02	-	0,02	0,03	0,02	-	-

* GD 5% (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 12: pH-Werte frühgeernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz

Früher Primäraufwuchs					
<i>Lolium perenne</i> (= 25% TS)					
Lagerdauer (=d)	Kontrolle	<i>L.plantarum</i>	<i>L. paracasei</i>	Bonsilage	Bonsilage C
2	4,89	4,92	4,86	4,99	5,01
6	4,54	4,44	4,23	4,56	4,51
12	4,41	4,34	4,15	4,55	4,46
24	4,44	4,23	4,03	4,44	4,31
90	4,23	4,17	4,09	4,23	4,13
<i>Dactylis glomerata</i> (= 25% TS)					
2	6,42	6,45	5,85	6,48	5,96
6	6,38	5,82	5,13	5,67	5,12
12	6,16	5,42	4,71	5,54	5,01
24	5,94	5,39	4,73	5,44	4,83
90	5,48	5,15	4,66	5,00	4,66
<i>Trifolium pratense</i> (= 25% TS)					
2	5,14	5,16	5,15	5,32	5,31
6	4,76	4,68	4,29	4,82	4,59
12	4,42	4,46	4,13	4,61	4,38
24	4,49	4,22	4,14	4,49	4,30
90	4,30	4,11	4,10	4,30	4,28
<i>Lolium perenne</i> (= 40 % TS)					
2	5,80	5,90	5,79	5,64	5,89
6	5,02	5,04	4,75	4,79	5,06
12	4,77	4,76	4,49	4,76	4,73
24	4,65	4,55	4,15	4,58	4,56
90	4,59	4,33	4,24	4,55	4,42
<i>Dactylis glomerata</i> (= 40% TS)					
2	7,05	7,21	7,00	7,03	7,05
6	7,01	7,14	6,87	7,13	6,92
12	6,73	6,66	6,60	6,92	6,65
24	6,68	6,74	6,48	6,82	6,49
90	5,83	5,82	5,57	6,20	5,80
<i>Trifolium pratense</i> (= 40% TS)					
2	5,85	5,88	5,89	5,92	5,77
6	5,34	5,30	4,96	5,24	5,19
12	5,01	4,88	4,50	5,02	4,75
24	4,74	4,67	4,38	4,83	4,59
90	4,79	4,34	4,28	4,51	4,30

Anhangtab. 13: pH-Werte spätgeernteter Primäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz

Später Primäraufwuchs					
<i>Lolium perenne</i> (= 25% TS)					
Lagerdauer (=d)	Kontrolle	<i>L.plantarum</i>	<i>L. paracasei</i>	Bonsilage	Bonsilage C
2	4,24	4,86	4,67	4,81	4,77
6	4,30	4,28	3,96	4,40	4,19
12	4,37	4,17	3,94	4,54	4,16
24	4,47	4,01	3,90	4,25	4,09
90	4,46	3,88	3,85	4,06	3,90
<i>Dactylis glomerata</i> (= 25% TS)					
2	5,48	5,36	5,31	5,44	5,44
6	5,34	5,41	5,29	5,48	5,28
12	5,08	4,99	5,07	5,02	5,00
24	5,49	5,48	5,28	5,51	5,21
90	5,69	5,75	5,72	5,76	5,72
<i>Trifolium pratense</i> (= 25% TS)					
2	5,07	5,41	5,03	5,20	5,33
6	4,51	4,31	4,08	4,50	4,19
12	4,41	4,20	4,04	4,35	4,12
24	4,38	4,10	4,08	4,12	4,03
90	4,16	3,95	4,00	4,12	4,07
<i>Lolium perenne</i> (= 40 % TS)					
2	4,91	5,20	5,09	5,05	5,04
6	4,94	4,76	4,53	4,89	4,80
12	4,73	4,37	4,23	4,75	4,52
24	4,74	4,10	4,13	4,45	4,23
90	4,54	3,93	4,06	4,21	4,03
<i>Dactylis glomerata</i> (= 40% TS)					
2	5,65	5,54	5,54	5,60	5,49
6	5,67	5,62	5,37	5,47	5,45
12	5,58	5,19	4,95	5,04	4,95
24	5,36	5,23	5,03	5,14	5,09
90	5,58	5,45	5,33	5,42	5,23
<i>Trifolium pratense</i> (= 40% TS)					
2	6,05	6,09	6,04	6,15	6,14
6	5,21	4,83	4,46	5,07	4,08
12	4,66	4,33	4,27	4,49	4,33
24	4,46	4,19	4,15	4,27	4,20
90	4,41	4,07	4,23	4,19	4,23

Anhangtab. 14: pH-Werte frühgeernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz

Früher Sekundäraufwuchs					
<i>Lolium perenne</i> (= 25% TS)					
Lagerdauer (=d)	Kontrolle	<i>L.plantarum</i>	<i>L. paracasei</i>	Bonsilage	Bonsilage C
2	5,40	5,45	5,24	5,33	5,35
6	5,28	5,06	5,08	5,16	5,02
12	5,04	4,80	5,02	4,94	4,86
24	4,94	4,71	4,81	4,76	4,78
90	4,59	4,48	4,69	4,56	4,52
<i>Dactylis glomerata</i> (= 25% TS)					
2	4,70	4,62	4,36	4,64	4,63
6	4,56	4,08	4,11	4,33	4,09
12	4,55	4,00	4,01	4,15	4,07
24	4,26	3,91	3,98	4,04	3,92
90	4,05	3,68	3,90	3,85	3,82
<i>Trifolium pratense</i> (= 25% TS)					
2	5,22	5,33	5,04	5,27	5,04
6	4,87	4,61	4,63	4,73	4,57
12	4,97	4,46	4,61	4,59	4,42
24	4,45	4,51	4,51	4,49	4,31
90	4,49	4,45	4,53	4,63	4,58
<i>Lolium perenne</i> (= 40 % TS)					
2	5,76	5,68	5,39	5,70	5,49
6	5,58	5,29	4,83	5,37	4,92
12	5,46	4,93	4,85	4,93	4,74
24	5,25	4,68	4,64	4,80	4,72
90	4,66	4,50	4,51	4,40	4,24
<i>Dactylis glomerata</i> (= 40% TS)					
2	5,37	5,21	4,56	5,18	5,19
6	4,87	4,45	4,35	4,79	4,40
12	4,79	4,20	4,11	4,44	4,33
24	4,76	4,20	4,09	4,29	4,16
90	4,29	3,90	4,00	4,17	4,08
<i>Trifolium pratense</i> (= 40% TS)					
2	5,82	5,80	5,66	5,93	5,85
6	5,26	5,05	4,76	5,41	4,98
12	4,96	4,70	4,53	4,86	4,59
24	4,44	4,44	4,44	4,48	4,37
90	4,62	4,42	4,40	4,35	4,53

Anhangtab. 15: pH-Werte spätgeernteter Sekundäraufwüchse in Abhängigkeit von Art, Vorwelkegrad, Lagerungsdauer und Zusatz

