

## Gras- und Maissilagen am Qualitätsprüfstand – Ergebnisse aus dem LK-Silageprojekt 2024

### *Grass and maize silage on the quality test stand – results from the LK Silage Project 2024*

Reinhard Resch<sup>1\*</sup>

#### **Zusammenfassung**

In Österreich werden jährlich ca. 80 % der Grundfutterkonserven für verschiedene Nutztiere als Gras- und Maissilagen produziert. Seit mehr als 20 Jahren unterstützen insbesondere engagierte Mitglieder der Arbeitskreise Milch, Mast und Mutterkuh die bundesweit ausgeschriebenen LK-Silageprojekte, sodass wir dankenswerterweise auch 2024 wieder die aktuellen Entwicklungen der Silagequalitäten auf Praxisbetrieben mit ausgewählten Schwerpunkten untersuchen konnten.

Der Vergleich zu vorherigen LK-Silageprojekten brachte zum Vorschein, dass die Situation 2024 zu deutlich besseren Grassilagequalitäten führte, ein Produkt von mehreren Faktoren. Erstens war das Projektjahr 2024 durch ein extrem warmes Frühjahr geprägt, wodurch der erste Aufwuchs früher geerntet wurde und deutlich geringere Fasergehalte (NDF, ADF) die Folge waren. Zweitens führte der vermehrte Einsatz der bodennahen, streifenförmigen Gülledüngung und der Gülleseparierung zu weniger Clostridienbelastung (psC) und durchschnittlich geringeren Buttersäuregehalten (8 g/kg TM beim 1. Aufwuchs). Drittens nahm der Anteil der Feldhäcksler bei der Ernte auf 30 % zu, sodass die Milchsäuregärung wegen der kürzeren Partikel tendenziell beschleunigt wurde. Viertens stieg der Einsatz von Siliermitteln 2024 bei den TeilnehmerInnen auf 35 % an und dieser brachte ebenso eine signifikante Verbesserung der Gärqualität von den Grassilagen. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass zugesetzte homofermentative Milchsäurebakterien (MSB) der DLG-Wirkungsrichtung 5 im Durchschnitt für einen besseren Gärerfolg sorgten. Heterofermentative MSB erhöhten den Gehalt an stabilisierender Essigsäure und 1,2-Propandiol, sodass ihre Wirkung im Analysenbefund sehr gut nachgewiesen werden konnte. Letztlich wirkten sich diese 4 Faktoren derartig qualitätsverstärkend positiv aus, dass diese Ergebnisse ein gutes strategisches Beispiel lieferten, wie Fehlgärungen mit Buttersäurebildung in Schach gehalten werden können.

Die Anzahl an auswertbaren Maissilagen war 2024 zwar nicht die höchste, allerdings lieferten diese neue wertvolle Erkenntnisse. Tendenziell wurden Sorten mit höheren Reifezahlen angebaut und mit höheren TM-Gehalten geerntet als 2020. Der optimale Erntezeitpunkt stellte sich bei 35 bis max. 38 % TM ein, weil bei noch höheren TM-Gehalten nur mehr ein geringer Zuwachs des Stärkegehaltes bzw. eine geringe bis gar keine Abnahme des ADF-Gehaltes zu erwarten waren. Die Maissilagen 2024 waren zum Beprobungszeitpunkt durchwegs hochwertig in der Qualität, allerdings muss erwähnt werden, dass noch zu viele Betriebe die Silos vor 6 Wochen Gärdauer öffnen, sowie zu wenig Verdichtung (10 % unter Soll), zu wenig Vorschub (< 100 cm/Woche) und Auflockerung der Anschnittfläche bei der Entnahme erreichten, wodurch bei diesen Partien mit einem erhöhten Risiko für Nacherwärmung durch Hefen und Schimmelpilzen gerechnet werden muss.

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Abteilung Analytik und Futterbewertung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

\* Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

Bei Maissilagen setzten 50 % der TeilnehmerInnen stabilisierende Siliermittel ein, wobei nur bei 35 % der Anwendungen mehr als 15 g Essigsäure bzw. mehr als 5 g 1,2-Propandiol nachgewiesen werden konnten. Diese Gehalte sollten als Orientierung für erfolgreichen Siliermitteleinsatz anzusehen sein.

Die jährliche Laboranalyse von Nährstoffen, Gerüstsubstanzen und Gärqualität inkl. 1,2-Propandiol sind neben der regelmäßigen routinemäßigen Sinnenprüfung für das Qualitätsmanagement von Gras- und Maissilagen jedenfalls wichtig und aufschlussreich für alle SilageproduzentInnen, um daraus zu lernen und besser werden zu können.

Schlagwörter: Buttersäure, Schleppschuh, Gülleseparierung, Schwefel, Siliermittel, Gärqualität

### Summary

In Austria, every year around 80% of the forage for various livestock is produced as grass and maize silage. Thankfully, for more than 20 years, dedicated members of the Austrian national working groups Milk, Fattening and Suckler Cow in particular have supported the nationwide 'LK Silage Projects', so that we were able to investigate the current developments in silage quality on practical farms with selected focal points again in 2024.

The comparison with previous projects revealed that the situation in 2024 led to significantly better grass silage qualities, a product of several factors. Firstly, the 2024 project year was characterised by an extremely warm spring, which meant that the first growth was harvested earlier and resulted in significantly lower fibre contents (NDF, ADF). Secondly, the increased use of strip fertilisation or separation of slurry resulted in less clostridial contamination (psC) and lower average butyric acid levels (8 g/kg DM in the first growth). Thirdly, the proportion of forage harvesters increased to 30%, so that lactic acid fermentation tended to be accelerated due to shorter particles. Fourthly, the use of silage additives increased to 35% among the participants in 2024 and this also led to a significant improvement in the fermentation quality of the grass silage. In this context, it should be mentioned that the addition of homofermentative lactic acid bacteria (LAB) of DLG efficiency level 5 resulted in better fermentation success on average. Heterofermentative LAB increased the content of stabilising acetic acid and 1,2-propanediol, so that their effect could be demonstrated very well in the laboratory analysis results. Ultimately, these 4 factors had such a positive effect on quality that these results provided a good strategic example of how to keep faulty fermentations with butyric acid formation in check.

Although the number of analysable maize silages was not the highest in 2024, they provided valuable new insights. Varieties with higher maturity rates (RZ) tended to be grown and harvested with higher DM contents. The optimum harvest time was at 35 to max. 38% DM, because at even higher DM contents only a slight increase in starch or a slight to no decrease in ADF was to be expected. The maize silages 2024 were of consistently high quality at the time of sampling, but it must be mentioned that too many farms still open the silos before 6 weeks of fermentation and achieve too little compaction (10% below target), too little feed-rate (< 100 cm/week) and loosening of the cut surface during removal, which means that an increased risk of reheating due to yeasts and moulds must be expected in these silos. In maize silage, 50% of the participants used stabilising silage additives, whereby only 35% of the applications were found to contain more

than 15g acetic acid or more than 5g 1,2-propanediol. These contents should be regarded as a guide for the successful use of silage additives.

The annual laboratory analysis of nutrients, detergents and fermentation quality, including 1,2-propanediol, is important and informative for all silage producers in addition to regular routine sensory testing for the quality management of grass and maize silage, so that they can learn and improve silage quality.

Keywords: butyric acid, drag-shoe application, slurry separation, sulphur, silage additives, fermentation quality

## 1. Einleitung

In der Praxis werden in Summe ca. 80 % des Grundfutters in Österreich durch Milchsäuregärung für Nutztiere konserviert, das entsprach 2023 einer Menge von 2,68 Mio. t TM an Grassilage und 1,27 Mio. t TM an Maissilage (BML 2024). Der Anbau von Silomais nimmt auf den Milchviehbetrieben tendenziell zu. Angesichts dieser Situation sind Fragen zur Futterqualität von Silagen für die Rinderwirtschaft in Österreich von großer Bedeutung. Die Qualitäten der Futterpflanzenbestände, deren Konservierung, Lagerung und Futtervorlage sind nach SPIEKERS et al. (2009) entscheidend für gute Futteraufnahme und tierische Grundfutterleistung.

Ziel der Grünfutterkonservierung ist es die Nährstoffe über einen längeren Zeitraum durch Inaktivierung mikrobieller und futtermittelspezifischer Enzyme quantitativ und qualitativ zu erhalten, d.h. Zersetzungsprozesse nur in einem unvermeidbaren oder erwünschten Maße zuzulassen (STEINHÖFEL et al. 2023). Der Erfolg der Konservierung wird sowohl über die Höhe der Stoff- bzw. Masseverluste (RESCH et al. 2024) als auch über die Veränderung des Futterwertes und der Gärqualität (DLG 2025) sowie der Futtermittelhygiene (DLG 2024) definiert.

In Österreich nahmen die Milchviehbetriebe mit Leistungskontrolle seit 2019 von 19.257 auf 17.287 Betriebe im Jahr 2024 ab, das entspricht einer Reduktion um rund 10 %. Im selben Zeitraum stieg die Anzahl an Milchkühen/Kontrollbetrieb von 18,7 auf 25,2 und die Milchleistung von 7.724 kg auf 8.060 kg/Kontrollkuh und Laktation an (KALCHER 2024). Diese Entwicklung zeigt, dass sich die verbleibenden Milchviehbetriebe tendenziell vergrößern und leistungsmäßig verbessern.

Mit der Aktion „LK-Silageprojekt“ werden seit dem Jahr 2003 von den Fütterungsreferenten der Landwirtschaftskammern der Bundesländer gemeinsam mit den Arbeitskreisen Milchproduktion, dem Futtermittellabor Rosenau (LK Niederösterreich), den Landeskontrollverbänden (LKV) und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein regelmäßig Datenerhebungen im gesamten Bundesgebiet für Grassilage und Silomais durchgeführt. Ziel ist hierbei die Erfassung der qualitativen Lage von verschiedensten Silageproben durch Laboranalyse und die Abfrage des Silagemanagements der teilnehmenden Betriebe, um über die mehrfaktorielle Datenauswertung die allgemeine IST-Situation und die Variabilität der Silagen in Österreich besser zu verstehen und daraus Strategien für Verbesserungen ableiten zu können. Aktuell liegen für Grassilage etwa 7.000 und für Maissilage etwa 700 Qualitätsanalysen vor, wo zu jeder Silageprobe auch verschiedene Aspekte des Managements der Betriebe zur Futterkonservierung abgefragt wurden und zur Verfügung stehen.

Das LK-Silageprojekt ist mit einem Prüfstand zu vergleichen, der es ermöglicht, Schwachstellen in Qualität und Management zu diagnostizieren, um in der Folge zukunftsorientierte Maßnahmen für eine Verbesserung der Situation zu empfehlen. Nach wie vor stellen zu hohe Buttersäuregehalte in österreichischen Grassilagen ein Hauptproblem dar, daher wurde im LK-Silageprojekt 2024 insbesondere das Düngungsmanagement

(Wirtschaftsdünger, Mineraldünger, Schwefeldünger) und die Siliermittel abgefragt, um deren Qualitätseinflüsse auswerten zu können. Bei der Maissilage bildeten wieder die Analyse der Gerüstsubstanzen sowie die aerobe Stabilität den Schwerpunkt. Sowohl bei Gras- als auch bei Maissilagen wurde im Projekt 2024 der Gehalt an 1,2-Propandiol (Propylenglykol) ermittelt, weil dieses Stoffwechselprodukt bei der Gärung durch spezielle heterofermentative Milchsäurebakterien (MSB-he) wie *Lactobacillus buchneri* gebildet wird (OUDE ELFERINK et al. 2001). Mit dem Nachweis von 1,2-Propandiol sollte eine verbesserte Aussage zur Wirkung von zugesetzten MSB-he möglich sein.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Erhebungen zu Gras-/Maissilagen

Seit 2003 wurden sieben LK-Silageprojekte durchgeführt. Die Probenziehungen und Fragebogen-Erhebungen wurden im Jahr 2024 vorwiegend von Mitarbeitern der Landeslandwirtschaftskammern und des LKV (Landeskontrollverband) erledigt. Im Jahr 2024 nahmen am Grassilageprojekt 78 % ÖPUL-Betriebe teil, der Bioanteil betrug 28 %. Beim Maissilageprojekt belief sich der Anteil der konventionellen Betriebe auf 34 % und 8 % Biobetriebe. Der Anteil an Flachsilos mit Seitenwänden (Fahrsilo, Traunsteiner u.a.) war mit 58 % bei Grassilage und 81 % bei Maissilage vergleichbar mit den Vorjahren. Pressballen sind bei Grassilagen mit 38 % das zweitwichtigste Verfahren, das auch bei Maissilage mit knapp 12 % merklich an Bedeutung gewinnen konnte (Tabelle 1). Bei Maissilagen nahmen Silohaufen ohne Seitenwände (Vorarlberger Siloplatte) auf 3,4 % bzw. bei Hoch-/Tiefsilos auf 0,7 % ab. Das Verfahren Schlauch-/Tunnelsilage war eher bei Maissilagen mit 2 % etwas besser vertreten als bei den Grassilagen.

Von den Grassilageproduzenten fütterten 94 % Milchkühe und lagen im Durchschnitt auf 625 m Seehöhe (Min. 198 m, Max. 1.400 m). In der Futterzusammensetzung entfielen 73 % auf Dauergrünland, 11 % auf Feldfuttersilagen und der Rest auf Grassilagen der Kategorie Grünland/Feldfutter. Es fielen 68 % der Grassilageproben auf den 1. Aufwuchs und 28 % auf die Folgeaufwüchse 2024. Mischsilagen der beiden Kategorien (3,5 %) waren nicht auswertbar und wurden herausgefiltert.

### 2.2. Laboranalysen

Die chemische Futtermitteluntersuchung erfolgte im Futtermittellabor Rosenau (Landwirtschaftskammer Niederösterreich) mittels Standardmethoden nach VDLUFA (2012). Alle Proben wurden auf den Roh Nährstoffgehalt, entsprechend der Weender-Nährstoffanalytik, und Gärqualität untersucht. Die Energiebewertung erfolgte auf Basis des Roh Nährstoffgehalts mit Hilfe von Regressionen (GRUBER et. al 1997). Die Gerüstsubstanzen aNDFom, ADFom wurden mit NIRS und ADL nasschemisch untersucht. Mengen- und Spurenelemente wurden mittels ICP-Analysator, der Schwefel (S) mit einem CNS-Analysator gemessen. Auf Wunsch wurde auch der Chloridgehalt mit Hilfe der Ionenchromatographie (IC) bestimmt und in der Folge die Kationen-/Anionenbilanz (DCAB = Dietary Cationen-Anionen-Balance) rechnerisch nach AOAC (1980) ermittelt. Die Parameter der Gärqualität umfassen pH-Wert, organische Säuren (Milch-, Essig-, Propion- und Buttersäure), Ethanol und Ammoniak (NH<sub>3</sub>). Die organischen Säuren und Ethanol wurden mit einem Gaschromatographen bestimmt, der Ammoniak mit einer NH<sub>3</sub>-Sonde. Die Bewertung der Gärqualität anhand der chemischen Untersuchung wurde mit dem DLG-Schlüssel nach WEISSBACH und HONIG (1997) durchgeführt. Im LK-Silageprojekt 2024 wurde schwerpunktmäßig zusätzlich der Schwefelgehalt, sowie der Gehalt an 1,2-Propandiol gemessen.

An mikrobiologischen Untersuchungen wurden die präsumtiven sufitreduzierenden Clostridien (psC) von 46 Grassilagen gemäß VDLUFA- Methodenbuch III, Methode 28.3.2

Tabelle 1: Anteil unterschiedlicher Siliersysteme für Gras- und Maissilage in Abhängigkeit der Wirtschaftsweise (LK-Silageprojekte 2009-2024)

| Siliersystem      | Fahrsilo |      |      | Silohaufen |      |      | Hoch-/Tiefsilo |      |      | Rundballen |      |      | Schlauch-/ Tunnelsilage |      |      | Anzahl Proben |      |      |
|-------------------|----------|------|------|------------|------|------|----------------|------|------|------------|------|------|-------------------------|------|------|---------------|------|------|
|                   | 2016     | 2020 | 2024 | 2016       | 2020 | 2024 | 2016           | 2020 | 2024 | 2016       | 2020 | 2024 | 2016                    | 2020 | 2024 | 2016          | 2020 | 2024 |
| <b>Grassilage</b> |          |      |      |            |      |      |                |      |      |            |      |      |                         |      |      |               |      |      |
| Wirtschaftsweise  |          |      |      |            |      |      |                |      |      |            |      |      |                         |      |      |               |      |      |
| Biobetrieb        | 43,0     | 35,8 | 38,6 | 0,9        | 2,9  | 0,6  | 6,1            | 5,9  | 3,5  | 48,2       | 54,9 | 57,3 | 1,8                     | 0,5  | 0    | 114           | 204  | 176  |
| UBB               | 58,6     | 60,1 | 63,6 | 0,4        | 2,1  | 0,7  | 2,6            | 1,3  | 2,6  | 38,4       | 36   | 32   | 0                       | 0,5  | 1,1  | 268           | 381  | 276  |
| Verzicht          | 44,4     | 48,3 | 32,4 | 0          | 2    | 0    | 0              | 0    | 0    | 55,6       | 46,6 | 67,6 | 0                       | 1    | 0    | 27            | 58   | 38   |
| ohne ÖPUL         | 72,9     | 78,2 | 72,7 | 1,4        | 0,6  | 0,7  | 3,5            | 1,1  | 3,6  | 22,2       | 49,6 | 22,3 | 0                       | 0,6  | 0,7  | 144           | 179  | 140  |
| Gesamt            | 59,0     | 57,6 | 58,0 | 1,0        | 2,1  | 0,6  | 3,6            | 2,3  | 2,8  | 36,0       | 37,4 | 38,0 | 0,3                     | 0,7  | 0,6  | 553           | 877  | 630  |
| <b>Maissilage</b> |          |      |      |            |      |      |                |      |      |            |      |      |                         |      |      |               |      |      |
| Wirtschaftsweise  |          |      |      |            |      |      |                |      |      |            |      |      |                         |      |      |               |      |      |
| Biobetrieb        | 80,0     | 72,7 | 30,0 | 15         | 18,2 | 20   | 0              | 0    | 0    | 5          | 9,1  | 50   | 0                       | 0    | 0    | 20            | 11   | 10   |
| UBB               | 70,3     | 78,7 | 84,8 | 17,6       | 8    | 3    | 5,4            | 2,7  | 0    | 5,4        | 9,3  | 10,6 | 1,4                     | 1,3  | 1,5  | 74            | 75   | 66   |
| Verzicht          | 100      | 71,4 | 66,7 | 0          | 14,3 | 0    | 0              | 0    | 0    | 0          | 14,3 | 33,3 | 0                       | 0    | 0    | 2             | 7    | 6    |
| ohne ÖPUL         | 84,5     | 86   | 92,9 | 10,3       | 5,3  | 2,4  | 0              | 1,8  | 0    | 0          | 3,5  | 2,4  | 5,2                     | 3,5  | 2,4  | 58            | 57   | 42   |
| Gesamt            | 78,0     | 82,2 | 81,4 | 13,4       | 6,7  | 3,4  | 2,4            | 2,2  | 0,7  | 3,0        | 6,7  | 12,4 | 3                       | 2,2  | 2,1  | 164           | 180  | 124  |

(VDLUFA 2007) bestimmt. Details zur psC-Methodik siehe RESCH (2021). Vom Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) wurde als Richtwert für psC in Grassilagen ein Keimgehalt von 500 KBE/g FM festgelegt, für Maissilagen 200 KBE/g FM bzw. für TMR 1.000 KBE/g FM (WAGNER 2017).

### 2.3 Ermittlung der Lagerungsdichte

Die Verdichtung wurde bei der Probenziehung mit der Bohrkernmethode bestimmt. Dazu wurde aus dem Silostock bzw. dem Rundballen mit Hilfe eines Edelstahlbohrers mit definiertem Innendurchmesser ein repräsentativer Bohrkern gestochen. Anschließend wurde die Einstechtiefe gemessen und das entnommene Probenmaterial gewogen. Die Kubatur des gestochenen Bohrkerns wurde über die Zylinderformel berechnet. Die Bestimmung der Lagerungsdichte an Frischmasse- und Trockenmasse ( $\text{kg/m}^3$ ) erfolgt mit der Umrechnung der Bohrkernkubatur auf einen Kubikmeter.

### 2.4 Datenauswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Softwarepaket Statgraphics Centurion XVII (Version 17.1), in Form von multifaktoriellen Regressionsanalysen bzw. GLM (General Linear Model) und mit dem Programm IBM-SPSS Statistics (Version 29) für die deskriptive Statistik. Die Auswertungsmethodik mittels GLM-Modellierung ermöglicht die Erklärung der Streuung einer abhängigen Variable (z.B. Buttersäuregehalt) unter Einbindung von fixen Faktoren wie Erntejahr, Futterzusammensetzung, Siliersystem uvm. sowie quantitativen Kovariablen (Trockenmasse-, NDF- und Rohaschegehalt, etc.), um deren Einfluss einstufen zu können. Diese Vorgangsweise erlaubt eine Trennung der einzelnen Einflussfaktoren und eine genaue Bewertung des Faktoreffekts auf die abhängige Variable. Ab einem P-Wert  $< 0,01$  geht man von einem hoch signifikanten bzw. gesicherten Einfluss auf den Parameter aus. Bei einem P-Wert  $< 0,05$  ist der Einfluss signifikant, zwischen 0,05 und 0,10 spricht man von einem tendenziellen Einfluss.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

In den nachstehenden Ausführungen wird nicht auf alle, aber auf die wesentlichsten Ergebnisse der Gras- und Maissilagen aus dem LK-Silageprojekt 2024 eingegangen, wobei zuerst ein deskriptiver Überblick zu den einzelnen Parametern der chemischen Futteranalyse gegeben (*Tabelle 2*) und danach der Einfluss diverser Faktoren auf diese Parameter bewertet wird. Für einen Vergleich zu den Ergebnissen aus vergangenen LK-Silageprojekten und weiterer relevanter Quellen dient hier der Verweis auf folgende Publikationen – GUGGENBERGER et al. (2022), RESCH (2021), RESCH et al. (2017), RESCH (2017) und RESCH (2010), DLG (1997).

