

Harz- und Hopfensäuren als alternative, biologische Konservierungsstoffe

Florian Emerstorfer^{1*}, Walter Hein¹, Reinhard Resch², Wolfgang Kneifel³ und Erich M. Pötsch²

Zusammenfassung

Die in der Zuckerindustrie seit Jahren erfolgreich eingesetzten natürlichen Wirkstoffe Hopfen- β -Säuren und Harzsäuren wurden in Laborsilagen mit Gras und Rübenpressschnitzeln getestet. Dabei wurde die Frage untersucht inwieweit die Möglichkeit besteht, eine Vermehrung von Clostridien unter Laborbedingungen zu unterdrücken. Die Kontamination des Ausgangsmaterials in den Stresstests erfolgte dabei über den Zusatz von Erde. Das Ausmaß des Clostridienwachstums wurde über die Parameter pH-Wert und Gärsäuren über den Silierverlauf von 90 Tagen beurteilt, wobei das Abschneiden der Wirkstoffe mit Ameisensäure und einem biologischen Silagestarter (Bonsilage forte) verglichen wurde.

In den Grassilagen zeigte sich dabei, dass eine Unterdrückung im getesteten Konzentrationsbereich im Vergleich zum Silagestarter und Ameisensäure weniger gut gelingt und die optimalen Einsatzkonzentrationen noch nicht gefunden werden konnten. In den Rübenpressschnitzelsilagen andererseits konnte ein eindeutiger Verbesserungseffekt über den Zusatz der Wirkstoffe gegenüber der Anwendung des Silagestarters erzielt werden. Die gemeinsame Anwendung der Wirkstoffe mit der Silagestarterkultur führte zu einer deutlichen Reduktion von Buttersäure in den Stresstests und zu einer Verbesserung des Gärsäurenusters nach 90 Tagen Silierdauer. Schließlich wurde die Idee zur Kombination hopfenresistenter Milchsäurebakterien und Hopfen- β -Säuren getestet und als erfolgreichste Variante identifiziert.

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen das Potential für natürliche Biostabilisatoren wie Hopfen- β -Säuren die Entwicklung von Clostridien zu unterdrücken und zeigen darüber hinaus Möglichkeiten zur Kombination der Wirkstoffe mit Milchsäurebakterien auf. Für die erfolgreiche Unterdrückung von Clostridienföhlgärungen in Silagen könnte somit mit Hopfen- β -Säuren ein neuer natürlicher und gesundheitlich unbedenklicher Wirkstoff gefunden worden sein.

Abstract

Natural antibacterials based on hop beta acids and rosin acids have been successfully applied in the sugar industry to combat microorganisms for years. In this study the substances were tested in silages with grass and pressed sugar beet pulp to reveal their potential in suppressing clostridia growth. The clostridia contamination in the challenge tests was done by admixing soil to fresh material. The impact on clostridia growth during silage fermentation in laboratory silos was assessed by determination of pH - value and organic acids composition over 90 days. For comparison, silage additives such as formic acid and a biological silage starter (Bonsilage forte), were included in the trials.

In grass silages results indicate that natural antibacterials were less effective than formic acid and the silage starter. In pressed sugar beet pulp natural antibacterials showed significantly better results than the silage starter culture. A combined application of natural antibacterials and the silage starter lead to further improvements with respect to organic acids composition and butyric acid content. Eventually, the idea to use a combination of hop-resistant lactic acid bacteria and hop beta acids was tested and revealed best results.

The outcome of this study indicates that natural antibacterials, such as hop beta, acids can suppress clostridia growth in silages and demonstrates some possibilities for the combined use of natural antibacterials and lactic acid bacteria. Consequently, these naturally derived plant ingredients may provide a new silage additive for successful suppression of clostridia in silage fermentation.

¹ Zuckerforschung Tulln GmbH, Josef-Reither-Strasse 21-23, A-3430 Tulln

² LFZ Raumberg-Gumpenstein, Referat für Futterkonservierung und Futterbewertung; Abteilung für Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning

³ Universität für Bodenkultur, Department für Lebensmittelwissenschaften und Lebensmitteltechnologie, Muthgasse 18, A-1190 Wien

* Ansprechpartner: DI Florian Emerstorfer, email: florian.emerstorfer@zuckerforschung.at

1. Einleitung

Seit Beginn der 1990er Jahre werden in Österreich alternative Produkte zur Bekämpfung von Mikroorganismen in der Zuckerproduktion eingesetzt. Davor verzichtete man aus Imagegründen freiwillig auf den im Extraktionsbereich üblichen Einsatz von Formalin. In den Zuckerfabriken musste man nun allerdings mit einer verstärkt auftretenden Aktivität von Mikroorganismen, und damit verbunden, höheren Konzentrationen an mikrobiologischen Stoffwechselprodukten (in erster Linie Milchsäure) in den verarbeiteten Säften fertig werden. Dies führte interessanterweise zu einer Verbesserung der Abpressbarkeit der extrahierten Schnitzel sowie letztendlich zu einer Energieeinsparung bei der Trocknung der Extraktionsrückstände, brachte aber im Prozess neben Zuckerverlusten verschiedene Probleme mit sich (HOLLAUS und POLLACH, 1986; POLLACH und HOLLAUS, 1988). Fortgesetzte Studien zur Verbesserung der Schnitzelabpressbarkeit bildeten nun die Grundlage für entscheidende Beobachtungen: Man erkannte, dass die bakterizide Wirkung von Inhaltsstoffen des Hopfens auch zur Bekämpfung mikrobiologischer Aktivität bei der Zuckergewinnung genutzt werden kann (POLLACH et al., 1996; HEIN und POLLACH, 1997). In der Brauereiindustrie seit Jahrhunderten eingesetzt, boten diese antimikrobiellen Substanzen entscheidende Vorteile gegenüber Formalin, da sie als ungefährlich für Mensch und Tier angesehen werden. In weiterer Folge wurden auch Harzsäuren und Fettsäuren (Myristinsäure) erfolgreich eingesetzt. Erstere spielen bei der Herstellung von Retsina, dem typischen geharzten griechischen Wein, eine ähnliche Rolle wie Hopfensäuren bei der Herstellung von Bier. Fettsäuren wiederum sind natürliche Bestandteile von pflanzlichen Ölen und Milchprodukten. Die vorteilhaften Eigenschaften der Wirkstoffe wurden für verschiedene Anwendungsbereichen genauer untersucht. (NARZIß, 1986; BROCKMANN et al., 1987; JOHNSON et al., 1973; HORNSEY, 2007; BEUCHAT und GOLDEN, 1989; SÖDERBERG, 1990).

Ein entscheidender Schritt zur Vermarktung dieser alternativen Produkte lag dann vor allem in der Zusammenarbeit mit einer auf dem Hopfensektor tätigen Partnerfirma. Gemeinsam mit diesem Partnerunternehmen wurden die Anwendungsmöglichkeiten der Wirkstoffe verfeinert und das „Konzept der natürlichen Biostabilisatoren für die Zuckerindustrie“ entwickelt (POLLACH, 1995; POLLACH und HEIN, 2001; POLLACH et al., 2002, 2004; HEIN et al., 2006).

Über die Jahre des erfolgreichen Einsatzes der Wirkstoffe blieben die Anwendungsgebiete allerdings nicht alleine auf die Bekämpfung von thermophilen Mikroorganismen im Extraktionsbereich beschränkt. Vielmehr konnten auch in verschiedenen anderen Abschnitten der Zuckerherstellung, wie z.B. in Enthärtungsanlagen, bei der Dicksaftlagerung sowie Rübenlagerung erfolgreich Mikroorganismen bekämpft werden. Zudem gelang es wiederholt Clostridieninfektionen mit Hilfe von Hopfen- β -Säuren wirkungsvoll zurückzudrängen und in eine erwünschte Milchsäuregärung umzuwandeln (EMERSTORFER, 2005; HEIN et al., 2002; HEIN et al., 2006).

In Verbleibstudien mit den bitter schmeckenden Hopfensäuren wurde wiederum nachgewiesen, dass kaum Reste

im Weißzucker feststellbar sind, ein großer Anteil der in der Extraktion eingesetzten Produkte aber während der Extraktion in die Pressschnitzel gelangt (HEIN et al., 2006). Man gab sich hier einstweilen damit zufrieden, dass negative Rückmeldungen vonseiten der Bauern, die die Pressschnitzel entweder frisch oder nach Silierung als Tierfutter verwenden, ausblieben. Allerdings wurden bereits im Jahr 1999 von Pollach Vermutungen über mögliche positive Effekte in den Extraktionsrückständen durch Unterdrückung bestimmter unerwünschter Mikroorganismengruppen angestellt (POLLACH et al. 1999; POLLACH, 2002; GUDMUNDSON, 1998).

Im Bestreben die Einsatzgebiete für die Wirkstoffe auf Bereiche auch außerhalb der Zuckerindustrie zu erweitern wurden diese Überlegungen nun wieder aufgegriffen. Aus der intensiven wissenschaftlichen Beschäftigung mit den „natürlichen Biostabilisatoren“ war bekannt, dass grampositive Bakterien – aufgrund ihrer Zellwandstruktur – bereits mit geringen Einsatzkonzentrationen der Wirkstoffe bekämpft werden können, wohingegen gramnegative Bakterien, Hefen und Schimmelpilze eher unempfindlich sind. Insbesondere die mehrfach beobachtete Effektivität von Hopfen- β -Säuren gegen Clostridien erschien viel versprechend. Aus diesem Grund wurde das Hauptaugenmerk auf Bereiche gerichtet in denen gram-positive Schadkeime wie Clostridien eine übergeordnete Rolle spielen und deren wirtschaftliche Bedeutung als beträchtlich angesehen werden kann. Dabei konnte mit der Herstellung von Silagen zur Tierfütterung ein interessanter Bereich identifiziert werden (WILKINSON und TOIVONEN, 2003; DLG, 2006;)

In einem ersten Schritt wurden nun im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Daten zur minimalen Hemmkonzentration von Leitkeimen aus dem Silagebereich in 3 mikrobiologischen Testverfahren gegen natürliche Biostabilisatoren (Hopfen- β -Säuren, Harzsäuren und Myristinsäure) gesammelt (SZALAY, 2007). Die erzielten Testergebnisse bestätigten erneut die hervorragende Wirksamkeit von Hopfen- β -Säuren und Harzsäuren gegen Clostridien. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden nun Untersuchungen gestartet um die Hemmwirkung natürlicher Biostabilisatoren gegen Clostridien in Silagen zu testen um das Potential der Wirkstoffe für diesen Bereich ausloten zu können.

In Vorarbeiten 2007 und 2008 wurden Rübenpressschnitzel aus der Zuckerfabrik Tulln im Labormaßstab siliert und nach 0, 7, 14, 30, 60 und 90 Tagen Silierdauer untersucht. Zur Charakterisierung der Silagen wurden Trockensubstanzwerte, pH-Werte und Gärsäurespektren ermittelt.

Das Hauptaugenmerk wurde in diesen Vorversuchen auf Möglichkeiten zur Clostridienkontamination (Erde, Clostridien-sporenzusatz) und die Erzielung von Fehlgärungen in unterschiedlichen Belastungsstufen (Erd- bzw. Sporenzusatz, Pufferung mittels Natriumcarbonat, Erhöhung des Feuchtigkeitsgehalts, usw.) gelegt. In den Vorversuchen wurden auch erste Erkenntnisse zur Wirkstoffeinbringung und zu wirksamen Konzentrationen von Hopfen- β -Säuren und Harzsäuren gesammelt und der Hemmeffekt der Wirkstoffe im Vergleich zu clostridienhemmenden Silierhilfsmitteln (Ameisensäure, biologische Starterkulturen, Nitrit/Hexamethylentetramin) untersucht.

Darüber hinaus wurden Kombinationsmöglichkeiten von Biostabilisatoren mit biologischen Starterkulturen (MSB) getestet sowie erste Tests zur Kombination hopfenresistenter Milchsäurebakterien mit Hopfen- β -Säuren durchgeführt.

In den Ergebnissen zeigten sich in erdkontaminierten Pressschnitzelsilagen regelmäßig hohe Buttersäurewerte, wohingegen der Zusatz von Clostridien sporen nicht die erhoffte Fehlgärung hervorzurufen vermochte. In den erdkontaminierten Silagen konnten über den Zusatz von Hopfen- β -Säuren sowie Mischungen von Hopfen- β -Säuren mit Harzsäuren in der Größenordnung von 50 bis 100 ppm Buttersäurewerte gering gehalten werden. Die Wirkstoffe schnitten dabei ähnlich gut ab wie clostridienhemmende biologische Silagestarter. Auch Kombinationen von Hopfen- β -Säuren mit biologischen Silagestartern zeigten im Vergleich zu Varianten mit alleiniger Anwendung von Starterkulturen niedrigere Buttersäurewerte und somit offenbar bessere Hemmeffekte auf Clostridien, insbesondere traf dies auf Kombinationen von Hopfen- β -Säuren mit hopfenresistenten Milchsäurebakterien zu.

Ebenso wurde im Sommer 2007 ein erster Vorversuch mit Gras in Zusammenarbeit mit dem LFZ Raumberg-Gumpenstein analog zu den Pressschnitzelvorversuchen durchgeführt. Hier wurde die Kontamination des Materials allerdings nicht über Erdzusatz, sondern über eine Clostridien sporensuspension, angereichert aus buttersäurehaltigen Pressschnitzelsilagen, vorgenommen. In der Auswertung der Gär säuren konnte aber trotz Zusatz von Clostridien sporen in keiner der untersuchten Varianten eine Buttersäurefehlgärung gefunden werden.

Die Erkenntnisse aus den oben beschriebenen Vorversuchen mit Pressschnitzel- und Grassilagen bildeten die Grundlage für die Planung der Hauptversuche.

2. Material und Methoden

Silierhilfsmittel und Biostabilisatorlösungen

- BetaStab 10A: Hopfen- β -Säuren in wässriger alkalischer Lösung, Wirkstoffkonzentration 10 % (w/w), BetaTec GmbH, Nürnberg;
- PileStab 20A: Harzsäuren in wässriger alkalischer Lösung, Wirkstoffkonzentration 16 % (w/w), Zuckerforschung Tulln GmbH, Tulln;
- Bonsilage forte: Mischung homo- und heterofermentativer Milchsäurebakterien, H. Wilhelm Schauman GmbH & Co KG, Brunn am Gebirge.
- Ameisensäure 85 %
- Hopfenresistente Milchsäurebakterien:
Stamm 1464: *Lactobacillus brevis* TMW 1.316 (Heterofermenter);
Stamm 1466: *Pediococcus damnosus* TMW 2.61 (Homofermenter)
zur Verfügung gestellt von Prof. Rudi Vogel, Universität zu Weihenstephan, München; Vorzucht in MRS-Medium, Verwendung von 24-h alten Kulturen, Einbringung von rund 10^5 KBE (*Lactobacillen* + *Pediococcen*) pro g FM;

Stresstests in Grassilagen mit Clostridien

Im Frühjahr und Sommer 2008 wurden in Zusammenarbeit mit dem LFZ Raumberg-Gumpenstein Versuche mit Gras durchgeführt. Für die die Kontamination des Materials mit Clostridien wurde auf den Zusatz von Erde (6,25 g pro kg Frischmasse) zurückgegriffen. Zielsetzung im Ablauf war jeweils eine relativ kurze Anwelkzeit nach dem Grasschnitt, um die Chancen für eine Clostridienfehlgärung zu erhöhen, darüber hinaus wurde die Füllmenge pro Glas auf 500 g beschränkt um keine zu starke Verdichtung zu erhalten. Die Versuchsdurchführung selbst erfolgte in einer Mischmaschine. Die benötigte Menge an vorzerkleinertem Gras wurde eingewogen und in die Mischmaschine gefüllt. Anschließend erfolgte unter ständigem Mischen das Einbringen von Erde (6,25 g pro kg Frischmasse) und der jeweiligen Zusätze. Die Silierhilfsmittel wurden nach Herstellerangabe vorbereitet und mit Hilfe von Sprühfläschchen eingesprüht, wobei pro kg Frischmasse 15 g der jeweiligen Lösung (Silierhilfsmittel, Biostabilisatoren) eingebracht wurden. Nach einer Gesamtmischdauer von 15 min wurde das Material ausgekippt und anschließend in die Gläser gestopft. Nach luftdichtem Verschließen der Gläser (Dichtung, Spanning) erfolgte der Transport nach Tulln und die Lagerung in einem Klimaschrank bei 25°C.

Zur Beobachtung des Silierverlaufs wurden je 3 Gläser pro Zusatzvariante nach 2, 7, 14, 30, 60 und 90 Tagen geöffnet. Das Material der Gläser einer jeden Kontrolle bzw. Variante wurde zum jeweiligen Auslagerungszeitpunkt zu einem Mischmuster vereint und für die Untersuchungen verwendet. Für die untersuchten Parameter Trockensubstanz, Gär säurenspektrum (HPLC) und pH-Werte erfolgten Doppelbestimmungen aus den jeweiligen Mischmustern. Das frische Ausgangsmaterial wurde in analoger Weise auf die genannten Parameter hin untersucht. Darüber hinaus erfolgte eine mikrobiologische Charakterisierung an der Zuckerforschung Tulln, Abteilung Mikrobiologie; und der Universität für Bodenkultur, Department für Lebensmittelwissenschaften und -technologie sowie Nährstoffuntersuchungen am Futtermittellabor Rosenau. Die letztgenannten Parameter werden hier aus Platzgründen nicht genauer abgehandelt. Eine Beurteilung der eingesetzten Wirkstoffe und Silierhilfsmittel erfolgt über die erzielten pH-Werte und Gär säurespektren.

Stresstests in Rübenpressschnitzelsilagen mit Clostridien

Für systematische Versuche wurden im November 2008 konventionelle Rübenpressschnitzel aus der Zuckerfabrik Tulln bezogen. Diese Pressschnitzel wurden in der Zuckerforschung Tulln unmittelbar nach Transport verwendet. Ausreichend Erdmaterial zur Kontamination der Pressschnitzel wurde vom Gelände der Zuckerfabrik Tulln gesammelt, im Trockenschrank bei 70°C getrocknet und anschließend gesiebt um feines, rieselfähiges und damit besser einmischbares Material zu erhalten.