Später Sekundäraufwuchs					
<i>Lolium perenne</i> (= 25% TS)					
Lagerdauer (=d)	Kontrolle	<i>L. plantarum</i>	<i>L. paracasei</i>	Bonsilage	Bonsilage C
2	6,02	6,22	6,08	6,20	5,83
6	5,45	5,33	5,35	5,33	5,28
12	4,99	5,03	4,89	4,97	4,71
24	4,96	4,69	4,61	4,66	4,53
90	4,37	4,46	4,66	4,49	4,43
<i>Dactylis glomerata</i> (= 25% TS)					
2	5,81	5,76	5,98	5,90	5,78
6	5,48	5,39	5,53	5,56	5,41
12	5,20	5,24	5,70	5,28	5,21
24	4,99	5,04	5,00	5,04	4,94
90	4,81	4,73	4,76	4,82	4,74
<i>Trifolium pratense</i> (= 25% TS)					
2	5,76	5,53	5,86	5,89	5,58
6	5,18	5,18	5,31	5,42	5,17
12	5,08	5,10	5,19	5,25	5,31
24	5,02	5,04	5,17	5,18	5,24
90	4,79	4,84	4,96	5,00	4,97
<i>Lolium perenne</i> (= 40 % TS)					
2	6,96	6,48	6,48	6,57	5,98
6	6,40	5,75	6,16	6,08	5,55
12	5,80	5,13	5,41	5,62	5,03
24	5,23	4,71	4,75	4,96	4,66
90	4,69	4,51	4,59	4,51	4,40
<i>Dactylis glomerata</i> (= 40% TS)					
2	6,46	6,16	6,36	6,34	5,96
6	6,11	5,88	6,48	6,25	5,93
12	6,06	5,52	5,66	5,87	5,40
24	5,58	5,25	5,17	5,21	5,04
90	5,22	5,02	4,96	4,84	4,64
<i>Trifolium pratense</i> (= 40% TS)					
2	6,22	6,36	6,54	6,62	6,47
6	5,92	5,78	6,33	6,49	6,34
12	5,85	5,68	6,38	6,31	6,10
24	5,58	5,74	6,20	5,95	6,08
90	5,28	5,14	5,64	5,61	5,76

Anhangtab. 16: Varianztabelle für die Milchsäure-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	132,287*	77,541*	219,821*
Zusatz (Z)	5	12,338*	9,061*	9,974*
V x Z	5	1,886*	9,707*	2,834*
Rest	36	0,606	1,038	0,295
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	93,068*	91,301*	202,216*
Zusatz (Z)	5	41,467*	0,538*	7,948*
V x Z	5	2,215*	0,569*	6,026*
Rest	36	0,308	0,203	1,757
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,094*	3,276*	2,880*
Zusatz (Z)	5	0,035	0,261*	0,085*
V x Z	5	0,008	0,021*	0,045
Rest	36	0,020	0,006	0,019
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	4,868*	0,911	5,627*
Zusatz (Z)	4	4,518*	4,131*	2,030
V x Z	4	2,378*	0,743*	1,753
Rest	30	0,303	0,284	0,800
Total	39			

Anhangtab. 17: Milchsäure (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40% TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	x TS
Kontrolle	11,3	4,2	12,2	9,3	8,0	3,8	6,3	6,1	7,7
<i>L. plantarum</i>	12,8	5,4	15,0	11,0	8,6	4,1	9,3	7,3	9,2
<i>L. paracasei</i>	13,3	7,8	13,6	11,6	9,8	3,8	10,0	7,8	9,7
Bonsilage	10,5	9,2	12,1	10,6	6,4	3,6	8,7	6,2	8,4
Bonsilage C	12,3	7,5	12,4	10,7	10,8	3,7	9,4	7,9	9,3
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	13,0	3,9	14,0	10,3	9,7	3,6	10,0	7,7	9,0
X Art	12,2	6,3	13,2	10,6	8,9	3,8	8,9	7,2	8,9
GD 5% *	1,11	1,46	0,78	-	1,11	1,46	0,78	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	5,9	0,1	5,9	4,0	5,1	2,5	7,3	5,0	4,5
<i>L. plantarum</i>	12,8	0,1	12,2	8,4	9,3	2,8	9,9	7,3	7,9
<i>L. paracasei</i>	12,7	0,2	14,2	9,0	9,0	2,7	7,3	6,3	7,7
Bonsilage	10,7	0,1	10,5	7,1	8,0	2,5	6,3	5,6	6,3
Bonsilage C	12,4	0,3	11,8	8,1	9,3	3,3	7,1	6,6	7,4
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	13,4	0,1	11,4	8,3	10,1	3,8	9,1	7,6	8,0
X Art	11,3	0,2	11,0	7,5	8,5	2,9	7,8	6,4	6,9
GD 5% *	0,78	0,65	1,90	-	0,78	0,65	1,90	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	1,1	1,5	1,8	1,4	1,0	1,0	1,4	1,1	1,3
<i>L. plantarum</i>	0,1	2,0	1,9	1,3	0,9	1,4	1,3	1,2	1,3
<i>L. paracasei</i>	0,1	1,7	1,7	1,2	1,0	1,3	1,4	1,2	1,2
Bonsilage	0,2	1,8	1,9	1,3	1,1	1,2	1,4	1,2	1,3
Bonsilage C	0,1	2,0	1,7	1,3	1,1	1,3	1,0	1,2	1,2
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	1,2	1,7	1,8	1,6	1,2	1,3	1,4	1,3	1,4
X Art	0,5	1,8	1,8	1,3	1,0	1,2	1,3	1,2	1,3
GD 5% *	0,20	0,11	0,20	-	0,20	0,11	0,20	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	3,7	5,3	6,5	5,1	5,1	4,6	6,5	5,4	5,3
<i>L. plantarum</i>	3,5	5,3	7,8	5,5	5,7	4,7	6,3	5,6	5,5
<i>L. paracasei</i>	3,3	4,7	7,2	5,1	2,9	5,4	7,3	5,2	5,1
Bonsilage	3,7	6,6	7,3	5,9	3,9	6,1	5,3	5,1	5,5
Bonsilage C	5,0	6,4	6,3	5,9	5,0	6,1	5,9	5,7	5,8
X Art	3,8	5,7	7,0	5,5	4,5	5,4	6,2	5,4	5,4
GD 5% *	0,80	0,77	1,29	-	0,80	0,77	1,29	-	-

* GD 5% (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 18: Varianztabelle für die Essigsäure-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	11,547*	0,088	20,551*
Zusatz (Z)	5	1,013*	1,017*	2,664*
V x Z	5	1,099*	2,172*	0,548*
Rest	36	0,144	0,132	0,024
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,621*	11,393*	17,865*
Zusatz (Z)	5	1,052*	0,169*	0,606*
V x Z	5	0,322*	0,518*	1,468*
Rest	36	0,012	0,044	0,137
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,145*	0,014*	1,462*
Zusatz (Z)	5	0,024*	0,006*	0,036*
V x Z	5	0,007*	0,003	0,023*
Rest	36	0,002	0,002	0,003
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	0,061	3,514*	12,372*
Zusatz (Z)	4	0,085	0,172*	2,209*
V x Z	4	0,079	0,864*	1,134*
Rest	30	0,047	0,036	0,136
Total	39			