### 3.1 Grassilagequalitäten in Österreich

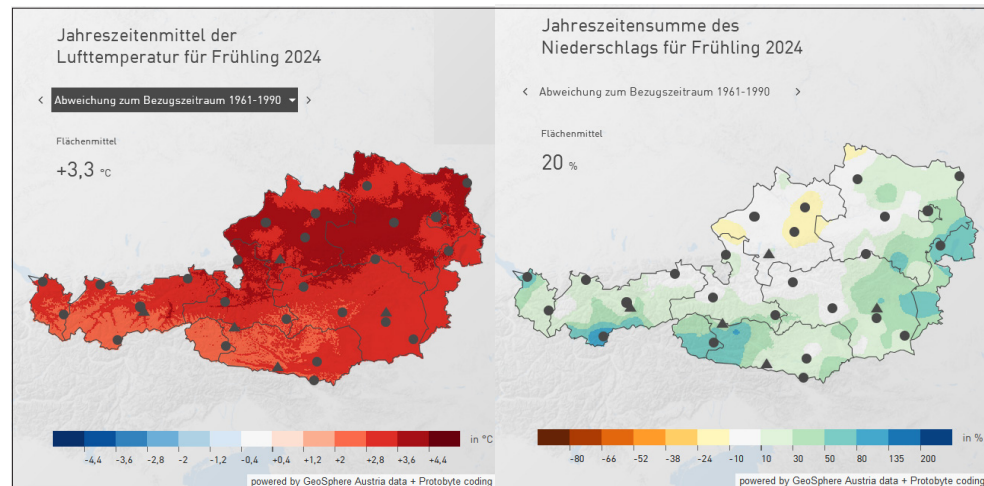
Im Frühjahr 2024 konnte ein außerordentliches Wettergeschehen beobachtet werden, weil die Lufttemperaturen gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 um  $+ 3,3^\circ\text{C}$  höher lagen, insbesondere im Alpenvorland. Der Februar stellte mit  $+ 6,7^\circ\text{C}$  sogar einen neuen Rekord auf. Gleichzeitig war die Niederschlagsverteilung im Frühjahr 2024 mit durchschnittlich  $+ 20\%$  recht günstig (*Abbildung 1*). Dieser Umstand führte dazu, dass LandwirtInnen in Österreich tatsächlich schon Ende März 2024 mit der Silierung des ersten Aufwuchses anfangen. Die früheste dokumentierte Ernte im LK-Silageprojekt betraf eine mit mineralischem Stickstoff gedüngte Dauerwiese am 6. April 2024 auf einer Seehöhe von 340 m. Auf einer mittleren Seehöhe von 616 m wurde der 1. Aufwuchs im Durchschnitt am 4. Mai 2024 geerntet. Im Vergleich dazu fielen die mittleren Erntetermine in den Vorprojekten auf 12. Mai 2016 bzw. 15. Mai 2020, also deutlich später. Konventionelle Betriebe silierten um 5-7 Tage früher als Biobetriebe. Der Einfluss der See-

Tabelle 2: Inhaltsstoffe, Energie, Mineralstoffe und Gärqualität von Grassilagen in Österreich in Abhängigkeit des Grünlandaufwuchses (LK-Silageprojekt 2024;  $\bar{x}$  = Mittelwert; SD = Standardabweichung, n = Anzahl Proben)

| Parameter                                      | 1. Aufwuchs 2024 |      |     | 2. Aufwuchs 2024 |      |      | 3. + Folgeaufwüchse 2024 |      |    |
|------------------------------------------------|------------------|------|-----|------------------|------|------|--------------------------|------|----|
|                                                | $\bar{x}$        | SD   | n   | $\bar{x}$        | SD   | n    | $\bar{x}$                | SD   | n  |
| Trockenmasse (TM) [g/kg FM]                    | 374              | 72,0 | 447 | 377              | 82,7 | 105  | 403                      | 85,5 | 83 |
| Rohprotein (CP) [g/kg TM]                      | 152              | 22,4 | 447 | 139              | 25,9 | 105  | 164                      | 22,4 | 83 |
| nXP [g/kg TM]                                  | 138              | 7,0  | 447 | 126              | 7,4  | 105  | 131                      | 7,6  | 83 |
| RNB [g/kg TM]                                  | 2,1              | 2,7  | 447 | 2,1              | 3,2  | 105  | 5,3                      | 2,7  | 83 |
| aNDFom [g/kg TM]                               | 406              | 42,5 | 445 | 450              | 37,8 | 104  | 420                      | 42,2 | 83 |
| ADF [g/kg TM]                                  | 261              | 29,8 | 445 | 297              | 26,9 | 104  | 276                      | 24,4 | 83 |
| ADL [g/kg TM]                                  | 25,4             | 7,9  | 445 | 37,4             | 10,4 | 104  | 37,0                     | 8,6  | 83 |
| Gerüstsubstanzen                               |                  |      |     |                  |      |      |                          |      |    |
| Rohfaser (CF) [g/kg TM]                        | 239              | 25,8 | 447 | 271              | 27,0 | 105  | 247                      | 25,2 | 83 |
| Rohfett (CL) [g/kg TM]                         | 30,4             | 3,1  | 447 | 28,8             | 3,1  | 105  | 28,4                     | 3,1  | 83 |
| Rohasche (CA) [g/kg TM]                        | 96,9             | 15,4 | 447 | 100,9            | 17,4 | 105  | 117,0                    | 32,4 | 83 |
| Zucker (ZU) [g/kg TM]                          | 76,0             | 51,9 | 447 | 46,9             | 33,7 | 105  | 46,3                     | 30,8 | 83 |
| NFC [g/kg TM]                                  | 315              | 37,5 | 445 | 282              | 33,4 | 104  | 271                      | 35,4 | 83 |
| OM-Verdaulichkeit (OMD) [%]                    | 75,6             | 2,5  | 447 | 69,7             | 2,4  | 105  | 71,0                     | 1,9  | 83 |
| Metabolische Energie (ME) [MJ/kg TM]           | 10,52            | 0,4  | 447 | 9,60             | 0,43 | 105  | 9,68                     | 0,45 | 83 |
| Nettoenergie-Laktation (NEL) [MJ/kg TM]        | 6,34             | 0,3  | 447 | 5,68             | 0,30 | 105  | 5,75                     | 0,29 | 83 |
| Calcium (Ca) [g/kg TM]                         | 6,9              | 1,4  | 166 | 8,4              | 2,2  | 52   | 8,7                      | 1,9  | 63 |
| Phosphor (P) [g/kg TM]                         | 3,4              | 0,7  | 166 | 3,3              | 0,7  | 52   | 3,7                      | 0,8  | 63 |
| Magnesium (Mg) [g/kg TM]                       | 2,3              | 0,5  | 166 | 2,8              | 0,6  | 52   | 3,3                      | 0,8  | 63 |
| Kalium (K) [g/kg TM]                           | 29,3             | 4,7  | 166 | 27,5             | 5,6  | 52   | 27,9                     | 4,7  | 63 |
| Natrium (Na) [mg/kg TM]                        | 0,52             | 0,42 | 166 | 0,38             | 0,22 | 52   | 0,53                     | 0,32 | 63 |
| Eisen (Fe) [mg/kg TM]                          | 609              | 476  | 166 | 807              | 736  | 52   | 1144                     | 1155 | 63 |
| Mangan (Mn) [mg/kg TM]                         | 69               | 32,5 | 166 | 90               | 38   | 52   | 98                       | 42   | 63 |
| Zink (Zn) [mg/kg TM]                           | 30               | 10,3 | 166 | 33               | 9    | 52   | 38                       | 7    | 63 |
| Kupfer (Cu) [mg/kg TM]                         | 8,2              | 1,6  | 166 | 9,9              | 5,7  | 52   | 11,3                     | 1,9  | 63 |
| Schwefel (S) [g/kg TM]                         | 1,8              | 0,4  | 437 | 1,9              | 0,5  | 101  | 2,6                      | 0,7  | 79 |
| Chlorid (Cl) [g/kg TM]                         | 6,5              | 1,9  | 31  | 4,8              | 3,0  | 7    | 7,7                      | 2,0  | 4  |
| DCAB [mval/kg TM]                              | 528              | 91   | 31  | 436              | 141  | 7    | 395                      | 95   | 4  |
| pH-Wert                                        | 4,4              | 0,3  | 447 | 4,4              | 0,3  | 105  | 4,5                      | 0,3  | 80 |
| Milchsäure [g/kg TM]                           | 62               | 28,3 | 447 | 56               | 24,1 | 105  | 53                       | 22,3 | 80 |
| Essigsäure [g/kg TM]                           | 15,0             | 10,0 | 447 | 13,6             | 9,1  | 105  | 11,5                     | 7,6  | 80 |
| Propionsäure [g/kg TM]                         | 0,4              | 0,5  | 447 | 0,5              | 0,8  | 105  | 0,3                      | 0,4  | 80 |
| Buttersäure [g/kg TM]                          | 8,2              | 9,3  | 447 | 7,9              | 9,5  | 105  | 4,6                      | 5,3  | 80 |
| Ethanol [g/kg TM]                              | 9,6              | 8,2  | 447 | 5,2              | 3,9  | 105  | 4,4                      | 3,1  | 80 |
| 1,2-Propandiol [g/kg TM]                       | 5,7              | 9,3  | 430 | 3,1              | 5,3  | 105  | 2,2                      | 3,3  | 80 |
| Ammoniak [% von N-total]                       | 6,1              | 2,0  | 447 | 6,3              | 2,4  | 105  | 5,5                      | 1,7  | 80 |
| DLG-Bewertung (1997) [Punkte]                  | 83               | 16,4 | 447 | 84               | 17,2 | 105  | 90                       | 12,8 | 80 |
| präsum. sufitred. Clostridien (psC) [KBE/g FM] | 727              | 955  | 26  | 748              | 727  | 9    | 909                      | 1791 | 10 |
| Verdichtung [kg TM/m³]                         | 202              | 68,2 | 360 | 174              | 64,4 | 81,0 | 188                      | 67,3 | 65 |

höhe war wie immer hoch signifikant, diesmal bewirkte die Zunahme um 100 m Seehöhe eine Verzögerung der Futterernte um 3,9 Tage. Jene Betriebe, die es bis Anfang Mai nicht schafften zu silieren, kamen in eine feuchte Wetterphase, wo es teils zu wochenlangen Verzögerungen mit der Ernte kam. Diese Grassilagen sind im LK-Silageprojekt nicht in diesem Ausmaß wie in der Praxis vorhanden, daher dürfen die nachstehenden Ergebnisse nicht einfach auf die Grundgesamtheit Österreichs umgelegt werden.

Abbildung 1: Abweichung von Lufttemperaturen und Niederschlagssummen des Frühjahres 2024 zum Referenzzeitraum 1961-1990 (GEOSPHERE 2025)



Der 2. Aufwuchs wurde im Durchschnitt am 17. Juni 2024 einsiliert (bei 660 m Seehöhe), d.h. 44 Tage bzw. 6,3 Wochen nach der ersten Grasernte. In Lochau am Bodensee erfolgte der früheste dokumentierte 2. Schnitt am 14. April 2024. Die Vergleiche des 2. Aufwuchses 2024 mit den Vorprojekten ergaben 24.06.2016 bzw. 27.06.2024, also lag das Jahr 2024 wiederum zumindest eine Woche früher als üblich. Interessant ist die Tatsache, dass die Aufwuchsdauer vom ersten zum zweiten Aufwuchs in den Vergleichsjahren 2016 und 2020 mit durchschnittlich 43 Tagen praktisch ident mit 2024 war. Im September 2024 traten Phasen mit extremen Niederschlägen auf (+214 % im Vergleich zu 1961-1990), wodurch die Silierung stark eingeschränkt wurde.

Erhöhte Luft- bzw. Futtertemperaturen sind für mehr Respiration (HONIG 1980), höhere Enzymaktivität sowie schnellere Gärung verantwortlich (MUCK et al. 2003). Nach RESCH (2024) kann das bei optimalen Bedingungen ein Vorteil sein, weil die Milchsäuregärung beschleunigt wird, aber unter ungünstigen Verhältnissen können Massen- und Qualitätsverluste bei höheren Temperaturen deutlich zunehmen.

### 3.1.1 Bewertung von Einflussfaktoren

#### Effekte der Düngung

Wirtschaftsdüngerreste und der Boden stellen nach DLG (2022), DLG (2024) bzw. ADLER und LEW (1995) eine erhebliche Quelle an gärschädlichen Mikroorganismen dar, vor allem an Clostridiensporen. Nach PAHLOW et al. (2003) finden sich in Wirtschaftsdüngern etwa 8 unterschiedliche Clostridien-Gattungen, darunter auch pathogene wie *C. perfringens*. Die nachstehenden Auswertungen beziehen sich in erster Linie auf die Bewertung der Düngungseffekte hinsichtlich der Buttersäuregehalte in den Grassilagen. Die Keimgehalte an psC konnten für das Jahr 2024 nicht ausgewertet werden, da nur 47 Grassilagen untersucht wurden.

Die Daten aus LK-Silageprojekt 2024 sollten die Erhebungen aus 2020 verdichten, um Erkenntnisse aus der Praxis zum Effekt der Düngung erhärten zu können. Die aktuelle Häufigkeit der von den Teilnehmern verwendeten Wirtschaftsdünger ist ähnlich wie

2020 (RESCH 2021), nämlich: Gülle 85 %, Stallmist 3,5 %, nur Mineraldünger 1,1 %, keinen Dünger 4,7 %, der Rest teilt sich auf Kompost, Jauche und sonstige Dünger auf (Tabelle 3). Anhand der Fragebogenerhebung zeigte sich, dass von den Güllebetrieben ca. 28 % bodennah und streifenförmig ausbrachten, 41 % mit Möscha oder Niederdruck und 30 % mit Prallkopfverteiler. Etwa 70 % der Gülle wurde mit einer Menge zwischen 15-30 m<sup>3</sup>/ha ausgebracht. Von den Gülleanwendern gaben 21 % kein Wasser dazu, 48 % verdünnten bis 1:0,5 mit Wasser und ca. 30 % verdünnten höher als 1: 0,5. Die subjektive Einstufung der Gülleverdünnung ist somit als vage zu betrachten. Eine Gülleseparierung führten 19 % der Gülleanwender durch. Die separierte Gülle wurde tendenziell etwas geringer mit Wasser verdünnt (ca. 1:0,4) als die „Normalgülle“, die etwa 1:0,6 verdünnt wurde. Mineralische N-Düngung wurde von 24 % der Teilnehmer mit einer durchschnittlichen Menge von 27 kg N/ha durchgeführt, überwiegend in Kombination mit der Gölledüngung. Nur 1 % der Teilnehmer düngte den Ernteaufwuchs ausschließlich mit mineralischem Stickstoff.

In der GLM-Auswertung wurden im Fall der Gölledüngung neben den Gehaltswerten TM, CP, NDF und CA die Faktoren Art der Ausbringung, Menge, Verdünnung und Separierung integriert, um diese statistisch bewerten zu können. Die Resultate der P-Statistik zeigen, dass die Güllemenge und die Gülleverdünnung keinen signifikanten Effekt auf den Buttersäuregehalt ausübten, d.h. die Differenzen zwischen den Kategorien sind als zufällig zu beurteilen. Hingegen war der Effekt der Gülleseparierung signifikant ( $P < 0,05$ ) und jener der Gülleaushbringung sowie der mineralischen N-Düngung hoch signifikant ( $P < 0,01$ ) einzustufen. Die Ergebnisse von RESCH (2021) konnten bestätigt werden, dass die bodennahe Gölleaushbringung mittels Schleppschuh im Jahr 2024 signifikant geringere Buttersäuregehalte ergab, als die Breitverteilung mit einem Prallkopfverteiler (Tabelle 4). Die Untersuchung der Wechselwirkung von Gölleaushbringung  $\times$  Gülleseparierung zeigte, dass der größte Verbesserungseffekt für die Gärqualität im Verfahren Breitverteilung mit Prallkopf eintrat, weil der Buttersäuregehalt in der Grassilage aufgrund der erfolgten Gülleseparierung um 3 g/kg TM gesenkt werden konnte (Abbildung 2). Die Abfrage nach subjektiv erkannten Wirtschaftsdüngerresten im Erntegut ergab, dass ohne Separierung geringfügig mehr wahrgenommen wurden (1,28) als mit Gülleseparierung (1,14) – 1 = keine Reste, 2 = wenig Reste im Erntegut. Die Erkenntnis, dass die mineralische N-Düngung der Futterbestände den Buttersäuregehalt in der Grassilage signifikant senkte, bestätigt die Aussagen von WEISS (2003) bzw. KAISER und WEISS (2007) zur Wirkung von ausreichend Nitratstickstoff im Erntegut, der als reduziertes Nitrit die Clostridien in der anaeroben Phase hemmen kann und in der Folge den Buttersäuregehalt in der Grassilage reduziert.

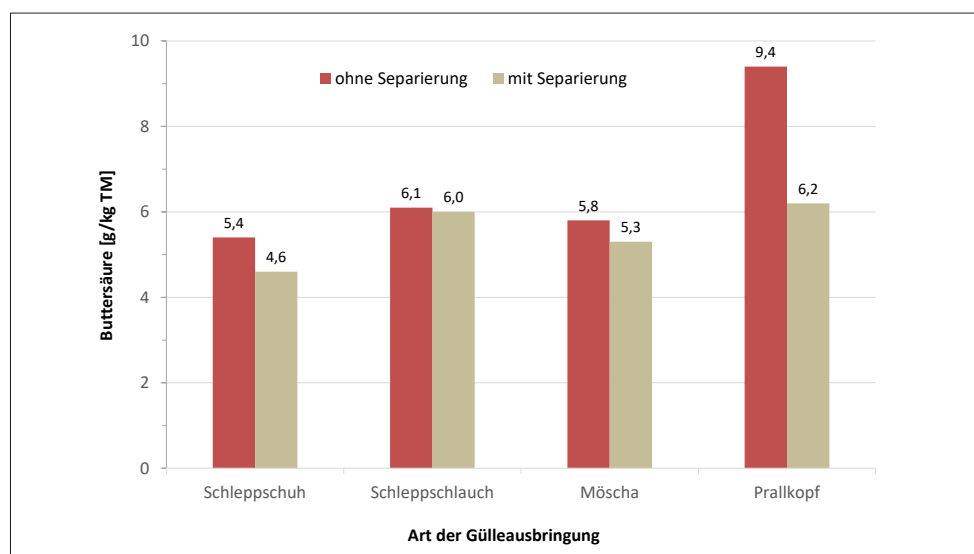


Abbildung 2: Wechselwirkung zwischen Gölleaushbringung und Gülleseparierung im Hinblick auf den Buttersäuregehalt von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024, TM 379 g/kg, CP 151 g/kg TM, NDF 415 g/kg TM, CA 100 g/kg TM)

Tabelle 3: Einfluss der Düngung auf den Buttersäuregehalt [ $\bar{x}$  BS g/kg TM] in Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024; TM 379 g/kg, CP 151 g/kg TM, NDF 415 g/kg TM, CA 100 g/kg TM)

| Kenngröße              | Merkmal      | Kategorien        |                  |                                  |                   |                    |                  |                  | P-Wert           |
|------------------------|--------------|-------------------|------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
|                        |              | 1                 | 2                | 3                                | 4                 | 5                  | 6                | 7                |                  |
| Wirtschaftsdüngerart   | Kategorie    | keine             | Gülle            | Stallmist                        | Kompost           | Jauche             | Sonstige         | mineralisch      |                  |
|                        | n            | 31                | 563              | 23                               | 2                 | 5                  | 32               | 7                |                  |
|                        | %            | 4,7               | 84,9             | 3,5                              | 0,3               | 0,8                | 4,8              | 1,1              | 0,81             |
|                        | $\bar{x}$ BS | 5,9 <sup>ab</sup> | 7,8 <sup>b</sup> | 7,5 <sup>ab</sup>                | 8,2 <sup>ab</sup> | 9,6 <sup>ab</sup>  | 7,7 <sup>b</sup> | 0,8 <sup>a</sup> |                  |
| Gülleausbringung       | Kategorie    | Schleppschuh      | Schleppschauch   | Möschä                           | Prallkopf         | Sonstige           |                  |                  |                  |
|                        | n            | 115               | 47               | 238                              | 174               | 11                 |                  |                  |                  |
|                        | %            | 19,7              | 8,0              | 40,7                             | 29,7              | 1,9                |                  |                  | <b>&lt; 0,01</b> |
|                        | $\bar{x}$ BS | 5,8 <sup>a</sup>  | 7,1 <sup>a</sup> | 6,8 <sup>a</sup>                 | 10,6 <sup>b</sup> | 10,4 <sup>ab</sup> |                  |                  |                  |
| Gülemenge [m³]         | Kategorie    | keine             | < 15 m³          | 15-20 m³                         | 21-30 m³          | 31-40 m³           | > 40 m³          |                  |                  |
|                        | n            | 38                | 56               | 301                              | 131               | 77                 | 7                |                  |                  |
|                        | %            | 6,2               | 9,2              | 49,3                             | 21,5              | 12,6               | 1,1              |                  | 0,40             |
|                        | $\bar{x}$ BS | 4,9 <sup>a</sup>  | 7,8 <sup>a</sup> | 7,2 <sup>a</sup>                 | 7,4 <sup>a</sup>  | 5,5 <sup>a</sup>   | 8,9 <sup>a</sup> |                  |                  |
| Gülleverdünnung        | Kategorie    | unverdünt         | bis 1 : 0,5      | 1:0,6 - 1:1                      | > 1 : 1           |                    |                  |                  |                  |
|                        | n            | 122               | 274              | 155                              | 21                |                    |                  |                  |                  |
|                        | %            | 21,3              | 47,9             | 27,1                             | 3,7               |                    |                  |                  | 0,11             |
|                        | $\bar{x}$ BS | 6,8 <sup>a</sup>  | 8,1 <sup>a</sup> | 8,9 <sup>a</sup>                 | 5,6 <sup>a</sup>  |                    |                  |                  |                  |
| Gülleseparierung       | Kategorie    | nein              | ja               |                                  |                   |                    |                  |                  |                  |
|                        | n            | 461               | 109              |                                  |                   |                    |                  |                  |                  |
|                        | %            | 80,9              | 19,1             |                                  |                   |                    |                  |                  | <b>0,04</b>      |
|                        | $\bar{x}$ BS | 7,7 <sup>b</sup>  | 5,8 <sup>a</sup> |                                  |                   |                    |                  |                  |                  |
| Schwefeldüngung        | Kategorie    | keine             | S elementar      | SO <sub>4</sub> /SO <sub>3</sub> |                   |                    |                  |                  |                  |
|                        | n            | 454               | 48               | 66                               |                   |                    |                  |                  |                  |
|                        | %            | 79,9              | 8,5              | 11,6                             |                   |                    |                  |                  | 0,62             |
|                        | $\bar{x}$ BS | 6,9 <sup>a</sup>  | 5,7 <sup>a</sup> | 6,7 <sup>a</sup>                 |                   |                    |                  |                  |                  |
| Mineralische N-Düngung | Kategorie    | nein              | ja               |                                  |                   |                    |                  |                  |                  |
|                        | n            | 434               | 134              |                                  |                   |                    |                  |                  |                  |
|                        | %            | 76,4              | 23,6             |                                  |                   |                    |                  |                  | <b>&lt; 0,01</b> |
|                        | $\bar{x}$ BS | 7,2 <sup>b</sup>  | 4,4 <sup>a</sup> |                                  |                   |                    |                  |                  |                  |

## Güledüngung Datenbestand 2023

Zusätzlich zu den Daten aus 2024 wurden von Dipl.-Ing. Gerald Stögmüller (Futtermittel-labor Rosenau) insgesamt 222 Analyseergebnisse von niederösterreichischen Grassilageproben aus 2023 mit Metadaten zur Güledüngung (Menge, Separierung, Verdünnung, Ausbringungsverfahren) und zum Siliermitteleinsatz zur Verfügung gestellt und diese statistisch mittels GLM ausgewertet (Kovariablen-Mittelwerte: TM = 340 g/kg, CF = 263 g/kg TM, CA = 98 g/kg TM). Es konnte ein tendenzieller Einfluss des Gülleausbringungsverfahrens ( $P = 0,06$ ) festgestellt werden, weil die Schleppschlauchausbringung 2,7 g/kg Buttersäure und die übrigen Verfahren (Schleppschuh, Möscha, Prallkopf) 9 bis 12 g Buttersäure/kg TM aufwiesen. Die Gülleverdünnung brachte in dieser Untersuchung, wie auch 2024, keine Verringerung der Buttersäuregehalte bzw. der Clostridien (psC). Ebenso konnte für die Gülleseparierung kein signifikanter Effekt für Buttersäure ( $P = 0,76$ ) bzw. psC ( $P = 0,54$ ) ermittelt werden, obwohl sich die Clostridien-Mittelwerte mit Separierung (664 KBE/g FM) und ohne Separierung (1298 KBE/g FM) unterschieden. Grund dafür war die große Streubreite der Daten in den jeweiligen Verfahren. Bei diesem Datenbestand war interessant, dass sich in den arithmetischen Mittelwerten von Buttersäure und psC deutliche Differenzen zugunsten der Gülleseparierung zeigten, allerdings waren diese Wirkungen zum Teil durch positive Effekte der Siliermittelanwendung überlagert, was erst die mehrfaktorielle GLM-Analyse zu Tage bringen konnte.