Die Versuchsdurchführung selbst erfolgte in einer Mischmaschine. Die benötigte Menge an Pressschnitzeln wurde eingewogen und in die Mischmaschine gefüllt. Anschlie-

ßend erfolgte unter ständigem Mischen das Einbringen von Erde (6,25 g pro kg Frischmasse) und der jeweiligen Zusätze. Die Silierhilfsmittel wurden nach Herstellerangabe vorbereitet und mit Hilfe von Sprühfläschchen eingesprüht, wobei pro kg Frischmasse 15 g der jeweiligen Lösung (Silierhilfsmittel, Biostabilisatoren) eingebracht wurden. Nach einer Gesamtmischdauer von 15 min wurde das Material ausgekippt und anschließend in die Gläser gestopft, wobei 850 g Material pro Glas verwendet wurden. Nach luftdichtem Verschließen der Gläser (Dichtung, Spannring) erfolgte die Verbringung in den Klimaschrank und Bebrütung bei 25°C.

Zur Beobachtung des Silierverlaufs in den Versuchen mit Pressschnitzeln, erfolgten Öffnungen von je 3 Gläsern pro Variante nach 2, 7, 14, 30, 60 und 90 Tagen, wobei zu allen Zeitpunkten Trockensubstanz, Gär säurenspektrum (HPLC) und pH-Werte bestimmt wurden. Darüber hinaus zu Versuchsbeginn und -ende die eben genannten Parameter sowie der Zuckergehalt (Saccharose, Glucose, Fructose) mittels HPLC. Schließlich wurde die verwendete Erde auf ihren Clostridiensporengehalt hin untersucht. Die Ergebnisse der Zuckerbestimmungen und Clostridiensporengehalte werden in dieser Arbeit jedoch nicht genauer abgehandelt. Eine Beurteilung der eingesetzten Wirkstoffe und Silierhilfsmittel erfolgt über die ermittelten pH-Werte und Gär säurespektren.

Probenvorbereitung und Analysemethoden:

Trockenmasse: 24 Stunden bei 105°C im Trockenschrank, zum Abkühlen Verbringung in Exsiccator, anschließend Auswaage.

pH und Gär säurespektrum: Die analytischen Untersuchungen zur Bestimmung des pH-Werts und der Gär säuren wurden in wässrigen Digeraten vorgenommen. Einwaage von 20 g Probenmaterial in einem Mixbecher und Auffüllen mit Deionat auf 200 g. Anschließend Zerkleinerung (3 min) in einem Mixer (Modell AB der Ingenieursfirma Weibull) und abfiltrieren über Faltenfilter. Im Falle von Gras erfolgte, wenn notwendig, eine Vorzerkleinerung mit einer Schere. Ein Teil des Digerats wurde direkt für die pH-Messung herangezogen, der Rest zentrifugiert und zur Analyse mittels HPLC in Vials abgefüllt.

HPLC-Analytik: Die Bestimmung von Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure, Propionsäure, Ameisensäure und Ethanol erfolgte mittels HPLC direkt aus dem zuvor durch Zentrifugation gereinigten Digerat. Bedingungen für die HPLC: Laufmittel 5 mMol H₂SO₄, Säule Biorad Aminex® H, Flussrate 0,6 mL/min, Laufzeit 30 min, Temperatur 65 °C, Detektion RI/UV bei 210 nm;

Statistische Auswertung der Stresstests in Rübenpressschnitzelsilagen mit Clostridien

Laut Versuchsplan wurden in den Stresstests mit in Rübenpressschnitzeln mit Clostridien für jede der Kontrollen sowie für jede der Varianten 3 Gläser pro Öffnungszeitpunkt vorgesehen. Für die beiden Kontrollen „unbehandelte Pressschnitzel“ und „erdkontaminierte Pressschnitzel“

wurden folgend pro Glas 3 Proben gezogen und Digerate hergestellt. Aus den resultierenden 3 Digeraten erfolgte die Bestimmung der pH-Werte, zudem wurden pro Digerat 3 Vials für die HPLC-Analytik abgefüllt. Für die Kontrollen wurden somit pro Glas 3 Trockensubstanzwerte, 3 pH-Werte und 9 HPLC-Werte erhalten.

Für die einzelnen Varianten (Zusätze von Silierhilfsmitteln, Biostabilisatoren, Kombinationen) wurden pro Glas 2 Proben gezogen und Digerate hergestellt. Aus den einzelnen Digeraten erfolgte die Bestimmung der pH-Werte, zudem wurden pro Digerat 2 Vials für die HPLC-Analytik abgefüllt. Für die einzelnen Varianten wurden somit pro Glas 1 Trockensubstanzwert, 2 pH-Werte und 4 HPLC-Werte erhalten.

Die statistische Auswertung der Daten aus den beiden Pressschnitzelversuchen wurde mittels General Linear Model (GLM), Statgraphics 5.0 vorgenommen. Zur Gegenüberstellung der Ergebnisse zum Ende der Silierdauer nach 90 Tagen wurde ein multipler Mittelwertvergleich herangezogen. Als Testverfahren wurde Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von P < 0,01 gewählt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden soll exemplarisch auf je einen Versuch mit Rübenpressschnitzeln und je einen Versuch mit Gras näher eingegangen werden. Aufgrund ihrer Bedeutung in der Qualitätsbeurteilung von Silagen nach DLG (DLG, 2006) werden die Ergebnisse aus der Bestimmung der Gär säuren genauer betrachtet, um Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten darzustellen. Auf eine detaillierte Auswertung von mikrobiologischen Untersuchungen sowie Nährstoffanalysen wird aus Platzgründen und zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet.

Ergebnisse aus Stresstests in Grassilagen mit Clostridien

Der Pflanzenbestand in diesem Versuch setzte sich zusammen aus 56 % Gräsern, 27 % Leguminosen und 23 % Kräutern (Angaben in Gewichtsprozent). Es handelte sich um Material vom 1. Aufwuchs im Ähren-/Rispen schieben. Das Material wurde bei feuchtem Wetter am 14. Mai 2008 um 11:00 geerntet und für den Versuch um 13:30 verwendet. Die erzielte Trockensubstanz im Versuch lag bei etwa 23 % und damit relativ tief. Eine Buttersäurefehlgärung war damit sehr wahrscheinlich.

Abbildung 1 bietet einen ersten optischen Eindruck für ausgewählte Varianten des Grassilageversuchs über den Silierverlauf.

In *Tabelle 1* sind pH-Werte, Trockensubstanzen und die Gär säurezusammensetzung der Varianten des Grassilageversuchs nach 90 Tagen Silierdauer zusammengefasst. Die Trockensubstanzen zu Versuchsende sind relativ homogen bei etwa 21 bis 22 %. Die Variante mit Ameisensäurezusatz weist den höchsten Trockensubstanzwert auf, was wohl auf die rasche pH-Absenkung durch die organische Säure und damit verringerte Stoffwechselaktivität von im Siliergut enthaltenen Mikroorganismen zurückzuführen ist.

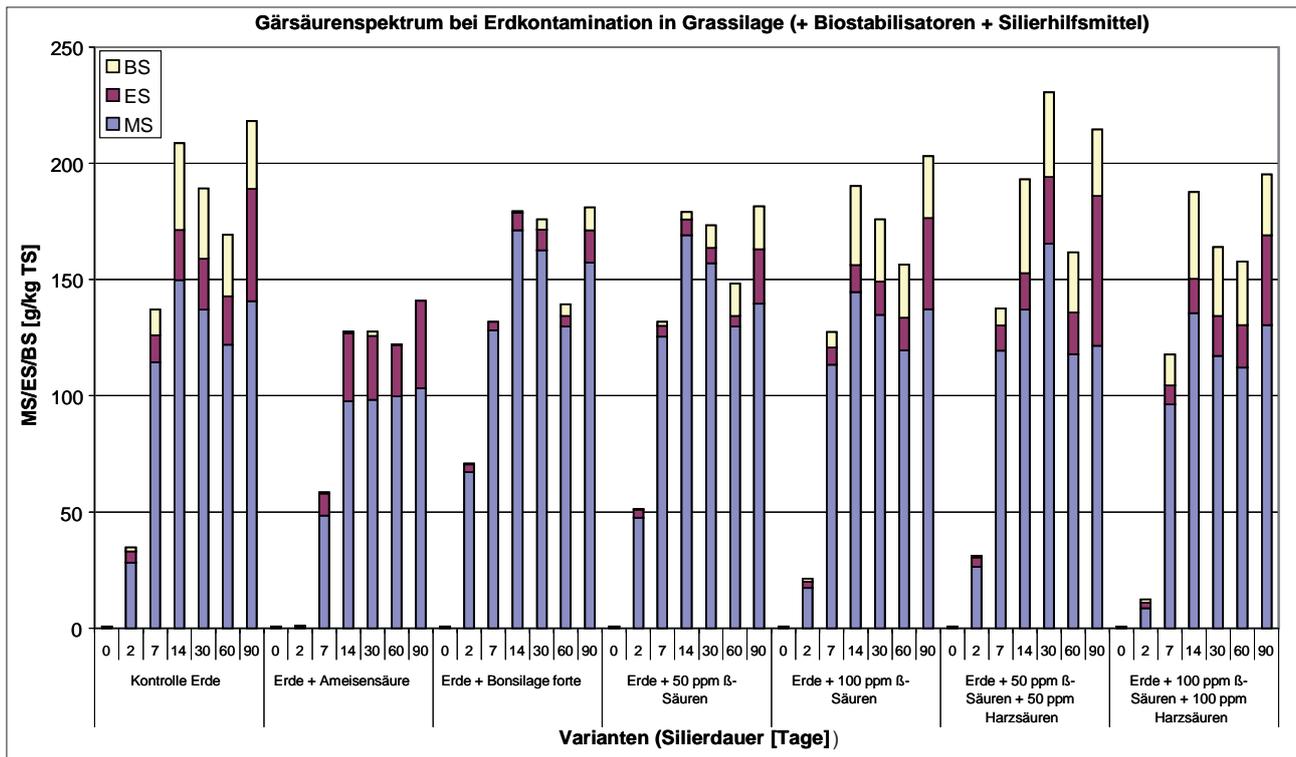


Abbildung 1: Gärsäurenmuster von ausgewählten Varianten im Grassilageversuch; BS = Buttersäure, ES = Essigsäure, MS = Milchsäure

Bei den pH-Werten liegen die Varianten Ameisensäure (Var. 3) und Bonsilage forte (Var. 4) nach 90 Tagen jeweils unter pH 4, allerdings ist nur die Variante mit Ameisenzusatz buttersäurefrei. Die Varianten mit Zusatz an Hopfen-β-Säuren (Var. 5, 6) zeigen in der niedrigeren der beiden Konzentrationen (50 ppm Hopfen-β-Säuren) eine Verbesserung zum erdkontaminierten Gras. Die höhere Konzentration sowie die beiden Varianten in der Kombination aus Hopfen-β-Säuren und Harzsäuren zeigen im Buttersäuregehalt keine entscheidende Verbesserung.

Tabelle 1: Ergebnisse in den Varianten des Grassilageversuchs nach 90 Tagen Silierdauer, Angaben der Gärsäuren in mg/kg TS; MS = Milchsäure, ES = Essigsäure, BS = Buttersäure, EtOH = Ethanol;

Var.	TS	pH	MS	ES	BS	EtOH
1	21,87	4,06	130,38	48,71	27,28	9,41
2	21,22	4,07	140,61	48,37	29,04	9,41
3	23,24	3,99	103,26	37,52	0,00	8,13
4	22,38	3,93	157,21	13,87	9,92	3,45
5	21,19	4,08	139,68	23,28	18,49	7,02
6	20,93	4,05	137,23	39,27	26,52	7,67
7	20,57	4,18	121,44	64,51	28,59	8,03
8	22,01	4,09	130,40	38,71	26,14	7,80

1...Gras unbehandelt; 2...Gras erdkontaminiert; 3...erdkontaminiert + Ameisensäure; 4...erdkontaminiert + Bonsilage forte; 5...erdkontaminiert + 50 ppm Hopfen-β-Säuren; 6...erdkontaminiert + 100 ppm Hopfen-β-Säuren; 7...erdkontaminiert + 50 ppm Hopfen-β-Säuren + 50 ppm Harzsäuren; 8... erdkontaminiert + 100 ppm Hopfen-β-Säuren + 100 ppm Harzsäuren;

Ergebnisse aus Stresstests in Rübenpressschnittsilagen mit Clostridien

Abbildung 2 bietet einen ersten optischen Eindruck für ausgewählte Varianten des Pressschnittelversuchs über den gesamten Silierverlauf. In dieser Darstellung kann vor allem die zumeist nach 15 Tagen Silierdauer beginnende Dynamik des Milchsäureabbaus zu Buttersäure beobachtet werden. Im Vergleich zum Grassilageversuch wurde im Pressschnittelversuch weniger Gesamtsäure gebildet.

In Tabelle 2 sind pH-Werte, Trockensubstanzen und die Gärsäurezusammensetzung der Varianten des Pressschnittelversuchs nach 90 Tagen Silierdauer zusammengefasst. In diesem Versuch sind die ermittelten Trockensubstanzen sehr homogen, ein signifikanter Unterschied ist aber bei der Variante mit Ameisensäurezusatz erkennbar. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die rasche pH-Absenkung eine verringerte Stoffwechselaktivität von im Siliergut enthaltenen Mikroorganismen und damit geringere Trockensubstanzverluste bewirkt.

Im Gegensatz dazu können bei den pH-Werten nach 90 Tagen deutliche Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Diese Unterschiede spiegeln sich auch in der Gärsäurezusammensetzung wider. Im Folgenden soll auf die Buttersäuregehalte als dem wichtigsten Parameter in den Untersuchungen näher eingegangen werden.

Während in unbehandelten Pressschnitteln (Var. 1) kaum Buttersäure gefunden werden konnte, zeigten sich in erdkontaminierten Pressschnitteln (Var. 2) nach 90 Tagen Silierdauer sehr hohe Werte. Demnach erfolgte über den

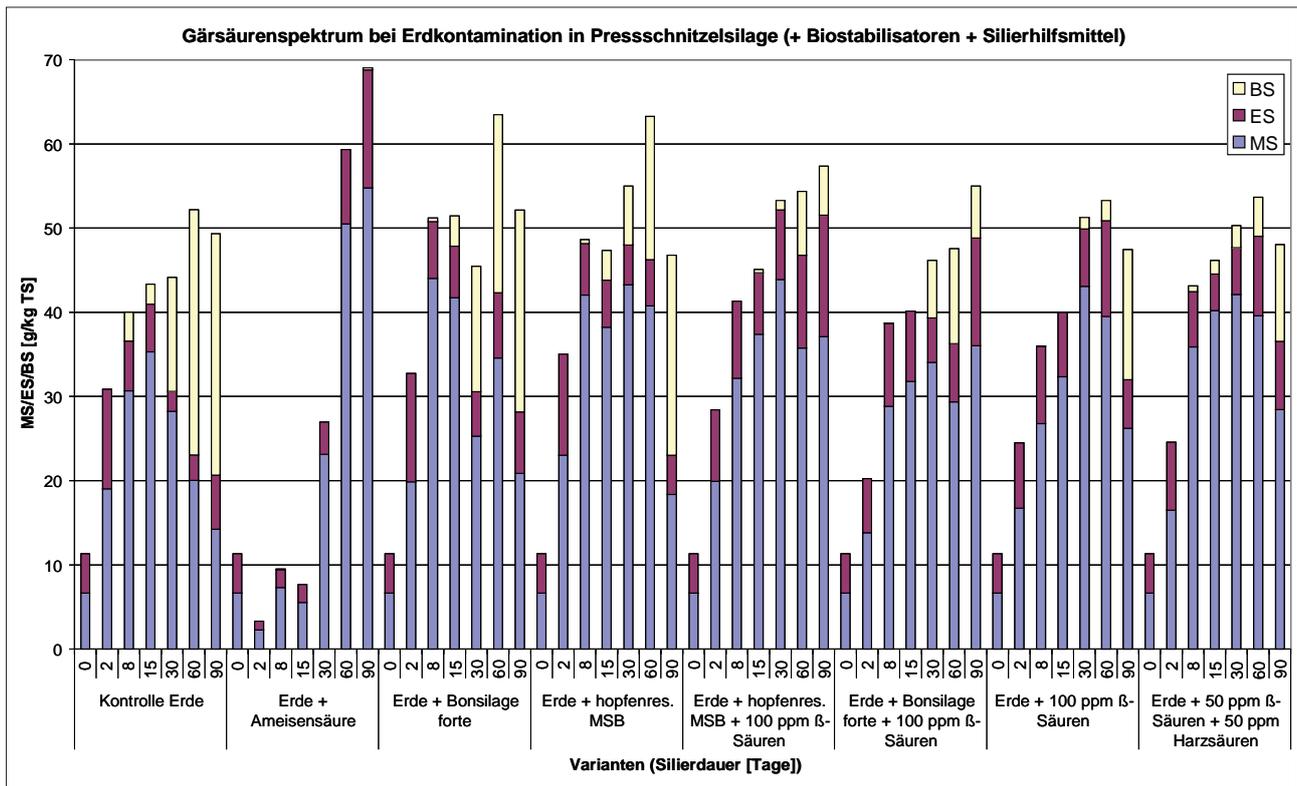


Abbildung 2: Gärsäurenmuster von ausgewählten Varianten im Pressschnitzelversuch; BS = Buttersäure, ES = Essigsäure, MS = Milchsäure

Tabelle 2: Multipler Mittelwertvergleich der Varianten des Pressschnitzelversuchs nach 90 Tagen Silierdauer, Angaben der Gärsäuren in mg/kg TS; Testverfahren: Tukey's HSD Test mit Irrtumswahrscheinlichkeit $P < 0,01$; Var. = Variante, MS = Milchsäure, ES = Essigsäure, BS = Buttersäure, EtOH = Ethanol;