Anhangtab. 19: Essigsäure (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	x TS
Kontrolle	3,5	2,3	3,9	3,2	2,2	1,5	2,5	2,1	2,6
<i>L. plantarum</i>	2,6	2,9	3,7	3,0	2,5	2,1	2,1	2,2	2,6
<i>L. paracasei</i>	2,1	2,2	2,5	2,3	2,1	2,2	1,8	2,0	2,2
Bonsilage	3,8	2,7	3,5	3,3	2,4	1,9	2,5	2,3	2,8
Bonsilage C	3,4	2,6	4,7	3,5	2,0	2,5	2,5	2,3	2,9
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	3,2	0,7	2,7	2,2	1,4	2,6	1,7	1,9	2,0
X Art	3,1	2,2	3,5	2,9	2,1	2,1	2,2	2,1	2,5
GD 5 % *	0,54	0,52	0,22	-	0,54	0,52	0,22	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	1,7	2,1	3,2	2,3	2,0	0,8	2,2	1,7	2,0
<i>L. plantarum</i>	1,9	1,7	2,3	1,9	1,4	0,6	1,5	1,2	1,6
<i>L. paracasei</i>	1,4	1,3	2,2	1,6	1,3	0,8	2,1	1,4	1,5
Bonsilage	2,0	2,1	2,7	2,3	1,9	0,5	1,4	1,3	1,8
Bonsilage C	2,7	1,3	2,8	2,3	1,8	1,1	1,4	1,4	1,8
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	1,4	1,7	3,5	2,2	1,2	0,6	0,8	0,9	1,5
X Art	1,8	1,7	2,8	2,1	1,6	0,7	1,6	1,3	1,7
GD 5 % *	0,16	0,30	0,52	-	0,16	0,30	0,52	-	--
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	0,3	0,2	0,7	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3
<i>L. plantarum</i>	0,2	0,2	0,6	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3
<i>L. paracasei</i>	0,4	0,2	0,6	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Bonsilage	0,3	0,2	0,7	0,4	0,1	0,2	0,4	0,2	0,3
Bonsilage C	0,3	0,2	0,7	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	0,4	0,2	0,7	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
X Art	0,3	0,2	0,6	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
GD 5 % *	0,07	0,06	0,08	-	0,07	0,06	0,08	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	0,6	1,8	2,8	1,7	0,7	1,2	3,4	1,8	1,8
<i>L. plantarum</i>	0,9	1,5	3,5	2,0	0,9	1,8	4,4	2,3	2,1
<i>L. paracasei</i>	0,9	1,4	3,5	1,9	0,9	1,3	5,7	2,6	2,3
Bonsilage	0,9	2,2	3,5	2,2	0,5	0,8	3,9	1,7	2,0
Bonsilage C	0,8	1,9	3,0	1,9	0,7	0,7	4,4	1,9	1,9
X Art	0,8	1,7	3,3	1,9	0,7	1,2	4,4	2,1	2,0
GD 5 % *	0,31	0,27	0,53	-	0,31	0,27	0,53	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 20: Varianztabelle für die Buttersäure-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	-	3,588*	-
Zusatz (Z)	5	-	1,144*	-
V x Z	5	-	1,132*	-
Rest	36	-	0,156	-
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	1,116*	70,391*	< 0,001
Zusatz (Z)	5	0,809*	0,501*	0,001*
V x Z	5	0,730*	0,509*	0,004*
Rest	36	0,012	0,112	0,001
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	-	-	-
Zusatz (Z)	5	-	-	-
V x Z	5	-	-	-
Rest	36	-	-	-
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	-	-	-
Zusatz (Z)	4	-	-	-
V x Z	4	-	-	-
Rest	30	-	-	-
Total	39			

Anhangtab. 21: Buttersäure (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	x TS
Kontrolle	-	0,5	-	0,2	-	<0,1	-	<0,1	0,1
<i>L. plantarum</i>	-	0,3	-	0,1	-	<0,1	-	<0,1	0,0
<i>L. paracasei</i>	-	0,2	-	0,1	-	<0,1	-	<0,1	0,0
Bonsilage	-	0,3	-	0,1	-	<0,1	-	<0,1	0,1
Bonsilage C	-	0,1	-	0,0	-	0,1	-	<0,1	0,0
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	-	2,1	-	0,7	-	<0,1	-	<0,1	0,4
X Art	-	0,6	-	0,2	-	<0,1	-	<0,1	0,1
GD 5 % *	-	0,57	-	-	-	0,57	-	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	1,6	3,6	<0,1	1,7	<0,1	1,6	<0,1	0,5	1,1
<i>L. plantarum</i>	<0,1	4,3	<0,1	1,4	<0,1	1,5	<0,1	0,5	1,0
<i>L. paracasei</i>	<0,1	4,0	<0,1	1,3	<0,1	1,5	<0,1	0,5	0,9
Bonsilage	0,3	3,6	<0,1	1,3	<0,1	1,2	0,1	0,4	0,9
Bonsilage C	<0,1	3,0	<0,1	1,0	<0,1	0,9	<0,1	0,3	0,7
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	<0,1	3,9	<0,1	1,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7
X Art	0,3	3,7	<0,1	1,4	<0,1	1,1	<0,1	0,4	0,9
GD 5 % *	0,16	0,48	0,04	-	0,16	0,48	0,04	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. plantarum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. paracasei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonsilage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonsilage C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X Art	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GD 5 % *	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. plantarum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. paracasei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonsilage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bonsilage C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X Art	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GD 5 % *	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 22: Varianztabelle für die flüchtigen Fettsäuren verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	12,831*	1,114	27,743*
Zusatz (Z)	5	1,21*	1,559*	4,805*
V x Z	5	1,177*	1,526*	1,775*
Rest	36	0,188	0,338	0,041
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	1,983*	11,296*	17,022*
Zusatz (Z)	5	2,419*	0,158	0,665*
V x Z	5	1,052*	0,502*	1,572*
Rest	36	0,025	0,044	0,150
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,148*	0,024*	1,496*
Zusatz (Z)	5	0,026*	0,007*	0,036*
V x Z	5	0,007*	0,004	0,023*
Rest	36	0,002	0,002	0,003
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	0,016	3,489*	18,068*
Zusatz (Z)	4	0,064	0,173*	2,928*
V x Z	4	0,110*	0,881*	1,474*
Rest	30	0,040	0,036	0,156
Total	39			

Anhangtab. 23: Flüchtige Fettsäuren (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	x TS
Kontrolle	3,6	2,8	3,9	3,4	2,2	1,5	2,5	2,1	2,8
<i>L. plantarum</i>	2,6	3,2	3,8	3,2	2,5	2,1	2,1	2,3	2,7
<i>L. paracasei</i>	2,2	2,5	2,5	2,4	2,1	2,2	1,8	2,0	2,2
Bonsilage	4,0	3,0	3,6	3,5	2,5	1,5	2,5	2,2	2,9
Bonsilage C	3,6	2,9	5,9	4,1	2,0	2,5	2,6	2,4	3,2
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	3,2	2,8	2,7	2,9	1,6	2,1	1,7	1,8	2,3
X Art	3,2	2,9	3,7	3,3	2,2	2,0	2,2	2,1	2,7
GD 5 % *	0,62	0,83	0,29	-	0,62	0,83	0,29	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	3,3	5,8	3,3	4,1	2,0	2,4	2,3	2,2	3,2
<i>L. plantarum</i>	1,9	6,0	2,3	3,4	1,4	2,1	1,5	1,7	2,5
<i>L. paracasei</i>	1,4	5,4	2,2	3,0	1,3	2,3	2,2	1,9	2,5
Bonsilage	2,0	5,7	2,7	3,5	1,9	1,7	1,5	1,7	2,6
Bonsilage C	3,6	4,4	2,9	3,6	1,9	2,0	1,5	1,8	2,7
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	1,4	5,7	3,5	3,5	1,2	0,6	0,8	0,9	2,2
X Art	2,3	5,5	2,8	3,5	1,6	1,9	1,6	1,7	2,6
GD 5 % *	0,22	0,30	0,56	-	0,22	0,30	0,56	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	0,3	0,3	0,7	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3	0,4
<i>L. plantarum</i>	0,2	0,2	0,6	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
<i>L. paracasei</i>	0,4	0,2	0,6	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
Bonsilage	0,3	0,2	0,7	0,4	0,1	0,2	0,4	0,2	0,3
Bonsilage C	0,4	0,2	0,7	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	0,4	0,2	0,7	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
X Art	0,3	0,2	0,7	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
GD 5 % *	0,07	0,06	0,08	-	0,07	0,06	0,08	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	0,6	1,8	2,8	1,7	0,7	1,2	3,5	1,8	1,8
<i>L. plantarum</i>	0,9	1,5	3,5	2,0	0,9	1,8	4,5	2,4	2,2
<i>L. paracasei</i>	0,7	1,4	3,5	1,9	0,9	1,3	6,2	2,8	2,3
Bonsilage	0,9	2,2	3,5	2,2	0,5	0,8	4,3	1,9	2,0
Bonsilage C	0,8	1,9	3,1	1,9	0,7	0,7	4,7	2,0	2,0
X Art	0,8	1,8	3,3	1,9	0,7	1,2	4,6	2,2	2,0
GD 5 % *	0,29	0,27	0,57	-	0,29	0,27	0,57	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 24: Varianztabelle für die Ethanol-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	2,684*	2,471*	0,300*
Zusatz (Z)	5	0,101*	0,193*	0,005*
V x Z	5	0,122*	0,148*	0,001
Rest	36	0,017	0,013	0,001
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	3,263*	0,043*	2,910*
Zusatz (Z)	5	0,222*	0,056*	0,051*
V x Z	5	0,003	0,015	0,109*
Rest	36	0,007	0,007	0,018
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,008*	0,010*	0,086*
Zusatz (Z)	5	< 0,001	0,003*	0,003*
V x Z	5	< 0,001	0,001*	0,002*
Rest	36	< 0,001	< 0,001	0,398
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	< 0,001	0,054*	0,010*
Zusatz (Z)	4	0,001	0,004*	0,019*
V x Z	4	0,003	0,003*	0,009*
Rest	30	0,002	0,001	0,002
Total	39			