## Schwefeldüngung (Projektschwerpunkt)

Es kursieren Behauptungen, dass österreichische Grünlandflächen beim Schwefel (S) nicht ganz bedarfsgerecht versorgt werden und dadurch Stickstoffnutzung, Ertrag, aber auch die Rohproteingehalte im Grünlandfutter unter den Erwartungen bleiben. Nach BMLRT (2022) – Richtlinien für die sachgerechte Düngung (SGD) – sollte bei bedarfsgerechter Düngung mit Wirtschaftsdüngern der S-Bedarf von Grünland gedeckt sein. Im LK-Silageprojekt 2024 wurden erstmals bundesweite Schwefelanalysen an insgesamt 649 Grassilageproben aus der Praxis durchgeführt. Die S-Gehaltswerte im Futter reichten von 0,96 bis 4,6 g/kg TM, der mittlere S-Gehalt betrug 1,92 g/kg TM. Mit steigenden Rohproteingehalten (CP) stiegen auch die S-Gehalte in den Grassilagen an. Das erklärt auch, dass der proteinschwächere erste Aufwuchs weniger Schwefel enthielt als die Folgeaufwüchse (Abbildung 3). Nach GFE (2023) kann eine S-Übersorgung nachteilig bzgl. Spurenelementverwertung sein, daher geben KAMPHUES et al. (2014) für grobfutterreiche Rationen 4-5 g S/kg TM als tolerierbare Obergrenze an.

## Orientierungswert für Schwefelgehalte in Grassilagen

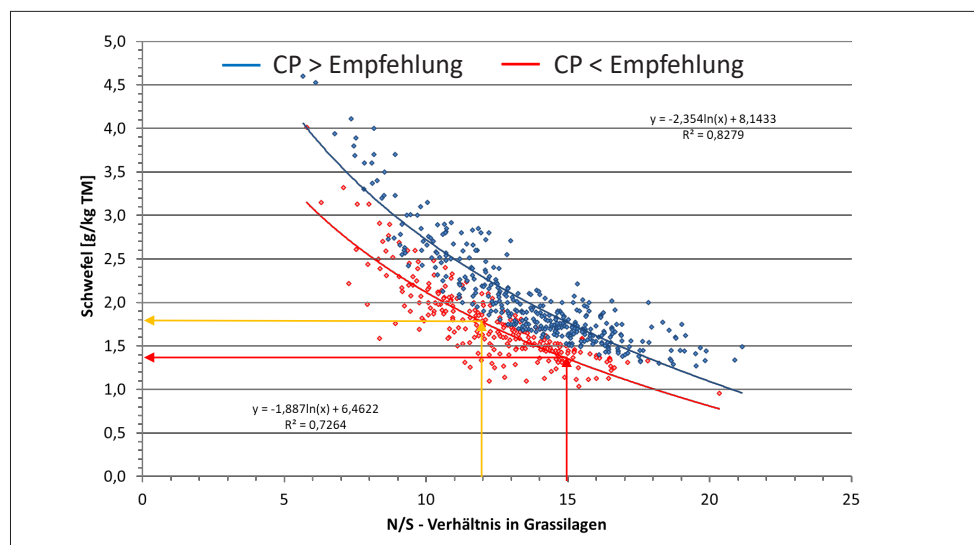
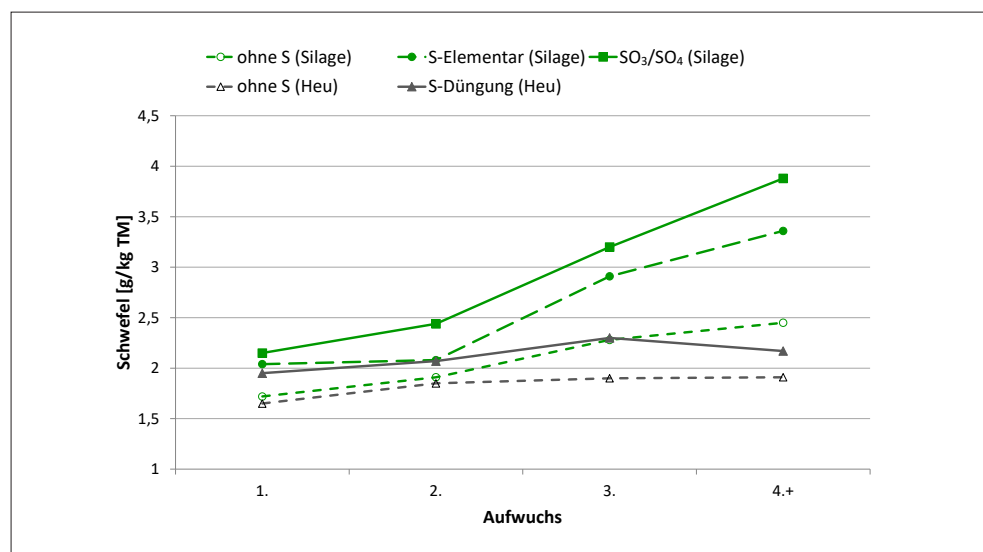


Abbildung 3: Beziehung N/S-Verhältnis zum Schwefelgehalt von Grassilagen unter Berücksichtigung der Empfehlungen für den Rohproteingehalt (LK-Silageprojekt 2024)

Jene Silageproben, welche zu geringe CP-Gehalte aufwiesen (rote Punkte in *Abbildung 3*), hatten auch deutlich geringere S-Gehalte als jene Silageproben mit CP-Gehalten im Empfehlungsbereich (blaue Punkte). Bei einem N/S-Verhältnis von 12:1 würde ein S-Gehalt von weniger als ca. 1,8 g/kg TM einen latenten S-Mangel anzeigen. Ein ertragswirksamer S-Mangel würde demnach im Durchschnitt wahrscheinlich bei einem S-Gehalt unterhalb von ca. 1,35 g/kg TM auftreten.

Mit Anwendung der Methode des Schwefel-Orientierungswertes wiesen 2,2 % der Grassilageproben ein N/S-Verhältnis über 15:1 und weniger als 1,35 g Schwefel/kg TM auf. Hier besteht tatsächlich eine hohe Wahrscheinlichkeit für einen ertragswirksamen S-Mangel. Darum müsste auf diesen Flächen unbedingt eine S-Ergänzungsdüngung im Frühjahr mit sulfathaltigen Düngern zum 1. Aufwuchs durchgeführt werden. Auf weiteren 16 % der Silageflächen lag ein latenter S-Mangel vor, d.h. die S-Gehalte lagen unterhalb von 1,8 g/kg TM und das N/S-Verhältnis zwischen 12:1 bis 15:1. Hier könnte auch eine ergänzende Schwefeldüngung empfohlen werden.

Abbildung 4: Einfluss der Schwefeldüngung auf den Schwefelgehalt in Grassilagen in Abhängigkeit des Aufwuchses (LK-Silageprojekt 2024, LK-Heuprojekt 2022)



Die Befragung im LK-Silageprojekt 2024 ergab, dass insgesamt 20 % zusätzlich schwefelhaltige Düngemittel wie Sulfat (SO<sub>4</sub>), Gips (Calciumsulfat), Bittersalz (Magnesiumsulfat), elementaren Schwefel u.a. düngten, wobei nur 7 % der Schwefeldüngeranwender Bio-betriebe waren. Im Durchschnitt wurden bei Gabe von elementarem Schwefel 50 kg S/ha und bei leichtlöslichem Schwefel (SO<sub>4</sub> bzw. SO<sub>3</sub>) 7,4 kg S/ha gedüngt. Die Schwefeldüngung zeigte bei den Grassilagebetrieben im Durchschnitt eine deutliche Wirkung. Mit Schwefeldüngung nahm der S-Gehalt in Grassilagen gegenüber keiner S-Düngung um durchschnittlich 0,47 g S/kg TM zu (*Abbildung 4*). Ähnliche Wirkungen von verschiedenen S-Düngern konnten in Grassilageproben auch von RYANT und SKLADANKA (2009) nachgewiesen werden. Die Schwefeldüngung hatte im Durchschnitt keinen signifikanten Einfluss (P = 0,45) auf den Rohproteingehalt der Grassilage, obwohl bei Gabe von SO<sub>4</sub>/SO<sub>3</sub> (163 g CP/kg TM) gegenüber keiner S-Düngung (158 g CP/kg TM) ein leichter Vorteil herauskam. Ansonsten konnten keine signifikanten Wirkungen der S-Düngung auf die Parameter Inhaltsstoffe und Gärqualität festgestellt werden.

### Reifzustand (Zellwandbestandteile)

Eine wesentliche Zielsetzung für die gute fachliche Praxis ist ein ansprechender TM-Ertrag bei gleichzeitig hohem Protein-/Energiegehalt. Dieser Kompromiss wird in der Regel im Vegetationsstadium „Ähren-/Rispschieben“ bei Gräsern bzw. im „Knospenstadium“ bei

Leguminosen erreicht, daher wird dieses Stadium nach DLG (2025) auch als optimaler Silierzeitpunkt empfohlen. Im LK-Silageprojekt 2024 lagen die aNDFom-Gehalte im 1. Aufwuchs bei 59 % der Teilnehmer unterhalb 410 g/kg TM bzw. 4 % über 490 g/kg TM. Diese signifikante Situation war dem außergewöhnlich warmen Frühjahr 2024 und der früheren Ernte geschuldet. Im Vergleich dazu waren es im Jahr 2020 nur 17 % Grassilagen mit weniger als 410 g aNDFom/kg TM.

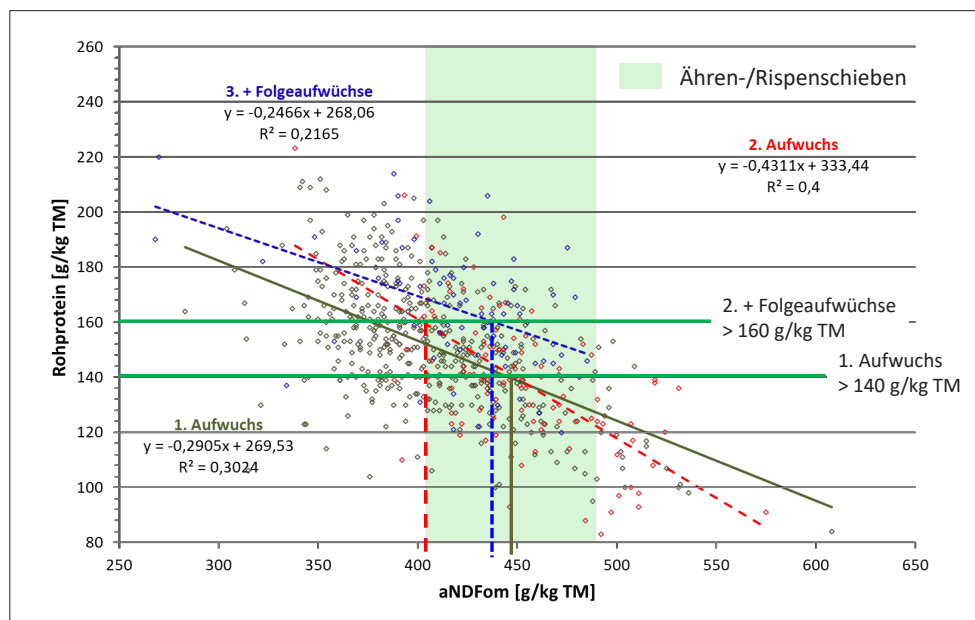


Abbildung 5: Rohprotein-  
gehalte in Abhängigkeit  
des Gehaltes an aNDFom in  
Grassilagen (LK-Silageprojekt  
2024)

Obwohl im Jahr 2024 so viele Grassilagen früh und mit geringen Gerüstsubstanzengehalten geerntet wurden, fiel auf, dass dennoch 31 % der Silagen des 1. Aufwuchses CP-Gehalte unterhalb 140 g/kg TM (Orientierungswert > 140 g/kg TM) lagen. Trotzdem war der CP-Mittelwert besser als in den Vorjahren. Im 2. Aufwuchs waren 80 % der Grassilagen unter 160 g CP/kg TM. Der Grund waren viele spät geerntete Partien mit hohen NDF- und sehr geringen CP-Gehalten. Somit war der Proteinmittelwert des 2. Aufwuchses aus 2024 im Vergleich zu anderen Silageprojektjahren der schlechteste. Der 3. und die Folgeaufwüchse brachten es auf durchschnittlich gute 164 g CP/kg TM, allerdings waren auch hier 42 % der Proben unter den Erwartungen (Abbildung 5).

Für gewöhnlich sorgen erhöhte Gehalte an den Zellwandbestandteilen Hemizellulose, Zellulose und Lignin für schlechtere Gärqualitäten (BUXTON und O'KIELY 2003), d.h. dass die Gärqualitäten tendenziell mit zunehmender Reife der Grünlandpflanzen abnehmen. In den Daten der LK-Silageprojekte konnte dieser Effekt bestätigt werden, weil mehr Struktur bei gleichem TM- und Aschegehalt zu höheren Buttersäuregehalten und mehr Proteinabbau führte (Tabelle 4). Im Jahr 2024 wurden nahezu 60 % der Partien vor Mitte Ähren-/Rispenstadien geerntet, während in den Jahren zuvor 66 % später, d.h. ab Mitte Ähren-/Rispenstadien siliert wurden. Durch diese Verschiebung kann ein guter Teil der Qualitätsverbesserung 2024 erklärt werden. Die Silageproduzenten haben damit auch erstmals die DLG-Empfehlungen für ADF gut erreicht, die von 240 bis 270 g/kg TM gehen (DLG 2025). Im Durchschnitt liegen die Grassilagequalitäten Österreichs im Empfehlungsbereich zwischen 260 bis 310 g ADF/kg TM, d.h. etwa Beginn bis Mitte Ähren-/Rispenstadien.

Tabelle 4: Effekte der Zellwandbestandteile Hemizellulose, Zellulose und Lignin auf diverse Parameter von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024; GLM-Konstanten: Hemizellulose 146,2 g/kg TM, Zellulose 240,7 g/kg TM, Lignin 28,6 g/kg TM)

| Parameter              | CP<br>g | ZU<br>g | OMD<br>% | ME<br>MJ | pH     | MS<br>g | ES<br>g | PS<br>g | BS<br>g | Eth<br>g | 1,2-P<br>g | NH <sub>3</sub> -N<br>% | DLG<br>Punkte |
|------------------------|---------|---------|----------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|-------------------------|---------------|
| <b>Mittelwerte</b>     | 161     | 70      | 73,3     | 10,16    | 4,48   | 56      | 13      | 0,5     | 5,8     | 5,5      | 0,5        | 5,0                     | 84            |
| <b>Koeffizienten**</b> |         |         |          |          |        |         |         |         |         |          |            |                         |               |
| Hemizellulose          | -0,25   | -0,20   | -0,017   | -0,002   | -0,002 | -0,023  | -0,013  | 0,002   | 0,017   | 0,010    | 0,016      | 0,002                   | -0,034        |
| Zellulose              | -0,30   | -0,71   | -0,071   | -0,010   | 0,002  | 0,056   | 0,033   | 0,006   | 0,107   | -0,006   | 0,016      | 0,029                   | -0,164        |
| Lignin                 | -0,36   | -1,67   | -0,071   | -0,011   | -0,001 | -0,048  | 0,041   | 0,000   | -0,038  | -0,120   | 0,020      | 0,018                   | 0,102         |

\*Einheiten: g oder MJ je kg TM; NH<sub>3</sub>-N in % von N-total; Punkte nach DLG (1997)

\*\*Koeffizienten: Werte zeigen den Effekt auf den Parameter bei Erhöhung um eine Einheit (z.B. 1 g/kg TM)

Die GLM-Analyse zeigte, dass die Gerüstsubstanzen eine hoch signifikante Wirkung auf die Gärparameter der Grassilagen hatten (*Tabelle 4* – fett dargestellte Koeffizienten mit  $P < 0,01$ ). Beispielsweise führte die Erhöhung um 10 g Zellulose von 241 auf 251 g/kg TM, zu einer Minderung des CP-Gehaltes um 3 g/kg TM auf 158 g CP/kg TM. Da sich die Zellwandbestandteile Hemizellulose, Zellulose und Lignin je nach Entwicklungsstadium, aber auch zwischen Pflanzenarten unterscheiden, wurden diese Inhaltsstoffe ausgewertet. Die Zellulose stellte sich als wirkungsstärkster Faktor heraus, daher wurde sie als Kenngröße herangezogen und in 4 Klassen unterteilt, die jeweils einem phänologischen Entwicklungsstadium entsprechen (*Tabelle 5*).

Lignin (ADL) ist nach VAN SOEST (1994) der für Wiederkäuer weitgehend unverdauliche Teil der pflanzlichen Zellwand. Die Streubreite zwischen 11 und 85 g/kg TM kann durch die phänologische Entwicklung, aber auch durch den Einfluss der Pflanzenarten erklärt werden (DACCORD et al. 2007). Im Jahr 2024 lagen die ADL-Gehalte in den Reifestadien um jeweils ca. 10 g ADL/kg TM niedriger als in den Projekten 2016 und 2020. Dieser Umstand wirkte sich positiv auf die OM-Verdaulichkeit (+0,7 %) und die Energiekonzentration (+0,11 MJ ME, +0,08 MJ NEL) aus.

### Verunreinigungen

Das Bewusstsein der teilnehmenden LandwirtInnen hinsichtlich der Problematik von Erde im Erntegut ist prinzipiell nicht schlecht ausgeprägt, weil bei der Befragung von ihnen immerhin erkannt wurde, dass gut 50 % der Grassilagen zu viel Erde enthalten. Allerdings konnte die Futtermittelverschmutzung mit Erde im Jahr 2024 gegenüber den Vorprojekten (RESCH 2021) nicht verbessert werden (*Tabelle 6*), d.h. ein Drittel der Grassilagen war leicht verschmutzt (Eisen 500-1000 mg/kg TM) und 20 % mäßig bis stark verdrückt (Eisen > 1.000 mg/kg TM). Die Erhöhung des Rohaschegehaltes hat nach RESCH et al. (2018) einen Verdrängungseffekt auf andere Inhaltsstoffe, sodass sich deren Gehalte verringern. Asche ist so gut wie unverdaulich, daher verringert die Erdverschmutzung den Energiegehalt des Futters. Tendenziell führte der höhere Mineralstoffgehalt von verschmutztem Futter zu mehr Verbrauch an Zucker und zu höheren Keimgehalten an Clostridien (psC). Zur effektiven Minderung der Erdfracht im Erntegut müssen wirksame Maßnahmen ergriffen werden, welche die Ursache der Verschmutzung beheben. Für Erdverschmutzung im Futter sind nach DLG (2024) vor allem offener Boden (geringe Narbendichte, Befall mit Schädlingen wie Wühlmaus, Engerlinge u.a.), Extremwetterereignisse (Dürre, Starkregen und/oder Überschwemmung) zu tiefe Einstellung von Mäh- und Werbe- (Zetter, Schwader) und Erntegeräten sowie Fehler in der Fahrweise (Schlupf, Vorgewende) und Probleme mit Reifen (Profil, Druck, Typ) zu nennen.

Tabelle 5: Effekte des Zellulosegehaltes auf Inhaltsstoffe und Gärqualitäten von Grassilagen aus LK-Silageprojekten (GLM-Konstanten: TM 378 g/kg FM, CP 152 g/kg TM, CA 99 g/kg TM)

| 2024    | Stadium* | Zellulose |      |      | Proben  |     | Gerüstsubstanzen |     |     |     | Inhaltsstoffe |     |    |      | Gärqualität |      |                 |            |  |  |  |
|---------|----------|-----------|------|------|---------|-----|------------------|-----|-----|-----|---------------|-----|----|------|-------------|------|-----------------|------------|--|--|--|
|         |          | g         | n    | %    | aND-Fom | ADF | ADL              | TM  | CP  | CA  | ZU            | pH  | Ms | Es   | Bs          | Eth  | NH <sub>3</sub> | DLG (1997) |  |  |  |
|         |          | g         | n    | %    | g       | g   | g                | g   | g   | g   | g             |     | g  | g    | g           | g    | %               | Punkte     |  |  |  |
|         | v Ä/R    | 208       | 133  | 20,0 | 365     | 231 | 23               | 381 | 164 | 103 | 94            | 4,5 | 64 | 14,5 | 4,6         | 9,6  | 5,4             | 89         |  |  |  |
|         | B Ä/R    | 235       | 319  | 47,9 | 409     | 263 | 28               | 382 | 155 | 101 | 67            | 4,4 | 62 | 14,4 | 6,6         | 8,2  | 5,9             | 87         |  |  |  |
|         | M Ä/R    | 266       | 198  | 29,7 | 454     | 300 | 34               | 375 | 139 | 98  | 52            | 4,5 | 55 | 14,1 | 10,2        | 7,6  | 6,6             | 80         |  |  |  |
|         | B Blüte  | 313       | 16   | 2,4  | 510     | 359 | 46               | 359 | 120 | 91  | 29            | 4,7 | 43 | 13,8 | 21,7        | 7,4  | 9,0             | 62         |  |  |  |
| 2016/20 |          |           |      |      |         |     |                  |     |     |     |               |     |    |      |             |      |                 |            |  |  |  |
|         | v Ä/R    | 208       | 147  | 6,1  | 386     | 241 | 33               | 370 | 169 | 112 | 79            | 4,5 | 56 | 13,8 | 6,2         | 9,3  | 5,6             | 84         |  |  |  |
|         | B Ä/R    | 238       | 708  | 29,2 | 424     | 275 | 37               | 371 | 157 | 103 | 74            | 4,5 | 56 | 14,7 | 10,8        | 10,2 | 6,1             | 77         |  |  |  |
|         | M Ä/R    | 270       | 1348 | 55,5 | 474     | 314 | 44               | 371 | 145 | 100 | 59            | 4,6 | 49 | 14,6 | 12,8        | 9,4  | 6,8             | 73         |  |  |  |
|         | B Blüte  | 317       | 225  | 9,3  | 540     | 371 | 54               | 367 | 131 | 104 | 44            | 4,5 | 42 | 13,6 | 14,0        | 5,3  | 7,4             | 72         |  |  |  |

\*phänologisches Entwicklungsstadium: Ä/R = Ähren-/Rispenstadien, v = vor, B = Beginn, M = Mitte; Gehaltswerte in g/kg TM; Zellulose = ADF - ADL

Tabelle 6: Effekte von erdiger Futterverschmutzung auf Inhaltsstoffe und Gärqualität in Grassilagen in Abhängigkeit der Projektjahre (LK-Silageprojekt 2024 vs. frühere Projekte)

| 2024    | Eisen     | mg | Proben | n | %    | Verschmutzung |      |     | Inhaltsstoffe |    |     |     | Gärqualität |      |      |      |                 |            |             |
|---------|-----------|----|--------|---|------|---------------|------|-----|---------------|----|-----|-----|-------------|------|------|------|-----------------|------------|-------------|
|         |           |    |        |   |      | CA            | Fe   | TM  | CP            | ZU | NEL | pH  | Ms          | Es   | Bs   | Eth  | NH <sub>3</sub> | DLG (1997) | Clostridien |
|         |           |    |        |   |      | g             | g    | g   | g             | g  | MJ  |     | g           | g    | g    | g    | %               | Punkte     | KBE/g       |
|         | <500      |    | 136    |   | 45,9 | 92            | 334  | 382 | 154           | 77 | 6,3 | 4,5 | 53          | 13,7 | 7,8  | 9,8  | 6,0             | 83         | 690         |
|         | 500-1000  |    | 96     |   | 32,4 | 99            | 678  | 388 | 148           | 64 | 6,1 | 4,4 | 58          | 14,9 | 7,8  | 7,6  | 6,2             | 84         | 663         |
|         | 1001-2000 |    | 47     |   | 15,9 | 115           | 1354 | 385 | 148           | 55 | 5,8 | 4,4 | 52          | 11,7 | 8,4  | 7,0  | 6,2             | 84         | 860         |
|         | >2000     |    | 17     |   | 5,7  | 157           | 3031 | 390 | 146           | 50 | 5,6 | 4,5 | 50          | 11,1 | 8,2  | 5,0  | 6,4             | 83         | 3355        |
| 2003-20 |           |    |        |   |      |               |      |     |               |    |     |     |             |      |      |      |                 |            |             |
|         | <500      |    | 849    |   | 44,4 | 89            | 331  | 382 | 147           | 73 | 6,1 | 4,6 | 53          | 13,5 | 12,1 | 11,9 | 7,5             | 74         | 1692        |
|         | 500-1000  |    | 664    |   | 34,7 | 99            | 702  | 373 | 148           | 62 | 6,0 | 4,5 | 53          | 15,8 | 11,6 | 10,4 | 7,4             | 75         | 2145        |
|         | 1001-2000 |    | 305    |   | 15,9 | 116           | 1363 | 380 | 144           | 57 | 5,8 | 4,6 | 46          | 12,8 | 13,0 | 8,8  | 7,2             | 73         | 3017        |
|         | >2000     |    | 95     |   | 5,0  | 151           | 2968 | 389 | 137           | 46 | 5,5 | 4,7 | 41          | 11,6 | 15,4 | 8,1  | 8,5             | 68         | 3682        |

Die Verunreinigung mit Wirtschaftsdüngern wurde bei den LandwirtInnen nur bei ca. 20 % der geernteten Futterpartien subjektiv wahrgenommen und dann vor allem in geringem Ausmaß. Die statistische Auswertung der Frage Wirtschaftsdüngerreste im Erntegut ergab keine tendenziellen bzw. signifikanten Wirkungen auf die Grassilagequalität.