Var.	TS	pH	MS	ES	BS	EtOH
1	27,79 ^a	3,73 ^a	54,82 ^f	16,15 ^g	1,71 ^a	14,81 ^d
2	27,80 ^a	4,28 ^{ef}	14,22 ^a	6,45 ^{ab}	28,64 ^f	12,85 ^b
3	28,80 ^b	3,68 ^a	54,76 ^f	14,02 ^{fg}	0,26 ^a	1,52 ^a
4	27,13 ^a	4,19 ^{cde}	20,88 ^{bc}	7,27 ^{ab}	23,98 ^e	14,90 ^d
5	27,40 ^a	4,23 ^{def}	18,37 ^{ab}	4,63 ^a	23,76 ^e	13,80 ^c
6	27,25 ^a	4,01 ^b	36,33 ^e	13,35 ^{ef}	8,11 ^{bc}	21,51 ^{fg}
7	27,38 ^a	4,00 ^b	37,12 ^e	14,42 ^{fg}	5,82 ^b	25,41 ⁱ
8	27,28 ^a	4,03 ^b	32,00 ^{de}	11,27 ^{de}	9,33 ^{bc}	22,08 ^g
9	27,10 ^a	4,03 ^b	36,05 ^e	12,79 ^{def}	6,13 ^b	23,64 ^h
10	27,34 ^a	4,10 ^{bcd}	31,72 ^{de}	10,69 ^{cd}	9,66 ^{bc}	21,46 ^{fg}
11	27,58 ^a	4,30 ^{ef}	26,24 ^{cd}	5,77 ^{ab}	15,43 ^d	20,78 ^f
12	27,40 ^a	4,37 ^f	15,48 ^{ab}	6,13 ^{ab}	26,32 ^{ef}	16,86 ^e
13	27,05 ^a	4,15 ^{bcd}	28,45 ^d	8,11 ^{bc}	11,46 ^{cd}	21,62 ^{fg}

1...unbehandelte Pressschnitzel; 2...erdkontaminierte Pressschnitzel; 3...erdkontaminiert + Ameisensäure; 4...erdkontaminiert + Bonsilage forte; 5...erdkontaminiert + hopfenresistente MSB; 6... erdkontaminiert + hopfenresistente MSB + 50 ppm Hopfen- β -Säuren; 7...erdkontaminiert + hopfenresistente MSB + 100 ppm Hopfen- β -Säuren; 8...erdkontaminiert + Bonsilage forte + 50 ppm Hopfen- β -Säuren; 9...erdkontaminiert + Bonsilage forte + 100 ppm Hopfen- β -Säuren; 10...erdkontaminiert + 50 ppm Hopfen- β -Säuren; 11...erdkontaminiert + 100 ppm Hopfen- β -Säuren; 12...erdkontaminiert + 25 ppm Hopfen- β -Säuren + 25 ppm Harzsäuren; 13...erdkontaminiert + 50 ppm Hopfen- β -Säuren + 50 ppm Harzsäuren;

Erdzusatz ein massiver Eintrag von Clostridien und eine dementsprechende Buttersäurefehlgärung.

Ameisensäure (Var. 3) andererseits unterdrückt Buttersäurebildung beinahe vollständig. Demgegenüber konnte mit einem biologischer Silagestarter bei empfohlener Einsatzkonzentration (Var. 4, Bonsilage forte) bzw. hopfenresistenten Milchsäurebakterien bei 10^5 KBE (Var. 5) kaum ein Effekt erzielt werden. Mit Biostabilisatoren behandelte erdkontaminierte Pressschnitzel, mit Ausnahme von Variante 12 „erdkontaminiert + 25 ppm Hopfen- β -Säuren“, zeigen im Gegensatz dazu signifikant geringere Buttersäurewerte.

Die gemeinsame Anwendung von Milchsäurebakterien (Bonsilage forte, hopfenresistente MSB) mit Hopfen- β -Säuren (Var. 6, 7, 8, 9) führt zu einer weiteren Verbesserung, insbesondere in der jeweils höheren der beiden getesteten Hopfen- β -Säuren Konzentrationen. Die Tatsache, dass hopfenresistente MSB mit Hopfen- β -Säuren etwas besser abschneiden als die Kombination aus Bonsilage forte und Hopfen- β -Säuren mag neben der an ihnen bestimmten Hopfenresistenz an der Verwendung von stoffwechselaktiven 24-h-Kulturen der hopfenresistenten Keime liegen. Andererseits sind diese aus dem Braubereich stammenden Mikroorganismen kaum an die Bedingungen in Silagen adaptiert. Interessanterweise können auch die in Bonsilage forte enthaltenen Milchsäurebakterien bei höheren Konzentrationen an Hopfen- β -Säuren im Siliergut wachsen und auf diese Weise den Abbau von Milchsäure zu Buttersäure verhindern. Ein Ergebnis das aufgrund von eigenen Beobachtungen in Vorversuchen nicht ganz unerwartet ist. Dies

sogar obwohl bewusst darauf geachtet wurde, die Milchsäurebakterien gleichzeitig mit den Wirkstoffen zu applizieren. Insgesamt werden Clostridien in Pressschnitzelsilagen, behandelt mit Kombinationen aus Milchsäurebakterien und Hopfen- β -Säuren, wesentlich besser unterdrückt als bei alleiniger Anwendung eines der beiden Präparate.

Vergleicht man nun die Trends aus den Tests mit Gras- und Pressschnitzelsilagen, so treten bei den Pressschnitzelsilagen erwartungsgemäß mit zunehmender Konzentration an Hopfen- β -Säuren auch geringere Buttersäuregehalte auf (dies trifft auch auf die kombinierte Anwendung mit Milchsäurebakterien zu). In der Planung der Grassilageversuche wurde auf Erfahrungen zum Einsatz der Wirkstoffe in Vorversuchen in Pressschnitzeln zurückgegriffen. Im Grassilageversuch lieferte dann jedoch überraschenderweise die niedrigste Hopfen- β -Säuren Konzentration bessere Ergebnisse. Dies deutet auf eine Überdosierung der Wirkstoffe und eine Beeinträchtigung der Milchsäuregärung hin und zeigt, dass es für die beiden Materialien (Pressschnitzel und Gras) unterschiedliche optimale Wirkstoffkonzentration gibt.

4. Literatur

- BEUCHAT, L.R. and D.A. GOLDEN (1989): Antimicrobials Occurring Naturally in Foods. *Food Technology* 43 (1), 134-142
- BROCKMANN, R., DEMMERING, G., KREUTZER, U., LINDEMANN, M., PLACHENKA, J. and U. STEINBERNER (1987): Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th Edition, VCH-Verlag Weinheim, Vol. A10, pp. 245-276
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (2006): Praxishandbuch Futtermittelkonservierung. 7. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt (Main), 353 pp.
- EMERSTORFER, F. (2005): Wirksamkeit von natürlichen Biostabilisatoren gegen mesophile schleimbildende Bakterien. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Vienna, 116 pp.
- GUDMUNDSON, C. (1998): Danisco Sugar's experience with hops extracts as alternative for formaldehyde. VDZ Hauptversammlung. Dresden. Bericht Zuckerindustrie 123, 456
- HEIN, W. and G. POLLACH (1997): Neue Erkenntnisse beim Einsatz von Hopfenprodukten in der Zuckerindustrie. *Zuckerindustrie* 122, 940-949
- HEIN, W., POLLACH, G. and G. RÖSNER (2002): Studien zu mikrobiologischen Aktivitäten bei der Dicksaftlagerung. *Zuckerindustrie* 127, 243-257
- HEIN, W., POLLACH, G. and F. EMERSTORFER (2006): 10 years' experience with natural antibacterials within Agrana. *Sugar Industry* 131, 477-491
- HOLLAUS, F. and G. POLLACH (1986): Verbesserung der Schnitzelabpressung durch gesteuerte Infektion. *Zuckerindustrie* 111, 1025-1030
- HORNSEY, I. (2007): The chemistry and biology of winemaking. 1st Edition. RSC-Publishing. Cambridge, 457 pp.
- JOHNSON, H. and A. KRÜGER (1973): Das große Buch vom Wein. Erweiterte Neuauflage. Gräfe und Unzer Verlag, München 403 pp.
- NARZIB, L. (1986): Abriss der Bierbrauerei. 5. ergänzte Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 404 pp.
- POLLACH, G. and F. HOLLAUS (1988): Nutzung Monosaccharidabbauender Infektionen in der Extraktion zwecks Verbesserung der Schnitzelabpressung. *Zuckerindustrie* 113, 132-136
- POLLACH, G. (1995): Verfahren zur Hemmung thermophiler Mikroorganismen in Gegenwart zuckerhaltiger, wässriger Medien. EP 0 681 029 A2, Zuckerforschung Tulln GmbH
- POLLACH, G., HEIN, W. and F. HOLLAUS (1996): Use of hop products as bacteriostaticum in the sugar industry. *Sugar Industry* 121, 919-926
- POLLACH, G., HEIN, W. and G. RÖSNER (1999): Neue Erkenntnisse zur Lösung mikrobieller Probleme in Zuckerfabriken. *Zuckerindustrie* 124, 622-637
- POLLACH, G. and W. HEIN (2001): Verfahren zur Herstellung von Zucker oder zuckerhaltigen Produkten aus zuckerhaltigen pflanzlichen Rohstoffen. PCT Patent Application WO 01/88205 A1, Zuckerforschung Tulln GmbH
- POLLACH, G., HEIN, W. and D. BEDDIE (2002): Application of hop beta acids and rosin acids in the sugar industry. *Sugar Industry* 127, 921-930
- POLLACH, G. (2002): Personal communication, lecture documents as presented at the SPRI-conference in Atlanta (US) in 2002;
- POLLACH, G., HEIN, W. and D. BEDDIE (2004): The concept of different natural antibacterials for the sugar industry. *Sugar Industry* 129, 555-564
- SÖDERBERG, T.A., GREF, R., HOLM, S., ELMROS and G. HALLMANS (1990): Antibacterial activity of rosin and resin acids in vitro. *Scand. J. Plast. Reconstr. Hand. Surg.* 24, 199-205
- SZALAY, E.-V. (2007): Zur antimikrobiellen Wirkung von Biostabilisatoren pflanzlichen Ursprungs im Hinblick auf Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Lebensmittelkette. Diplomarbeit, Universität Wien, Vienna, 109 pp.
- WILKINSON, J.M. and M.I. TOIVONEN (2003): World silage – a survey of forage conservation around the world. Chalcombe Publications; Lincoln, United Kingdom, 205 pp.

(2), den Niederlanden (1), der Schweiz (2), Tschechien (2) und Österreich (4). Das österreichische Dauerwiesensaatgut umfasste zwei ÖAG-Qualitätsmischungen und zwei Mischungen nach den gültigen Rahmenbestimmungen. Vom Saatgut aus der Bundesrepublik Deutschland kamen zwei Mischungen aus Bayern, beide anderen Prüfobjekte waren Standardmischungen. Die Saatstärken richteten sich nach den Empfehlungen der Mischungshersteller und lagen zwischen 24 und 40 kg/ha.

Nach den Ernten wurden von den einzelnen Mischungen repräsentative Stichproben gezogen, die anschließenden Untersuchungen wurden im Futtermittellabor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Analysiert wurden die Erträge des ersten und dritten Hauptnutzungsjahres, im zweiten Jahr wurde aus Kosten- und Kapazitätsgründen auf die umfangreichen Untersuchungen verzichtet.

Die Mineralstoffgehalte von Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium wurden nasschemisch bestimmt, für die Parameter Rohprotein, Rohfaser, Rohasche, Rohfett und stickstofffreie Extraktstoffe diente die große Weender-Analyse als Standardmethode.

Rohprotein (XP): Der Rohproteingehalt eines Futtermittels wird indirekt über den Stickstoffgehalt festgestellt, indem der analysierte Gesamtstickstoff mit 6,25 multipliziert wird. Dabei wird allerdings auch der Nicht-Protein-Stickstoff (Harnstoff, Nitrat o.ä.) zum Rohprotein gerechnet. Der Rohproteingehalt von Grundfutter schwankt stark, liegt durchschnittlich zwischen 10 und 16 % und erreicht bei besten Qualitäten kleereicher Bestände Werte bis etwa 20 % (ÖAG 2006).

Rohfaser (XF): Dazu gehören alle Gerüstsubstanzen der Pflanzen (Zellulose, Hemizellulose, Lignine etc.), die in verdünnter Säure und Lauge nicht löslich sind. Die Rohfaser kann über den mikrobiellen Abbau im Pansen nur von Wiederkäuern genutzt werden. Dadurch entsteht Essigsäure, die

von der Milchkuh für den Aufbau des Milchfettes benötigt wird. Der Rohfasergehalt steigt mit zunehmendem Alter des Futters umso stärker, je mehr raschwüchsige Obergräser im Bestand vorhanden sind. Qualitativ hochwertiges und jung genutztes Grundfutter weist Werte ab 22 % Rohfaser auf, die durchschnittlichen Gehalte können mit 26 bis 32 % angenommen werden (ÖAG 2006).

Rohasche (XA) bleibt als mineralischer Rest nach der trockenen Veraschung des Futters bei 550°C. Der Gehalt an Rohasche sollte beim ersten Schnitt für gute Qualitäten auf jeden Fall unter 10% liegen, darüber liegende Werte weisen auf eine Verschmutzung hin (ÖAG 2006).

Rohfette (XL) spielen im Grünlandfutter nur eine untergeordnete Rolle, die Gehalte bewegen sich meist im Bereich zwischen 20 und 30 g/kg (ÖAG 2006).

Die Verdaulichkeit der organischen Masse (DOM) wurde bei einem Drittel der Futterproben in vitro nach TILLEY und TERRY (1963) untersucht, und zwar nach der von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein modifizierten Methode (Methodenvorschrift für die BAL Gumpenstein, RESCH, 1991). Die Ergebnisse dieser Analysen lieferten die Kalibrierungsdaten für die near-infrared-spectroscopy (NIRS), mit welcher anschließend die Futterproben analysiert wurden. Die höchsten Verdaulichkeitswerte von jungem Grundfutter liegen bei etwa 76 % und können mit zunehmendem Alter und hohen Rohfaseranteilen auf deutlich unter 60 % abfallen (ÖAG 2006, BUCHGRABER und GINDL, 2004).

Die Netto-Energie Laktation (NEL) als standardisiertes Energiebewertungssystem für Milchkühe drückt den Energiegehalt des Futters in MJ/kg Trockenmasse aus. Es ist ein Maßstab für den Energiebedarf der Tiere und für den Energiegehalt von Futtermitteln und wird mit Hilfe von Regressionsgleichungen entweder von der DLG-Futterwerttabelle 1997 oder von den in-vivo-Verdaulichkeitsuntersuchungen

Tabelle 1: Saatgutmischungen und Saatstärken

Eing.-Nr.	1	2	5	12	14	16
Arten in Flächen-%	DW B, mittl. Lagen, ÖAG	DW D, raue Lagen, ÖAG	DW D1, raue Lagen	DW Nr. 7, feuchte Lagen	Gräser-Kleemischung Revital 301	DW B Nr. 624
Rotklee	-	-	2	-	-	-
Weißklee	10	10	4	-	12	25
Schwedenklee	-	5	-	15	-	-
Hornklee	5	5	3	-	-	-
Gelbklee	-	-	-	-	-	-
Engl. Raygras	10	5	-	-	51	40
Bastardraygras	-	-	-	-	-	-
Festulolium	-	-	-	15	-	-
Knautgras	15	10	11	-	-	-
Timothe	10	15	22	34	29	15
Wiesenfuchsschwanz	-	-	-	16	-	-
Wiesenschwingel	10	10	27	15	-	10
Goldhafer	5	5	2	-	-	-
Glatthafer	10	-	11	-	-	-
Rotschwingel	5	10	8	-	-	-
Straußgras	-	5	-	-	-	-
Wieserrippe	20	20	10	5	8	10
Summe	100	100	100	100	100	100
Saatstärke (kg/ha)	27	25	36	35	40	24

der Labors abgeleitet. Energiereiches Grundfutter erreicht in Silagen Werte bis 6,4 MJ NEL/kg TM, während überständiges Heu deutlich unter 5,0 MJ NEL/kg TM liegt (ÖAG 2006). Anhand von sechs ausgewählten Mischungen sollen Unterschiede und Streubreiten der wichtigsten Parameter für die Futterqualität besprochen und in Verbindung mit Erträgen, Pflanzenbeständen und ihrer Entwicklung gebracht werden.

Als Demonstrationsobjekte dienen die Mischungen der *Tabelle 1*.

3. Ergebnisse

In *Tabelle 2* sind die wichtigsten Ergebnisse der Futteranalysen zusammengefasst. Die Werte von Rohprotein, Rohfaser, Rohasche, der Verdaulichkeit und des Energiegehaltes geben nicht nur einen Überblick über die Qualität einzelner Mischungen, sondern zeigen auch die Spannbreite zwischen den beiden Versuchsjahren. Zusätzlich sind in Form von Standorts-Maxima und -Minima auch die großen Schwankungen der einzelnen Standortmittelwerte erkennbar.

Die erste nun vorgestellte Mischung, die **Dauerwiese B für mittlere Lagen in ÖAG-Qualität**, könnte auf Grund ihrer allgemein sehr guten Vorstellung auf den Versuchsstandorten als Maßstab und Messlatte für alle anderen Mischungen genommen werden. Sie lag sowohl bei den Erträgen als auch bei der Ertragsentwicklung weit über dem Durchschnitt und entsprach damit den hohen Erwartungen.

Beim Rohproteingehalt erreichte sie mit 151,4 g XP/kg TM allerdings nicht ganz den Gesamtdurchschnitt von 155,9 g XP/kg TM, wobei sich das Minus mit weniger als 0,5 % in Grenzen hielt. Korrespondierend dazu lag der Rohfaserwert mit 286,6 g/kg TM insgesamt etwas über dem Mittelwert von 279,4 g XF/kg TM. Beim Rohaschegehalt erreichte die Dauerwiese B mit 105,7 g/kg TM beinahe den Mittelwert von 107,5 g XA/kg TM. Diese Abweichungen vom Gesamtmittelwert bestätigten sich in beiden Untersuchungsjahren.