Anhangtab. 25: Ethanol (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40% TS				
	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	x TS
Kontrolle	1,2	1,2	0,4	1,0	0,5	0,3	0,3	0,4	0,7
<i>L. plantarum</i>	1,0	0,9	0,4	0,8	0,8	0,3	0,3	0,4	0,6
<i>L. paracasei</i>	0,8	0,5	0,4	0,6	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
Bonsilage	1,4	0,8	0,4	0,9	0,6	0,3	0,3	0,4	0,6
Bonsilage C	1,2	0,6	0,5	0,7	0,7	0,3	0,3	0,4	0,6
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	1,0	0,4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,2	0,4	0,5
X Art	1,1	0,7	0,4	0,8	0,6	0,3	0,3	0,4	0,6
GD 5% *	0,18	0,17	0,04	-	0,18	0,17	0,04	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	1,5	0,7	1,1	1,1	1,0	0,9	0,6	0,8	1,0
<i>L. plantarum</i>	1,4	0,7	0,9	1,0	0,9	0,8	0,6	0,7	0,9
<i>L. paracasei</i>	1,3	0,7	0,7	0,9	0,8	0,6	0,6	0,7	0,8
Bonsilage	1,8	0,7	1,1	1,2	1,2	0,8	0,6	0,9	1,0
Bonsilage C	1,5	0,7	1,2	1,1	1,0	0,8	0,5	0,7	0,9
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	1,3	0,6	1,1	1,0	0,8	0,5	0,4	0,6	0,8
X Art	1,5	0,7	1,0	1,1	0,9	0,7	0,5	0,7	0,9
GD 5% *	0,12	0,12	0,19	-	0,12	0,12	0,19	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	0,1	0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>L. plantarum</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1
<i>L. paracasei</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1
Bonsilage	0,1	0,1	0,2	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1
Bonsilage C	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
X Art	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,0	0,1	0,1
GD 5% *	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	<0,01	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
<i>L. plantarum</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>L. paracasei</i>	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,2	0,2
Bonsilage	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2
Bonsilage C	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
X Art	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
GD 5% *	0,06	0,03	0,06	-	0,06	0,03	0,06	-	-

* GD 5% (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 26: Varianztabelle für die NH₃-N-Anteile am Rohprotein-N-Gehalt verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	6,196*	343,309*	47,759*
Zusatz (Z)	5	4,488*	44,195*	6,266*
V x Z	5	6,997*	109,972*	2,179*
Rest	36	0,168	3,366	0,281
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	16,182*	1414,016*	93,193*
Zusatz (Z)	5	8,705*	44,783*	42,088*
V x Z	5	5,175*	21,802*	21,242*
Rest	36	0,393	2,044	0,248
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	74,551*	10,214*	682,216*
Zusatz (Z)	5	39,827*	10,131*	108,753*
V x Z	5	15,596*	11,244*	91,296*
Rest	36	0,596	0,240	1,188
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	3,775	7,607*	395,715*
Zusatz (Z)	4	2,789	10,271*	37,042*
V x Z	4	18,595*	7,510*	19,843*
Rest	30	2,474	0,454	1,792
Total	39			

Anhangtab. 27: NH₃-N-Anteil am Rohprotein-N (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	x TS
Kontrolle	8,8	30,0	10,8	16,5	6,7	23,2	7,5	12,5	14,5
<i>L. plantarum</i>	8,3	23,9	10,4	14,2	7,3	24,9	7,4	13,2	13,7
<i>L. paracasei</i>	7,0	16,8	8,1	10,6	5,2	27,2	7,7	13,4	12,0
Bonsilage	8,9	19,5	9,9	12,8	7,2	24,5	8,5	13,4	13,1
Bonsilage C	8,5	15,5	11,3	11,8	7,9	24,3	9,5	13,9	12,8
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	6,0	14,9	9,2	10,0	8,9	28,6	7,1	14,9	12,4
X Art	7,9	20,1	9,9	12,6	7,2	25,4	7,9	13,5	13,1
GD 5 % *	0,59	2,63	0,76	-	0,59	2,63	0,76	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	8,5	28,2	18,1	18,2	8,6	13,6	8,8	10,3	14,3
<i>L. plantarum</i>	8,3	18,0	9,5	11,9	7,6	10,5	8,0	8,7	10,3
<i>L. paracasei</i>	9,3	20,2	7,6	12,4	8,8	10,7	7,0	8,8	10,6
Bonsilage	11,2	24,3	10,6	15,4	10,2	10,7	8,4	9,8	12,6
Bonsilage C	10,1	18,8	10,1	13,0	9,5	11,8	9,2	10,2	11,6
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	10,5	22,9	8,3	13,9	6,1	9,8	6,0	7,3	10,6
X Art	9,6	22,1	10,7	14,1	8,5	11,2	7,9	9,2	11,7
GD 5 % *	0,90	2,05	0,71	-	0,90	2,05	0,71	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	17,2	3,4	29,1	16,6	18,6	7,8	8,1	11,5	14,0
<i>L. plantarum</i>	13,2	6,8	10,9	10,3	13,3	7,7	7,1	9,3	9,8
<i>L. paracasei</i>	19,2	6,8	13,9	13,3	17,2	7,6	7,8	10,8	12,1
Bonsilage	16,4	7,4	12,8	12,2	12,3	9,1	7,7	9,7	11,0
Bonsilage C	15,4	7,6	10,5	11,2	12,0	8,5	7,7	9,4	10,3
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	19,0	7,3	12,6	12,9	12,8	4,3	6,2	7,8	10,3
X Art	16,7	6,6	15,0	12,7	14,3	7,5	7,4	9,7	11,2
GD 5 % *	1,11	0,70	1,56	-	1,11	0,70	1,56	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	18,0	14,6	8,0	13,5	19,8	14,6	11,7	15,4	14,4
<i>L. plantarum</i>	20,2	12,8	10,5	14,5	20,7	16,8	14,6	17,4	15,9
<i>L. paracasei</i>	18,2	12,2	10,8	13,8	20,3	13,6	20,7	18,2	16,0
Bonsilage	21,0	13,0	11,2	15,1	18,6	12,4	15,5	15,5	15,3
Bonsilage C	22,0	12,6	7,5	14,0	17,0	12,2	17,0	15,4	14,7
X Art	19,9	13,0	9,6	14,2	19,3	13,9	15,9	16,4	15,3
GD 5 % *	2,27	0,97	1,93	-	2,27	0,97	1,93	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 28: Varianztabelle für die wasserlöslichen Kohlenhydrate verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	7,569*	0,061*	2,383*
Zusatz (Z)	5	2,628*	0,004*	1,564*
V x Z	5	1,131*	0,004*	0,445*
Rest	36	0,057	0,001	0,034
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	6,712*	0,024*	25,094*
Zusatz (Z)	5	18,819*	0,001*	9,170*
V x Z	5	2,439*	< 0,001	6,316*
Rest	36	0,076	< 0,001	0,149
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,072*	1,139*	2,200*
Zusatz (Z)	5	0,004*	14,930*	0,140*
V x Z	5	0,008*	1,018*	0,110*
Rest	36	0,001	0,067	0,014
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	0,052*	0,042*	0,009*
Zusatz (Z)	4	0,016*	0,017*	0,003*
V x Z	4	0,004*	0,002*	0,001*
Rest	30	0,001	0,001	0,001
Total	39			