### Anwelkgrad (TM-Gehalt)

Nach MUCK et al. (2003) ist der TM-Gehalt des einsilierten Futters der wichtigste Faktor, der direkt oder indirekt alle auftretenden physikalischen, biologischen und chemischen Prozesse im Silo beeinflusst. Die Erhöhung des TM-Gehaltes durch Anwelkung ist eine bewährte Methode die Buttersäurebildung zu reduzieren, um den Gärerfolg zu verbessern (WEISSBACH et al. 1977), aber auch den Anfall von Sickersaft zu verhindern (RESCH und BUCHGRABER 2006). Nach DLG (2025) wird ein TM-Gehalt von 300-400 g/kg Grassilage empfohlen. Im LK-Silageprojekt 2024 befanden sich 52 % der Grassilagen in diesem Empfehlungsbereich, 14 % fielen unter die Kategorie Nasssilage (TM < 300 g/kg) und 7 % in Kategorie Heulage (Gärheu). Die restlichen 27 % lagen zwischen 400-500 g TM/kg Grassilage und entsprachen damit einer Anwelksilage mit stärkerer Anwelkung. Die durchschnittliche Anwelkung war 2024 im 1. Aufwuchs um rund 20 g/kg höher, im 2. Aufwuchs tendenziell geringer und im 3. + Folgeaufwüchse auch um fast 20 g/kg höher als in den Jahren zuvor. Die in *Tabelle 7* angeführten linearen Regressionsmodelle zeigen, dass sich mit Ausnahme von Ethanol alle Gärungsprodukte mit zunehmendem TM-Gehalt verringern. Die Erklärung der Varianzen ( $R^2$ ) über die Regressionsanalyse war schwach ausgeprägt, ebenso die Korrelationen der Parameter bzgl. TM-Gehalt.

Tabelle 7: Lineare Regressionsmodelle für verschiedene Gärprodukte in Abhängigkeit des TM-Gehaltes (LK-Silageprojekt 2024)

| Parameter         | Lineares Modell                       | $R^2$ | Korrelationskoeffizient |
|-------------------|---------------------------------------|-------|-------------------------|
| Milchsäure        | $y = 103,352 - 0,115262 \text{ TM}$   | 10,4  | -0,32                   |
| Essigsäure        | $y = 28,2769 - 0,0369501 \text{ TM}$  | 8,6   | -0,3                    |
| Propionsäure      | $y = 1,2635 - 0,00217988 \text{ TM}$  | 8,4   | -0,29                   |
| Buttersäure       | $y = 22,8631 - 0,0400733 \text{ TM}$  | 11,7  | -0,34                   |
| Ethanol           | $y = 5,41413 + 0,00756421 \text{ TM}$ | 0,6   | 0,08                    |
| 1,2-Propandiol    | $y = 10,4573 - 0,0149994 \text{ TM}$  | 2     | -0,14                   |
| Summe Gärprodukte | $y = 171,437 - 0,201718 \text{ TM}$   | 17,7  | -0,42                   |

### Management (Ernte und Konservierung)

Mit der Entwicklung der Betriebe verändert sich ein Stück weit auch die Grassilagekonservierung, das zeigt das LK-Silageprojekt 2024. Die Silokubaturen der beprobten Flachsilos blieben nach langjährigem Anstieg erstmals mit 291 m<sup>3</sup> auf gleichem Niveau wie 2020. Die Bergeleistung pro Stunde stieg jedoch auf 51 m<sup>3</sup>/h an, somit wurden höhere Mengen sogar in tendenziell kürzerer Zeit einsiliert (*Tabelle 8*). Mit der Zunahme der Silogröße stieg auch das Walzgewicht der eingesetzten Fahrzeuge für die Verdichtungsarbeit auf durchschnittlich 10,6 t an. Bei einem durchschnittlichen TM-Gehalt von 367 g/kg Grassilage und einer mittleren Lagerungsdichte von 215 kg TM/m<sup>3</sup> beim Fahrsilo, kann je Kubikmeter ein Gewicht von 587 kg berechnet werden. Bei einer Bergeleistung von 51 m<sup>3</sup>/Stunde wären das 29,9 t Erntegut/Stunde. Die Faustregel nach RESCH et al. (2017b) besagt für das erforderliche Walzgewicht ein Drittel der stündlichen Bergeleistung, in diesem Fall wären mindestens 10 Tonnen notwendig, um eine ausreichende Verdichtung zu erreichen. Im Durchschnitt wurden damit die Vorgaben gut erfüllt. Das Rundballensystem ist in Österreich von Bedeutung und auch hier konnte eine Erhöhung der Schlagkraft beobachtet werden, weil mittlerweile mehr als 20 Ballen/Stunde mit einer durchschnittlichen Kubatur von rund 32 m<sup>3</sup>/Stunde produziert wurden. Bei einem

TM-Gehalt von 396 g/kg Grassilage und einem Ballengewicht von 653 kg FM wurden somit stündlich 13,4 t Grassilage mittels Pressballen im Jahr 2024 einsiliert.

Tabelle 8: Entwicklung der Siliersysteme und Kenngrößen von Leistungen für Grassilagen (LK-Silageprojekte 2003-2024)

| Management-Parameter               | 2003  | 2005  | 2007  | 2009  | 2016 | 2020  | 2024  | SD*  | Anzahl |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|--------|
| Siloraum Flachsilo [m³]            | 168   | 181   | 137   | 217   | 265  | 292   | 291   | 159  | 350    |
| Füllgeschwindigkeit [m³/h]         | 22    | 26    | 29    | 34    | 42   | 48    | 51    | 34,4 | 349    |
| Zeitdauer Befüllung [h]            | 7,7   | 6,9   | 4,8   | 6,4   | 6,3  | 6,1   | 5,8   |      |        |
| Walzgewicht [t]                    | 6,5   | 7,3   | 7,5   | 8,3   | 9    | 9,5   | 10,6  | 3,8  | 368    |
| Ballendurchmesser [cm]             | 126,3 | 127,4 | 127,5 | 127,8 | 128  | 128,7 | 128,4 | 7,3  | 256    |
| Schlagkraft Ballenproduktion [n/h] | 17,3  | 17,5  | 17,8  | 18,2  | 18,6 | 19,3  | 20,5  | 8,4  | 239    |
| Pressleistung [m³/h]               | 26    | 26,7  | 27,2  | 27,7  | 29   | 29,9  | 31,9  | 13,4 | 239    |

SD\* = Standardabweichung 2024

Tabelle 9: Effekt von Managementfaktoren auf die Gärqualität von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024)

| Managementfaktor | Verfahren             | pH         | Milchsäure | Essigsäure | Buttersäure | Ethanol    | NH <sub>3</sub> | DLG (1997) |
|------------------|-----------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-----------------|------------|
|                  |                       |            | g          | g          | g           | g          | %               | [Punkte]   |
| Mähwerk          | Trommel/Scheiben      | 4,4        | 61         | 14         | 5,9         | 6,1        | 5,3             | 87         |
|                  | Messerbalken          | 4,6        | 44         | 9          | 8,2         | 4,4        | 4,3             | 78         |
|                  | <b>Mähaufbereiter</b> | <b>4,3</b> | <b>67</b>  | <b>16</b>  | <b>3,4</b>  | <b>5,8</b> | <b>5,4</b>      | <b>91</b>  |
| Erntegerät       | <b>Feldhäcksler</b>   | <b>4,3</b> | <b>62</b>  | <b>10</b>  | <b>2,1</b>  | <b>5,5</b> | <b>3,9</b>      | <b>95</b>  |
|                  | Ladewagen             | 4,4        | 55         | 14         | 7,7         | 4,7        | 5,1             | 83         |
|                  | Ballenpresse          | 4,5        | 57         | 14         | 6,8         | 5,8        | 5,4             | 81         |
| theoretische     | <b>&lt; 3 cm</b>      | <b>4,4</b> | <b>60</b>  | <b>25</b>  | <b>3,7</b>  | <b>3,5</b> | <b>5,4</b>      | <b>89</b>  |
| Häcksellänge     | > 10 cm               | 4,5        | 57         | 14         | 7,1         | 6,6        | 4,8             | 84         |

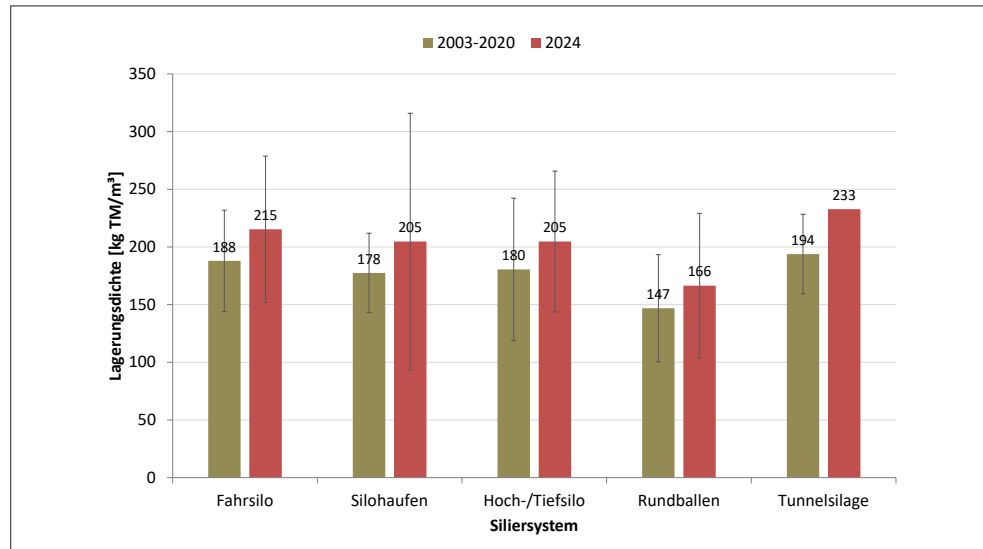
GLM-Konstanten: TM = 378 g/kg FM, CP 152 g, ADF 269 g, CA 99 g/kg TM

Im Erntemanagement 2024 konnten drei technische Einflussfaktoren hinsichtlich Wirkung auf die Gärqualität gegenüber RESCH (2021) bestätigt werden: Mähwerktyp, Art des Erntegeräts und die Schnitt-/Häcksellänge des Ernteguts (Tabelle 9). Die GLM-Analyse zeigte eine bessere Gärqualität beim Einsatz von Mähaufbereitern (Knickzetter oder Quetschwalze), sowie durch den Feldhäcksler, der das Erntegut kleiner 3 cm häckselt und damit die Gärfutterqualität signifikant verbesserte. Die ProjektteilnehmerInnen setzten 2024 bei der Ernte zu 31 % den Feldhäcksler ein, 32 % den Ladewagen und 37 % Ballenpressen, d.h. ein Plus von 11 % beim Feldhäcksler und ein Minus von 10 % beim Ladewagen im Vergleich zu 2020.

Die Verdichtung wird vom TM-Gehalt stark beeinflusst, daher wird nach RICHTER et al. (2009) eine ausreichend gute Lagerungsdichte  $[kg\ TM/m^3] \geq 3,42 \times TM\ [\%] + 91,4$  empfohlen. Erfreulicherweise hat sich gegenüber RESCH (2010) die Verdichtung in den verschiedenen Siliersystemen in Österreich im Jahr 2024 verbessert (Abbildung 6).

Bei Fahrsilos betrug die mittlere Lagerungsdichte 197 kg TM/m³ (GLM-Konstanten: TM 365 g/kg FM; ADF 266 g/kg TM; Walzgewicht 10,6 t; Silokubatur 304 m³; Anlieferung 53,8 m³/h). Der junge 1. Aufwuchs 2024 brachte es im Flachsilo auf 217 kg TM/m³, die Folgeaufwüchse blieben unterhalb von 192 kg TM/m³. Der Feldhäcksler konnte mit durchschnittlich 208 kg gegenüber dem Ladewagen mit 185 kg TM/m³ überzeugen, ein Effekt der theoretischen Häcksellänge. Im Fahrsilo mit Außenwänden (202 kg TM/m³) konnten höhere Lagerungsdichten als im Silohaufen ohne Wände (191 kg TM/m³) erreicht werden.

Abbildung 6: Einfluss des Siliersystems auf die Lagerungsdichte von Grassilagen (Mittelwerte aus deskriptiver Analyse)



Die Verteilung mit Front-/Radlader war signifikant besser ( $222 \text{ kg TM/m}^3$ ) als Ladewagen mit Dosierwalzen ( $192 \text{ kg TM/m}^3$ ) oder Siloverteiler ( $184 \text{ kg TM/m}^3$ ). Mit Erhöhung des TM-Gehaltes um  $10 \text{ g}$  nahm die Dichte um  $3,7 \text{ kg TM/m}^3$  zu,  $10 \text{ g}$  mehr ADF führte zu  $2,6 \text{ kg}$  weniger  $\text{TM/m}^3$ ,  $1 \text{ t}$  mehr Walzgewicht erhöhte um  $2 \text{ kg TM/m}^3$  und  $10 \text{ m}^3$  mehr Erntegut/Stunde senkte die Verdichtung um  $0,7 \text{ kg TM/m}^3$ .

Ballensilagen wurden 2024 im Durchschnitt auf  $164 \text{ kg TM/m}^3$  verdichtet (GLM-Konstanten:  $\text{TM } 399 \text{ g/kg FM}$ ,  $\text{ADF } 273 \text{ g/kg TM}$ , Ballendurchmesser  $129 \text{ cm}$ ;  $3,3$  Messern in der Presse;  $19,8$  Ballen/Stunde). Der 1. Aufwuchs wurde mit  $157 \text{ kg}$  deutlich schlechter verdichtet als der 2. Aufwuchs ( $166 \text{ kg TM/m}^3$ ) bzw. der 3. und Folgeschnitte mit  $170 \text{ kg TM/m}^3$ . Mit Fixkammerpressen ( $168 \text{ kg TM/m}^3$ ) wurde minimal dichter gepresst als mit einer variablen Presskammer ( $160 \text{ kg TM/m}^3$ ). Allerdings gelang es mit Ballenpressen stark angewelktes Erntegut entsprechend zu verdichten, das zeigt der lineare Anstieg der Dichte um  $3 \text{ kg TM}$  bei einer Erhöhung um  $10 \text{ g TM}$ . Der Fasergehalt hatte im Gegensatz zum Fahrsilo keinen Einfluss auf die Pressdichte der Ballen. Pressballen mit  $10 \text{ cm}$  größerem Durchmesser waren um  $10 \text{ kg}$  dichter. Die stärkste Wirkung eines technischen Effektes zeigte die Messerbestückung. Jedes zusätzliche Messer brachte  $13,7 \text{ kg TM/m}^3$  mehr an Lagerungsdichte in den Ballen, d.h. dass sich eine volle Bestückung des Schneidwerkes auf jeden Fall hinsichtlich Verringerung von Kubatur und Folienverbrauch bemerkbar macht.

### 3.1.2 Gärung in Grassilagen

Je nachdem welche Mikroorganismen an der Gärung des einsilierten Grünland- bzw. Feldfutters beteiligt sind und welche Umweltbedingungen herrschen, werden unterschiedliche Stoffwechselprodukte und -mengen in Grassilagen gebildet (MCDONALD et al. 1991). Die Bildung der gesamten Menge an Gärungsprodukten einer Grassilage ließ sich allein mit dem TM-Gehalt nur zu  $18 \%$  ( $R^2$ ) erklären, anhand verschiedener relevanter Einflussfaktoren mit Hilfe eines GLM immerhin zu  $46,4 \%$ . In der mehrfaktoriellen Analyse übten die Faktoren pH-Wert ( $\bar{x} 4,44$ ;  $\text{RK } -54,5 \text{ g}$ ), Aufwuchs, CP-Gehalt ( $\bar{x} 151 \text{ g/kg TM}$ ;  $\text{RK } +0,25 \text{ g}$ ) und TM-Gehalt ( $\bar{x} 378 \text{ g/kg}$ ;  $\text{RK } -0,06 \text{ g}$ ) einen hoch signifikanten, Seehöhe ( $\bar{x} 624 \text{ m}$ ;  $\text{RK } -0,015 \text{ g}$ ) und Zuckergehalt ( $\bar{x} 67 \text{ g/kg TM}$ ;  $\text{RK } -0,086 \text{ g}$ ) einen signifikanten sowie Wirtschaftsweise einen tendenziellen Einfluss aus. Keinen messbaren Effekt bewirkten das Siliersystem, die Schnittlänge, sowie CA-Gehalt ( $\bar{x} 100 \text{ g/kg TM}$ ;  $\text{RK } +0,015 \text{ g}$ ) und ADF-Gehalt ( $\bar{x} 269 \text{ g/kg TM}$ ;  $\text{RK } +0,10 \text{ g}$ ). Die in Klammer gesetzten Werte sind adjustierte Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) bzw. Regressionskoeffizienten (RK), welche bei Erhöhung des jeweiligen Parameters um eine Einheit anzeigen, in welcher Größenordnung sich die Summe an Gärprodukten in Bezug auf den mittleren Gehalt erhöht oder reduziert. So

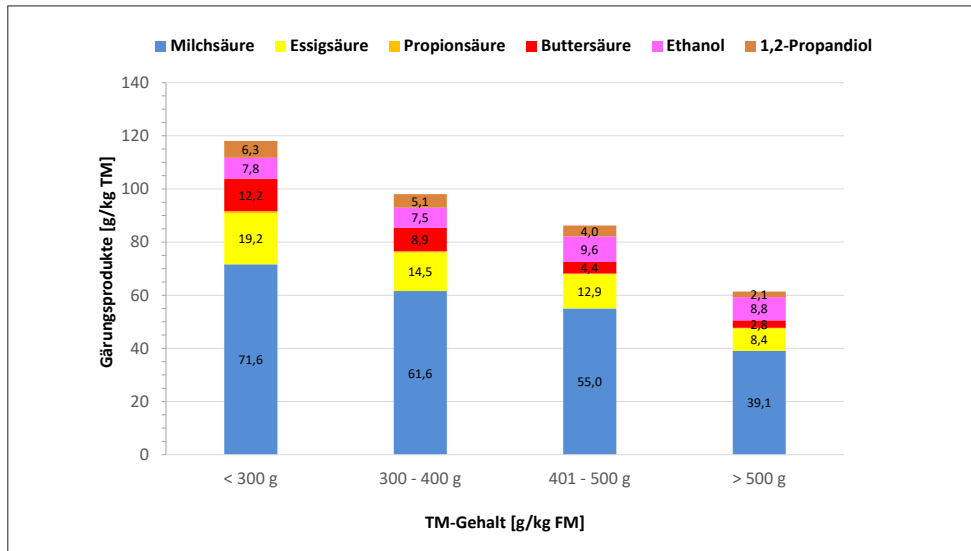


Abbildung 7: Gehalte unterschiedlicher Gärungsprodukte in Grassilagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes (LK-Silageprojekt 2024)

führte eine Erhöhung des TM-Gehaltes um 100 g/kg im Jahr 2024 zu einer Senkung der Gärprodukte um 6 g/kg TM (Abbildung 7), während die puffernde Wirkung von Rohprotein bei dessen Zunahme zu einer Erhöhung der Gärproduktebildung führte – siehe nachstehendes Beispiel.

*Beispiele für Effekte bei einem Gärproduktmittelwert von 85 g/kg TM:*

Mittelwert pH-Wert 4,44, RK -54,5 g; Erhöhung auf pH-Wert 5,44 → 30,5 g Gärprodukte/kg TM

Mittelwert CP 151 g/kg TM, RK +0,25 g; Erhöhung auf CP 171 g/kg TM → 90 g Gärprodukte/kg TM

Im Gegensatz zu früheren Projektjahren (RESCH 2021), konnte im Jahr 2024 eine deutliche Reduktion der Buttersäuregehalte bei Nass- und Anwelksilagen beobachtet werden, insbesondere im 1. Aufwuchs – Mittelwert 8,2 g/kg TM, im Vergleich zu 13,4 g/kg TM (2003-2020). Den Buttersäure-Orientierungswert von < 3 g/kg TM (DLG 2006) überschritten aktuell 58 % der eingesendeten Grassilagen, in den Jahren davor war das Niveau noch auf 80 % an Überschreitungen des Buttersäure-OW. Nach ROOKE und HATFIELD (2003) ist der Fermentationsweg von saccharolytischen Clostridien ( $2 \text{ Laktat} + \text{ADP} + \text{P}_a \rightarrow \text{Butyrat} + 2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2 + \text{ATP} + \text{H}_2\text{O}$ ) sehr energieaufwendig, daher bewirkte die verringerte Buttersäurebildung auch geringere TM- und Energieverluste im Jahr 2024 in der anaeroben Phase (RESCH et al. 2024).

## pH-Wert

Die möglichst schnelle Senkung des pH-Wertes ist nach PAHLOW et al. (2003) der Schlüssel zur Kontrolle von Enterobakterien und Clostridien wie *Clostridium butyricum* und *C. tyrobutyricum*. Nach DLG (2006) gilt es den definierten kritischen pH-Wert, der sich in Abhängigkeit des TM-Gehaltes ändert, zu unterschreiten (bis TM-Gehalt von 450 g/kg FM:  $\text{pH} < 0,004 \times \text{TM [g]} + 3,2$ ; ab 450 g/kg FM  $\text{pH-Wert} < 5,0$ ), ansonsten vermehren sich die Gärschädlinge bis eine hemmende Konzentration an undissoziierten Säuren und/oder ein ausreichend niedriger pH-Wert erreicht ist. Im gegenständlichen LK-Silageprojekt 2024 zeigten sich signifikant negative Auswirkungen auf die Gärprodukte, wenn der kritische pH-Wert zum Zeitpunkt der Beprobung nicht unterschritten wurde in der Form, dass Fehlgärungen und Proteinabbau deutlich zunahmen, Milch- und Essigsäure sowie 1,2-Propandiol abnahmen (Tabelle 10). Im Jahr 2024 lagen nur 21 % der

Grassilagen über dem kritischen pH, während es 2020 insgesamt an die 38 % waren. Eine gute pH-Absenkung sorgte auch dafür, dass die Keimzahlen an Clostridien (psC) deutlich verringert werden konnten. Der psC-Richtwert < 500 KBE/g Grassilage wurde im Durchschnitt nur bei einer pH-Unterschreitung von mehr als 0,4 pH-Punkten knapp erreicht, ebenso der Buttersäure-Orientierungswert von < 3 g/kg TM (*Tabelle 10*). Im Vergleich zum Jahr 2020 waren die aktuellen Keimgehalte an psC deutlich geringer. Somit zeichnet sich das Projektjahr 2024 durch einen im Durchschnitt deutlich besseren und wahrscheinlich auch schnelleren Gärverlauf aus.