Die durchschnittliche Verdaulichkeit der organischen Masse lag mit 66,6 % knapp unter dem Versuchsdurchschnitt von 67,4 %, wobei einem Plus von 0,5 % im ersten Hauptnutzungsjahr ein Minus von 2,2 % im dritten HNJ gegenüberstand.

Wie anhand dieser Ergebnisse nicht anders zu erwarten war, ergaben sich auch leicht unterdurchschnittliche Energie-

dichten im Futter. Der Energiegehalt von 5,20 MJ NEL/kg TM erreichte das Gesamtmittel von 5,32 MJ NEL/kg TM nicht, wobei im ersten Jahr noch knapp überdurchschnittlich abgeschnitten wurde. Im dritten HNJ war allerdings ein Minus von 0,3 MJ NEL/kg TM zu verzeichnen.

Eine Interpretation der Ergebnisse wird durch Einbeziehung von Pflanzenbestand, Ertrag, ihrer Entwicklung sowie dem Nutzungszeitpunkt und den klimatischen Bedingungen der Untersuchungsjahre möglich.

Auf Grund des hohen Anteils an eher frühreifen und konkurrenzstarken Gräsern und einem entsprechend raschen Wachstum dieser Mischung wurden vor allem an den dreischnittig genutzten Standorten die ersten Schnitte meist deutlich zu spät geerntet, was in niedrigen XP- und höheren XF-Gehalten, dadurch unterdurchschnittlicher Verdaulichkeit und entsprechend niedrigeren Energiegehalten resultiert. Auch die starke Zunahme der Gräser von 62 auf 80 Ertrags-%, die Abnahme der Leguminosen und nur geringe Kräuteranteile trugen zur deutlichen Abnahme der Nutzungselastizität im dritten HNJ bei, das außerdem sehr warm und trocken ausfiel. Eine direkte Folge davon war die rasche Verholzung des Futters und die physiologisch deutlich zu späte Nutzung der Schnitte 2, 3 und 4 mit allen negativen Folgen für die Futterqualität.

Mischung Nummer 2, die **Dauerwiese D für raue Lagen in ÖAG-Qualität**, startete mit dem Handicap, eben auch in Gunstlagen geprüft zu werden. Trotzdem erreichte sie zumindest durchschnittliche Gesamterträge bei deutlich besserer Ausdauer der eingesäten Arten. Knapp am Gesamtmittel lagen die XP-Werte mit 154,5 g/kg TM, die XF-Gehalte waren mit 285,3 g/kg TM leicht erhöht und damit vergleichbar mit der Dauerwiese B. Die XA-Werte bewegten sich mit 109,5 g/kg TM knapp über dem Versuchsdurchschnitt.

Wie bei der DW B lag die DOM mit 66,2 % etwas unterhalb des Versuchsmittels, noch deutlicher die Energiedichte des Futters mit 5,15 MJ NEL/kg TM.

Die geringeren Ertragsanteile und schwächeren Zunahmen bei den Gräsern sowie die höheren Leguminosen- und Kräuteranteile dürften die etwas frühere physiologische Reife der eingesäten Mischungspartner kompensieren. Dadurch lassen sich möglicherweise die etwas höheren XP-Gehalte, die sehr ähnlichen XF-Werte und die niedrige Energiedichte erklären.

Tabelle 2: Durchschnittswerte verschiedener Qualitätsparameter der ausgewählten Mischungen über alle Versuchsstandorte in den Jahren 2001 und 2003

Mischung	XP (g/kg TM)			XF (g/kg TM)			XA (g/kg TM)			DOM (%)			NEL (MJ/kg TM)		
	2001	2003	MW	2001	2003	MW	2001	2003	MW	2001	2003	MW	2001	2003	MW
DW B (ÖAG)	168	135	151	277	297	287	110	101	106	69,0	64,2	66,6	5,50	4,90	5,20
DW D (ÖAG)	172	138	155	273	298	285	115	104	110	68,0	64,4	66,2	5,37	4,94	5,15
DW D1	160	140	150	282	292	287	109	105	107	68,2	64,8	66,5	5,44	4,93	5,18
WM Nr. 7	160	134	147	282	288	285	103	101	102	67,8	62,7	65,2	5,43	4,90	5,16
Revital 301	186	144	165	248	278	263	120	106	113	70,4	70,3	70,4	5,60	5,67	5,64
DW Nr.624	193	154	174	251	272	262	113	102	108	70,3	70,6	70,4	5,65	5,74	5,69
MW (n = 16)	170	142	156	271	288	279	111	104	108	68,5	66,4	67,4	5,45	5,20	5,32
Max. (Ort)	198	188	-	310	360	-	123	134	-	73,2	72,9	-	5,96	5,98	-
Min. (Ort)	123	75	-	241	246	-	90	76	-	61,5	59,6	-	4,70	4,45	-

Als dritte Mischung wird die bayerische **Dauerwiese D1 für raue Lagen** betrachtet, wobei anzumerken ist, dass es in der Definition von rauen Lagen zwischen Österreich und Bayern doch deutliche Unterschiede geben muss. (Die Verwendung von Glatthafer und Rotklee spricht für günstigere Bedingungen in den rauen Lagen Bayerns ...)

Festzuhalten ist, dass diese Mischung insgesamt die höchsten Erträge aller 16 geprüften Samenmischungen erreichte und auch im dritten HNJ deutlich an der Spitze lag. Ebenso war die Ausdauer der eingesäten Arten hervorragend, was eine sehr geringe Verunkrautung zur Folge hatte. Der zu Beginn hohe Leguminosenanteil sank vom ersten zum dritten HNJ von 40 auf 18 Ertrags-% stark ab, während die Gräser von 58 auf 75 Ertrags-% zunahm. Diese Entwicklung, vor allem der hohe Anteil konkurrenzkräftiger und rasch verholzender Obergräser, die geringen Anteile an Untergräsern und die allgemein zu späte Nutzung ließen keine besonderen Qualitäten erwarten. Mit einem XP-Gehalt von 149,8 g/kg TM und einer XF von 287,3 g/kg TM konnten aber doch noch halbwegs akzeptable Ergebnisse erreicht werden. Die XA-Anteile lagen mit 106,6 g/kg TM im Durchschnitt, die DOM mit 66,5 % etwa gleich wie die beiden ÖAG-Mischungen, ebenso der Energiegehalt mit 5,18 MJ NEL/kg TM.

Die nächste beschriebene Mischung, eine **Wiesenmischung für feuchte Lagen Nr. 7**, stammt aus Tschechien. Sie hatte genauso wie die Dauerwiese D für raue Lagen den Nachteil, dass die Versuchsstandorte eigentlich nicht ihrer Konzeption entsprachen. Trotzdem lag sie in allen HNJ nur etwa 400 kg TM/ha/a unter den durchschnittlichen Gesamterträgen. Die Ausdauer der eingesäten Arten war allerdings schwach, eine stärkere Verunkrautung die Folge.

Bei den Qualitätsparametern fiel besonders der geringe XP-Gehalt auf. 146,8 g XP/kg TM bedeuteten das schwächste Ergebnis aller Mischungen im Versuch, obwohl der Leguminosenanteil nur knapp unter dem Gesamtmittelwert lag. Die Rohfaser erreichte mit 285,2 g/kg TM ähnliche Werte wie die vorher beschriebenen Mischungen. Der geringe XA-Gehalt von 102,2 g/kg TM war als einziges Positivum zu verzeichnen. Eine niedrige Verdaulichkeit von 65,2 % und eine Energiedichte von 5,16 MJ NEL/kg TM vervollständigten das Bild einer insgesamt nicht entsprechenden Mischung. Eine schwache Ausdauer, unterdurchschnittliche TM-, Eiweiß- und Energieerträge bestätigten die Untauglichkeit dieser Mischung auf den untersuchten Standorten. Dazu konnte die Homogenität der Mischung nicht überzeugen: Während Wiesenfuchsschwanz und z.T. das Festulolium physiologisch reif waren, hätte das Timothe noch Zeit zum Wachsen und Reifen gebraucht.

Die **Gräser-Kleemischung Revital 301** aus Deutschland war im Gegensatz zur vorhergehenden WM Nr. 7 völlig anders konzipiert und mit nur vier Mischungspartnern die artenärmste Mischung im Versuch. Die hohen Anteile von 51 % an spätem Englisch-Raygras und 29 % Timothe ließen gute Erträge und ausgezeichnete Qualitäten erwarten. Die Kernfrage war aber: Wie ausdauernd sind die verwendeten Raygräser, wie kommen sie mit den klimatischen Verhältnissen zu Rande? Und genau dies sollte sich auch als Knackpunkt erweisen. Im ersten HNJ noch mit 186,1 g/kg TM ein Spitzenwert beim XP, im dritten HNJ

guter Durchschnitt mit 143,9 g/kg TM ergab einen Mittelwert von 165,0 g/kg TM. Auch die Rohfasergehalte mit 263,1 g/kg TM, die Verdaulichkeit mit 70,4 % und die Energiedichte mit 5,64 MJ NEL/kg TM entsprachen sehr gut den hohen Erwartungen an die Futterqualität. Viel Leguminosen, ein unterdurchschnittlicher Gräseranteil und ein nur durchschnittlicher Kräuterbesatz trugen zu diesen guten Ergebnissen bei. Einzig die erhöhten XA-Werte passten nicht so recht in dieses schöne Bild. Also insgesamt eine Spitzenmischung? Die Ertragsdaten sprachen dagegen: In allen HNJ nur zwischen 85 und 90 % der jeweiligen Standortmittelwerte sind sicher zu wenig, um den Ansprüchen an standortgerechte Mischungen zu entsprechen. Dazu kam die unbefriedigende Ausdauer mit einem kräftigen Rückgang der eingesäten Arten von 93 auf 74 Flächen-% in nur zwei Jahren. Dieser Ausfall eingesäeter Pflanzen, vor allem vom Englisch-Raygras, ließ natürlich Platz für Gemeine und Jährige Rispe, kann aber nicht als Begründung für die etwas stärkere Verschmutzung des Futters herhalten. Der erhöhte durchschnittliche XA-Gehalt stammt nämlich aus dem ersten HNJ, und da waren noch keine relevanten Ausfälle zu verzeichnen.

Als letztes Beispiel in der Reihe der vorgestellten Mischungen wird noch die dänische **Dauerwiesenmischung Nr. 624** beschrieben. Eine Ähnlichkeit mit der vorigen Mischung Revital 301 war gegeben, allerdings lag der Weißkleeanteil doppelt so hoch, der Timothe-Anteil wurde halbiert und 10 % der Englisch-Raygrasanteile durch Wiesenschwingel ersetzt. Auch diese Mischungsrezeptur ließ gute Erträge und Topqualitäten erwarten.

Und schon der erste Blick auf das Rohprotein bestätigte diese Annahme: Durchschnittliche 173,6 g XP/kg TM waren der absolute Bestwert aller Mischungen, in beiden untersuchten HNJ lagen die Werte im Spitzenfeld. Auch die XF-Gehalte der Futterproben beider Jahre waren so niedrig, dass die insgesamt 261,5 g XF/kg TM der DWM Nr. 624 den Bestwert aller Mischungen ergaben, immerhin 18 g XF/kg TM weniger als der Versuchsdurchschnitt. Die XA-Gehalte lagen mit 107,7 g/kg TM fast genau am Mittelwert, während die Verdaulichkeit mit 70,4 % gemeinsam mit der Gräser-Klee-Mischung Revital 301 Höchstwerte erreichte. Und die Energiedichte war mit 5,69 MJ NEL/kg TM so hoch wie bei keiner anderen Mischung. Hauptgründe für diese ausgezeichneten Ergebnisse waren auch hier die Pflanzenbestände und die physiologisch rechtzeitige Nutzung. Die höchsten Leguminosenanteile brachten bei guter Nutzungselastizität viel Rohprotein, sehr geringe Grasanteile mit eher spätreifen Sorten ließen niedrige Rohfaserwerte zu. All dies mündete in der sehr guten Verdaulichkeit der organischen Masse und der höchsten durchschnittlichen Energiedichte im Versuch.

War damit die dänische Dauerwiese Nr. 624 der Sieger? Ja, wenn die Futterqualität allein bewertet werden sollte. Nein, wenn auch hier wieder Ertrag, Ertragsverlauf und Ausdauer einzubeziehen sind. Ein Ertragsminus von 960 kg TM/ha/a gegenüber dem Mittelwert aller Jahre, Orte und Nutzungen erlaubte also auch hier keine positive Gesamtbewertung. Und der durchschnittliche Rückgang der eingesäten Arten von 92 auf 74 Flächen-% in zwei Jahren war ebenso nicht akzeptabel.

4. Zusammenfassung

Auf Grund der hier präsentierten Ergebnisse könnte man zum Schluss kommen, dass die Anforderungen hoher Futtererträge bei gleichzeitig besten Futterqualitäten kaum erfüllbar sind. Die Betrachtung der enormen Jahres- und Standortunterschiede bei den untersuchten Qualitätsparametern macht eine Interpretation des Einflusses unterschiedlicher Saatgutmischungen schwierig.

Im Zusammenspiel aller Einflussgrößen auf die Qualität von Grünlandfutter können standortgerechte hochwertige Mischungen aber sehr wohl einen Beitrag leisten. Dauerwiesen mit guter Ausdauer und Konkurrenzkraft, nachhaltig hohen Erträgen, gutem Narbenschluss und Homogenität innerhalb der Mischung schaffen die Voraussetzung zur Produktion von gutem Grundfutter in ausreichender Menge.

Die Anpassung an Standort, Düngung und Nutzung, die richtige Geräteeinstellung, Pflegemaßnahmen von Striegeln bis zur Nachsaat, Pflanzenbestandsregulierung und sinnvolle Unkrautbekämpfung, schonende Bewirtschaftung und dauernde Beobachtung der Bestände sind die Kernpunkte einer erfolgreichen Grünlandwirtschaft. Darin liegen viele Möglichkeiten zur Optimierung und Ausnutzung der Reserven. Die Unterschiede zwischen gutem und verbesserungsfähigem Umgang mit den Produktionsflächen sind groß.

Der Einfluss unterschiedlicher Mischungen auf die Futterqualität ist gegenüber Bewirtschaftung, Standort und Jahreseinfluss deutlich geringer, sollte aber bei der Mischungsauswahl neben der Ertragsfähigkeit und der Ausdauer beachtet werden.

5. Literatur

BUCHGRABER, K. und S. GERL (2000): Grünlandmischungen mit den richtigen Sorten. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, INFO 6/2000, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

BUCHGRABER, K. und G. GINDL (2004): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung, 2. Auflage. Graz-Stuttgart: Leopold-Stocker-Verlag

BÜHL, A. und P. ZÖFEL (2002): SPSS 11, Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows, 8. Auflage. München: Pearson Studium

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2007): 48. Grüner Bericht gemäß Landwirtschaftsgesetz über die Lage der Land- und Forstwirtschaft in Österreich. BMLFUW; Abt. II/5. Wien

GERL, S. (2000): Entwicklung des Pflanzenbestandes, Ertrag und Futterwert von Qualitätssaatgutmischungen für Feldfutterbau und Dauergrünland. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur. Wien

HIETZ, M. (2009): Auswirkungen der Saatgutqualitäten sowie der Arten- und Sortenauswahl von Gräser- und Kleearten bei internationalen Dauergrünlandmischungen auf den Pflanzenbestand im österreichischen Alpenraum. Dissertation BOKU (unveröff.)

KLAPP, E. (1971): Wiesen und Weiden, 4. Auflage. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey

KLAPP, E. (1967): Zusammensetzung und Auswirkung von Ansaatgemischen für Dauergrünland. Das wirtschaftseigene Futter, Sonderheft Nr. 3.

KRAUTZER, B. (2001): Saatgutqualität als Grundlage für ampferfreie Nach- und Neuansaat im Grünland. 7. Alpenländisches Expertenforum. Gumpenstein

KÜHBAUCH, W., P. HEISELMAYER und I. SZOLGA (1997): Einfluss des Vegetationsstadiums, des Schnittzeitpunktes und des Pflanzenbestandes in Höhenstufen zwischen 570 und 900 m über NN auf die Qualität des Grünlandfutters im Flachgau. Bericht alpenländisches Expertenforum „Grundfutterqualität und Grundfutterbewertung“, BAL Gumpenstein

LETTNER, F., R. LEITGEB, L. GRUBER und H. WÜRZNER (1983): Netto-Energie Laktation (NEL) – das neue Energiebewertungssystem für Milchkühe. Der Förderungsdienst 31, 9-16.

PARTL, C. (2008): Ein Vergleich internationaler Dauerwiesenmischungen im Hinblick auf Ausdauer, Ertrag und Qualität im Alpenraum. Dissertation Universität für Bodenkultur

PÖTSCH, E.M. (2005): Wertprüfung für Pflanzenarten des Grünlandes und Futterbaus. 11. Alpenländisches Expertenforum. Gumpenstein

RESCH et al. (2006): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum, ÖAG-INFO 8/2006, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

WIEDNER, G. (1998): Futteruntersuchungen – Leistung sichern und trotzdem Geld sparen! ÖAG-INFO 7/1998, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Gärheu als alternative Konservierungsform für Grünlandfutter

Alfred Pöllinger^{1*}

Einleitung

Über 60 % der österreichischen landwirtschaftlich genutzten Fläche besteht aus Grünland, das nur über den Wiederkäuer verwertet werden kann. In der Geschichte der Landwirtschaft spielte dabei die Konservierung von Winterfutter seit jeher eine entscheidende Rolle. Die Form der Konservierungstechnik hat sich in den letzten 50 Jahren allerdings gravierend geändert. Über 10 Mio t Trockenmasse wächst jährlich in Österreich an verwertbarer organischer Grünlandmasse heran (BUCHGRABER, 2003). Über 70 % dieser Trockenmasse, also ca. 7 Mio t werden als Winterfutter konserviert und davon wiederum beinahe 60 %, also ca. 4 Mio t als Silage haltbar gemacht. 3 Mio t werden getrocknet und als Heu oder Grummet genutzt.