Anhangtab. 29: Wasserlösliche Kohlenhydrate (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	x TS
Kontrolle	0,5	0,2	1,8	0,8	1,6	0,2	2,4	1,4	1,1
<i>L. plantarum</i>	0,5	0,2	0,7	0,5	1,3	0,2	1,2	0,9	0,7
<i>L. paracasei</i>	1,4	0,2	1,0	0,9	3,3	0,2	1,0	1,5	1,2
Bonsilage	0,5	0,3	1,5	0,8	1,3	0,2	1,2	0,9	0,8
Bonsilage C	0,5	0,3	0,4	0,4	1,2	0,2	1,4	0,9	0,7
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	1,7	0,2	0,7	0,9	1,3	0,2	1,5	1,0	0,9
X Art	0,9	0,2	1,0	0,7	1,6	0,2	1,5	1,1	0,9
GD 5 % *	0,34	0,04	0,26	-	0,34	0,04	0,26	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	1,5	0,1	1,1	0,9	1,6	0,1	3,3	1,7	1,3
<i>L. plantarum</i>	0,7	0,1	0,6	0,5	1,0	0,2	0,8	0,6	0,5
<i>L. paracasei</i>	2,6	0,1	1,1	1,2	3,6	0,2	1,5	1,7	1,5
Bonsilage	0,6	0,1	0,7	0,5	0,7	0,1	0,7	0,5	0,5
Bonsilage C	0,7	0,1	0,6	0,5	0,8	0,1	1,8	0,9	0,7
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	2,7	0,1	1,1	1,3	5,6	0,2	5,8	3,8	2,6
X Art	1,4	0,1	0,9	0,8	2,2	0,1	2,3	1,5	1,2
GD 5 % *	0,4	0,02	0,55	-	0,4	0,02	0,55	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	0,3	1,7	0,2	0,7	0,3	1,3	0,8	0,8	0,8
<i>L. plantarum</i>	0,3	0,6	0,2	0,4	0,3	1,2	0,5	0,6	0,5
<i>L. paracasei</i>	0,2	3,6	0,2	1,3	0,3	3,5	0,5	1,4	1,4
Bonsilage	0,3	1,3	0,2	0,6	0,4	1,0	0,3	0,6	0,6
Bonsilage C	0,2	0,8	0,2	0,4	0,3	2,0	1,0	1,1	0,7
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	0,2	3,6	0,2	1,3	0,4	4,6	0,7	1,9	1,6
X Art	0,2	1,9	0,2	0,8	0,3	2,2	0,6	1,1	0,9
GD 5 % *	0,04	0,37	0,17	-	0,04	0,37	0,17	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	0,5	0,3	0,2	0,3	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4
<i>L. plantarum</i>	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3
<i>L. paracasei</i>	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3
Bonsilage	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,2	0,4	0,3
Bonsilage C	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3
X Art	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0,4	0,3
GD 5 % *	0,02	0,03	0,02	-	0,02	0,03	0,02	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 30: Varianztabelle für die Rohprotein-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	0,627*	26,632*	3,100*
Zusatz (Z)	5	0,202*	0,238*	2,813*
V x Z	5	0,165*	0,228*	0,194
Rest	36	0,052	0,057	0,119
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	1,370*	8,791*	< 0,001
Zusatz (Z)	5	0,341*	0,043	0,001
V x Z	5	0,192	0,119*	0,004*
Rest	36	0,113	0,032	0,001
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	1,463*	0,233*	10,620*
Zusatz (Z)	5	0,108	0,329*	1,203
V x Z	5	0,149*	0,130*	0,510
Rest	36	0,047	0,033	0,521
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	0,467*	1,205*	1,394*
Zusatz (Z)	4	0,016	0,118*	0,441*
V x Z	4	0,180*	0,025	0,670*
Rest	30	0,043	0,014	0,107
Total	39			

Anhangtab. 31: Rohprotein (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	<i>x z</i>	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	<i>x z</i>	<i>x TS</i>
Kontrolle	11,8	16,0	19,3	15,7	12,5	18,0	20,2	16,9	16,3
<i>L. plantarum</i>	12,0	15,8	19,1	15,6	12,4	17,5	19,7	16,6	16,1
<i>L. paracasei</i>	12,1	16,4	19,8	16,1	12,2	17,7	20,4	16,7	16,4
Bonsilage	12,3	16,0	19,7	16,0	12,3	17,3	20,1	16,6	16,3
Bonsilage C	12,1	16,3	20,7	16,4	12,2	17,5	21,1	16,9	16,6
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	12,4	16,3	20,8	16,5	12,6	17,7	20,8	17,0	16,8
X Art	12,1	16,1	19,9	16,0	12,3	17,6	20,4	16,8	16,4
GD 5 % *	0,32	0,34	0,30	-	0,32	0,34	0,30	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	7,1	8,7	16,0	10,6	7,8	9,8	15,6	11,0	10,8
<i>L. plantarum</i>	7,5	8,8	16,1	10,8	7,8	9,8	16,7	11,5	11,1
<i>L. paracasei</i>	7,8	9,0	16,1	11,0	7,9	9,8	16,7	11,5	11,2
Bonsilage	7,8	8,9	15,8	10,8	8,2	9,6	15,6	11,1	11,0
Bonsilage C	7,4	9,1	15,2	10,6	8,1	9,6	15,9	11,2	10,9
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	7,9	8,8	14,9	10,5	7,8	9,8	14,8	10,8	10,7
X Art	7,6	8,9	15,7	10,7	7,9	9,7	15,9	11,2	10,9
GD 5 % *	0,48	0,26	0,80	-	0,48	0,26	0,80	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	19,3	8,6	18,7	15,5	19,5	8,8	18,1	15,4	15,5
<i>L. plantarum</i>	19,1	8,9	18,3	15,4	19,8	8,8	17,8	15,4	15,4
<i>L. paracasei</i>	19,5	9,6	19,3	16,2	19,8	8,5	17,4	15,2	15,7
Bonsilage	19,2	8,6	19,4	15,7	19,8	8,7	18,3	15,6	15,7
Bonsilage C	19,5	8,6	19,4	15,8	19,8	8,2	18,8	15,6	15,7
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	19,5	8,5	18,9	15,6	19,5	8,1	17,9	15,2	15,4
X Art	19,3	8,8	19,0	15,7	19,7	8,5	18,1	15,4	15,6
GD 5 % *	0,31	0,56	1,04	-	0,31	0,56	1,04	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	17,9	19,0	18,2	18,4	17,7	19,3	19,0	18,7	18,5
<i>L. plantarum</i>	17,6	19,4	18,0	18,3	17,9	19,6	18,9	18,8	18,6
<i>L. paracasei</i>	17,5	19,2	18,5	18,4	18,1	19,7	18,3	18,7	18,5
Bonsilage	17,5	19,1	18,5	18,4	17,9	19,5	18,2	18,5	18,5
Bonsilage C	17,8	19,3	18,6	18,5	17,9	19,5	19,3	18,9	18,7
X Art	17,7	19,2	18,4	18,4	17,9	19,5	18,7	18,7	18,6
GD 5 % *	0,30	0,17	0,47	-	0,30	0,17	0,47	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 32: Varianztabelle für die *in vitro*- Verdaulichkeit der organischen Substanz verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	21,343*	2,090	105,793*
Zusatz (Z)	5	8,679*	9,058*	4,941*
V x Z	5	16,639*	3,100*	3,484*
Rest	36	1,360	1,244	0,347
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	38,233*	2,267	17,719*
Zusatz (Z)	5	3,140*	1,856*	5,026*
V x Z	5	3,523*	2,601*	2,618*
Rest	36	0,604	0,749	0,496
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,112	97,634*	0,421
Zusatz (Z)	5	1,394	1,127	2,521*
V x Z	5	1,231	2,399*	1,389*
Rest	36	0,576	0,900	0,381
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	1,325	4,852*	125,381*
Zusatz (Z)	4	0,164	1,133*	13,58*
V x Z	4	2,011*	1,417*	1,806
Rest	30	0,467	0,322	0,943
Total	39			