Tabelle 10: Auswirkungen von pH-Abweichungen gegenüber dem kritischen pH-Wert auf verschiedene Parameter der Gärqualität bei einem mittleren TM-Gehalt von 379 g/kg FM (LK-Silageprojekt 2024 vs. 2020)

| Parameter                 | Einheit    | Abweichung zum kritischen pH-Wert |                   |                   |                   |
|---------------------------|------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                           |            | < -0,4                            | -0,4 bis 0        | 0 bis 0,4         | > 0,4             |
| Probenanzahl              | n          | 226                               | 297               | 129               | 14                |
| Proben                    | %          | <b>33,9</b>                       | <b>44,6</b>       | <b>19,4</b>       | <b>2,1</b>        |
| Milchsäure                | g/kg TM    | 79,6 <sup>c</sup>                 | 56,7 <sup>b</sup> | 35,4 <sup>a</sup> | 25,9 <sup>a</sup> |
| Essigsäure                | g/kg TM    | 17,9 <sup>c</sup>                 | 14,0 <sup>b</sup> | 9,5 <sup>a</sup>  | 5,4 <sup>a</sup>  |
| Propionsäure              | g/kg TM    | 0,3 <sup>a</sup>                  | 0,4 <sup>a</sup>  | 0,6 <sup>b</sup>  | 1,3 <sup>c</sup>  |
| Buttersäure               | g/kg TM    | 3,8 <sup>a</sup>                  | 6,8 <sup>b</sup>  | 15,3 <sup>c</sup> | 19,0 <sup>c</sup> |
| Ethanol                   | g/kg TM    | 7,6 <sup>a</sup>                  | 7,8 <sup>a</sup>  | 9,8 <sup>a</sup>  | 16,6 <sup>b</sup> |
| 1,2-Propandiol            | g/kg TM    | 5,9 <sup>b</sup>                  | 5,4 <sup>b</sup>  | 1,8 <sup>a</sup>  | 0,3 <sup>ab</sup> |
| NH <sub>3</sub> -N        | % von N    | 5,7 <sup>a</sup>                  | 6,0 <sup>a</sup>  | 6,8 <sup>b</sup>  | 7,9 <sup>b</sup>  |
| Punkte                    | DLG (1997) | 95,9 <sup>d</sup>                 | 85,1 <sup>c</sup> | 66,3 <sup>b</sup> | 50,8 <sup>a</sup> |
| Clostridien               | KBE/g FM   | 494 <sup>a</sup>                  | 611 <sup>a</sup>  | 1526 <sup>a</sup> |                   |
| <b>Silageprojekt 2020</b> | n          | 172                               | 394               | 281               | 63                |
| Proben                    | %          | <b>18,9</b>                       | <b>43,3</b>       | <b>30,9</b>       | <b>6,9</b>        |
| Buttersäure               | g/kg TM    | 8,0 <sup>a</sup>                  | 10,7 <sup>b</sup> | 18,2 <sup>c</sup> | 24,0 <sup>d</sup> |
| Clostridien               | KBE/g FM   | 1093 <sup>a</sup>                 | 1907 <sup>b</sup> | 2738 <sup>c</sup> | 3959 <sup>d</sup> |

### 3.1.3 Siliermittel zu Grassilagen

Der Einsatz von Siliermitteln in Grassilagen stieg von 21 % (RESCH 2021) auf 35 % im Jahr 2024 an, wobei 30 % Milchsäurebakterien (MSB), 3 % chemische Produkte wie Säuren und Salzverbindungen sowie 2 % auf sonstige Produkte (z.B. Molke u.a.) entfielen. Bezogen auf Siliersysteme wurden 19 % der Ballensilagen, 39 % der Hoch-/Tiefsilos, 44 % der Flachsilo und 75 % der Silohaufen behandelt. Die Applikation der eingesetzten Produkte erfolgte zu 93 % mit Dosierautomaten, wobei die händische Verteilung vorwiegend bei chemischen Produkten zu finden war und dort einen Anteil von 45 % ausmachte. In der Bewertung des Siliererfolges stehen folgende Parameter im Fokus: Buttersäuregehalt, pH-Wert, Essigsäuregehalt und Ammoniakgehalt. Darüber hinaus werden für die Grassilagen aus 2024 zusätzlich Ethanol und 1,2-Propandiol näher beleuchtet.

Buttersäuregehalte konnten im Jahr 2024 durch Applikation von Milchsäurebakterien (MSB) signifikant um mehr als die Hälfte verringert werden (*Tabelle 11*). Dabei wirkten rein homofermentative Milchsäurebakterien (MSBho) anders als heterofermentative (MSBhe). MSBho produzierten mehr Milchsäure und senkten den pH effektiver ab, sodass in der Grassilage etwas mehr Zucker und Energie übrig blieben. Gleichzeitig ist bei MSBho-Silagen ein höherer Ethanolgehalt, weniger Essigsäure bzw. 1,2-Propandiol sowie ein verringerter NH<sub>3</sub>-Anteil auffällig. Nach DLG (2025) erfordern MSBho-Silagen genügend starke Verdichtung und einen ausreichenden Vorschub, weil deren aerobe

Stabilität (ASTA) nach Siloöffnung geringer ist. Mit MSBhe oder MSBho/he behandelte Grassilagen hingegen haben durchschnittlich 5 g höhere Essigsäuregehalte, signifikant mehr 1,2-Propandiol und weniger Zucker in der Grassilage, d.h. diese Art der Milchsäuregärung braucht mehr Energie, dafür weisen die Grassilagen eine höhere ASTA auf (WILKINSON und DAVIES 2013). Details zur Siliermittelwirkung in unterschiedlichen Silosystemen und TM-Gehalten sind in *Tabelle 16* (Anhang) dargestellt.

Tabelle 11: Effekte des Einsatzes von Siliermitteln (SM) auf Inhaltsstoffe und Parameter der Gärqualität (LK-Silageprojekt 2024; GLM-Konstanten: TM 378 g/kg FM, ADF 270 g/kg TM, CA 100 g/kg TM)

| Parameter         | CP<br>g | ZU<br>g   | OMD<br>% | ME<br>MJ | pH          | MS<br>g   | ES<br>g     | PS<br>g | BS<br>g    | Eth<br>g | 1,2-P<br>g | NH <sub>3</sub> -N<br>% | DLG<br>Punkte |
|-------------------|---------|-----------|----------|----------|-------------|-----------|-------------|---------|------------|----------|------------|-------------------------|---------------|
| <b>Mittelwert</b> | 158     | 67        | 73,5     | 10,17    | 4,46        | 60        | 11,3        | 0,3     | 4,9        | 6,0      | 2,0        | 5,2                     | 85            |
| <b>P-Wert</b>     | ns      | 0,04      | ns       | ns       | <0,01       | 0,01      | <0,01       | ns      | <0,01      | ns       | <0,01      | 0,15                    | <0,01         |
| ohne SM           | 158     | <b>71</b> | 73,5     | 10,17    | <b>4,56</b> | <b>53</b> | <b>9,9</b>  | 0,3     | <b>6,3</b> | 6,4      | <b>0,6</b> | 5,5                     | <b>82</b>     |
| SM Chemie         | 162     | <b>67</b> | 73,3     | 10,15    | <b>4,40</b> | <b>66</b> | <b>11,0</b> | 0,3     | <b>5,2</b> | 6,4      | <b>1,0</b> | 5,3                     | <b>85</b>     |
| SM MSB            | 158     | <b>61</b> | 73,4     | 10,16    | <b>4,45</b> | <b>57</b> | <b>14,9</b> | 0,2     | <b>2,8</b> | 5,8      | <b>8,2</b> | 5,0                     | <b>89</b>     |
| SM MSB WR5*       | 153     | <b>71</b> | 73,9     | 10,24    | <b>4,36</b> | <b>73</b> | <b>6,3</b>  | 0,2     | <b>2,7</b> | 7,6      | <b>0,5</b> | 4,9                     | <b>90</b>     |
| SM Sonstige       | 157     | <b>62</b> | 73,3     | 10,15    | <b>4,56</b> | <b>49</b> | <b>14,1</b> | 0,3     | <b>7,3</b> | 3,6      | <b>1,1</b> | 5,4                     | <b>80</b>     |

Einheiten: g oder MJ je kg TM; NH<sub>3</sub>-N in % von N-total; Punkte nach DLG (1997)

\*SM MSB WR5 = Siliermittel mit Milchsäurebakterien der DLG-Wirkungsrichtung 5 (Hemmung der Vermehrung von Clostridien)

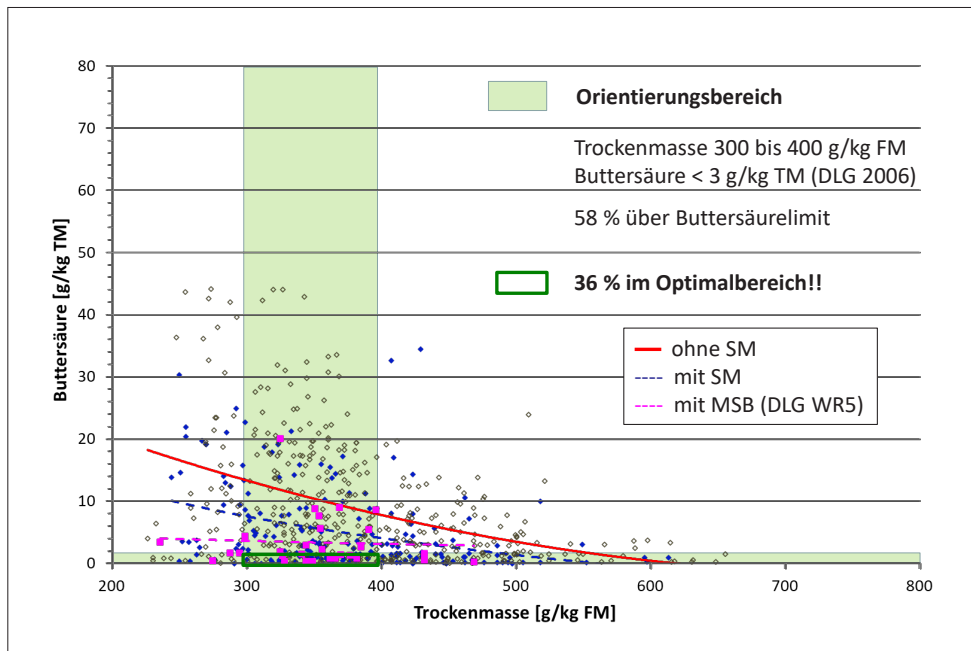
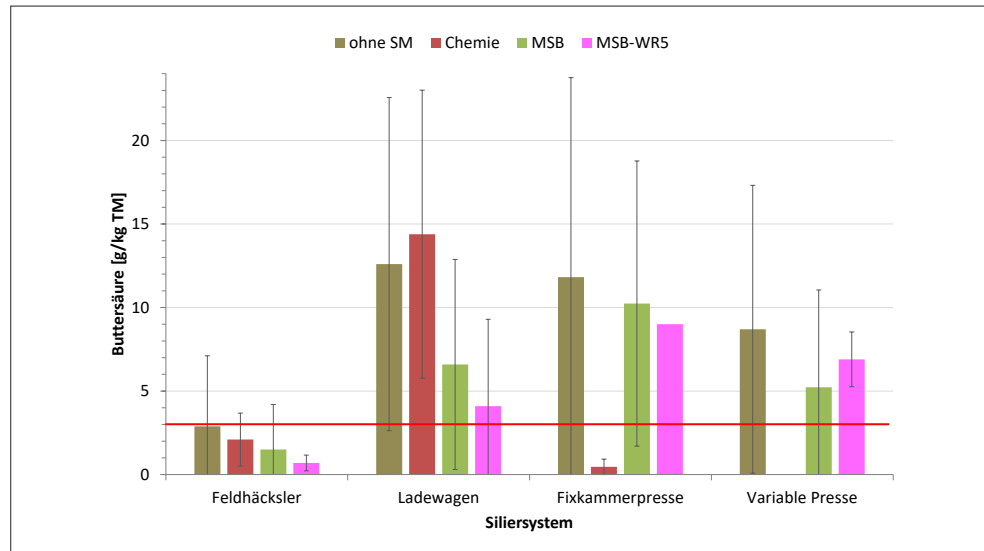


Abbildung 8: Einfluss von angewendeten Siliermitteln auf den Buttersäuregehalt von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024; WR5 = DLG-Wirkungsrichtung 5 zur Verhinderung der Vermehrung von Clostridien – siehe <https://siliermittel.dlg.org/gras/entscheidungshilfe/WR5>)

Die Siliermittelwirkung gegenüber Clostridien hat allgemein gesehen funktioniert, aber nicht in allen Grassilagen angeschlagen, das zeigen die Ausreißer in *Abbildung 8*. Die Einhaltung der empfohlenen Dosierung und eine gute Verteilung sind Grundvoraussetzung für die erwartete Wirkung. Darüber hinaus können Umwelt- und Managementfaktoren die Siliermittelwirkung, und damit auch den Erfolg herabsetzen. Es stellte sich auch heraus, dass die eingesetzten Siliermittel nicht bei jedem Ernteverfahren gleich wirkten (*Abbildung 9*). Im LK-Silageprojekt 2024 konnte die schlechte Wirkung der händischen Siliermittel-Verteilung bestätigt werden, allerdings nur an 13 Silageproben, die im Durchschnitt 12,9 g Buttersäure/kg TM enthielten, im Vergleich zu 6,9 g BS/kg TM mit

Abbildung 9: Effekt von Erntegerät und Siliermitteleinsatz auf den Buttersäuregehalt von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024)



Dosierautomaten. Ähnlich war es um streufähige Produkte bestellt, die mit 12,6 g BS/kg TM schlechter abschnitten als bei Flüssigdosierung mit 7,3 g BS/kg TM. Schließlich kam die oberflächliche Anwendung auch ungünstig davon, weil hier gerne händisch und mit streufähigen Produkten gearbeitet wurde.

Anhand der Ergebnisse aus mehreren LK-Silageprojekten inkl. 2024 konnte nachgewiesen werden, dass der Einsatz von chemischen Siliermitteln auf Basis von Säuren und Salzverbindungen im Durchschnitt nicht den erwarteten besseren Siliererfolg erbringen konnte, d.h. für diese Produkte muss die Anwendung jedenfalls optimiert werden. Hingegen erzielten zugesetzte Milchsäurebakterien (MSB) durchschnittlich signifikante Verbesserungen in der Gärqualität. Die Wirkung der MSB-Siliermittel hängt mit einer schnelleren Säuerung und damit der Reduktion von Clostridienvermehrung und Buttersäuregehalt zusammen, wenn die Bedingungen eine gute MSB-Vermehrung ermöglichen. Einsatzgrenzen für MSB sind: starke Erdverschmutzung, TM-Gehalt kleiner 250 g/kg, wenig Zucker im Erntegut (Leguminosen, zu lange Feldphase) und Lufttemperaturen unter 5-8°C. Siliermitteleinsatz erfordert Fachwissen zu Fragen der Wirkungsweise von Produkten auf verschiedene Futterpflanzen (Silierbarkeit, TM-Bereich u.a.) und den herrschenden Bedingungen. Wenn Siliermittel verwendet werden, dann liefern DLG-geprüfte Produkte wichtige Informationen zur Wahl der Wirkungsrichtung – Entscheidungshilfe Siliermittelwahl unter <https://siliermittel.dlg.org/gras>.

### 3.1.4 Erkenntnisse zu 1,2-Propandiol in Grassilagen

Der Stoff 1,2-Propandiol ist in der Milchviehfütterung auch als Propylenglykol bekannt und wird dort als Energielieferant eingesetzt (NIELSEN et al. 2004), wobei es bei einer Überdosierung von mehr als 500 g/Tag zu toxischen Effekten während der Stoffwechselprozesse kommen kann (ZHANG et al. 2020).

Ein Schwerpunkt des LK-Silageprojektes 2024 war es, die Gärqualität hinsichtlich der effektiven Wirkung von zugesetzten Milchsäurebakterien (MSB) besser bewerten zu können. Nach DRIEHUIS et al. (2001) wird in erster Linie durch die heterofermentative MSB-Gattung *Lactobacillus buchneri* das Gärungsprodukt 1,2-Propandiol erzeugt, jedoch nicht durch homofermentative MSB. Wir konnten tatsächlich nachweisen, dass in Silagen mit zugesetzten MSBho kaum 1,2-Propandiol gebildet wurde, hingegen entstanden in 14 % der unbehandelten Grassilagen mehr als 5 g/kg TM an 1,2-Propandiol. Offensichtlich hat die Gärung ohne MSB-Zusatz auch zum Teil MSBhe begünstigt, die in der Lage waren namhafte Gehalte an 1,2-Propandiol zu bilden. Bei Applikation von reinen MSBhe oder

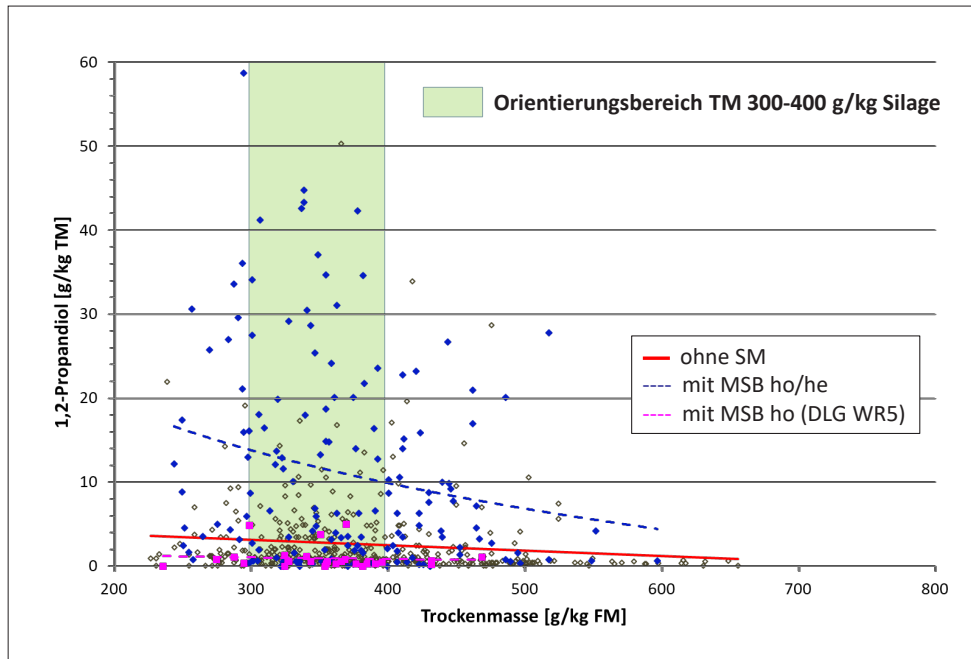


Abbildung 10: Einfluss der Art des Siliermittels und des TM-Gehaltes auf den Gehalt an 1,2-Propandiol in Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024)

einer Mischung von MSBhe und MSBho traten 1,2-Propandiol-Gehalte bis zu 60 g/kg TM auf. Angesichts der hohen Gehalte muss in der Fütterung darauf geachtet werden, dass solche Grassilagen limitiert bzw. mit anderen Chargen vermengt werden müssen, um Probleme zu verhindern. In der Tendenz hatten Nasssilagen mit 25 % TM ca. 17 g 1,2-Propandiol und Heulage mit mehr als 50 % TM weniger als 7 g/kg TM (Abbildung 10). In der GLM-Analyse konnten 66 % ( $R^2$ ) der Datenvarianz von 1,2-Propandiol erklärt werden. Der stärkste Zusammenhang war mit dem Essigsäuregehalt festzustellen, welche ebenfalls durch MSBhe verstärkt gebildet wird. Bei Anstieg um 10 g Essigsäure, nahm 1,2-Propandiol um 6,7 g/kg TM zu. Tendenziell erhöht wurde 1,2-Propandiol bei Zunahme von TM, pH-Wert, Buttersäure und Ethanol. Tendenziell senkend wirkten sich zunehmende Gehalte an ADF, Zucker, Milch- und Propionsäure sowie  $\text{NH}_3\text{-N}$  aus (Tabelle 12). Neben diesen Effekten hatte auch der Aufwuchs einen Einfluss, indem der 1. Aufwuchs mit 5,8 g/kg TM mehr enthielt als die Folgeaufwüchse mit etwa 3,5 g/kg TM an 1,2-Propandiol.

### 3.1.5 DCAB – Kationen/Anionen-Bilanz

Nach HOFFMANN (2021) beeinflussen der Gehalt und das Verhältnis der Kationen Kalium ( $\text{K}^+$ ) und Natrium ( $\text{Na}^+$ ), sowie der Anionen Schwefel ( $\text{S}^-$ ) und Chlor ( $\text{Cl}^-$ ) zueinander in der Ration den Säuren-Basen-Haushalt und können Pansenfermentationsstörungen, Azidosen, Alkalosen, Gebärparese (Milchfieber), Osteoporosen (auch bei Junggrindern) u.a. auslösen. Chlor wird nach GFE (2023) zu 95 % von Milchkühen verwertet, der  $\text{Cl}^-$ -Bedarf liegt zwischen 2 bis ca. 4 g/kg TM.

Im LK-Silageprojekt 2024 wurden von insgesamt 44 Grassilagen Chlorgehalte untersucht, sodass es erstmals möglich war DCAB (Dietary Cationen-Anionen-Balance) zu berechnen. Die durchschnittlichen  $\text{Cl}^-$ -Gehalte lagen in den Grassilagen bei 6,5 g/kg TM (Werte von 1,0 bis 11,8 g/kg TM). Die DCAB-Werte schwankten von 242 bis 713 mval/kg TM, bei einem Mittelwert von 528 mval/kg TM. Aufgrund der wenigen Ergebnisse werden von den vorhandenen Grassilageproben des Projektjahres 2024 weitere Chlorbestimmungen durchgeführt, um die Datenlage zu DCAB in Österreich zu verbessern.

Tabelle 12: Einflüsse von Parametern auf den Gehalt an 1,2-Propandiol von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2024)

| Parameter       | 1,2-P<br>g | TM<br>g | CP<br>g | ADF<br>g | ZU<br>g | pH    | MS<br>g | ES<br>g | PS<br>g | BS<br>g | Eth<br>g | NH <sub>3</sub> -N<br>% |
|-----------------|------------|---------|---------|----------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------------------|
| Mittelwerte     | 4,4        | 378     | 151     | 270      | 67      | 4,45  | 59      | 13,9    | 0,4     | 7,6     | 7,9      | 6,1                     |
| P-Wert          |            | 0,01    | 0,64    | 0,08     | 0,00    | 0,94  | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,01    | 0,20     | 0,34                    |
| Koeffizienten** |            | 0,011   | -0,006  | -0,019   | -0,027  | 0,090 | -0,084  | 0,671   | -1,900  | 0,084   | 0,040    | -0,158                  |

Einheiten: g je kg TM; NH<sub>3</sub>-N in % von N-total

\*\*Koeffizienten: Werte zeigen den Effekt auf den Parameter bei Erhöhung um eine Einheit (z.B. 1 g/kg TM)

### 3.1.6 Fazit zu Grassilagequalitäten 2024

Das Projektjahr 2024 muss bei den Grassilagen als außergewöhnliches Jahr betrachtet werden, weil die warmen Wetterbedingungen im Frühjahr bei vielen Betrieben beim 1. Aufwuchs zu einem früheren Erntezeitpunkt und zu deutlich höheren Rohprotein- und geringeren Strukturgehalten führten. Die OM-Verdaulichkeit und Energiekonzentration waren 2024 spürbar besser als in den Vorjahren, aber auch die Gärqualität wurde positiv beeinflusst, weil die Buttersäuregehalte speziell im 1. Aufwuchs abnahmen.