Der notwendige Trockenmassegehalt des Futters wird vom Konservierungsverfahren bestimmt. Grassilage sollte bei einem TM-Gehaltswert zwischen 30 und 35 % und Heu bei der Bodentrocknung mit ca. 14 % Restfeuchte geerntet werden. In der Praxis liegen Einzelwerte oftmals weit darüber (RESCH, 2008). Futter, das mit einem TM-Gehalt von 45 bis 70 % geerntet und luftdicht verschlossen wird, ist als Gärheu oder Heulage zu bezeichnen (THAYSEN, 2006). Heu kann bei einem leistungsstarken Nachrocknungsverfahren mit einem Restfeuchtegehalt von über 50 % eingefahren werden. Aus Kostengründen wird in der Praxis mit einem TM-Gehalt von über 60 (70) % eingefahren.

Insbesondere bei Heu ist die Einhaltung eines hohen Qualitätsniveaus aus Witterungsgründen oftmals schwierig. Aktuelle Untersuchungen aus dem Futtermittellabor Rosenau zeigen einen relativ hohen Anteil an stark mit Schimmelpilzen befallenen Heuproben im Vergleich zu Grassilagen (WIEDNER, 2009). Rund 32 % der untersuchten Heuproben wurden aus mikrobiologischer Sicht mit „schlechter Qualität“ beurteilt, während „nur“ 17,4 % der Silagen diese Bewertung erhielten. Vor allem mit dem Rundballenernteverfahren lässt sich in den meisten Produktionsgebieten Österreichs kaum eine Bodenheuernte durchführen, bei der der Restfeuchtegehalt des Futters über alle Futterpartien gesichert unter 13 % liegt.

Andererseits kommt es bei guten Trocknungsbedingungen in der Praxis im Zusammenhang mit der Silagebereitung auch leicht zu stark erhöhten TM-Gehalten von über 45 %.

In der Pferdefütterung wird nunmehr bereits seit über 20 Jahren als Alternative zur Heufütterung auch Grassilage angeboten (FINKLER-SCHADE, 2008). Die Gründe dafür sind im Vergleich zur Heuwerbung u.a. im geringeren Witterungsrisiko, in der kostengünstigeren Lagerung (außen),

in den niedrigeren Feldverlusten (Bröckelverluste), in der besseren Nährstoffverwertung, dem höheren Energiegehalt und vor allem in der geringeren Staubbelastung zu suchen (MEYER, 2002 und BENDER, 2000, zitiert in HOLZER, 2009). Dennoch gibt es vor allem in Österreich Vorbehalte gegenüber dem Gärheu in der Pferdefütterung. Die Gründe dafür sieht HOLZER (2009) in der Akzeptanz der Pferde selbst und in den schlechten Erfahrungen mit der Qualität. Die Gefahr des Auftretens von Botulismus bei der Silage- oder Gärheubereitung ist ein Hauptargument gegen den Einsatz von Silage in der Pferdefütterung. Botulismus ist eine für Warmblüter lebensbedrohliche, meist durch verdorbenes Fleisch oder Kadaver (z.B. Mäuse) hervorgerufene Vergiftung (klassisch bekannt unter „Wurstvergiftung“), die von Botulinumtoxin, einem vom Bakterium *Clostridium botulinum* – kann sich in Silagen ausbreiten – produzierten Giftstoff, verursacht wird (WIKIPEDIA, 2009).

Sieht man von diesen möglichen Nachteilen ab, hat die Silagewirtschaft allerdings auch klar definierte Vorteile, die man sich bei der Gärheubereitung teilweise zu Nutze machen kann.

Generell ist bei der Silagewirtschaft mit deutlich geringeren Konservierungsverlusten (Bröckelverluste 2,5 %, PÖLLINGER, et.al. 2002) im Vergleich zur Heu- (10 bis 17 %) zu rechnen. Grassilagen sind nach der Weide und der Maissilage das kostengünstigste Grundfutter (GREIMEL, 2002) bezogen auf den Energiegehalt (MJ/NEL).

Was ist Gärheu?

Gärheu wird im deutschsprachigen Raum oftmals auch als Heulage bezeichnet.

Die Abgrenzung zu Heu und zu Silage lässt sich am besten über den Trockenmassegehalt definieren. Für Grassilage gilt die Empfehlung das Futter bei einem TM-Gehalt von 30 bis 40 % einzufahren. Bodenheu wird mit einem maximalen Restfeuchtegehalt von 17 bis 18 % im Heustock oder mit 13 % im Rundballen eingelagert. Belüftungsheu (Warmbelüftung) sollte mit max. 35 % Restfeuchte auf die Belüftungsanlage eingefahren werden – abhängig von der Futterart und vor allem der Belüftungsanlage (Leistung).

Klassisches Gärheu (Heulage) wird mit einem TM-Gehalt zwischen 60 und 70 % geerntet (THAYSEN, 2006) (siehe *Abbildung 1*). Als „Pferdesilagen“ bezeichnet THAYSEN (2006) jene Silagen mit einem TM-Gehaltswert von 40 bis 60 %. Als Konservierungsverfahren bietet sich dafür in erster Linie das Rundballenverfahren an, da kleine Portionen mit hoher Dichte (größer 200 kg TM/m³) luftdicht

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Abteilung für Innenwirtschaft und Ökolometrie, A-8952 Irdning

* Ansprechpartner: DI Alfred Pöllinger, email: alfred.poellinger@raumberg-gumpenstein.at

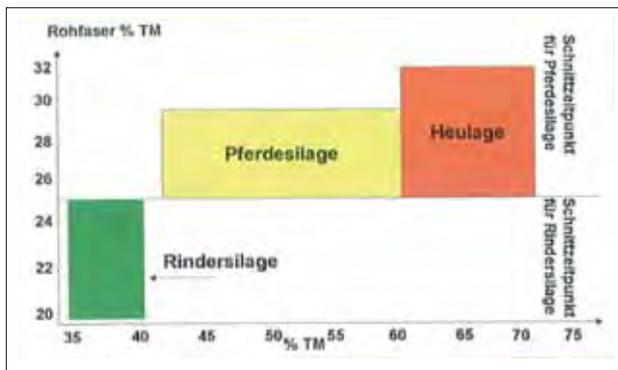


Abbildung 1: Silagebereitung für Pferde: Optimaler Schnittzeitpunkt und Anwelkgrad (THAYSEN, 2006)

abgeschlossen werden können. Bei entsprechender Zerkleinerungs- und Verdichtungstechnik, kann Gärheu auch in einem herkömmlichen Fahrsilo konserviert werden. Die Gefahr der Nacherwärmung ist allerdings bei trockensubstanzreichem Grundfutter wesentlich größer. THAYSEN (2006) gibt für ein erfolgreiches Gelingen von Heulagen oder Gärheu eine maximale Feldliegezeit von weniger als 3 Tagen an. Heulagen in Rundballen gepresst sollten 8-lagig gewickelt werden.

Material und Methoden

Auf den Flächen des Bundesgestüts Piber wurden im Jahr 2008 zum 1. Schnitt auf einer Dauerwiese und zum 2. Schnitt auf einer Wechselwiese die Ernte mit einer Fixkammerpresse und einer variablen Kammerpresse bei unterschiedlichen Anwelkstufen (40/60/80 % TM) und Trocknungsstufen durchgeführt.

Die Pflanzenbestände und Flächenerträge:

Der Pflanzenbestand der Dauerwiese am Lindenacker, 1. Aufwuchs, war in seiner Zusammensetzung von Obergräsern dominiert (>40 Gew.%). Der Gräseranteil war mit 82 Gew.% insgesamt sehr hoch, während die Kräuter mit 10 und die Leguminosen mit 8 Gew.% nur eine untergeordnete Rolle spielten. Die Gemeine Rispe erreichte mit 23 Gew.% den höchsten Einzelanteil. Die Ertragsentwicklung war aufgrund fehlender Frühjahrsniederschläge stark reduziert. Obwohl die mittlere Wuchshöhe mit 62 cm gemessen wurde, fehlte dem Bestand die notwendige Dichte für gute Erträge. Der Bruttoertrag wurde mittels Ballengewichtsmessungen und Ernteflächenberechnung ermittelt und lag im Mittel bei 2.129 kg TM/ha. Der Ernteertrag wurde mit 2.752 kg TM/ha gemessen. Im Vorjahr wurde auf derselben Fläche ein Ernteertrag – Ertrag vor Abzug der Ernteverluste - von über 3.500 kg TM/ha ermittelt.

Beim zweiten Aufwuchs am Zeltenacker, mit einer Wechselwiese konnte eine stärkere Rotkleeentwicklung festgestellt werden. Neben den Gräsern mit rund 80 Gew.% erreichte der Rotklee im Mittel einen Anteil von 20 Gew.%. Knaulgras war auch hier der Hauptbestandbildner mit entwickelten Rispen, während Gold- und Glatthafer noch im Rispenschieben waren.

Der Ernteertrag wurde mittels Quadratmeterfeldmessung bestimmt und lag bei 3.093 kg TM/ha.

Wetterdaten

An der Versuchsaußenstelle des LFZ Raumberg-Gumpenstein befindet sich eine Wetterstation an der Lufttemperatur und Niederschläge aufgezeichnet wurden.

Tabelle 1: Wetterdaten der Station Piber zum 1. und 2. Schnitt, 2008

Schnitt / Datum	Tagesmitteltemperatur in °C	rel. Luftfeuchtigkeit in %
1. Schnitt / 26. Mai 2008	19,3	70
1. Schnitt / 27. Mai 2008	22,4	44
1. Schnitt / 28. Mai 2008	23,3	38
2. Schnitt / 25. August 2008	15,1	71
2. Schnitt / 26. August 2008	18,9	67
2. Schnitt / 27. August 2008	19,5	66

Rundballenpressen

Für den Versuch standen zwei Rundballenpressen der Fa. Welger zur Verfügung (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Technische Daten der eingesetzten Rundballenpressen im Versuch 2008

Parameter/Presstyp	Variable Kammerpresse Typ 435 RP Master	Fixkammerpresse 235 RP Profi
Ballendurchmesser mm	900 - 1.600	1250
Ballenbreite mm	1.230	1.230
Ballenvolumen in m ³	bis zu 2,5	1,5
Bindungsart	Netz	Netz
Pick-up Breite mm	2.250	2.000
Äußerer Zinkenabstand mm	1.860	1.600
Besonderheiten	Balecontroller Hydroflexcontrol	Balecontroller Hydroflexcontrol

Für den Versuch wurde der Ballendurchmesser mit 1,25 m festgelegt.

Die *Pressdichte* wurde auf der 8-teiligen Einstellskala am Bedienterminal der Presse bei den Gärheuvarianten auf 8 eingestellt. Jeweils eine Variante wurde mit der variablen Kammerpresse bei einer Einstellung von 2 gefahren (siehe auch *Tabelle 11 Pressdichte*) – Pressdichte niedrig. Für die Belüftungsheuballen wurde die Einstellung des Pressdruckes mit 2 und die Weichkerneinstellung mit „ein“ gewählt.

Die Fahrgeschwindigkeit hat auf die Pressdichte ebenfalls unmittelbaren Einfluss und wurde bei Gärheu mit 3,5 bis 5 km/h festgelegt. Mit der Festkammerpresse wurde zu Beginn des Pressvorganges systembedingt etwas schneller gefahren (6 - 7 km/h). Für die Belüftungsheuernte wurde eine Fahrgeschwindigkeit von 8 - 12 km/h und für die Bodenheuernte eine Fahrgeschwindigkeit von 8 - 10 km/h vorgegeben.

Eine zusätzliche Gärheuvariante wurde bei einem geplanten TM-Gehalt von 60 % mit Schneidwerk mit 25 Messern geerntet (siehe *Tabellen 3 und 4*).

Tabelle 3: Variantenraster 1. Schnitt, Lindenacker, Gestüt Piber, 2008

Variablen	Silage		Gärheu				Heutrocknung			
TM-Stufe in %	(40) / 60		(60) / 80				80	86		
Pressdichte	h		h	n	h		n	m		
Schneidmesser	ohne		ohne		mit	ohne	ohne		ohne	
Pressensystem	var.	fest	var.	var.	var.	fest	var.	fest	var.	fest
Ballenzahl	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4

Tabelle 4: Variantenraster 2. Schnitt, Zeltenacker, Gestüt Piber, 2008

Variablen	Silage		Gärheu				Heutrocknung			
TM-Stufe in %	40		(60) / 80				80	86		
Pressdichte	h		h	n	h		n	m		
Schneidmesser	ohne		ohne		mit	ohne	ohne		ohne	
Pressensystem	var.	fest	var.	var.	var.	fest	var.	fest	var.	fest
Ballenzahl	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4

Anmerkungen:

Zahlen in Klammer waren geplant / Zahlen daneben wurden tatsächlich erreicht
 Pressdichte: hoch (= h) entspricht der Zielgröße 180-220, niedrig (= n) 110-140 und mittel (= m) 140 bis 160 kg TM/m³;
 Schneidmesser: mit 25 Messer oder „ohne“
 Pressensystem: Festkammerpresse = fest; variable Kammerpresse = var.

Die Rundballen zur Gärheubereitung wurden 1 - 3 Stunden nach dem Pressvorgang 8-lagig gewickelt, beschriftet und auf einer eigenen Unterlagsmatte (gegen Kleinnagetiere) gelagert.

Die Bröckelverluste wurden zu den einzelnen TM-Stufen zwischen den Schwaden und nach der Schwadaufnahme auch „auf den Schwaden“ (Aufnahmeverluste) mittels der Staubsaugermethode bestimmt. Dazu wurde mittels Rahmen alle 10 m ein Quadratmeter Bodenoberfläche mit einem Industriestaubsauger in 3 - 5 cm Höhe in sechsfacher Wiederholung abgesaugt. Die Einzelproben wurden gewichtsstabil auf Heugewicht getrocknet und der Erdenanteil mit einem Windsichter abgetrennt.

Futterqualität

Die Futterqualität wurde analytisch mittels Weenderanalyse und In-vitro-Verdaulichkeit die Silage- und Gärheuproben mittels Gärsäurenspektrum bestimmt. Das konservierte Grundfutter wurde zudem sensorisch nach dem ÖAG Beurteilungsschlüssel für Silagen (Silagen und Gärheu) und Heu (Gärheu und Heu) beurteilt.

Zur Bestimmung der Futterqualität wurde bereits vom stehenden Ausgangsbestand neben der Ernteertragsbestim-

mung eine Probe gezogen. Danach wurde die Erntefläche gemäht, das Futter 2 x gewendet und je nach Trockenmassegehalt geschwadet (siehe *Abbildung 2*).

Bestimmung der Pressdichte

Die Pressdichte ist ein wichtiger Beurteilungsparameter für die Presstechnik. Insbesondere bei steigendem TM-Gehalt des Halmfutters steigt auch die Notwendigkeit für hohe Pressdichten von über 200 kg TM/m³ (THAYSEN, 2006).

Die Ermittlung der Pressdichte erfolgte durch Vermessung des Umfanges (3 Messpunkte pro Ballen), der Ermittlung der Ballenbreite, der Wiegung der Einzelballen und Bestimmung des TM-Gehaltswertes des Futters.

Ergebnisse

Futterqualität

Aufgrund der Frühjahrstrockenheit und der in die geplante Erntephase hineinfallende Schlechtwetterperiode konnten aus der Sicht der Rinderfütterung keine hohen Energiedichten erreicht werden (siehe *Tabelle 5*). Der Rohfasergehalt lag bereits beim frischen Futter über 30 % und wurde durch das Abbröckeln von Feinteilen um rund 2 % Punkte auf 32,5 % erhöht. Gegengleich dazu verhält sich der Rohproteingehalt des Ausgangsfutters im Vergleich zum Anweckfutter. Mit knapp über 10 % liegt dieser Wert noch um 2 % Punkte unter dem für Grassilagen aus Wiesen und Mähweiden für „überständiges“ Futter angeführten Wert (RESCH et al., 2006). Rohprotein findet sich vermehrt in den Feinteilen (Blätter), deren Anteil über die verschiedenen Bearbeitungsvorgänge hinweg reduziert wird. Der Gehalt an Rohasche war mit knapp 10 % im Toleranzbereich und konnte vor der Konservierung auf 9 % gesenkt werden. Die späte Ernte kommt auch im Energiegehalt des Futters zum Ausdruck. Aufgrund der am Tag der Ernte optimalen Trocknungsbedingungen konnte das Futter bei der geplanten 40 % TM-Stufe nicht geerntet werden.

Beginn		► Ende			
Probenart	Ausgangsbestand	Mähen, Zetten, Schwaden, Pressen		Anweckfutter	Silage, Gärheu, Heu
Aktivität	Proben vom Bestand nehmen Quadratmeter			Probe aus dem Ballen stechen	Proben vom Ballen stechen
Analysen	Weender, In-vitro-Verdaulichkeit				zusätzl. Gärsäuren u. sensorische Beurteilg.
Anmerkung	Die Proben der 4 Wiederholungen wurden zusammengelegt	1. - 3. Tage Trocknung	für Heuballen wurde die Probe vom Schwad genommen	8 – 10 Wochen Lagerungsdauer	Gärsäuren nur bei Silagen und Gärheu

Abbildung 2: Probenflussdiagramm

Tabelle 5: Nährstoffgehaltswerte des Ausgangsbestandes/-futters beim 1. Schnitt, Dauerwiese, Lindenacker, Piber, 2008 (Werte in g bzw. MJ/kg TM)

	RP	RFA	RFE	RA	NEL
Ausgangsbestand	103	307	25,5	108	5,24
Anwelkfutter 60-80%TM	74	325	18,6	90	5,13

In der *Tabelle 6* werden die Nährstoffgehalte der fertigen Silagen, des Gärheues und Heues dargestellt. Es wurde keine Differenzierung zwischen den Pressensystemen durchgeführt, weil keine Unterschiede in den Ergebnissen bezogen auf die Inhaltsstoffe zu finden waren. Auch zwischen den einzelnen Konservierungsformen lässt sich keine Differenzierung durchführen.