Anhangtab. 33: *in vitro*-Verdaulichkeit (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	x TS
Kontrolle	80,1	67,0	74,7	74,0	73,3	66,5	71,3	70,4	72,2
<i>L. plantarum</i>	79,4	66,6	75,3	73,7	79,0	65,8	72,0	72,3	73,0
<i>L. paracasei</i>	78,7	68,6	74,4	73,9	79,9	66,1	71,1	72,4	73,1
Bonsilage	79,6	67,4	74,5	73,8	78,9	67,3	69,6	71,9	72,9
Bonsilage C	79,3	68,4	73,1	73,6	79,6	69,2	71,5	73,4	73,5
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	79,1	68,4	72,0	73,2	77,7	69,2	70,8	72,6	72,9
X Art	79,4	67,7	74,0	73,7	78,0	67,3	71,1	72,1	72,9
GD 5 % *	1,67	1,60	0,84	-	1,67	1,60	0,84	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	69,2	51,7	65,0	62,0	67,5	54,0	64,3	61,9	62,0
<i>L. plantarum</i>	70,4	53,1	64,9	62,8	67,6	53,4	64,8	61,9	62,3
<i>L. paracasei</i>	69,6	54,3	64,7	62,9	67,7	53,2	64,4	61,8	62,3
Bonsilage	69,1	53,4	64,7	62,4	68,5	54,3	62,2	61,7	62,0
Bonsilage C	71,7	53,2	64,9	63,3	67,6	53,7	62,1	61,2	62,2
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	70,1	54,4	65,9	63,5	70,1	54,1	65,0	63,1	63,3
X Art	70,0	53,3	65,0	62,8	68,2	53,8	63,8	61,9	62,4
GD 5 % *	1,11	1,24	1,01	-	1,11	1,24	1,01	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	73,0	69,1	72,5	71,5	72,2	66,7	71,2	70,0	70,8
<i>L. plantarum</i>	71,5	70,1	71,9	71,2	71,8	67,1	71,8	70,2	70,7
<i>L. paracasei</i>	72,5	70,0	71,8	71,4	72,2	67,0	70,7	70,0	70,7
Bonsilage	72,0	69,8	71,1	71,0	72,6	65,4	71,6	69,9	70,4
Bonsilage C	71,5	69,7	71,4	70,9	72,3	66,4	71,5	70,1	70,5
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	72,1	68,9	72,4	71,1	73,5	67,8	73,1	71,5	71,3
X Art	72,1	69,6	71,9	71,2	72,4	66,7	71,7	70,3	70,7
GD 5 % *	1,09	1,36	0,88		1,09	1,36	0,88		
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	67,7	68,3	74,4	70,1	65,9	69,2	70,8	68,6	69,4
<i>L. plantarum</i>	67,1	68,5	74,0	69,8	67,3	69,5	70,7	69,1	69,5
<i>L. paracasei</i>	66,7	67,9	72,4	69,0	67,3	68,3	70,3	68,6	68,8
Bonsilage	67,5	69,2	72,7	69,8	66,6	68,7	68,1	67,8	68,8
Bonsilage C	66,8	67,5	71,5	68,6	67,0	69,3	67,4	67,9	68,2
X Art	67,1	68,3	73,0	69,5	66,8	69,0	69,4	68,4	68,9
GD 5 % *	0,99	0,82	1,40	-	0,99	0,82	1,40	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 34: Varianztabelle für die NDF-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	54,674*	282,814*	67,711*
Zusatz (Z)	5	1,863	0,325	2,038*
V x Z	5	10,383*	2,033	4,697*
Rest	36	1,002	1,359	0,416
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	12,639*	7,241*	23,618*
Zusatz (Z)	5	1,607*	2,350*	4,877*
V x Z	5	1,068*	1,222	4,615*
Rest	36	0,408	0,510	0,649
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	21,670*	45,713*	11,386*
Zusatz (Z)	5	0,678*	8,233	1,080
V x Z	5	0,178*	2,623	2,785
Rest	36	0,182	3,291	1,365
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	23,493*	5,969*	12,120*
Zusatz (Z)	4	1,050	4,891*	4,560
V x Z	4	1,587*	2,533*	10,166*
Rest	30	0,552	0,632	2,380
Total	39			

Anhangtab. 35: NDF (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	x z	x TS
Kontrolle	49,4	54,1	35,4	46,3	49,0	59,0	37,3	48,4	47,4
<i>L. plantarum</i>	48,7	54,0	35,8	46,1	49,3	58,8	38,5	48,9	47,5
<i>L. paracasei</i>	48,5	53,7	35,0	45,7	50,3	59,1	39,9	49,7	47,7
Bonsilage	46,9	53,1	35,8	45,3	50,2	59,4	38,9	49,5	47,4
Bonsilage C	48,5	54,5	35,8	46,2	49,9	59,1	36,6	48,5	47,4
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	47,0	54,6	36,4	46,0	53,0	57,9	37,3	49,4	47,7
X Art	48,1	54,0	35,7	46,0	50,3	58,9	38,1	49,1	47,5
GD 5 % *	1,44	1,67	0,93	-	1,44	1,67	0,93	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	60,3	70,9	43,5	58,2	61,3	69,8	45,8	58,9	58,6
<i>L. plantarum</i>	59,7	71,6	43,9	58,4	61,5	69,5	44,9	58,6	58,5
<i>L. paracasei</i>	61,0	70,2	44,4	58,5	62,0	69,9	45,5	59,1	58,8
Bonsilage	60,7	70,3	44,9	58,6	61,1	70,5	47,9	59,8	59,2
Bonsilage C	60,4	70,2	44,7	58,4	62,4	69,7	46,9	59,7	59,0
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	61,7	69,4	46,4	59,2	61,8	68,7	45,1	58,5	58,8
X Art	60,6	70,4	44,6	58,6	61,7	69,7	46,0	59,1	58,8
GD 5 % *	0,92	1,02	1,16	-	0,92	1,02	1,16	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	52,4	60,8	38,9	50,7	53,9	64,2	40,4	52,8	51,8
<i>L. plantarum</i>	52,6	60,2	39,0	60,6	53,8	60,5	39,9	51,4	56,0
<i>L. paracasei</i>	53,1	62,2	39,0	51,4	54,2	64,5	41,6	53,4	52,4
Bonsilage	52,6	61,1	38,7	50,8	54,4	63,6	40,3	52,8	51,8
Bonsilage C	53,3	60,9	39,5	51,2	54,6	63,2	39,1	52,3	51,8
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	53,0	61,1	39,5	51,2	54,1	61,9	39,1	51,7	51,4
X Art	52,8	61,0	39,1	52,7	54,2	63,0	40,1	52,4	52,5
GD 5 % *	0,61	2,72	1,68	-	0,61	2,72	1,68	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	56,2	56,6	44,2	52,3	54,7	55,3	44,6	51,5	51,9
<i>L. plantarum</i>	56,4	57,1	43,8	52,4	53,6	57,7	44,2	51,8	52,1
<i>L. paracasei</i>	55,6	57,4	44,2	52,4	54,8	56,9	42,3	51,3	51,9
Bonsilage	55,9	58,4	42,6	52,3	53,8	56,1	46,3	52,1	52,2
Bonsilage C	54,8	56,0	41,2	50,7	54,1	55,6	44,2	51,3	51,0
X Art	55,7	57,1	43,2	52,0	54,2	56,3	44,3	51,6	51,8
GD 5 % *	1,07	1,47	2,28	-	1,07	1,47	2	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 36: Varianztabelle für die ADF-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	3,202*	2,675*	1,909*
Zusatz (Z)	5	0,717*	0,171	2,979*
V x Z	5	0,640*	1,443*	2,017*
Rest	36	0,146	0,236	0,315
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	3,288*	17,744*	0,044
Zusatz (Z)	5	0,783*	0,723*	6,156*
V x Z	5	0,401*	0,784*	0,921
Rest	36	0,094	0,121	0,725
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,044	0,925*	0,130
Zusatz (Z)	5	0,370*	0,523*	3,598
V x Z	5	0,510*	0,081	2,466
Rest	36	0,097	0,126	1,525
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	3,158*	1,378*	2,286
Zusatz (Z)	4	0,480	1,758*	4,724*
V x Z	4	0,295	2,025*	5,83*
Rest	30	0,193	0,160	1,243
Total	39			