Im Ernte- und Konservierungsmanagement wurden die positiven Effekte der Anwelkung, geringer Erdkontamination und kurzer theoretischer Häcksellänge wiederum bestätigt. Sehr gut wirkte die Erhöhung der Messeranzahl im Ballenpressen-Schneidwerk auf eine höhere Lagerungsdichte.

Im **Schwerpunkt Düngung** konnte der positive Effekt des Schleppschuh-Verfahrens bei Gülledüngung auf den Buttersäuregehalt gegenüber dem Prallkopfverteiler bestätigt werden. Erstmals konnte auch ein Vorteil der Gülleseparierung bzgl. Silagequalität nachgewiesen werden. Darüber hinaus führte die mineralische N-Düngung zur Senkung der Buttersäuregehalte aufgrund der bekannten Nitratwirkung gegen Clostridien. Hinsichtlich Schwefelbedarf ergab die Auswertung für 2 % einen ertragswirksamen und für 16 % der Grassilagebetriebe einen latenten Schwefelmangel. Die Schwefeldüngung konnte die S-Gehalte in der Grassilage tatsächlich erhöhen, allerdings zeigten sich keine signifikanten Wirkungen des mehr an Schwefel im Futter bzgl. der Qualitätseigenschaften der Grassilagen.

Der zweite **Schwerpunkt Siliermitteleinsatz** brachte heraus, dass 2024 bereits ein Drittel der Teilnehmer Siliermittel einsetzten. Der durchschnittlich bessere Siliererfolg konnte speziell durch Einsatz von Milchsäureprodukten erzielt werden, weil diese zu einer schnelleren Milchsäuregärung führten und damit die Clostridien besser in Schach hielten. Homofermentative MSB der DLG-Wirkungsrichtung 5 (Hemmung der Vermehrung von Clostridien) funktionierten im Durchschnitt gut, wobei die geringeren Essigsäuregehalte höhere Aufmerksamkeit hinsichtlich Verdichtung und Vorschub verlangen. Zugesetzte heterofermentative MSB produzierten tatsächlich signifikante Mengen an 1,2-Propandiol und Essigsäure, darum wurde bei diesen Silagen mehr Zucker verbraucht, aber die aerobe Stabilität im Durchschnitt erhöht. Das Wissen zu Gehalten an 1,2-Propandiol (Propylen-glykol) ist für LandwirtInnen wichtig, weil die tägliche Menge in der Milchkuration mit 500 g/Tag limitiert ist. Die eingesetzten chemischen Siliermittel führten im Durchschnitt nicht zu den erwarteten Erfolgen, weil die händische Anwendung oder streufähige Produkte nicht die gewünschte Wirkung erreichten.

### 3.2 Maissilagequalitäten in Österreich

Im Jahr 2024 wurden von den ProjektteilnehmerInnen durchschnittlich 6 ha Silomais mit Reifezahlen (RZ) von 210 bis 490 auf Seehöhen von 170 bis 970 m angebaut. In der Tendenz zeigte sich, dass 2024 höhere Reifezahlen auf gleicher Seehöhe angebaut wurden als 2020 (*Abbildung 11*) – z.B. auf 500 m Seehöhe: RZ 272 (2020) bzw. RZ 298

(2024). Im Datenbestand betrug der Anteil der Milchviehbetriebe 41 % (5,6 ha Silomais/Betrieb), jener der Mastbetriebe 52 % (10,3 ha Silomais/Betrieb), der Rest von 7 % entfiel auf Mutterkuhbetriebe (1,7 ha Silomais/Betrieb). Die Silomais-Anbauzeit 2024 erstreckte sich von 28. März bis 29. Mai, die Ernte von 16. August bis 23. Oktober. Im Durchschnitt lagen 134 Tage zwischen Anbau und Ernte, wobei diese Zeitspanne signifikant vom Anbaudatum, der Seehöhe, der Kornreife (Stärkegehalt), sowie der Reifezahl und dem ADF-Gehalt der Maissilage beeinflusst wurde.

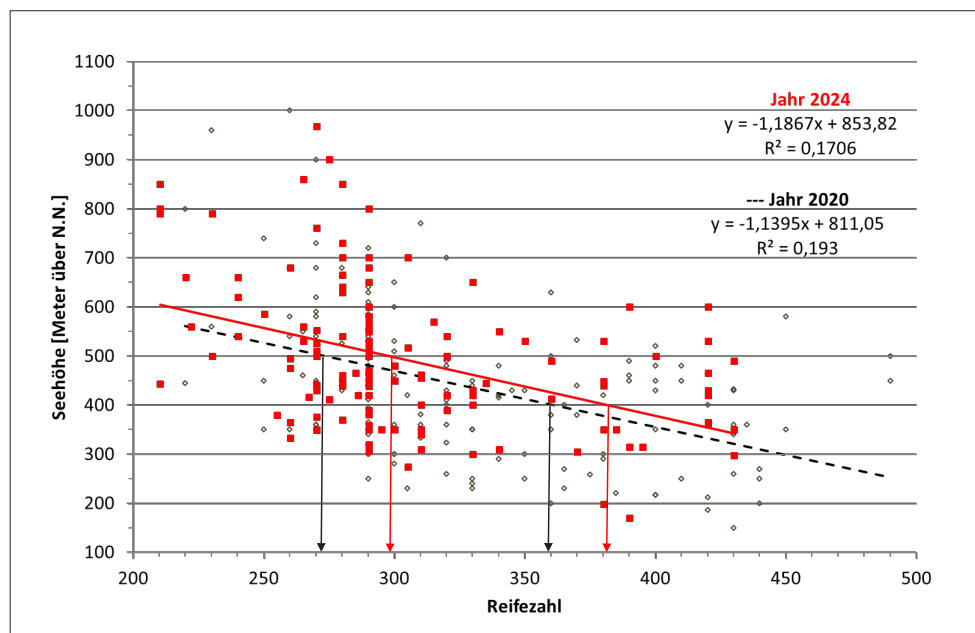


Abbildung 11: Reifezahl und Seehöhe bei Maissilagen in Österreich (LK-Silageprojekt 2020 vs. 2024)

Folgende Schäden traten an den Maiskulturen im Jahr 2024 anteilmäßig auf: 2 % Frost, 1,7 % Beulenbrand (bis max. 15 %), 2,3 % Insekten (bis max. 40 %), 1,4 % Hagel (bis max. 30 %) und 39 % verzeichneten Trockenschäden (bis 100 %), sodass nur 36 % der TeilnehmerInnen den Silomais ohne Schädigungen ernten konnten.

### 3.2.1 Reifezustand von Silomais

Nach ALLEN et al. (2003) bestimmt im Wesentlichen die Kolbenreife und das Abreifeverhalten der Pflanze den Erntezeitpunkt von Silomais. Der TM-Gehalt der Maissilage soll 300 bis 380 g TM/kg FM und einen Stärkeanteil von mehr als 320 g/kg TM aufweisen (Empfehlung lt. DLG 2025) – dieser Zustand ist bei Mitte bis Ende der Teigreife der Körner erreichbar. 82 % der TeilnehmerInnen gaben an in diesem Stadium geerntet zu haben, 8 % zu Beginn Teigreife und 12 % bei Vollreife. Laut Analyse lagen 2023 und 2024 61 % der Maissilagen im empfohlenen TM-Bereich, 3-4 % waren unterhalb von 30 % TM und rund 35 % über 38 % TM. Nach GUGGENBERGER et al. (2022) schwanken bei den Maissilagen die Jahresmittelwerte in den letzten 10 Jahren zwischen 340 bis 380 g/kg FM, mit einer tendenziellen Zunahme um 7 g TM in 10 Jahren. In *Tabelle 14* stellt sich der zunehmende Trend bei TM-Mittelwerten der ProjektteilnehmerInnen deutlich stärker dar. Beim Stärkegehalt kamen 79 % (2023) und nur 54 % in 2024 in den geforderten Zielbereich. Mehr als 400 g Stärke/kg TM erreichten 12 % der untersuchten Maissilagen. Die grafische dargestellte Beziehung der TM- und Stärkegehalte in *Abbildung 12* zeigt, dass sich die Jahre 2023 und 2024 voneinander unterschieden, weil bei gleichem TM-Gehalt von ~ 370 g/kg Maissilage die durchschnittlichen Stärkegehalte von 350 g/kg TM (2023) deutlich höher lagen als 2024 mit 323 g/kg TM. Der Kurvenverlauf 2024 flacht bei ca. 38-40 % TM ab, d.h. dass die Störkeeinlagerung bei hohen TM-Gehalten tendenziell geringer wurde als 2023. Der mittlere Trend von 2015 bis 2024 liegt dazwischen, wobei

hier die Abflachung des Stärkegehaltes im oberen TM-Bereich über 40 % TM noch klarer zum Vorschein kommt. Die Datenvarianz des Stärkegehaltes in Maissilagen konnte über das Regressionsmodell: Stärke [g/kg TM] =  $625,59 + 0,2397\text{TM [g/kg FM]} - 1,67\text{ADF [g/kg TM]}$  mit einem  $R^2$  von 83 % recht gut erklärt werden.

Nach TERLER et al. (2017) geht die effektive Nährstoffabbaubarkeit mit zunehmender Reife deutlich zurück, darum führte beispielsweise eine um 1 % verringerte Pansenabbaubarkeit bei Maissilage zu einem Rückgang der Futteraufnahme um 0,35 kg TM und zu einer sinkenden Milchleistung von 0,7 Liter pro Kuh und Tag. In *Abbildung 13* ist zu erkennen, dass beim Erreichen des TM-Gehaltes von 400 g/kg Maissilage, der ADF-Gehalt tendenziell auf einem Plateau von 210 g/kg TM stagnierte, aber im Durchschnitt nicht weiter abnahm. Außerdem erhöhte sich mit Zunahme des TM-Gehaltes der Anteil an braunen Maisblättern, ein wichtiger Aspekt der Abreife – bei 30 % TM waren ca. 10 %, bei 37 % bereits 1/3 und bei 50 % TM schon 2/3 braune Blätter zu verzeichnen.

Abbildung 12: Beziehung TM- und Stärkegehalt in Maissilagen (Futtermittellabor Rosenau 2023 vs. 2024)

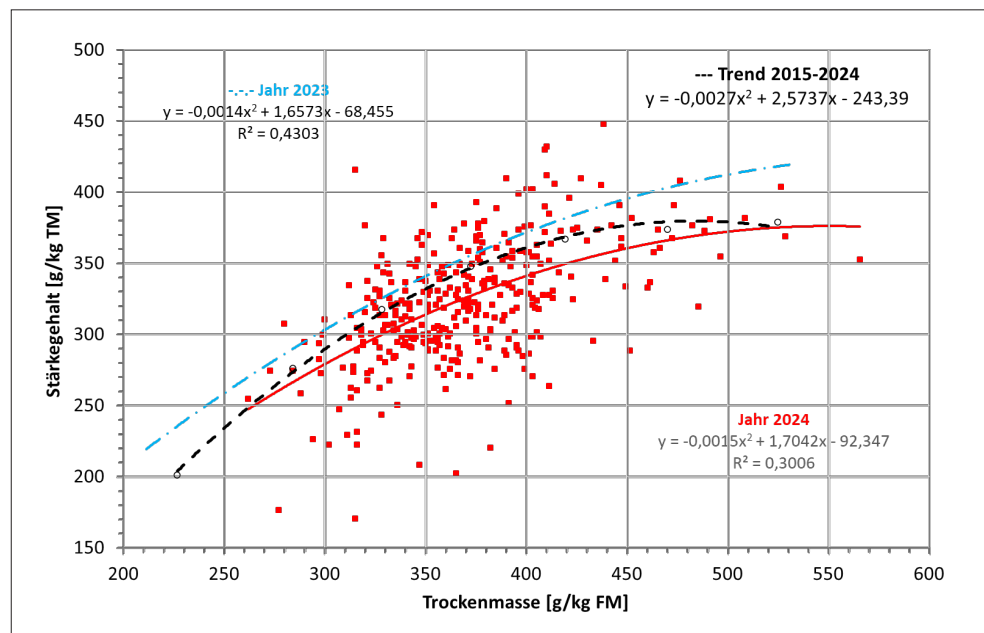
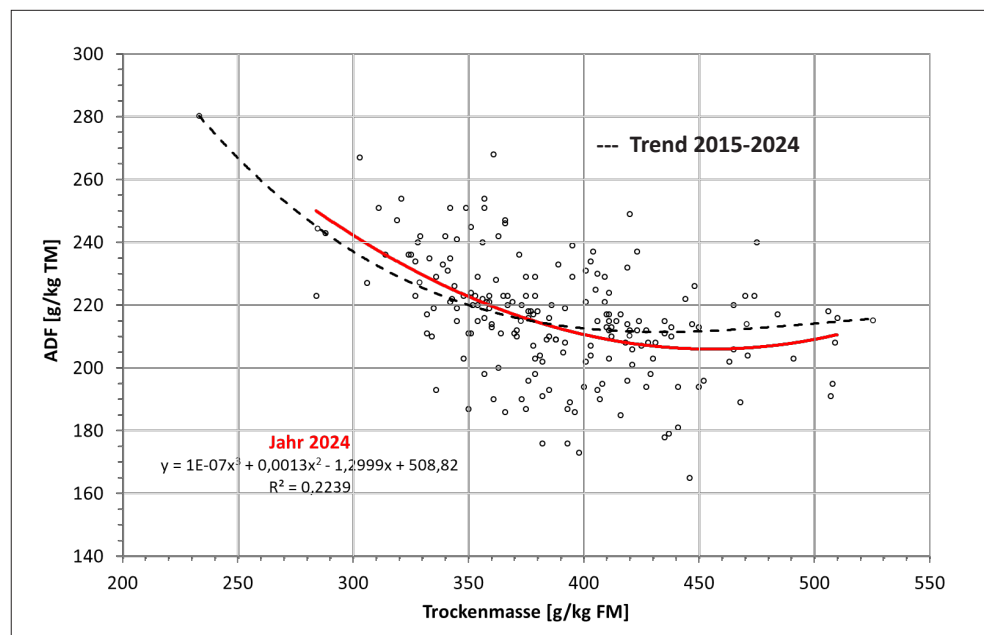


Abbildung 13: Beziehung TM- und ADF-Gehalt in Maissilagen (--- LK-Silageprojekt 2024 vs. --- Daten FML Rosenau 2015-2024)



Diese Dynamik müsste in der Wahl des optimalen Erntezeitpunktes Berücksichtigung finden, weil ein Zuwarten zur höheren Reife in der Tendenz den Stärkegehalt nur marginal erhöht bzw. den ADF-Gehalt nicht mehr senkt, d.h. hier bestätigen sich ein Stück weit die Erkenntnisse von TERLER et al. (2017).

Die Zielgrößen für Gerüstsubstanzen sind nach DLG (2025) für aNDFom 360-400 g/kg TM, für ADFom 200-220 g/kg TM. Angesichts der neuen Erkenntnisse zum ADF-Gehalt aus den Daten des Futtermittellabors Rosenau (LK Niederösterreich) ist der österreichische Orientierungsbereich von 200-230 g/kg TM für Maissilagen ein guter Kompromiss. Für ADL empfehlen STÖGMÜLLER und RESCH (2017) weniger als 30 g/kg TM, das erreichten 80 % der untersuchten Silomaisproben 2024. Der mittlere ADL-Gehalt war mit 26,6 g/kg TM minimal höher als 2020 (RESCH 2021). Die Auswertung der letzten 10 Jahre ergab prinzipiell keine nennenswerten Veränderungen der durchschnittlichen Gehalte für Zellulose und Lignin, jedoch eine tendenzielle Reduktion der NDF-Gehalte (Tabelle 13), d.h. das lag in erster Linie an den Hemizellulosegehalten (NDF minus ADF), die tendenziell von 163 g/kg TM auf 142 g/kg TM zurückgingen.

### 3.2.2 Silomaisernte (Partikellänge, Kornaufschluss)

Bei der Silomaisernte 2024 wurden Häcksler mit durchschnittlich 7,4 Reihen (min. 1 bis max. 12-Reiher) eingesetzt. Die mittlere Häckselhöhe war mit 27 cm (10 bis 65 cm) fast gleich wie 2020. Für den Kornaufschluss setzten 84 % Corncracker ein und 8 % Shredlage®. Mit dem Kornaufschluss waren 32 % der Maisproduzenten nicht ganz zufrieden, weil die Körner nicht zur Gänze aufgeschlossen wurden. In der Häcksellänge waren 10 % der Maissilagen über 10 mm, wobei auch die Produzenten von Shredlage® nicht über 20 mm kamen. Das zeigt doch einen gewissen Trend weg von längeren Stängelpartikeln gegenüber 2020. Insgesamt 24 % der Maissilagen wurden unter 5 mm gehäckselt, dieser Anteil war gleich hoch wie 2020 und damit von Bedeutung, weil nach ZEBELI et al. (2006) die physikalisch effektive NDF bei so kurzen Partikeln negativ beeinflusst wird. Die Siliersysteme waren folgendermaßen vertreten: 81 % Fahrsilo, 13 % Siloballen, 3 % Silohaufen sowie 2 % Tunnelsilagen (Silo-speed). Die Einbringung erfolgte zu 54 % mittels Abschieberwagen, 29 % Kipper, 11 % Ladewagen mit Dosierwalzen und 5 % mit Ladewagen. Die allgemeine Situation muss auch noch in die Betriebszweige Milch und Mast gesplittet werden, da sich hier sehr deutliche Unterschiede abzeichneten (Tabelle 13). Mastbetriebe ernten später bei höheren TM-Gehalten und haben viel größere Silokubaturen und höhere Schlagkraft als Milchviehbetriebe. Der durchschnittliche Siloraum bei Maissilagen betrug bei den ProjektteilnehmerInnen im Jahr 2024 rund 580 m<sup>3</sup> im Vergleich zu 331 m<sup>3</sup> im Jahr 2016, womit sich der Trend zu mehr Silomaiskubatur auf den Betrieben fortsetzte. Die Schlagkraft der Maisernte nahm ebenfalls zu, weil mittlerweile 86 m<sup>3</sup>/h einsiliert wurden (Tabelle 13).

### 3.2.3 Verdichtung

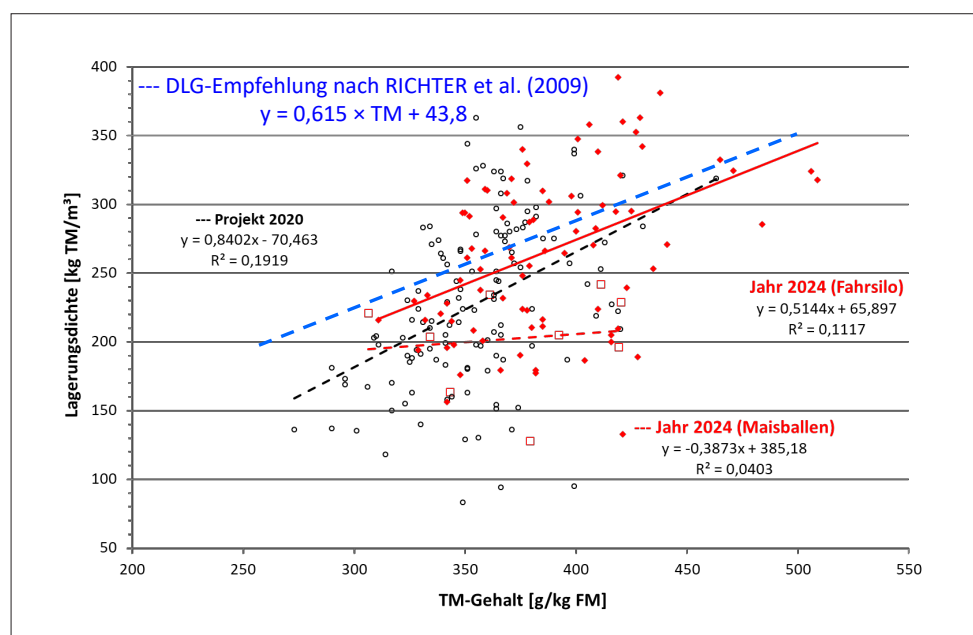
Die mittlere Verdichtung von 266 kg TM/m<sup>3</sup> war deutlich höher als 2020 (RESCH 2021). Das Gewicht des Walzfahrzeuges erhöhte sich nur geringfügig auf durchschnittlich 10,9 t. Die Diskrepanz des erforderlichen Walzgewichtes zum tatsächlichen wurde größer, weil für 58,7 t FM/h wären lt. Faustregel 19,6 t nötig, also um 8,7 t Gewicht zu wenig. Im Durchschnitt konnten die Soll-Lagerungsdichten nach RICHTER et al. (2009) im Jahr 2024 noch immer nicht ganz erreicht werden und zwar um 19,5 kg TM/m<sup>3</sup> darunter. Allerdings stimmt der Trend bei den Fahrsilos im Vergleich zum Vorprojekt 2020 (Abbildung 14). Die Pressballen schnitten bei der Maissilage in der Lagerungsdichte ungünstig ab, weil die Differenz zur Sollverdichtung deutlich höher war als beim Fahrsilo. Eine Maissilage mit 35 % TM müsste im Pressballen eine Verdichtung von 259,1 kg TM/m<sup>3</sup> erreichen bzw. bei einem Ballendurchmesser von 125 cm ein Ballengewicht von 1.088 kg Maissilage-FM.

Tabelle 13: Faustzahlen für die Entwicklung bei Maissilagen in Abhängigkeit der Untersuchungsjahre und der betrieblichen Ausrichtung (LK-Silageprojekte 2009-2020)

| Management-Parameter               | 2024      | 2020      | 2016      | Milchvieh |          | Mastbetrieb |          |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|----------|
|                                    | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | $\bar{x}$ | 2024      | bis 2020 | 2024        | bis 2020 |
| Fahrsilo-Proben                    | 114       | 156       | 147       | 42        | 165      | 70          | 96       |
| TM [g/kg FM]                       | 386       | 354       | 341       | 376       | 340      | 396         | 364      |
| Siloraum [m³]                      | 580       | 509       | 331       | 403       | 278      | 733         | 710      |
| Füllgeschwindigkeit [m³/h]         | 86        | 78        | 54        | 67        | 53       | 101         | 94       |
| Walzgewicht [t]                    | 10,9      | 10,5      | 7,8       | 10,1      | 8,0      | 11,7        | 11,4     |
| Maisballen-Proben                  | 18        | 12        | 4         | 11        | 11       | 4           | 4        |
| TM [g/kg FM]                       | 382       | 346       | 325       | 357       | 337      | 414         | 364      |
| Ballendurchmesser [cm]             | 115       | 124       | 120       | 115       | 124      | 121         | 124      |
| Schlagkraft Ballenproduktion [n/h] | 43        | 31,2      | 37,7      | 39,8      | 35,8     | 49,5        | 19,5     |
| Pressleistung [m³/h]               | 53,5      | 45,2      | 51,2      | 49,6      | 51,9     | 68,3        | 28,3     |

In der GLM-Analyse wies ein Fahrsilo mit 622 m³ Kubatur und einem mittleren TM-Gehalt von 382 g/kg FM eine Verdichtung von 210 kg TM/m³ auf. Die Lagerungsdichte wurde signifikant vom TM-Gehalt beeinflusst, weil die Zunahme um 10 g TM/kg Maissilage die Verdichtung um 7,7 kg TM/m³ erhöhten. Darüber hinaus brachte mehr Walzgewicht (+1t) eine um 3,1 kg höhere Lagerungsdichte. Die Häcksellänge hatte einen tendenziellen Einfluss, allerdings fehlten für eine gesicherte Aussage Proben mit Partikeln über 10 mm. Der positive Trend darf nicht darüber hinwegsehen, dass dennoch ca. 50 % der Maissilagen zu geringe Lagerungsdichten aufweisen.