Tabelle 6: Nährstoffgehaltswerte der Silage, Gärheu und Heu, 1.Schnitt, Dauerwiese, Lindenacker, Piber, 2008 (Werte in g bzw. MJ/kg TM)

	TM g/kg					
	FM	RP	RFA	RFE	RA	NEL
Gärheu 60% TM	590	83	317	22,1	86	5,35
Gärheu 80% TM	762	74	329	19,9	91	5,08
Bel.Heu	839	76	312	16,7	82	5,35
Bodenheu	818	74	324	18,9	85	5,20

In *Tabelle 7* sind die Ergebnisse der Gärqualitätsbeurteilung aufgelistet. Ein deutlicher Unterschied kann im Gehalt an Gärsäuren zwischen den beiden TM-Stufen 60 und 80 % festgestellt werden. Ein geringer Anteil mit 4,7 g Milchsäure konnte im Futter nachgewiesen werden, dass mit rund 60 % TM-Gehalt geerntet wurde. Während bei der sehr trockenen 80 % TM-Stufe bei fast allen Varianten nur mehr ein geringer Anteil an Essigsäure nachgewiesen wurde, konnte im mit 25 Messer geschnittenen Futter noch ein mit 0,5 g/kg FM sehr geringer Anteil an Milchsäure festgestellt werden. Der pH-Wert war bei allen Varianten erwartungsgemäß hoch.

Tabelle 7: Gärqualität von Gärheu, 1. Schnitt (Werte in g/kg FM)

	TM	MS	ES	BS	ph- Wert	NH ₃ -N %	Punkte
	g/kg FM	g/kg FM	g/kg FM	g/kg FM			
Gärheu 60% TM	629	4,7	3,5	0,8	5,7	4,7	66
Gärheu 80% TM	806	n.n.	1,7	n.n.	5,7	1,9	66
Gärheu 80% TM locker gepresst	820	n.n.	2,8	n.n.	5,8	1,5	65
Gärheu 80% TM mit 25 Messer	818	0,5	2,7	n.n.	5,7	1,8	68

Zum 2. Aufwuchs stand eine Wechselwiese mit einem hohen Gräseranteil und einem hohen Rotkleeanteil (20 Gew.%) für den Versuch zur Verfügung. Die Witterungsbedingungen ließen eine gleichmäßigere Abtrocknung zu (siehe auch *Tabelle 1*). Somit konnte Silage mit einem TM-Gehalt von etwas mehr als 40 % am 26. August geerntet werden. Die geplante 60 % TM-Stufe konnte am darauffolgenden Tag aufgrund maschinentechnischer Probleme nicht zum von uns gewünschten Zeitpunkt geerntet werden (siehe *Tabelle 9* – TM-Gehalt von Gärheu). In *Tabelle 8* sind

die Inhaltsstoffe nach Weender und eine Energiebewertung aufgelistet. An den im Vergleich zum 1. Aufwuchs auf der Dauerwiese höheren Rohproteinwerten ist der höhere Rotkleeanteil gut abzulesen. Die Abnahme des Rohproteinwertes um mehr als 20 g/kg TM vom Ausgangsfutterbestand bis zum Anwelkfutter für Gär-, Belüftungs- und Bodenheu spiegelt die Ernteverluste wieder. Für Silage lag der Wert erwartungsgemäß mit 123 g/kg TM genau zwischen den Werten für den Ausgangsbestand und dem wesentlich stärker angetrocknetem Futter für Gär-, Belüftungs- und Bodenheu.

Die Bestandesentwicklung mit bei Knaulgras vollem Rispenstand und Rotklee Mitte Blüte kommt auch durch den Rohfasergehalt mit 28 bis 29 % zum Ausdruck. Die Energiebewertung mit knapp über oder um 5,0 MJ/NEL liegt in der unteren Hälfte laut der Futterwerttabellen (RESCH, 2006). Die hohen Rohaschegehaltswerte deuten auf eine stärkere Verschmutzung des Futters und hier besonders des Anwelkfutters für Silage hin. Die Ursache dafür dürfte in der geringen Bestandesdichte und den feuchten Bodenverhältnissen - stärkere Regenereignisse vor dem Erntebeginn - zu suchen sein. Auch das schon sehr trockene Anwelkfutter für Gärheu mit knapp 80 % TM-Gehalt wies mit 13,6 % noch einen sehr hohen Aschegehaltswert auf.

Tabelle 8: Nährstoffgehalte des Ausgangsbestandes und Anwelkfutters, 2. Schnitt, Wechselwiese, Piber, 2008 (Werte in g bzw. MJ/kg TM)

	RP	RFA	RFE	RA	NEL
Ausgangsbestand	135	294	29,3	111	5,3
Anwelkfutter 45%TM	123	278	24,4	158	5,0
Anwelkfutter 80%TM	114	276	24,1	136	5,2

In *Tabelle 9* sind die Nährstoffgehaltswerte nach Weender mit einer Energiebewertung vom fertigen Futter – Silage, Gärheu und Heu – angeführt. Zwischen den einzelnen Konservierungsformen lassen sich anhand dieser Zahlen interessante Unterschiede ablesen. Besonders negativ ist wie bereits im Ausgangsmaterial gemessen der hohe Ascheanteil im Futter zu sehen. Dieser Umstand führte bei der Beurteilung der Gärqualität zu einer nur „genügenden“ Bewertung von Einzelproben (siehe *Tabelle 10*). Die Punktesumme für Silage liegt mit 56 Punkte auch etwas unter der für Gärheu. Insgesamt wurde das Qualitätsniveau nur mit „befriedigend“ beurteilt.

Tabelle 9: Nährstoffgehaltswerte von Silage, Gärheu und Heu, 2. Schnitt, Wechselwiese, Piber, 2008 (Werte in g bzw. MJ/kg TM)

	TM g/kg					
	FM	RP	RFA	RFE	RA	NEL
Silage	422	124	293	31,5	150	5,1
Gärheu	759	117	288	26,2	128	5,3
Bel.Heu	839	116	292	23,8	125	5,3
Bodenheu	858	116	307	26,7	127	5,1

Die Pressdichte

Die erreichte Pressdichte ist in der *Tabelle 11* für beide Schnitte abzulesen. Die Einzelwerte lagen alle zwischen 185 und 216 kg TM/m³. Damit lagen die Werte deutlich

Tabelle 10: Gärqualität von Gärheu bei unterschiedlichem TM-Gehalt und Behandlung, 2. Schnitt (Werte in g/kg FM)

	TM g/kg FM	MS g/kg FM	ES g/kg FM	BS g/kg FM	ph- Wert	NH ₃ -N %	Punkte
Silage TM	447	12,6	3,6	8,4	5,4	7,9	56
Gärheu TM	828	n.n.	2,2	n.n.	6,1	1,8	58
Gärheu locker gepresst	802	n.n.	1,8	n.n.	6,0	1,9	60
Gärheu mit 25 Messer	775	n.n.	2,0	n.n.	6,1	2,0	58

über der im Mittel in der Praxis gemessenen Werte (RESCH, 2008).

Eine leichte Differenzierung zwischen den Presssystemen konnte festgestellt werden. Bei Silage lagen die Werte mit 211 zu 188 kg TM/m³ sogar deutlich auseinander. Ebenso bei der 80 % TM Stufe. Nur beim 1. Schnitt bei der Anwelkstufe von 60 % konnten von der Festkammerpresse etwas dichtere Ballen gepresst werden. Die Werte für „geringe“ Pressdichte sind nicht als Vergleichswerte für die Technik zu verstehen sondern dienen lediglich als Vergleichswert für die Praxis. Die Einstellung und Fahrweise und hier vor allem die Fahrgeschwindigkeit bestimmen maßgeblich die Pressdichte. Die Zuschaltung des Schneidwerkes kann zwar grundsätzlich die Pressdichte steigern, kaum jedoch, wenn bereits insgesamt hohe Pressdichten erreicht wurden.

Tabelle 11: Pressdichte bei unterschiedlichen TM-Stufen und Maschineneinstellungen (Werte in kg TM/m³)

Parameter und Einstellungen	Variable Kammerpresse		Fix- kammerpresse	
	1.Schnitt	2.Schnitt	1.Schnitt	2.Schnitt
TM-Stufe	40%	...	211	...
	60%	216	...	220
	80%	195	212	183
mit Schneidwerk (80% TS)		206	206	...
geringe Pressdichte (80% TS)		112	155	...
Belüftungsheu		120	135	113
Bodenheu		...	138	...

Zusammenfassung

Auf den Flächen des Bundesgestüts Piber wurden im Jahr 2008 beim 1. Schnitt auf einer Dauerwiese und beim 2. Schnitt auf einer Wechselwiese die Ernte mit einer Fixkammerpresse (Welger RP 235 Profi) und einer variablen Kammerpresse (Welger 435 Master) bei unterschiedlichen Anwelkstufen (40/60/80 % TM) durchgeführt. Vom Ausgangsbestand, von den fertig gepressten Rundballen und der fertigen Silage bzw. dem fertigen Gärheu wurden Proben zur Bestimmung der Futterqualität (Weender, Gärqualität und sensorische Beurteilung) gezogen.

Die Futterqualität hielt sich bei beiden Schnitten auf niedrigem bis mittlerem Niveau. Das war zum einen auf ungünstige Witterungsbedingungen sowie auf die grundsätzliche Betriebsausrichtung (Pferdewirtschaft) zurückzuführen. Die hohen Rohfasergehalte von über 30 % beim 1.Schnitt und die extrem niedrigen Rohproteinwerte um 8 % bestätigen

diese Aussage. Beim 2. Schnitt wurde bei der Silage mit 15 % Rohascheanteil eine starke Verschmutzung gemessen, die auf die vorhergehende nasse Witterung und den lückigen Bestand (Wechselwiese im 1. Hauptnutzungsjahr) zurückzuführen ist.

Unter diesen schwierigen Bedingungen – überständiges, grobes Grundfutter – zeigten sich leichte Vorteile für die Gärheuproduktion gegenüber der Silageproduktion.

Gegenüber der Heuproduktion lassen sich leichte Vorteile hinsichtlich der Staubentwicklung erkennen, wenngleich der intensive maschinentechnische Einsatz (Schneidwerk) diesen Vorteil wieder relativiert.

Hohe Pressdichten sind für die Lagerstabilität neben der konsequenten Mehrfachwicklung von Gärheusilagen unbedingt notwendig. Die in der Praxis „normalerweise“ erreichten Dichten von 150 bis 160 kg TM/m³ sind deutlich zu wenig.

Für die erfolgreiche Gärheubereitung sind je nach den geplanten Nutzungsrichtungen (Milchviehfutter – Pferdefutter) Pflanzenbestände in jungen (Rispschieben) bis mittelspäten (Mitte Blüte) Entwicklungsstadien gut anzuwelken. Der Zettersatz sollte sich aufgrund der Bröckelverluste auf die maximal notwendigen Überfahrten reduzieren. Die Pressdichte sollte mindestens bei 180 kg TM/m³ liegen. Die Fahrgeschwindigkeit ist dahingehend anzupassen. Gärheu für die Pferdefütterung sollte nicht oder nur mit wenigen Messern geschnitten werden.

Gärheu kann mit Silagen und Heu konkurrieren und stellt eine mögliche Alternative Konservierungsform unter Beachtung einiger Rahmenbedingungen dar.

Literatur:

- BENDER, I. (2000): Praxishandbuch Pferdefütterung. Kosmos (Franckh-Kosmos) Verlag, S. 7, 43, 44, 169-171, 182, 192.
- BUCHGRABER, K., R. RESCH und A. BLASCHKA (2003): Entwicklung, Produktivität und Perspektiven der österreichischen Grünlandwirtschaft. 9. Alpenländisches Expertenforum, 27. - 28. März 2003. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irnding. Seite 9-17.
- FINKLER-SCHADE, C. (2008): Zicke, zacke Heu, Heu, Heu. St. Georg Special Pferdefütterung, Info 10/2008 S. 52-66.
- GREIMEL, M. (2002): Einsparungspotentiale in der Grundfutterkonservierung. 8. Alpenländisches Expertenforum, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irnding. S. 77.
- HOLZER, S. (2009): Die Einflüsse der Bröckelverluste und der Stängel-/Blattverhältnisse bei der Produktion von Silage, Heulage und Heu auf die Pferdefütterung.
- MEYER, H. (1992): Pferdefütterung. 2. verbesserte und erweiterte Auflage, Parey Verlag.
- PÖLLINGER, A. (2002): Einfluss der Erntetechnik auf die Futterqualität. Vortrag im Rahmen der Wintertagung für Grünland- und Viehwirtschaftstage, S. 8.
- RESCH, R., T., GUGGENBERGER, L., GRUBER, F., RINGDORFER, K., BUCHGRABER, G., WIEDNER, A., KASAL, K., WURM (2006): Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG Sonderbeilage. Der Fortschrittliche Landwirt. Heft 24 / 2006. A-8010 Graz
- RESCH, R. (2008): Praxisorientierte Strategien zur Verbesserung der Qualität von Grassilagen in Österreich. Abschlussbericht am LFZ

Raumberg-Gumpenstein. Projektnummer: LFZ 073523, Dafne 100325. Altirdning 11, A-8952 Irdning.

THAYSEN, J. (2006): Grobfutter in der Pferdehaltung. Praxishandbuch Futterkonservierung. Silagebereitung, Siliermittel, Dosiergeräte, Silofolien. 7. Auflage 2006. DLG Verlag.

WIEDNER, G. (2009): Hygienestatus des Grundfutters, Erfahrungen eines Praxislabors. Beitrag im Rahmen des 15. Alpenländischen

Expertenforums am 26. März 2009, LFZ Raumberg-Gumpenstein. Altirdning 11, A-8952 Irdning.

WIKIPEDIA (2009): Seite „Clostridium botulinum“. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 23. Januar 2009, 18:56 UTC. URL: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Clostridium_botulinum&oldid=55746630 (Abgerufen: 10. März 2009, 17:22 UTC).

Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Silage und Heu

Karl Buchgraber^{1*}

Einleitung

Bei der Fütterung von Wiederkäuern und Pferden tritt das Grundfutter wie Heu, Silage, Gärheu und Weidefutter aufgrund der trendigen Preiserhöhung der Kraftfuttermittel wieder in den Vordergrund. Sowohl die Mutterkuh wie auch die Hochleistungskuh sind dankbar für bestes Grundfutter. Der Grünlandbauer und Futterkonservierer ist gefordert, aus guten Pflanzenbeständen die bestmögliche Umsetzung der Biomasse in der Fütterung mit geringsten Verlusten zu erzielen. Demnach wäre die gut geführte Weide ideal, jedoch müssen wir im Alpenland rund 200 Tage im Jahr mit teuren Konserven (Heu, Gärheu und Silage) die Tiere über die vegetationslose Zeit bringen. Die Feldverluste bei der Konservierung wie Atmungs- und Bröckelverluste spielen

eine entscheidende Rolle, wobei gerade die Trockenfutterbereitung bei unsachgemäßer Werbung massiv betroffen sein kann. In diesem Beitrag soll die Veränderung der Inhaltsstoffe (Rohfaser, Rohprotein, β -Carotin, Fettsäuremuster, Mengen- und Spurenelemente, Verdaulichkeit und Energiegehalt) und der Hygiene (Schimmel- und Hefepilze, Staub) bei der Lagerung von Heu und Silage über einen Zeitraum von 18 Monaten betrachtet werden.

Material und Methodik

Von zwei Grünlandbetrieben im Steirischen Ennstal wurden im Vegetationsjahr 2006 insgesamt sechs Futterproben (zwei Silagen und vier Trockenfutterproben) in rund 100 kg Einheiten im Heubergeraum des LFZ Raumberg-

Tabelle 1: Futterqualitätskriterien und Kategorien bei Heu und Grassilage (BUCHGRABER, 2008)

Futterqualitätskriterien	geringe bis mindere Qualität	mittlere bis gute Qualität	sehr gute Futterqualitäten
Energiegehalt in MJ NEL/kg TM	< 4,5	4,5 – 5,8	> 5,8
Verdaulichkeit der org. Masse in % (VOM%)	< 55	55 – 70	> 70
Rohfasergehalt % i.d.TM			
Heu	> 32	28 – 32	< 28
Silage	> 30	25 – 30	< 25
Rohprotein % i.d.TM			
Heu	< 9	9 – 12	> 12
Silage	< 10	10 – 14	> 14
Rohasche % i.d.TM	< 8	8 – 9	10
+ erdige Verschmutzung % ¹⁾	> 3	2 – 3	1
Carotingehalt in mg/kg TM	< 50	50 – 100	> 100
Hygienische Aspekte			
Schimmelpilze/g Futter	> 250.000	10.000 – 250.000	< 10.000
	mit dem Auge an plattigen Schimmelstellen erkennbar	mit dem Auge am silbrigen Belag erkennbar	
	muffiger bis derber Geruch	starkes Stechen in der Nase	leichtes Kitzeln in der Nase
	extreme Staubentwicklung	mittlere Staubentwicklung	geringe bis keine Staubentwicklung
Buttersäurebakterien/Clostridien/g Silage	> 100.000	10.000 – 100.000	< 10.000
Buttersäure in % i.d.TM	> 1,2	0,3 – 1,2	< 0,3
	intensiver Buttersäuregeruch, unangenehm bis stinkender Geruch	mittlerer Buttersäuregeruch, leicht störend	kaum riechbar

¹⁾ Später gemähtes und stängelreiches Futter, insbesondere Heu, weist in der Trockenmasse meist nur mehr 80 g Rohasche (wenig Mengen- und Spurenelemente) auf. Liegt hier eine erdige Verschmutzung vor, so geht die auch nur über 100 g/kg TM. Eine organische Verschmutzung durch Mist- und Futterreste ist gerade durch die trockeneren Wetterlagen im Herbst und Frühjahr häufiger zu erwarten – in der Rohasche findet man diesen Verschmutzungsanteil nicht.