Anhangtab. 37: ADF (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				
	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	x TS
Kontrolle	28,6	32,2	26,6	29,1	28,6	32,0	27,1	29,2	29,2
<i>L. plantarum</i>	28,6	31,8	26,7	29,0	28,5	32,4	27,7	29,5	29,3
<i>L. paracasei</i>	28,6	31,3	26,2	28,7	29,5	32,4	27,8	29,9	29,3
Bonsilage	28,0	31,6	26,5	28,7	28,7	32,5	27,4	29,5	29,1
Bonsilage C	28,8	31,1	26,2	28,7	28,9	32,5	25,6	29,0	28,8
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	28,4	32,6	26,3	29,1	29,8	31,8	25,3	28,9	29,0
X Art	28,5	31,8	26,4	28,9	29,0	32,2	26,8	29,4	29,1
GD 5 % *	0,55	0,70	0,80	-	0,55	0,70	0,80	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	36,7	42,5	32,6	37,3	36,9	41,2	33,1	37,0	37,1
<i>L. plantarum</i>	36,0	42,4	31,8	36,7	37,2	41,5	31,7	36,8	36,8
<i>L. paracasei</i>	37,1	42,3	32,5	37,3	37,8	41,4	32,0	37,1	37,2
Bonsilage	36,9	42,3	33,4	37,5	37,4	41,9	34,5	37,9	37,7
Bonsilage C	36,5	42,9	33,4	37,6	37,1	41,6	33,3	37,3	37,4
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	36,8	42,5	34,2	37,8	36,7	40,2	33,5	36,8	37,3
X Art	36,6	42,5	33,0	37,4	37,2	41,3	33,0	37,2	37,3
GD 5 % *	0,44	0,50	1,22	-	0,44	0,50	1,22	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	33,7	36,3	29,3	33,1	34,1	36,7	29,4	33,4	33,2
<i>L. plantarum</i>	33,2	35,9	28,5	32,5	33,5	36,0	28,4	32,6	32,6
<i>L. paracasei</i>	33,5	36,0	28,1	32,5	33,8	36,5	30,4	33,5	33,0
Bonsilage	34,0	35,9	28,0	32,6	33,5	36,2	27,5	32,4	32,5
Bonsilage C	33,9	35,7	28,1	32,6	33,1	36,0	27,5	32,2	32,4
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	33,4	35,8	28,6	32,6	33,4	35,8	28,0	32,4	32,5
X Art	33,6	35,9	28,4	32,7	33,6	36,2	28,5	32,8	32,7
GD 5 % *	0,45	0,51	1,77	-	0,45	0,51	1,77	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	33,4	34,3	39,2	35,7	33,6	33,3	40,7	35,9	35,8
<i>L. plantarum</i>	33,0	34,2	39,8	35,6	32,8	32,8	40,2	35,2	35,4
<i>L. paracasei</i>	32,6	33,4	40,3	35,4	32,2	32,6	40,7	35,5	35,5
Bonsilage	33,3	32,4	39,9	35,2	32,7	32,9	42,0	35,9	35,5
Bonsilage C	33,5	32,5	40,1	35,4	32,7	33,4	37,8	34,6	35,0
X Art	33,2	33,4	39,8	35,5	33,0	33,0	40,3	35,4	35,4
GD 5 % *	0,63	0,58	1,61	-	0,63	0,58	1,61	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 38: Varianztabelle für die ADL-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	0,035	0,004	0,760*
Zusatz (Z)	5	0,094*	0,137*	0,147*
V x Z	5	0,078*	0,053	0,212*
Rest	36	0,012	0,025	0,020
Total	47			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,703*	0,168	0,668*
Zusatz (Z)	5	0,011	0,216*	0,196
V x Z	5	0,047*	0,143*	0,144
Rest	36	0,015	0,047	0,084
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,294*	0,002	2,061*
Zusatz (Z)	5	0,039*	0,323*	0,258*
V x Z	5	0,016	0,155*	0,243*
Rest	36	0,016	0,029	0,086
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	0,023	0,082*	8,395*
Zusatz (Z)	4	0,022	0,188*	1,026*
V x Z	4	0,161*	0,047*	0,482*
Rest	30	0,024	0,016	0,123
Total	39			

Anhangtab. 39: ADL (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40% TS				
	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	<i>x z</i>	<i>Lol. per.</i>	<i>Dact. glom.</i>	<i>Trif. prat.</i>	<i>x z</i>	<i>x TS</i>
Kontrolle	1,4	2,9	3,5	2,6	1,4	2,8	3,8	2,7	2,6
<i>L. plantarum</i>	1,4	2,8	3,6	2,6	1,3	2,9	3,8	2,7	2,6
<i>L. paracasei</i>	1,4	2,7	3,6	2,6	1,7	2,9	4,1	2,9	2,7
Bonsilage	1,7	2,9	3,4	2,6	1,5	2,8	4,0	2,8	2,7
Bonsilage C	1,7	2,7	3,4	2,6	1,4	2,5	3,6	2,5	2,5
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	1,6	2,9	3,6	2,7	1,6	3,1	3,3	2,7	2,7
X Art	1,5	2,8	3,5	2,6	1,5	2,8	3,8	2,7	2,7
GD 5% *	0,16	0,23	0,20	-	0,16	0,23	0,20	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	2,8	4,2	4,6	3,9	2,9	4,3	4,7	4,0	3,9
<i>L. plantarum</i>	2,6	3,9	4,6	3,7	3,0	4,1	4,8	4,0	3,8
<i>L. paracasei</i>	2,7	4,0	4,7	3,8	3,0	4,0	4,8	3,9	3,9
Bonsilage	2,7	4,0	4,7	3,8	3,0	3,9	5,4	4,1	3,9
Bonsilage C	2,7	4,0	4,5	3,7	3,0	3,7	5,0	3,9	3,8
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	2,8	4,0	4,9	3,9	2,8	3,5	4,9	3,7	3,8
X Art	2,7	4,0	4,7	3,8	3,0	3,9	4,9	3,9	3,9
GD 5% *	0,18	0,31	0,41	-	0,18	0,31	0,41	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	2,2	2,9	3,2	2,8	2,5	2,4	3,8	2,9	2,8
<i>L. plantarum</i>	2,2	2,7	3,5	2,8	2,3	2,8	3,3	2,8	2,8
<i>L. paracasei</i>	2,1	2,6	3,1	2,6	2,2	2,9	3,9	3,0	2,8
Bonsilage	2,2	2,6	3,3	2,7	2,3	2,8	3,8	3,0	2,8
Bonsilage C	2,1	2,5	3,5	2,7	2,3	2,4	4,1	3,0	2,8
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	2,2	2,2	3,7	2,7	2,4	2,3	4,0	2,9	2,8
X Art	2,2	2,6	3,4	2,7	2,3	2,6	3,8	2,9	2,8
GD 5% *	0,18	0,24	0,04	-	0,18	0,24	0,04	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	3,7	3,5	4,1	3,7	4,0	3,5	4,8	4,1	3,9
<i>L. plantarum</i>	3,8	3,4	4,2	3,8	3,8	3,2	5,5	4,2	4,0
<i>L. paracasei</i>	3,6	3,2	4,6	3,8	3,9	3,3	5,6	4,3	4,1
Bonsilage	3,7	3,2	4,6	3,8	3,7	3,0	5,9	4,2	4,0
Bonsilage C	4,0	3,2	4,4	3,9	3,6	3,1	4,6	3,8	3,8
X Art	3,7	3,3	4,4	3,8	3,8	3,2	5,3	4,1	4,0
GD 5% *	0,22	0,18	0,51	-	0,22	0,18	0,51	-	-