Abbildung 14: Lagerungsdichte von Maissilagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes und des Siliersystems (LK-Silageprojekte 2024 vs. 2020)



### 3.2.4 Gärprodukte in Maissilagen

Die geringe Pufferkapazität von 34 und die ausreichende Verfügbarkeit von vergärbarem Substrat machen Silomais zu einer leicht vergärbaren Futterpflanze (WEISSBACH et al. 1977), das bestätigt wiederum der sehr gute Siliererfolg im Jahr 2024 mit 99 DLG-Punkten (Tabelle 14). Durch die Vergärung entstanden in erster Linie Milchsäure, gefolgt von Essigsäure und Ethanol. Die aerobe Stabilität hängt nach WILKINSON und DAVIES (2013) mit dem Essigsäuregehalt zusammen, der nicht weniger als 10 g/kg TM betragen sollte.

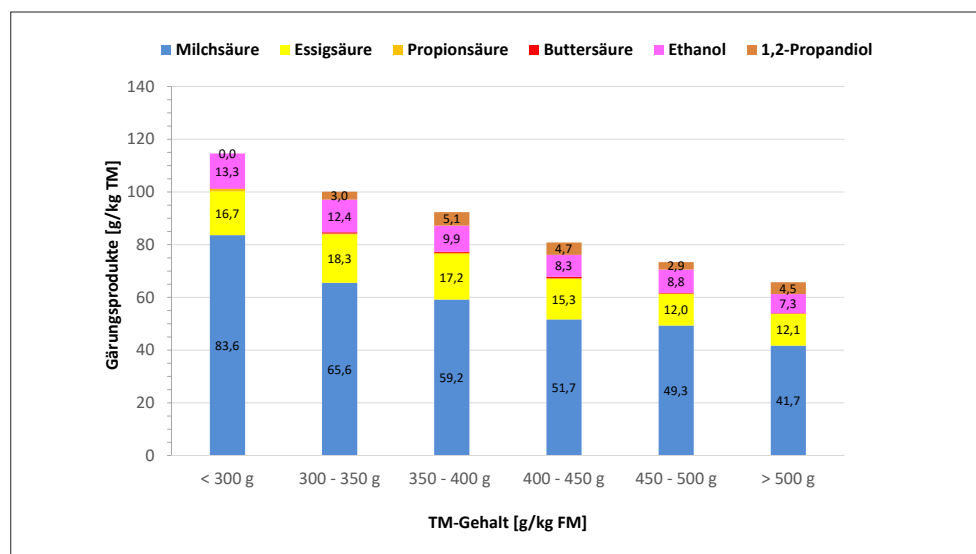
Tabelle 14: Allgemeine qualitative Situation von Maissilagen in Österreich (Futtermittellabor Rosenau 2015-2024; LK-Silageprojekt 2024)

| Parameter                              | Silage-<br>projekt | Futtermittellabor<br>Rosenau |               |               | Deskriptive Statistik<br>2015 bis 2024 |       |      | Datenverteilung |      |        |       |      |
|----------------------------------------|--------------------|------------------------------|---------------|---------------|----------------------------------------|-------|------|-----------------|------|--------|-------|------|
|                                        | 2024               | 2024                         | 2020-<br>2023 | 2015-<br>2019 | $\bar{x}$                              | SD    | n    | min             | 25   | Median | 75    | max  |
| Probenanzahl gesamt                    | 190                | 651                          | 3981          | 3505          |                                        |       |      |                 |      |        |       |      |
| Trockenmasse [g/kg FM]                 | 390                | 375                          | 352           | 362           | 358                                    | 47,3  | 8134 | 148             | 327  | 355    | 386   | 594  |
| Rohprotein [g/kg TM]                   | 65,0               | 66,9                         | 68,8          | 71,5          | 69,9                                   | 7,4   | 8130 | 31              | 65   | 69     | 74    | 212  |
| nXP [g/kg TM]                          | 129                | 129                          | 129           | 119           | 125                                    | 22,3  | 8054 | 12              | 127  | 129    | 132   | 178  |
| RNB [g/kg TM]                          | -10,2              | -9,9                         | -9,7          | -9,4          | -9,6                                   | 1,0   | 8054 | -14             | -10  | -10    | -9    | 5    |
| NDF [g/kg TM]                          | 354                | 363                          | 375           | 387           | 378                                    | 33,3  | 3316 | 234             | 356  | 377    | 398   | 586  |
| ADF [g/kg TM]                          | 216                | 221                          | 219           | 224           | 221                                    | 23,6  | 3310 | 141             | 205  | 221    | 236   | 380  |
| ADL [g/kg TM]                          | 26,6               | 27,1                         | 26,6          | 27,5          | 27,0                                   | 4,1   | 3397 | 12              | 24   | 27     | 29    | 68   |
| Rohfaser [g/kg TM]                     | 184                | 191                          | 190           | 192           | 191                                    | 22,3  | 8092 | 93              | 175  | 189    | 204   | 400  |
| Rohfett [g/kg TM]                      | 31,4               | 31,0                         | 31,4          | 32,0          | 31,6                                   | 2,1   | 8061 | 15              | 30   | 32     | 33    | 64   |
| Rohasche [g/kg TM]                     | 34,0               | 35,6                         | 35,8          | 35,3          | 35,6                                   | 4,9   | 8092 | 16              | 32   | 35     | 38    | 87   |
| Nichtfaser-Kohlenhydrate NFC [g/kg TM] | 516                | 505                          | 491           | 359           | 448                                    | 137,3 | 3170 | 1,5             | 459  | 487    | 510   | 636  |
| Stärke [g/kg TM]                       | 352                | 332                          | 329           | 338           | 333                                    | 47,9  | 7579 | 11              | 304  | 336    | 365   | 565  |
| OM-Verdaulichkeit [%]                  | 74,3               | 73,8                         | 73,9          | 73,8          | 73,8                                   | 1,4   | 8042 | 59,8            | 73   | 73,9   | 74,8  | 80,1 |
| Metabolische Energie ME [MJ/kg TM]     | 11,0               | 10,9                         | 10,9          | 10,9          | 10,9                                   | 0,26  | 8092 | 8,3             | 10,8 | 10,9   | 11,1  | 12,3 |
| Nettoenergie-Laktation NEL [MJ/kg TM]  | 6,60               | 6,58                         | 6,59          | 6,59          | 6,59                                   | 0,19  | 8092 | 4,74            | 6,48 | 6,61   | 6,72  | 7,63 |
| Calcium (Ca) [g/kg TM]                 | 2,0                | 2,1                          | 2,0           | 2,1           | 2,1                                    | 0,4   | 2347 | 0,4             | 1,8  | 2      | 2,2   | 6,4  |
| Phosphor (P) [g/kg TM]                 | 2,2                | 2,2                          | 2,1           | 1,9           | 2,0                                    | 0,3   | 2347 | 0,2             | 1,8  | 2      | 2,2   | 3,5  |
| Magnesium (Mg) [g/kg TM]               | 1,4                | 1,5                          | 1,4           | 1,4           | 1,4                                    | 0,4   | 2346 | 0,5             | 1,2  | 1,4    | 1,6   | 15,1 |
| Kalium (K) [g/kg TM]                   | 9,2                | 9,7                          | 9,3           | 8,6           | 9,0                                    | 1,6   | 2346 | 1,2             | 8,1  | 9,1    | 10,1  | 18,8 |
| Natrium (Na) [mg/kg TM]                | 0,09               | 0,11                         | 0,15          | 0,14          | 0,15                                   | 0,25  | 2346 | 0,04            | 0,09 | 0,12   | 0,16  | 10,6 |
| Eisen (Fe) [mg/kg TM]                  | 100                | 97                           | 105           | 103           | 104                                    | 47    | 1958 | 40,6            | 76   | 91     | 117   | 501  |
| Mangan (Mn) [mg/kg TM]                 | 19                 | 21                           | 24            | 23            | 23                                     | 9     | 1960 | 8,2             | 17,3 | 21,4   | 27,1  | 94,7 |
| Zink (Zn) [mg/kg TM]                   | 24                 | 25                           | 21            | 21            | 21                                     | 16    | 1959 | 6               | 17,3 | 20,2   | 23,7  | 666  |
| Kupfer (Cu) [mg/kg TM]                 | 5,0                | 5,1                          | 4,5           | 4,7           | 4,6                                    | 1,9   | 1960 | 2               | 4,1  | 4,2    | 5,1   | 78   |
| Schwefel [g/kg TM]                     | 0,8                | 0,8                          | 0,9           |               | 0,8                                    | 0,1   | 72   | 0,5             | 0,7  | 0,8    | 0,91  | 1,1  |
| Chlorid [g/kg TM]                      | 1,9                | 1,6                          | 1,8           |               | 1,6                                    | 0,5   | 34   | 0,6             | 1,3  | 1,6    | 1,925 | 2,5  |
| DCAB [mval/kg TM]                      | 156                | 161                          | 130           |               |                                        |       |      |                 |      |        |       |      |
| pH-Wert                                | 3,80               | 3,81                         | 3,85          | 3,81          | 3,8                                    | 0,2   | 3079 | 0               | 3,8  | 3,8    | 3,9   | 5    |
| Milchsäure [g/kg TM]                   | 57,2               | 58,7                         | 64,0          | 58,6          | 61,5                                   | 18,2  | 3079 | 4,6             | 50,0 | 59,7   | 70,6  | 181  |
| Essigsäure [g/kg TM]                   | 16,3               | 17,8                         | 18,4          | 16,7          | 17,7                                   | 11,9  | 3071 | 0,3             | 11,2 | 14,2   | 19,9  | 137  |
| Propionsäure [g/kg TM]                 | 0,4                | 0,4                          | 0,5           | 0,9           | 0,6                                    | 1,9   | 2689 | 0               | 0,0  | 0,3    | 0,6   | 40,2 |
| Buttersäure [g/kg TM]                  | 0,4                | 0,5                          | 0,7           | 0,7           | 0,7                                    | 1,1   | 2926 | 0               | 0,2  | 0,5    | 0,9   | 19   |
| Gesamtsäure [g/kg TM]                  | 74                 | 77                           | 84            | 77            | 80                                     | 22,2  | 3078 | 15              | 66   | 78     | 92    | 213  |
| Ethanol [g/kg TM]                      | 9,8                | 10,1                         | 15,8          | 13,4          | 14,4                                   | 9,8   | 2949 | 0,2             | 8,0  | 12,4   | 18,5  | 116  |
| 1,2-Propandiol [g/kg TM]               | 4,4                | 2,3                          |               |               |                                        |       |      |                 |      |        |       |      |
| Ammoniak [% von N-total]               | 8,0                | 7,9                          | 7,8           | 7,0           | 7,5                                    | 2,8   | 3079 | 0,7             | 5,9  | 7,3    | 8,7   | 73,9 |
| DLG-Bewertung [Punkte]                 | 98,9               | 98,6                         | 98,1          | 98,4          | 98,3                                   | 4,7   | 3066 | 55              | 100  | 100    | 100   | 100  |
| Verdichtung [kg TM/m³]                 | 266                | 271                          | 250           | 202           | 243                                    | 79    | 761  | 32              | 191  | 244    | 292   | 633  |

Der Zielwert für Essigsäure beträgt für Maissilagen 10 bis 30 g/kg TM (STÖGMÜLLER und RESCH 2017) bzw. 20 bis 30 g/kg TM nach DLG (2025). Im Jahr 2024 lagen 18 % der Maissilagen unterhalb von 10 g Essigsäure/kg TM, deutlich mehr als 2020. Insgesamt 8 % kamen über 30 g/kg TM, wobei diese hohen Essigsäuregehalte in der Tendenz zur Bildung von unerwünschten biogenen Aminen/kg TM führen können (VAN OS et al. 1996), die in Verdacht stehen die Futteraufnahme negativ zu beeinflussen.

Die Ethanolgehalte waren 2024 tendenziell geringer als in den Vorjahren, dennoch überschritten 38 % der Maissilagen den Orientierungswert von < 10 g Ethanol/kg TM (DLG 2025). Mit Zunahme der Ethanolgehalte steigt auch tendenziell die Bildung von Estern (WEISS 2017), die sich nach GERLACH et al. (2019) negativ auf die Futteraufnahme auswirken. Die Gehalte an 1,2-Propandiol, die 2024 erstmals untersucht wurden, hingen nicht signifikant mit dem TM-Gehalt zusammen (Abbildung 15).

Abbildung 15: Gärprodukte von Maissilagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes (LK-Silageprojekt 2024)



Der teilweise Abbau von Protein zu Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) betrug im LK-Silageprojekt 2024 durchschnittlich 8 % vom Gesamtstickstoff, d.h. eine leicht tendenzielle Erhöhung gegenüber den Vorjahren (Tabelle 14). Im Vergleich dazu betrug der durchschnittliche Proteinabbau bei Grassilagen 6,1 %  $\text{NH}_3$  im Jahr 2024. Der Proteinabbau wurde in Maissilagen nur zufällig vom TM-Gehalt, aber signifikant vom Essigsäuregehalt beeinflusst. Mit Zunahme um 10 g Essigsäure stieg der  $\text{NH}_3$ -Anteil um 0,9 % an. Auf der anderen Seite nahm der Rohproteingehalt bei Silomais in den letzten 10 Jahren tendenziell leicht ab, wodurch sich die negative ruminale N-Bilanz im Pansen auf -10,2 g/kg TM erhöhte. Von den TeilnehmerInnen wiesen 86 % der Maissilagen RNB-Werte  $\geq -10$  g/kg TM auf.

### 3.2.5 Siliermittel zu Silomais

Nach KUNG et al. (2003) werden für Silomais insbesondere solche Siliermittel benötigt, die als Inhibitoren den aeroben Verderb nach Siloöffnung verhindern. Dafür stehen organische Säuren (Propion-, Sorbin und Benzoessäure), deren Kombinationen oder Salzverbindungen sowie heterofermentative Milchsäurebakterien (MSBhe) und Propionibakterien zur Verfügung. Nach OUDE ELFERINK et al. (2001) bietet sich dafür MSBhe *Lactobacillus buchneri* an, der im anaeroben Stoffwechsel Milchsäure zu Essigsäure, 1,2-Propandiol und Ethanol degradiert, und damit die Maissilage-Haltbarkeit verbessert. PAHLOW et al. (2003) schreiben ausreichenden Gehalten an undissoziierter Essigsäure die beste Hemmwirkung gegenüber Hefen und Schimmelpilzen zu. Die DLG (2025) empfiehlt für Maissilagen geprüfte Produkte der Wirkungsrichtung 2 – Verbesserung der aeroben Stabilität (<https://siliermittel.dlg.org/mais>).

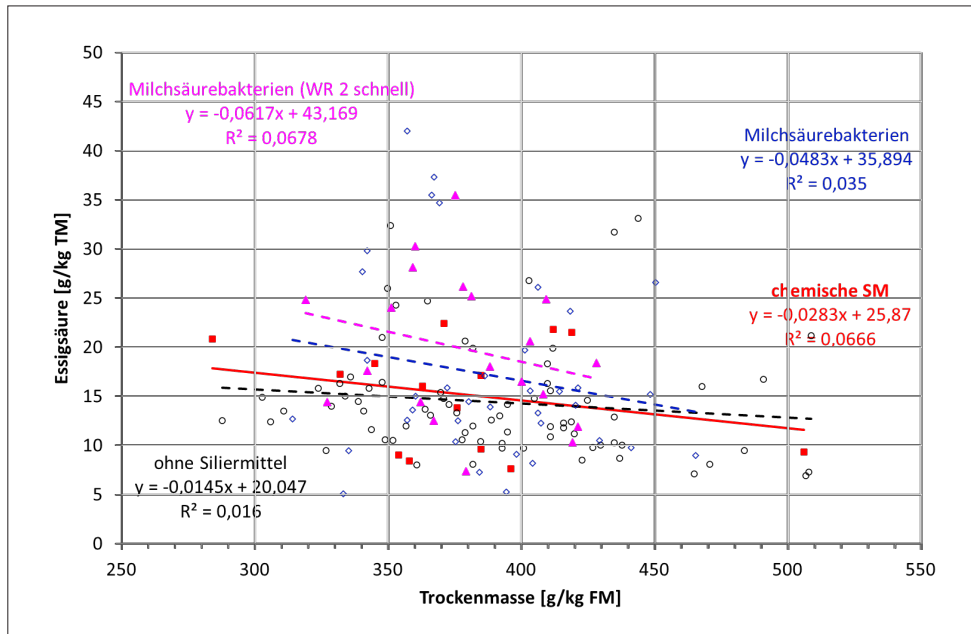


Abbildung 16: Effekt des Siliermitteleinsatzes auf den Essigsäuregehalt von Maissilagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes (LK-Silageprojekt 2024; WR 2 = Wirkungsrichtung 2 schnell stabilisierend)

Im LK-Silageprojekt 2024 setzten 49 % der TeilnehmerInnen Siliermittel für die Konservierung von Silomais ein, um 8 % mehr als 2020 (RESCH 2021). An Milchsäurebakterien (MSB) wurden dabei 39 % verwendet und 10 % an Säuren/Salzverbindungen. Bis auf 9 % händische Applikation, war die automatische Verteilung/Dosierung über den Häcksler überwiegend verbreitet. Es wurden nur mehr 4 % streufähige Produkte angewendet. Eine Behandlung der oberen Schichten führten 9 % der Anwender durch, das ist ein leichter Rückgang gegenüber 2020.

Ohne Siliermittel wurden 2024 im Durchschnitt rund 15 g Essigsäure/kg TM im TM-Bereich 30 bis 38 % in Maissilagen produziert. Chemische Siliermittel beeinflussten den Essigsäuregehalt gegenüber unbehandelten Silagen kaum. Mit der Anwendung von Milchsäurebakterien-Produkten stieg der Essigsäuregehalt bei 32 % TM auf 21 g/kg TM an, also ca. + 5 g. MSBhe-Stämme mit Ausrichtung auf sehr schnelle Essigsäurebildung enthielten in der Tendenz um 2-3 g mehr Essigsäure als übliche MSB-Produkte (Abbildung 16 bzw. Tabelle 15). Es muss erwähnt werden, dass bei 15 % der untersuchten Maissilagen weniger als 10 g Essigsäure/kg TM gebildet wurde, d.h. diese Partien sind bei frühzeitiger Öffnung, zu geringer Verdichtung und Vorschub unterhalb 100 cm/Woche einem höheren Verderbrisiko ausgesetzt. Nach Einsatz von MSB hatten ebenfalls 16 % der Maissilagen weniger als 10 g Essigsäure/kg TM.

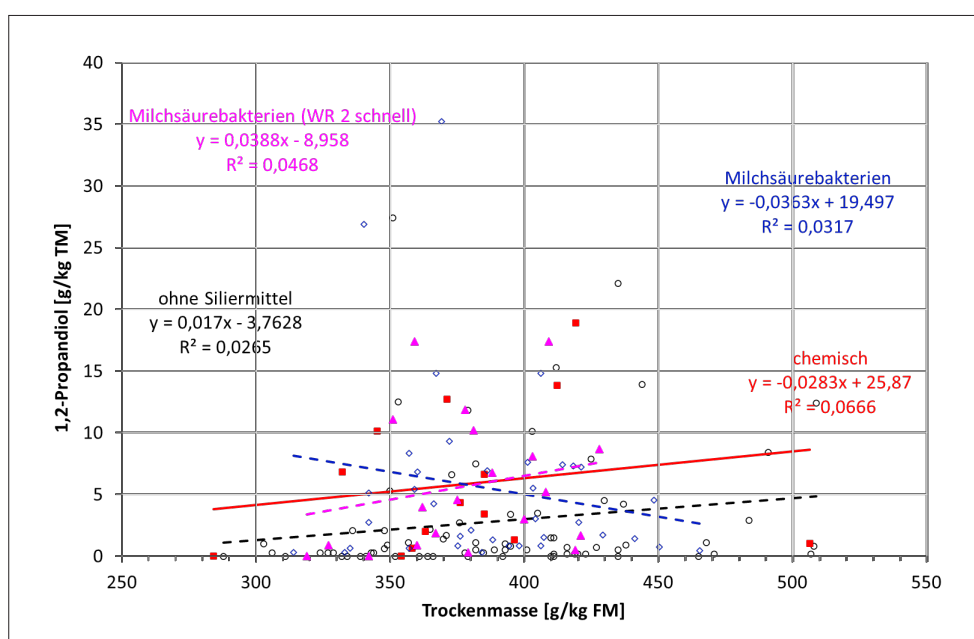
Auf den ersten Blick waren die durchschnittlichen Effekte verschiedener Siliermittel auf die Zusammensetzung an Gärprodukten gegenüber keiner Behandlung nicht nennenswert, außer bei Essigsäure und 1,2-Propandiol. Offensichtlich konnten MSBhe bei einem guten Teil der Maissilagen ihre Wirkung entfalten, jedoch nicht überall (Tabelle 15 bzw. Abbildung 17). Zugesezte Milchsäurebakterien (MSB ho/he) wirkten im TM-Bereich 30-35 % besser als über 40 %, weil hier die Bildung von Essigsäure, aber auch von 1,2-Propandiol tendenziell deutlich nachließ. MSB-Produkte mit schneller Essigsäurebildung konnten auch im höheren TM-Bereich besser überzeugen. Jedenfalls war es interessant, dass bei 18 % der unbehandelten Maissilagen auch mehr als 5 g 1,2-Propandiol gebildet wurde, was auf einen natürlichen Besatz mit *L. buchneri* schließen lässt. Etwas enttäuschend ist die Tatsache, dass nur 42 % der behandelten Maissilagen über 5 g 1,2-Propandiol aufwiesen, d.h. *L. buchneri* war 2024 leider nicht überall ausreichend präsent.

Tabelle 15: Effekt der Siliermittelanwendung auf Gärparameter in Maissilagen (LK-Silageprojekt 2024)

| Parameter              | Proben<br>n | TM<br>g | MS<br>g | ES<br>g | PS<br>g | GS<br>g | Eth<br>g | 1,2-P<br>g | NH <sub>3</sub> -N<br>% |
|------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|-------------------------|
| Siliermittelanwendung  |             |         |         |         |         |         |          |            |                         |
| ohne Siliermittel      | 74          | 391     | 58,4    | 14,4    | 0,3     | 73,4    | 10,6     | 2,9        | 7,7                     |
| chemische Produkte     | 14          | 378     | 61,3    | 15,2    | 0,5     | 77,3    | 10,8     | 5,8        | 8,1                     |
| *MSB ho/he             | 37          | 387     | 55,0    | 17,2    | 0,5     | 73,3    | 9,5      | 5,4        | 7,9                     |
| *MSB he (WR 2 schnell) | 20          | 379     | 54,1    | 19,8    | 0,7     | 75,0    | 9,9      | 5,7        | 8,1                     |

\*MSB = Milchsäurebakterien; ho = homofermentativ; he = heterofermentativ; WR 2 = DLG Wirkungsrichtung 2 schnell stabilisierend

Abbildung 17: Effekt des Siliermitteleinsatzes auf den Gehalt an 1,2-Propandiol von Maissilagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes (LK-Silageprojekt 2024; WR 2 = DLG Wirkungsrichtung 2 schnell stabilisierend)



### 3.2.6 Nacherwärmung und Schimmelbildung

Von den Proben mit bekannter Lagerungsdichte waren rund 50 % zum Zeitpunkt der Probenahme bereits geöffnet – die Siloöffnung lag hier zwischen 1. Oktober und 11. November 2024. Nach DLG (2025) wird eine Lagerdauer von mindestens 8 Wochen empfohlen, weil der überwiegende Teil der stabilisierenden Essigsäure erst nach mehreren Wochen von heterofermentativen Milchsäurebakterien gebildet wird. Im LK-Silageprojekt 2024 hatten 25 % der beprobten Maissilagen weniger als 6 Wochen Gärdauer bis zur Siloöffnung und von diesen Proben hatten wiederum 58 % einen Defizit in der Lagerungsdichte. Nach WYSS und PRADERVAND (2017) sind Maissilagen einem erhöhten Risiko für Probleme mit Hefen und Schimmelpilze ausgesetzt, wenn sie zu früh geöffnet werden. Mit 23 % Angaben bzgl. Schimmelbildung waren 2024 doppelt so viele TeilnehmerInnen betroffen, davon hatten die meisten Oberflächen-/Randschimmel, allerdings 6 % Schimmelknollen – blaue deuten auf *Penicillium roqueforti*, rote auf *Monascus ruber*. Den von der DLG (2025) empfohlenen Vorschub von mindestens 250 cm/Woche erreichten nur 4 % der befragten Betriebe und 48 % schafften keine 100 cm/Woche, d.h. die Situation gegenüber 2020 hat sich nicht verbessert (RESCH 2021). Die Angaben der TeilnehmerInnen bzgl. Auflockerungen bei der Silageentnahme zeigten, dass 46 % zumindest leichte bis mäßige Lockerungen verursachen und somit einen leichteren Luftzutritt in der Anschnittfläche in die Maissilage ermöglichten.