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, A-8952 Irnding

* Ansprechpartner: Univ.DoZ. Dr. Karl Buchgraber, email: karl.buchgraber@raumberg-gumpenstein.at

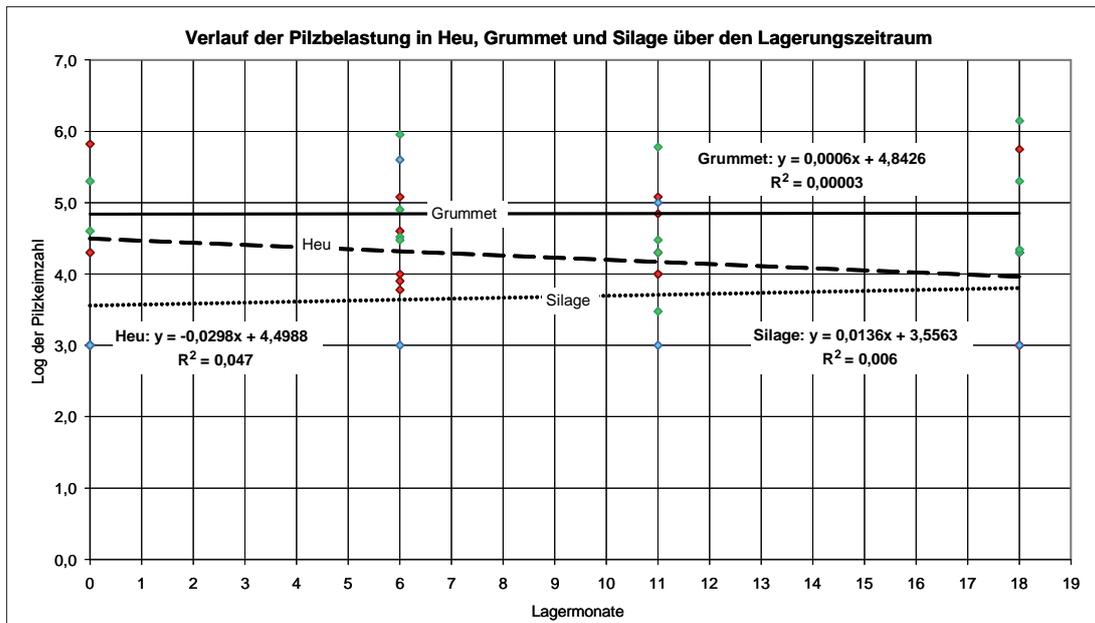


Abbildung 1: Verlauf der Pilzbelastung der Futterproben über den Lagerungszeitraum (2006-2008)

Gumpenstein eingelagert und insgesamt viermal, in Abständen von 5 bis 6 Monaten, beprobt. Die Proben wurden sodann am LFZ Raumberg-Gumpenstein auf Inhaltsstoffe (Rohfaser, Rohprotein, Rohfett, Rohasche, Verdaulichkeit, Energiegehalt), auf die Mengen- und Spurenelemente untersucht. Im Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich wurde der hygienische Status (Pilze, Bakterien) und im Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie der Vet.-Med. Wien das Fettsäuremuster analysiert. Die Ausgangswerte bei Heu und Silage zur Einlagerung lagen aufgrund der unterschiedlichen Pflanzenbestände, der Aufwüchse, der Bewirtschaftung und Ernte sowie der Klimabedingungen differenziert vor, danach herrschten

für das Trockenfutter gleiche Lagerungsbedingungen im Heubergeraum, die Silage wurde im Ballen im Freien gelagert.

Ergebnisse und Diskussion

Die geringe Probenzahl mit durchschnittlichen Futterpartien lässt keine harten statistischen Ergebnisse erwarten, doch werden bei einzelnen Parametern leichte Trends erkennbar, die für die Praxis Hinweise geben können. Die Futterqualitätskriterien bei den einzelnen Qualitäten für Heu und Silage werden in *Tabelle 1* dargelegt, um die nachfolgenden Ergebnisse einordnen zu können.

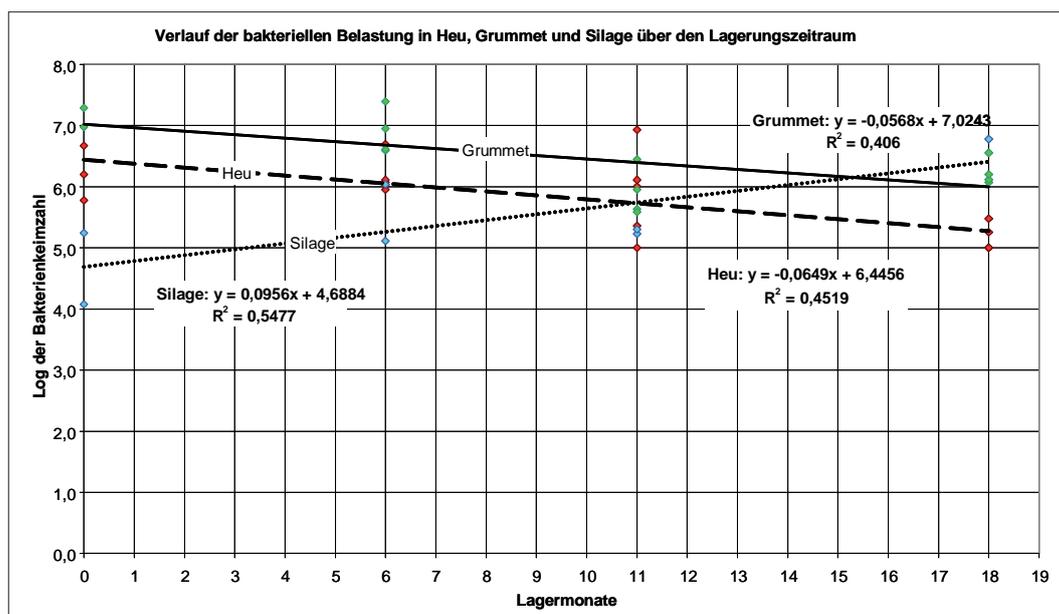


Abbildung 2: Verlauf der bakteriellen Belastung der Futterproben über den Lagerungszeitraum (2006-2008)

Hygienischer Status der Futterpartien

Bei der Betrachtung des Verlaufs der Pilzbelastung in *Abbildung 1* zeichnet sich sowohl beim Grummet als auch bei der Silage ein leichter Anstieg der Pilzbelastung ab, wobei die Bestimmtheitsmaße extrem gering sind und die Trendlinien daher sehr vorsichtig zu betrachten sind. Beim Heu ist mit einem ebenfalls schwachen Bestimmtheitsmaß eine Senkung der Pilzbelastung im Laufe der Lagerung zu beobachten. Die sinkende bzw. nur minimal ansteigende Pilzbelastung spricht insgesamt für relativ konstante Lagerbedingungen. Der leichte Anstieg der Silagenverpilzung basiert auf einer Zunahme der bereits vorhandenen Schimmelpilzart, es findet im Laufe der Lagerung keine Neukontamination statt.

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der bakteriellen Belastung von Heu, Grummet und Silage. Alle drei Regressionsgeraden weisen ein relativ gutes Bestimmtheitsmaß zwischen 0,41 (Grummet) und 0,55 (Silage) auf. Bei Heu und Grummet nimmt die bakterielle Besiedlung ab. Beim Grummet weisen die beiden untersuchten Chargen des ersten Probetermines einen relativ hohen Bakteriengehalt auf, das Grummet von Betrieb 2 liegt bereits über dem nach ADLER (2002) kritischen Wert von 7 log KbE/g. Im weiteren Verlauf nehmen die Bakterien-Keimgehalte der Grummet-Proben ab. Bei den Silagen hingegen steigt die bakterielle Keimbelastung an, wobei der Keimgehalt noch unter dem kritischen Wert bleibt. Der Anstieg der Bakterien-Keimzahl kann eventuell auch mit dem Hefen-Anstieg zusammenhängen, da Hefen, wie bereits angesprochen, als Wegbereiter für andere Gärschädlinge gelten.

Entscheidend für die Lagerfähigkeit von Heu bzw. Silage sind die Einlagerungsqualitäten und die anschließenden Lagerungsverhältnisse. Spitzenqualitäten mit einer geringen Ausgangsbelastung an Pilzen und Bakterien werden eine Überlagerung bei guten konstanten

Lagerungsbedingungen mit einem guten hygienischen Status überstehen. Gehen die Futterpartien schon mit einer hohen hygienischen Grundbelastung ins Lager, so geht die Qualität bis hin zum Verderben der Futterpartien. Bei mangelhaft konservierten Silagen geht dieser Prozess schneller als bei Trockenfutter.

Rohfaser

Die Rohfaser als Strukturlieferant verhält sich über die Lagerungsperiode relativ konstant (siehe *Abbildung 3*). In der Rohfaserfraktion Cellulase findet ein minimaler Abbau statt, indirekt werden dadurch Hemicellulose und das Lignin relativ angehoben. Die Strukturwirksamkeit der Heu- und Silagepartien bleibt über die gesamte Lagerungsperiode erhalten, sofern keine mikrobielle Beeinflussung vorliegt. Die Ausgangswerte bei der Rohfaser von 300 g/kg TM (Heu) weisen auf einen Schnittermin zur Blüte hin, das Grummet wurde bei 270 g/kg TM genommen und die Silage wurde beim Ähren-/Rispschieben gemäht. Diese Mähzeitpunkte sind durchaus landesüblich. Der leichte Anstieg des Rohfasergehaltes von 20 bis 40 g/kg TM über 18 Monate könnte im Bröckelverhalten der Blattanteile während der Lagerung begründet sein.

Beim getrockneten Heu bzw. Grummet nimmt der Rohfasergehalt über 18 Monate Lagerung um 2 bis 4 % zu, da hier die Bröckel- und Abriebverluste am Lager sowie Beeinträchtigung durch die Probenahme durchschlagen. Würde das Blumach (Bröckel und Abrieb) in die Gesamtbilanz eingehen, so blieb der Rohfasergehalt unverändert. Bei Silage zeichnet sich im Rohfasergehalt keine Veränderung über die gesamte Lagerungsperiode ab.

Rohprotein

Die Silage zeigte bei der Einlagerung Rohproteinwerte von über 160 g/kg TM, während der Lagerung blieben diese

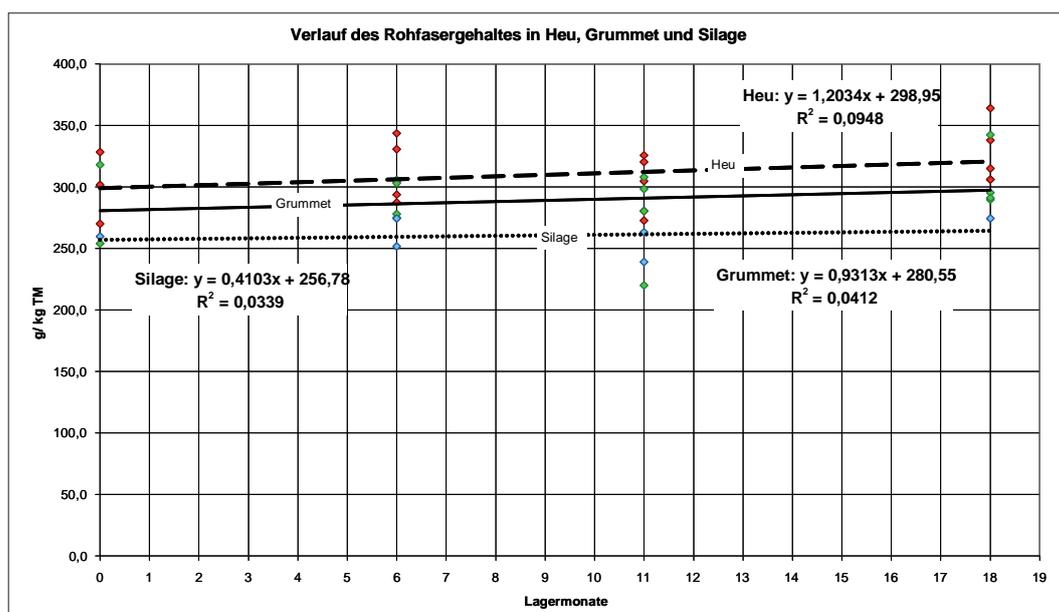


Abbildung 3: Verlauf des Rohfasergehaltes in Heu, Grummet und Silage während 18 Monate Lagerung

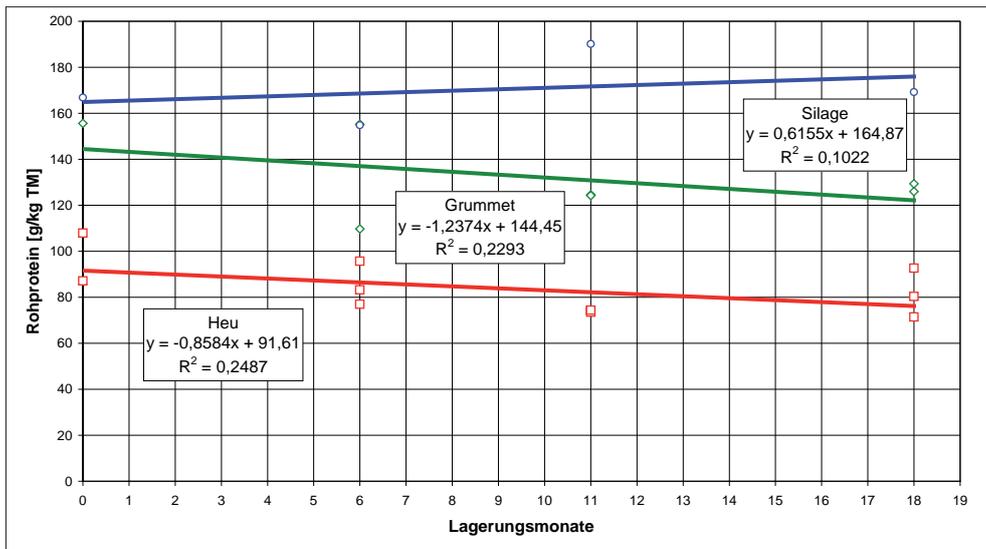


Abbildung 4: Verlauf des Rohprotein gehaltes von Heu, Grummet und Silage bei Lagerung über 18 Monate

Werte erhalten. Beim Trockenfutter trat sowohl bei Heu als auch Grummet eine Rohproteinabnahme von 10 bis 20 g/kg TM ein (siehe *Abbildung 4*). Das ist auch ein Hinweis dafür, dass die proteinhaltige Blattmasse im Lager abbröckelt.

Der Rohprotein gehalt in der Silage bleibt während der Lagerung nahezu unverändert. Hingegen nimmt der Rohprotein gehalt im Heu und Grummet etwa um 1 bis 2 % ab, dies liegt sowohl daran, dass die Blattmasse und auch Blühknospen zum Blumach werden.

Verdaulichkeit der organischen Masse und Energiegehalt

Die Verdaulichkeit der Silage aber auch vom Trockenfutter Grummet lag bei der Einlagerung bei 66 bis 68 %, pro 6 Monate Lagerungszeit nahm diese um jeweils 1 – 3 % ab, nach 18 Monaten waren es beachtliche 3 bis 5 %. Das Heu startete in der Verdaulichkeit bei 65 % und fiel in

weiterer Folge nicht mehr ab, obwohl der Rohfasergehalt anstieg (vergleiche *Abbildung 5*). Dies ist wohl nur durch die geringe Probenanzahl zu erklären

Im Energiegehalt zeigte das Grummet bei der Einlagerung 5,75 MJ NEL/kg TM, die Silage lag bei 5,50 MJ NEL/kg TM und das Heu wies einen Energiegehalt von 5,25 MJ NEL/kg TM auf. Nach sechs Monaten verzeichnete die Grassilage einen um 0,25 MJ NEL/kg TM niedrigen Energiewert auf, das Grummet fiel um 0,2 MJ NEL/kg TM, hingegen zeigte das Heu bei einem geringen Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,35$) eine Zunahme des Energiegehaltes. Nach 18 Monaten wies die Grassilage einen Energieverlust von 0,7 MJ NEL/kg TM auf und das Grummet fiel um 0,5 MJ NEL/kg TM (vergleiche *Abbildung 6*).

Die Verdaulichkeit und somit der Energiegehalt wurden durch die längere Lagerung beeinträchtigt. Im vorgestellten Vergleich nahm die Verdaulichkeit der orga-

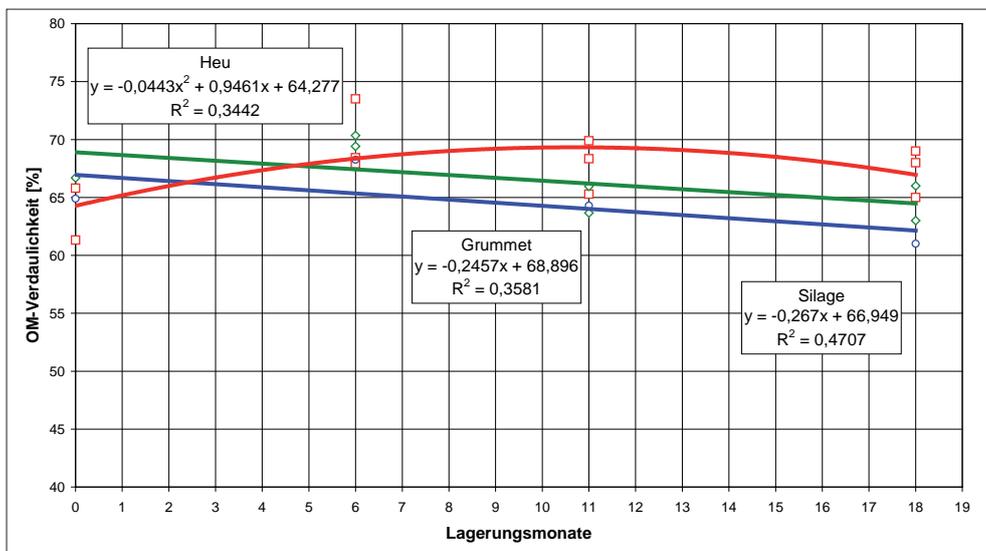


Abbildung 5: Verlauf der OM-Verdaulichkeit von Heu, Grummet und Silage bei Lagerung über 18 Monate

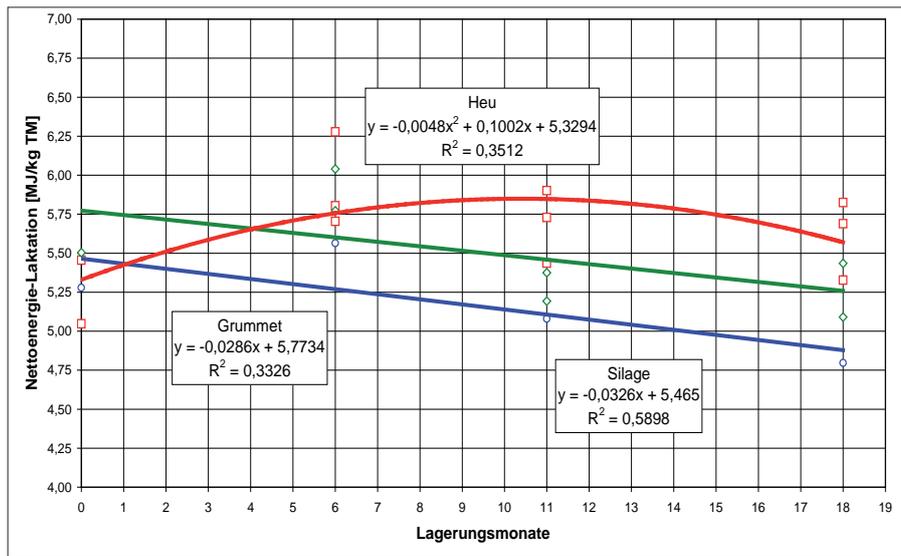


Abbildung 6: Verlauf der Energiedichte (NEL) von Heu, Grummet und Silage bei Lagerung über 18 Monate

nischen Masse um 3 bis 5 % ab und die Energiewerte sanken nach einem halben Jahr um 0,25 MJ NEL/kg TM bei der Grassilage und 0,20 MJ NEL/kg TM beim Grummet.