* GD 5% (Zusatz/Vorwelkegrad)

Anhangtab. 40: Varianztabelle für die Rohasche-Konzentrationen verschiedener Erntetermine und Arten

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test		
		<i>Lolium perenne</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Trifolium pratense</i>
Vorwelkegrad (V)	1	1,311	27,466*	0,478*
Zusatz (Z)	5	0,878	0,062	0,037
V x Z	5	0,415	0,154*	0,080
Rest	36	0,348	0,057	0,043
Total	4			
Später Primäraufwuchs = Juni 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	2,576*	0,988*	0,020
Zusatz (Z)	5	0,165	0,124	0,255*
V x Z	5	0,153	0,132	0,163
Rest	36	0,082	0,060	0,074
Total	47			
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005				
Vorwelkegrad (V)	1	0,586*	0,225*	0,054
Zusatz (Z)	5	0,140*	0,083	0,042
V x Z	5	0,130*	0,072	0,118*
Rest	36	0,017	0,043	0,027
Total	47			
Später Sekundäraufwuchs = September 2004				
Vorwelkegrad (V)	1	3,158*	0,144*	0,622
Zusatz (Z)	4	0,480	0,050	0,617
V x Z	4	0,295	0,049	0,944
Rest	39	0,193	0,026	0,538
Total	40			

Anhangtab. 41: Rohasche (% in TS) in Abhängigkeit von Vorwelkegrad, Art und Silierzusatz verschiedener Erntetermine

Früher Primäraufwuchs = Mai 2005									
Zusatz	25% TS				40 % TS				X TS
	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	Lol. per.	Dact. glom.	Trif. prat.	x z	
Kontrolle	10,3	10,2	11,0	10,5	9,7	11,6	10,9	10,7	10,6
<i>L. plantarum</i>	10,0	10,6	11,0	10,5	9,6	11,6	11,0	10,7	10,6
<i>L. paracasei</i>	9,8	10,0	10,9	10,3	10,4	11,7	10,9	11,0	10,6
Bonsilage	9,9	10,2	10,9	10,3	9,6	11,8	10,7	10,7	10,5
Bonsilage C	10,4	9,9	11,0	10,5	9,8	11,7	10,6	10,7	10,6
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	10,9	10,2	11,1	10,7	10,2	11,7	10,6	10,9	10,8
X Art	10,2	10,2	11,0	10,5	9,9	11,7	10,8	10,8	10,6
GD 5 % *	0,85	0,34	0,30	-	0,85	0,34	0,30	-	-
Später Primäraufwuchs = Juni 2005									
Kontrolle	8,5	10,1	9,0	9,2	8,5	9,3	8,5	8,8	9,0
<i>L. plantarum</i>	9,1	9,7	8,6	9,1	8,3	9,6	8,8	8,9	9,0
<i>L. paracasei</i>	9,1	9,7	8,5	9,1	8,6	9,6	8,9	9,0	9,1
Bonsilage	9,1	9,6	8,5	9,1	8,4	9,4	8,6	8,8	8,9
Bonsilage C	8,7	9,6	8,5	8,9	8,4	9,2	8,5	8,7	8,8
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	8,7	9,7	8,4	8,9	8,3	9,4	8,1	8,6	8,8
X Art	8,9	9,7	8,6	9,1	8,4	9,4	8,6	8,8	8,9
GD 5 % *	0,41	0,35	0,39	-	0,41	0,35	0,39	-	-
Früher Sekundäraufwuchs = Juli 2005									
Kontrolle	11,5	10,6	11,5	11,2	11,6	10,5	11,6	11,2	11,2
<i>L. plantarum</i>	11,4	10,6	11,5	11,2	11,4	10,3	11,5	11,1	11,1
<i>L. paracasei</i>	11,5	10,5	11,6	11,2	11,4	10,1	11,8	11,1	11,2
Bonsilage	11,6	10,3	11,7	11,2	11,0	10,5	11,6	11,0	11,1
Bonsilage C	11,4	10,4	11,6	11,1	11,0	10,2	11,4	10,9	11,0
<i>L. paracasei</i> + <i>Chlostr. spec.</i>	11,5	10,3	11,9	11,2	11,1	10,2	11,3	10,9	11,0
X Art	11,5	10,5	11,6	11,2	11,2	10,3	11,5	11,0	11,1
GD 5 % *	0,19	0,21	0,24	-	0,19	0,21	0,24	-	-
Später Sekundäraufwuchs = September 2004									
Kontrolle	12,1	9,9	24,7	15,6	12,1	9,9	24,6	15,5	15,6
<i>L. plantarum</i>	12,6	10,0	24,8	15,8	12,0	10,0	24,8	15,6	15,7
<i>L. paracasei</i>	13,1	10,0	25,3	16,1	12,1	10,2	25,6	16,0	16,1
Bonsilage	13,1	9,8	24,4	15,8	12,4	10,0	25,8	16,0	15,9
Bonsilage C	12,6	10,0	25,4	16,0	12,1	10,0	25,3	15,8	15,9
X Art	12,7	9,9	24,9	15,9	12,1	10,0	25,2	15,8	15,8
GD 5 % *	0,63	0,23	1,06	-	0,63	0,23	1,06	-	-

* GD 5 % (Zusatz/Vorwelkegrad)

LEBENS LAUF

Name: Matthias Radmacher

Geburtsdatum: 28.09.1977

1984-1988 Grundschule in Meerbusch
1988-1997 Gymnasium in Meerbusch
Abschluss: Abitur

10/1997-04/2002 Studium der Agrarwissenschaften an der Justus-Liebig-Universität Giessen
Abschluss: Diplom, Fachrichtung Tierproduktion

05/2002-05/2003 Trainee Programm für den Managementnachwuchs in der Agrarwirtschaft. DLG, Frankfurt

06/2003-08/2004 Rinderspezialberater bei der H. Wilhelm Schaumann GmbH, Pinneberg

Seit September 2004 Gebietsleiter bei der H. Wilhelm Schaumann GmbH, Pinneberg
Anfertigung der vorliegenden Arbeit

Mein Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. W. Opitz von Boberfeld für die Überlassung des Themas, die jederzeit gewährte Unterstützung und fachliche Beratung während der Anfertigung dieser Arbeit;

Herrn Prof. H. Seufert für die freundliche Übernahme des Korreferates;

allen Mitarbeitern des Instituts und der Versuchsstation Linden-Forst für die gute Zusammenarbeit, namentlich Herrn E. Mandler, Herrn Dr. M. Sterzenbach und Herrn Priv.-Doz. Dr. H. Laser

allen Mitarbeitern der IS-Forschungs Gesellschaft in Walstedt sowie allen Mitarbeitern der Firma Lactosan für die Unterstützung;

Herrn Dr. E. Mathies, Herrn Dr. H. Pricker und Herrn Dr. W. Weisthoff für die Chance und Unterstützung neben meiner beruflichen Tätigkeit diese Arbeit anfertigen zu dürfen;

meinen Eltern, meiner Schwester und meinem Bruder.