Mineralstoffgehalt

Es wurden im Heu und in der Silage die Mengen- und Spurenelemente laufend untersucht. Die Veränderungen im Gehalt während der gesamten Lagerungsperiode waren bei allen Konservierungsformen relativ gering. Als Beispiel wird der Calciumgehalt in der *Abbildung 7* dargestellt.

Im Laufe der beobachteten Lagerung waren keine massiven Ca-Abnahmen festzustellen. Bei den Regressionsgeraden von Silage und Grummet sind die Bestimmtheitsmaße in Höhe von 0,0085 und 0,0078 extrem gering und daher

ist keine qualifizierte Trendaussage möglich, allerdings zeichnet sich im beobachteten Zeitraum kein nennenswerter Ca-Verlust ab. Beim Heu ist mit einem etwas besseren, aber insgesamt immer noch geringen Bestimmtheitsmaß von 0,27 ein leichter Anstieg des Ca-Gehaltes in der Trockenmasse zu verzeichnen. Auch das analysierte Grummet bewegt sich tendenziell mit ca. 9-9,5 g/kg TM im Bereich des entsprechenden Futtertabellenwertes. Grassilagen des zweiten Aufwuchses weisen laut RESCH et al. (2006) einen Ca-Gehalt von durchschnittlich 10,2 g/kg TM auf. Hier liegen die Ca-Werte der analysierten Grassilage im Trend mit 13,5 g zu Beginn und 12,5 g am Ende der beobachteten Lagerungszeit. Hinsichtlich des Ca-Gehaltes ist keine Beeinträchtigung durch die lange Lagerungszeit zu erkennen, dies gilt analog auch für die weiteren Mengenelemente und auch die Spurenelemente.

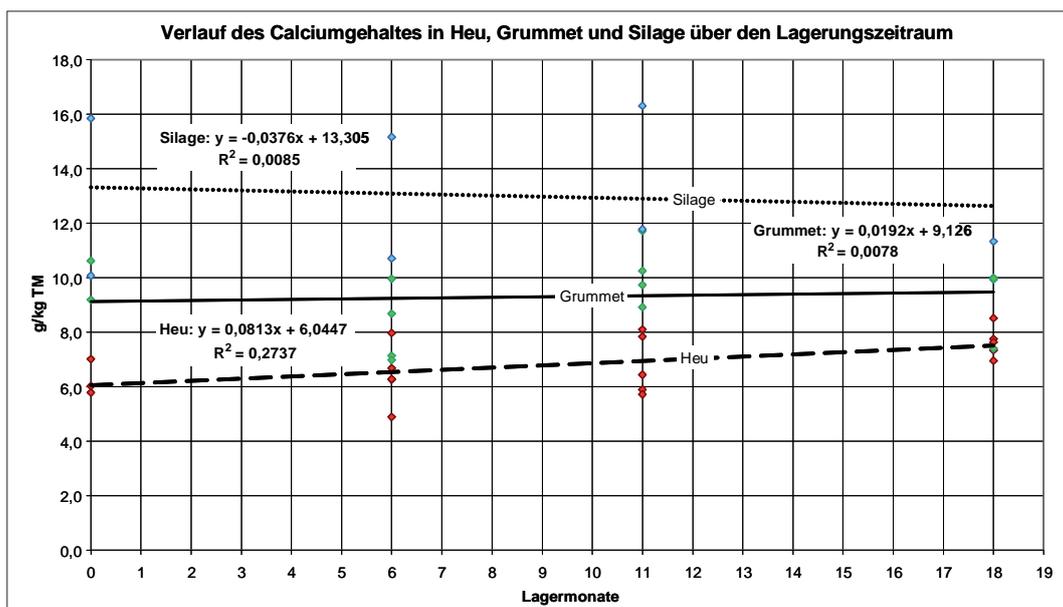


Abbildung 7: : Verlauf des Calcium-Gehaltes in Heu, Grummet und Silage über den Lagerungszeitraum 2006-2008

Der Rohaschegehalt zeigte über die gesamte Lagerungsdauer relativ konstante Werte von unter 100 g/kg TM, die Verschmutzung der Futterproben war äußerst gering bis vernachlässigbar.

Vitamine

Als essentielle Vorstufe wird hier β -Carotin besonders untersucht. β -Carotin ist eine Vorstufe des fettlöslichen Vitamins A, dessen Zufuhr über die Nahrung notwendig ist, damit die Tiere es in der Leber und dem Dünndarm zum essentiellen Vitamin A umwandeln zu können (JILG, 2005). Carotine kommen laut JEROCH et al. (1999) ausschließlich in pflanzlichem Material vor. Ein Vitamin-A-Mangel macht sich vor allem in Form einer erhöhten Infektionsanfälligkeit der Schleimhäute sowie Fruchtbarkeitsstörungen bemerkbar.

Der Carotin-Gehalt nimmt nach JILG (2005) in frischen Pflanzen mit zunehmendem Alter ab. Des Weiteren wird während den Konservierungsvorgängen ebenfalls Carotin abgebaut, vor allem bei der Heuproduktion durch die Bröckelverluste. GREENHILL et al. (1961) stellten fest, dass der Abbau von Carotin mit der Zunahme der Temperatur zusammenhängt.

Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich auf die Veränderungen des Carotin-Gehaltes der untersuchten Proben nach abgeschlossener Konservierung.

In *Abbildung 8* wird ersichtlich, dass nach der bereits Carotinverluste verursachenden Trocknung sowohl im Heu als auch im Grummet die Carotin-Gehalte stark sinken. Auch wird deutlich, mit welchem unterschiedlichen Carotin-Gehalten die Futterkonserven in die Lagerung gehen. Sowohl beim Heu als auch beim Grummet zeichnen sich erwartungsgemäß deutliche Verluste an Carotin in der Lagerungsphase ab. Die Ausgangswerte nach der Konservierung liegen beim Heu bei durchschnittlich 50 mg/kg TM, beim Grummet bei über 90 mg/kg Trockenmasse.

Nach 18 Monaten Lagerungszeit sind beim Heu noch rund 20 mg/kg TM Carotin im Futter, beim Grummet sind noch rund 50 mg/kg TM analysiert worden. Die Carotingehalte im Trockenfutter haben sich in den 18 Monaten um rund 50 % reduziert, bei Grassilage trat dieser Verlust nicht auf. Die Bestimmtheitsmaße der Heu- und Grummet-Trends sind etwas besser als bei der Silage, mit 0,21 und 0,16 dennoch relativ schwach. Daher müssen die Tendenzen vorsichtig betrachtet werden.

Fettsäuremuster

Das Wiesenfutter zeichnet sich sehr positiv durch die höheren Gehalte an ungesättigten Fettsäuren aus, abhängig ist dies vom Schnitzeitpunkt des Futters und vom Stängel-/Blattverhältnis. Je mehr junge Blattanteile im Heu bzw. in der Grassilage vorhanden sind, desto mehr sind die ein- bis dreifach ungesättigten Fettsäuren (z.B. Ölsäure, Linolsäure und Linolensäure usw.) vorhanden. Die wichtigen Fettsäuren gehen dann über die Nahrung in das Fleisch und in die Milch. Als Beispiel werden die dreifach ungesättigten Fettsäuren herausgegriffen.

Die absoluten Gehalte der verschiedenen ungesättigten Fettsäuren im Laufe der Lagerung zeigen, dass in der Trockenmasse der untersuchten Proben die Fettsäuren zunehmen. Dies kommt dadurch zustande, dass im Gegensatz zu den Fettsäuren andere Stoffe im Laufe der Lagerung verstärkt abgebaut werden und die Fettsäuren aufgrund dessen verhältnismäßig ansteigen. Es wird damit deutlich, dass in den untersuchten Futterproben selbst die leicht oxidierenden mehrfach ungesättigten Fettsäuren während einer Lagerungszeit von anderthalb Jahren kaum abgebaut werden.

Abbildung 9 verdeutlicht, dass bei der Silage mit guter Sicherheit ($R^2 = 0,75$) ein ansteigender Trend des Gehaltes an dreifach ungesättigten Fettsäuren in der Trockenmasse gegeben ist. Bei Heu und Grummet liegen leicht zunehmende Tendenzen vor, die allerdings nur mäßig abgesichert sind.

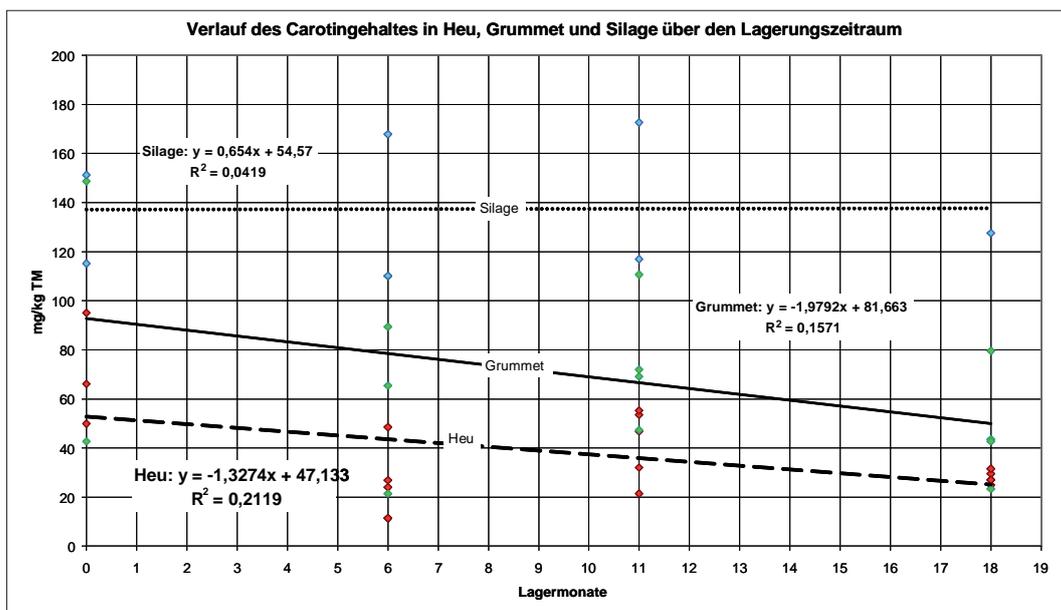


Abbildung 8: Verlauf des Carotingehaltes der Futterproben während der Lagerung (2006-2008)

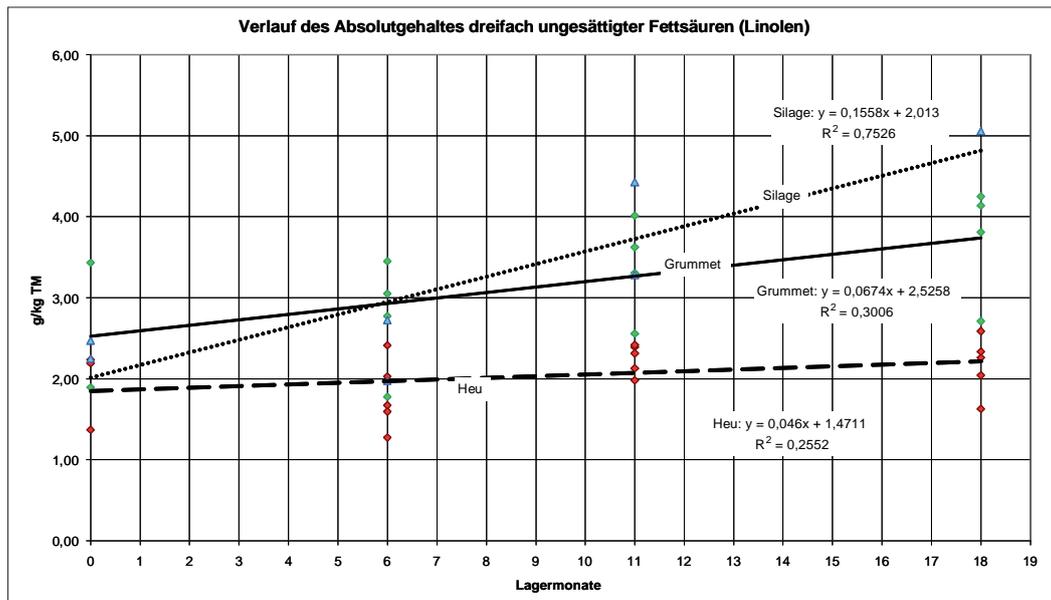


Abbildung 9: Absolute Gehalte an dreifach ungesättigten Fettsäuren in Heu, Grummet und Grassilage im Lagerzeitraum 2006-2008

Fazit für die Fütterungspraxis

Das Qualitätsspektrum beim Grünlandfutter ist sehr vielfältig und die Qualitätsansprüche der Nutztierkategorien und Leistungsgruppen sind sehr unterschiedlich. Je nach Pflanzenbestand, Schnittzeitpunkt, Ernteverfahren, Konservierung und Lagerung ergeben sich Futterpartien mit charakteristischen Qualitätseigenschaften. Spitzenbetriebe mit hoher Milchleistung brauchen Grundfutter mit hohen Verdaulichkeiten (70 - 75 %) der organischen Masse, und daraus resultiert eine hohe Energiedichte von 6,1 bis 6,5 MJ NEL/kg TM. Derartige Futterpartien sind meist gut mit Nährstoffen, insbesondere Stickstoff, versorgt und liefern bei rechtzeitiger Nutzung auch Rohproteingehalte von 150 bis 170 g/kg TM. Der Rohfasergehalt hängt sehr stark vom Schnittzeitpunkt, vom Anteil der Obergräser und vom Stängel-/Blattverhältnis ab. Je höher die Rohfaserwerte liegen, desto geringer ist der Energie- und Rohproteingehalt. Will man hohe Leistungen aus dem Grundfutter erzielen, sollte der Rohfaseranteil gerade so hoch gehalten werden, dass die Strukturwirksamkeit gegeben und die Futteraufnahme bestmöglich gewährleistet ist. Die Überlagerung von guten Futterpartien, insbesondere von Grassilagen und Heu/Grummet ist möglich, jedoch sind Verluste im Energiegehalt und Rohproteinwert zu erwarten. Der Rohfasergehalt nimmt bei der Überlagerung im Trockenfutter eher zu und der β -Carotiningehalt deutlich ab, in der gut konservierten Grassilage bleiben hingegen die β -Carotinwerte erhalten. Die ungesättigten Fettsäuren können sowohl bei Heu als auch Grassilage konserviert werden. Entscheidend für eine Überlagerung sind der hygienische Zustand des Futters, d.h. liegt eine Verschimmelung, Verhefung oder eine Buttersäuregärung vor, so wird jeder Lagerungstag den Qualitätsstatus des Grundfutters verschlechtern. Schlechte Futterpartien

gehören rasch verfüttert, während gute Qualitäten den hygienischen Status halten können.

Literatur

- ADLER, A., 2002: Qualität von Futtermitteln und mikrobielle Kontamination. In Bericht: 8. Alpenländisches Expertenforum, 9.-11. April 2002; Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, S. 17-25.
- BUCHGRABER, K., L. GRUBER, A. PÖLLINGER, E.M. PÖTSCH, R. RESCH, W. STARZ und A. STEINWIDDER, 2008: Futterqualität aus dem Grünland ist wieder mehr wert. Der fortschrittliche Landwirt 86, (6), 16-19.
- GREENHILL, W.L., J.F. COUCHMAN and J. DE FREITAS, 1961: Storage of hay. 3. Effect of temperature and moisture on loss of dry matter and changes in composition. In: Journal of the Science of Food and Agriculture 12, S. 293-297.
- JEROCH, H., W. DROCHNER und O. SIMON, 1999: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Ulmer Verlag Stuttgart; S. 174-283.
- JILG, T., 2005: Wie viel β -Carotin braucht die Milchkuh? Aulendorf, 4 S.
- URL: http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB//show/1188624_11/LVVG1_Carotinversorgung%20der%20Milchkuh.pdf
- RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER, und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Der fortschrittliche Landwirt (24), Sonderbeilage, 20 S.

Danksagung

Herrn Dr. Fritz Völk für die Anregung und wertvollen fachlichen Inputs sowie den ÖBf für die finanzielle Unterstützung sei herzlich gedankt. Auch Frau Dr. Tataruch vielen Dank für die Fettsäurenuntersuchung.

Bericht

15. Alpenländisches Expertenforum 2009

Herausgeber:

Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning

Druck, Verlag und © 2009

ISBN-13: 978-3-902559-27-2

ISSN: 1818-7722