Im LK-Silageprojekt 2024 hatten 11 % der beprobten Maissilagen eine problematische Kombination aus zu früher Siloöffnung (vor 6 Wochen Gärdauer), zu wenig Vorschub (weniger als 150 cm/Woche), Auflockerung bei der Entnahme und keine Behandlung mit stabilisierenden Siliermitteln. Wir konnten bei diesen Silagen zum Zeitpunkt der Beprobung keine signifikanten Hinweise festnageln, die uns deutlich negative Veränderungen angezeigt hätten. Dazu wäre es erforderlich, Beprobungen im Frühjahr/Sommer 2025 durchzuführen, was im LK-Silageprojekt 2024 nicht vorgesehen wurde. Nacherwärmte oder schimmelige Maissilagen sind aus fütterhygienischer Sicht (DLG 2025; EG (VO) 183/2005) für Wiederkäuer bedenklich und daher nicht zu füttern!

### 3.2.7 Fazit zu Maissilagequalitäten 2024

Trotz geringerer Anzahl an TeilnehmerInnen gegenüber 2020 konnten aus den Maissilagedaten 2024 wichtige neue Erkenntnisse gewonnen werden. Die Entwicklung zeigte, dass in der Sortenwahl tendenziell zu höheren Reifezahlen gegriffen und die Ernte zu einem späteren Reifezeitpunkt, bei höheren TM- und Stärkegehalten, durchgeführt wurde. Aus der Beziehung von TM-Gehalt und Stärke- bzw. ADF-Gehalt konnte herausgearbeitet werden, dass ein **optimaler Erntezeitpunkt** zwischen 35 bis max. 38 % TM empfehlenswert ist. Darüber sind keine großen Qualitätssteigerungen zu erwarten, im Gegenteil, die Pflanzen reifen tendenziell mehr ab und die Fasergehalte stagnieren, sodass eine Abnahme der Faserverdaulichkeit die Folge ist. Die durchschnittlichen Silagequalitäten waren gut, zum Teil besser als 2020, allerdings muss auch gesagt werden, dass sich in punkto Managementdefiziten bei Verdichtung, wöchentlichen Vorschub, zu früher Siloöffnung und Auflockerung bei der Entnahme wenig bis gar nichts verbessert hat. Angesichts der zunehmenden Silomaiskubaturen auf den Betrieben und der steten Temperaturerhöhung braucht es hier zum Teil noch mehr Anwendung von qualitätssichernden Maßnahmen.

Der **Einsatz von Siliermitteln** ist bei den TeilnehmerInnen auf rund 50 % gestiegen und es konnten dadurch im Durchschnitt geringfügige Erhöhungen bei Essigsäure und 1,2-Propandiol festgestellt werden. Das lässt erwarten, dass speziell bei jenen Maissilagen mit mehr als 15 g Essigsäure bzw. mehr als 5 g 1,2-Propandiol/kg TM eine verbesserte aerobe Stabilität (ASTA) zur Verfügung steht – das traf übrigens nur für 35 % der behandelten Proben zu, d.h. auch hier gibt es trotz sichtbarer Erfolge noch Luft nach oben. Die jährliche Analyse von Nährstoffen, Gerüstsubstanzen und Gärqualität inkl. 1,2-Propandiol sind für das Qualitätsmanagement von Maissilagen, die Bewertung des Siliererfolges, sowie die Rationsgestaltung jedenfalls wichtig und aufschlussreich für alle SilomaisanwenderInnen.

## 4. Danksagung

Für das Gelingen des bundesweiten LK-Silageprojektes 2024 war eine gute Zusammenarbeit von landwirtschaftlichen TeilnehmerInnen, Beratungsdienst der Landwirtschaftskammern (LK-Fütterungsreferenten, Arbeitskreise Milchproduktion, Fütterungsberatung), Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich, LKV und Maschinenring sowie Koordination durch die HBLFA Raumberg-Gumpenstein notwendig, um die aktuelle Situation der Silagequalitäten in Österreich untersuchen zu können. Allen beteiligten Mitarbeitern gebührt ein herzlicher Dank für die eingebrachten Leistungen seitens der Organisatoren! Ein besonderer Dank gilt den Probenziehern sowie Dipl.-Ing. Gerald Stögmüller und seinen Mitarbeitern, welche im Labor Rosenau rund 1.000 Silageproben zeitgerecht und zuverlässig analysiert haben. Darüber hinaus wurde vom Futtermittellabor Rosenau umfangreiches Datenmaterial von Gras- und Maissilagen der letzten 10 Jahre und zusätzlich ein Datensatz zur Gülleseparierung aus 2023 für diverse Auswertungen zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind eine wichtige Grundlage und Orientierungshilfe für alle Silagebauern in Österreich, aber auch für die Beratung und Lehre. Allen teilnehmenden LandwirtInnen sei an dieser Stelle für ihr Engagement herzlich gedankt.

## 5. Literatur

ADLER, A. und H. LEW, 1995: Dynamik der epiphytischen Mikroflora auf Grünlandpflanzen im Zusammenhang mit verschiedenen Düngungsvarianten. *Die Bodenkultur* 46, 223–240.

ALLEN, M.S., J.G. COORS und G.W. ROTH, 2003: Corn silage. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., 2003: *Silage Science and Technology*. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. Soc. of America, 547-608.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1980: *Official methods of analysis*. 12th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Washington, DC.

BMLRT (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus), 2022: *Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland*, 8. Auflage 2022, Wien, 184 S.

BML (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft), 2024: *Grüner Bericht 2024. Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft*. Wien 2024, 306 S.

BUXTON, D.R. und P. O'KIELY, 2003: Preharvest Plant Factors Affecting Ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., 2003: *Silage Science and Technology*. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. Soc. of America, 199-250.

DACCORD, R., U. WYSS, B. JEANGROS und M. MEISSER, 2007: *Bewertung von Wiesenfutter. Nährstoffgehalt für die Milch- und Fleischproduktion*. AGFF Merkblatt 3. AGFF, Zürich.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: *DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer* 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Herausgeber: Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2006: *Grobfutterbewertung Teil B – DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung*. DLG-Ausschuss Futterkonservierung, DLG-Information 2/2006, 4 S.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2022: *Futterhygiene bei der Gülleabbringung im Grünland. Hinweise zum optimalen Einsatz von Schleppschuh und Injektion*. DLG-Merkblatt 471, 24 S.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2024: *Futterhygiene bei der Grünlandnutzung in Futterbaubetrieben*. DLG-Merkblatt 495, 28 S.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2025: *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*. 9. vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, (in Druck).

DRIEHUIS, F., S.J.W.H. OUDE ELFERINK und P.G. VAN WIKSELAAR, 2001: Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. *Grass and Forage Sci.* 56(4), 330-343.

EG, 2005: Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene.

GEOSPHERE, 2025: *Klima aktuell – Klimamonitoring*. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring/?param=t&period=period-ys-2024-1&ref=1>, (Stand 22.01.2025).

GERLACH, K., K. WEISS und K.H. SÜDEKUM, 2019: Effects of ethyl ester supplementation to forage on short-term dry matter intake and preference by goats. Archives of animal nutrition, 73(2), 127-139.

GfE, 2023: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE). Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 12, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 287 S.

GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER und G. WIEDNER, 1997: Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (7. Auflage 1997).

GUGGENBERGER, T., G. STÖGMÜLLER, L. GRUBER, S. GAPPMAIER und G. TERLER, 2022: Die Grundfutterqualität in Österreich von 1985 bis 2021 und ihre räumlichen Unterschiede in den Kleinproduktionsgebieten, 7-45. In: Abschlussbericht Forschungsprojekt Update Futterwert (DaFNE 101150), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 98 S.

HOFFMANN, M., 2021: DCAB – eine hilfreiche Kennzahl in Rationen für Milchkühe. LKS - Sächsischer Landeskontrollverband e.V., Lichtenwalde, 7 S.

HONIG, H., 1980: Mechanical and respiration losses during pre-wilting of grass. p. 201-204. In C. Thomas (ed.) Forage conservation in the 80's. Occ. Symp. 11. Brighton, UK. 27-30 Nov. 1979. Brit. Grassl. Soc., Hurley, UK.

KAISER, E. und K. WEISS, 2007: Nitratgehalte im Grünfutter – Bedeutung für Gärqualität und siliertechnische Maßnahmen. Übersichten zur Tierernährung, 35, 1, S. 13 – 30.

KALCHER L., 2024: Milchleistungsprüfung 2024. <https://www.rinderzucht.at/nachricht/20241219-milchleistungspruefung-2024.html> (Stand 20.01.2025).

KAMPHUES, J., A. DOHM, J. ZIMMERMANN und P. WOLF, 2014: Schwefel- und Sulfat-Gehalte in Futtermitteln – noch oder wieder von Interesse? Übers. Tierernährg. 42, 81-139.

KUNG, Jr.L., M.R. STOKES und C.J., LIN, 2003: Silage additives. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., 2003: Silage Science and Technology. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. Soc. of America, 305-360.

McDONALD, P., A. R. HENDERSON and S. J. E. HERON, 1991: The biochemistry of silage. Chalcombe Publications, Marlow, Buckinghamshire, 340 S.

MUCK, R.E., L.E. MOSER und R.E. PITT, 2003: Postharvest Factors Affecting Ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., 2003: Silage Science and Technology. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. Soc. of America, 251-304.

NIELSEN, N.I. und K.L. INGVAERTSEN, 2004: Propylene glycol for dairy cows: A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. Anim. Feed Sci. and Technol. 115(3-4), 191-213.

OUDE ELFERINK, S.J., J. KROONEMAN, J.C. GOTTSCHAL, S.F. SPOELSTRA, F. FABER und F. DRIEHUIS, 2001: Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1, 2-propanediol by Lactobacillus buchneri. Applied and Environmental microbiology, 67(1), 125-132.

PAHLOW, G., R.E. MUCK, F. DRIEHUIS, S. ELFERINK und S.F. SPOELSTRA, 2003: Microbiology of ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., 2003: Silage Science and

Technology. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. Soc. of America, 31-94.

RESCH, R. und K. BUCHGRABER, 2006: Sickersaftanfall bei Grassilagen in Abhängigkeit des Trockenmassegehaltes. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 26.11.2006.

RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Überarbeitete Neuauflage 10/2017, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 20 S.

RESCH, R., 2010: Abschlussbericht zum Projekt Qualitätsbewertung von Grassilagen und Silomais auf österreichischen Praxisbetrieben. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Projekt 3561 (DaFNE 100535), 87 S.

RESCH, R., 2017: Gärfutterqualitäten - Wo stecken die Reserven? Bericht 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema "Milchmarkt, Züchtung, Stoffwechsel, Umweltwirkungen, Grundfutterqualität, Kraftfuttereinsatz", HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 5. bis 6. April 2017, 81-93.

RESCH, R., A. ADLER, P. FRANK, A. PÖLLINGER, G. PERATONER, F. TIEFENTHALLER, C. MEUSBURGER, G. WIEDNER und K. BUCHGRABER, 2017b: Top-Grassilagen durch optimale Milchsäuregärung. ÖAG-Info 10/2017 überarbeitet Neuauflage. (Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 12 S.

RESCH, R., P. FRANK, G. STÖGMÜLLER, F. TIEFENTHALLER, G. PERATONER, A. ADLER, J. GASTEINER und E.M. PÖTSCH, 2018: Futtermittelverschmutzung mit Erde – Ursachen, Erkennung und Auswirkungen. ÖAG-Info 5/2018. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irdning-Donnersbachtal, 16 S.

RESCH, R., 2021: Qualitätspotenziale bei Gras- und Maissilagen in Österreich – Erkenntnisse aus dem LK-Silageprojekt 2020. 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Webinar, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 24.-25.03.2021, 33-67.

RESCH, R., 2024: Klimawandelanpassung in der Rinderhaltung – Anpassungsmaßnahmen in der Futterplanung und Futterkonservierung. 51. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 20.-21.03.2024, 129-133.

RESCH, R., J. THAYSEN und B. KÖHLER, 2024: Review zu TM-Verlusten an Gras- und Feldfutterprodukten in den Phasen Ernte, Konservierung, Lagerung, Entnahme und Futtervorlage. VDLUFA-Schriftenreihe 81, Karlsruhe 24.-27. 09. 2024, 288-295.

RICHTER, W., N. ZIMMERMANN, M. ABRIEL, M. SCHUSTER, K. KÖLLN-HÖLLRIGL, J. OSTERTAG, K. MEYER, J. BAUER und H. SPIEKERS, 2009: Hygiene bayerischer Silagen – Controlling am Silo. Schriftenreihe LfL Bayern 09/2009.

ROOKE, J.A. und R.D. Hatfield, 2003: Biochemistry of ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., 2003: Silage science and technology, American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, Agronomy Monograph 42, 95-139.

RYANT, P. und J. SKLADANKA, 2009: The effect of applications of various forms of sulfur on the yields and quality of grass forage, Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Sci., 59:3, 208-216, DOI: 10.1080/09064710802011526.

SPIEKERS, H., H. NUSSBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 5. Erweiterte und aktualisierte Auflage mit Futtermittelkonservierung. DLG Verlag, Frankfurt/Main, 576 S.

STEINHÖFEL, O., R. RESCH und S. Martens, 2023: Konservierung von Grünfuttermitteln, 191-216. In: DÄNICKE, S. et al. (2023): Handbuch der Futtermittel – Herkunft, Verarbeitung, Verwendung. AGRIMEDIA, Erling-Verlag, 744 S.

STÖGMÜLLER, G. und R. RESCH, 2017: Durch Futteruntersuchungen Potentiale in der Fütterung nutzen. ÖAG [Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft], ÖAG-Info 5/2017, 16 S.

TERLER, G., L. GRUBER, S. ORTNER, A. SCHAUER, M. URDL, B. STEINER und F. KASTENHUBER, 2017: Einfluss von Silomais-Sorte und -Erntezeitpunkt auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung. 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 5. bis 6. April 2017, Irdning-Donnersbachtal, 67-79.

VAN OS, M., P.G. VAN WIKSELAAR und S.F. SPOELSTRA, 1996: Formation of biogenic amines in well fermented grass silages. J. Agri. Sci. 127(1), 97-107.

VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional ecology of the ruminant. (2nd ed.). Cornell University Press, Ithaca and London, 476 p.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (Hrsg.), 2012: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2007: Futtermitteluntersuchung nach Methode 28.1.2 – Bestimmung der Keimgehalte an aeroben, mesophilen Bakterien, Schimmel- und Schwärzepilzen und Hefen. Methodenbuch III, 7. Erg. 2007, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WAGNER, W., 2017: Clostridien in Futtermitteln. Landinfo 5/2017, 38-40.

WEISS, K., 2003: Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter. Dissertation, Landwirtschaftlich Gärtnerische Fakultät, Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet für Futtermittelkunde, 181 S.

WEISS, K., 2017: Volatile organic compounds in silages—Effects of management factors on their formation: A review. Slovak J. Anim. Sci., 50(1), 55-67.

WEISSBACH, F., L. SCHMIDT, G. PETERS, E. HEIN, K. BERG, G. WEISE und O. KNABE, 1977: Methoden und Tabellen zur Schätzung der Vergärbarkeit. 3. Auflage, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, 53 S.

WEISSBACH, F. und H. HONIG, 1997: DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung, Teil B, Fassung vom 1.8.1997.

WILKINSON, J.M. und D.R. DAVIES, 2013: The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. Grass and Forage Sci. 68(1), 1-19.

WYSS, U. und N. PRADERVAND, 2017: Einfluss der Silierdauer auf die Qualität einer Mais-silage. Agrarforschung Schweiz 8 (9) 2017, 348-355.

ZEBELI, Q., M. TAF AJ, H. STEINGASS, B. METZLER und W. DROCHNER, 2006: Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. J. Dairy Sci. 89(2), 651-668.

ZHANG, F., X. NAN, H. WANG, Y. ZHAO, Y. GUO und B. XIONG, 2020: Effects of propylene glycol on negative energy balance of postpartum dairy cows. Animals, 10(9), 1526.

## 6. Anhang

Tabelle 16: Durchschnittliche Effekte von Siliermitteln auf Gärparameter und Clostridien (psC) in Grassilagen in Abhängigkeit des Silosystems und TM-Gehaltes (LK-Silageprojekte 2003-2024)

| Silosystem     | TM-Klasse | Siliermittel* | Proben<br>n | TM<br>g | pH   | pH**<br>Differenz | Ms<br>g | Es<br>g | Bs<br>g | Eth<br>g | 1,2-P<br>g | NH <sub>3</sub> -N<br>% von N | DLG<br>Punkte | psC<br>KBE/g FM |
|----------------|-----------|---------------|-------------|---------|------|-------------------|---------|---------|---------|----------|------------|-------------------------------|---------------|-----------------|
| Fahrsilo       | < 300 g   | ohne          | 287         | 276     | 4,44 | 0,14              | 55      | 17,9    | 18,0    | 9,9      | 4,6        | 9,5                           | 65            | 2102            |
| Fahrsilo       | < 300 g   | chemisch      | 29          | 264     | 4,48 | 0,23              | 53      | 17,8    | 19,0    | 7,8      | 5,3        | 11,6                          | 60            | 6960            |
| Fahrsilo       | < 300 g   | MSB-ho/he     | 67          | 275     | 4,38 | 0,08              | 64      | 24,0    | 13,5    | 8,1      | 13,2       | 9,0                           | 70            | 2121            |
| Fahrsilo       | < 300 g   | MSB-ho WR5    | 15          | 273     | 4,18 | -0,11             | 80      | 19,6    | 5,7     | 9,7      | 1,4        | 7,1                           | 89            | 655             |
| Fahrsilo       | 300-400 g | ohne          | 1276        | 350     | 4,49 | -0,11             | 47      | 13,0    | 13,4    | 9,0      | 4,1        | 7,9                           | 73            | 1991            |
| Fahrsilo       | 300-400 g | chemisch      | 73          | 347     | 4,47 | -0,11             | 46      | 11,4    | 13,0    | 8,9      | 1,2        | 8,3                           | 74            | 1198            |
| Fahrsilo       | 300-400 g | MSB-ho/he     | 346         | 350     | 4,36 | -0,24             | 56      | 16,6    | 7,8     | 7,2      | 12,3       | 7,3                           | 84            | 1621            |
| Fahrsilo       | 300-400 g | MSB-ho WR5    | 33          | 348     | 4,26 | -0,33             | 76      | 13,6    | 5,2     | 9,0      | 2,9        | 6,8                           | 90            | 2002            |
| Fahrsilo       | 401-500 g | ohne          | 456         | 435     | 4,56 | -0,38             | 45      | 11,1    | 7,5     | 9,7      | 3,8        | 7,0                           | 80            | 1691            |
| Fahrsilo       | 401-500 g | chemisch      | 18          | 435     | 4,54 | -0,40             | 42      | 9,6     | 9,0     | 8,4      | 4,7        | 6,2                           | 79            | 2120            |
| Fahrsilo       | 401-500 g | MSB-ho/he     | 161         | 435     | 4,44 | -0,51             | 53      | 13,6    | 4,1     | 7,2      | 6,7        | 6,7                           | 90            | 1075            |
| Fahrsilo       | 401-500 g | MSB-ho WR5    | 7           | 436     | 4,30 | -0,65             | 62      | 6,7     | 2,6     | 6,2      | 2,4        | 4,5                           | 96            | 170             |
| Fahrsilo       | > 500 g   | ohne          | 55          | 545     | 4,67 | -0,72             | 36      | 8,2     | 3,9     | 8,4      | 0,5        | 5,9                           | 86            | 2507            |
| Fahrsilo       | > 500 g   | chemisch      | 1           | 529     | 4,40 | -0,92             | 58      | 13,2    | 1,7     |          |            | 5,4                           | 100           |                 |
| Fahrsilo       | > 500 g   | MSB-ho/he     | 22          | 547     | 4,62 | -0,77             | 42      | 10,7    | 1,6     | 4,7      | 10,9       | 4,4                           | 94            | 1277            |
| Fahrsilo       | > 500 g   | MSB-ho WR5    | 1           | 538     | 4,30 | -1,05             | 51      | 8,9     | 0,6     |          |            | 5,0                           | 100           |                 |
| Hoch-/Tiefsilo | < 300 g   | ohne          | 20          | 287     | 4,40 | 0,05              | 67      | 17,9    | 14,0    | 7,4      | 0,9        | 10,3                          | 64            | 3200            |
| Hoch-/Tiefsilo | < 300 g   | chemisch      | 2           | 295     | 4,90 | 0,52              | 24      | 6,5     | 24,3    | 4,7      | 0,0        | 15,6                          | 35            |                 |
| Hoch-/Tiefsilo | < 300 g   | MSB-ho/he     | 2           | 277     | 3,80 | -0,44             | 97      | 10,7    | 2,3     |          |            | 7,8                           | 100           |                 |
| Hoch-/Tiefsilo | 300-400 g | ohne          | 83          | 345     | 4,43 | -0,15             | 53      | 12,7    | 12,7    | 7,0      | 2,0        | 7,5                           | 76            | 5099            |
| Hoch-/Tiefsilo | 300-400 g | chemisch      | 6           | 355     | 4,28 | -0,34             | 62      | 12,2    | 12,4    | 7,6      | 6,7        | 6,6                           | 74            |                 |
| Hoch-/Tiefsilo | 300-400 g | MSB-ho/he     | 19          | 351     | 4,57 | -0,04             | 57      | 20,4    | 13,1    | 11,3     | 7,4        | 7,7                           | 73            | 900             |
| Hoch-/Tiefsilo | 401-500 g | ohne          | 30          | 435     | 4,52 | -0,42             | 41      | 10,0    | 6,9     | 5,3      | 0,8        | 6,4                           | 80            |                 |
| Hoch-/Tiefsilo | 401-500 g | chemisch      | 2           | 437     | 4,50 | -0,45             | 51      | 6,4     | 11,9    |          |            | 7,1                           | 73            |                 |
| Hoch-/Tiefsilo | 401-500 g | MSB-ho/he     | 5           | 439     | 4,78 | -0,21             | 44      | 19,9    | 2,0     |          |            | 7,6                           | 83            |                 |
| Hoch-/Tiefsilo | > 500 g   | ohne          | 6           | 552     | 4,76 | -0,67             | 42      | 7,2     | 4,3     | 5,5      | 0,4        | 4,2                           | 85            | 1610            |
| Hoch-/Tiefsilo | > 500 g   | MSB-ho/he     | 1           | 549     | 5,30 | -0,10             | 20      | 2,9     | 3,1     | 0,5      | 0,7        | 1,0                           | 80            |                 |
| Ballensilage   | < 300 g   | ohne          | 176         | 274     | 4,48 | 0,18              | 50      | 13,0    | 18,4    | 11,9     | 1,4        | 9,3                           | 64            | 3616            |
| Ballensilage   | < 300 g   | MSB-ho/he     | 14          | 279     | 4,29 | -0,02             | 66      | 22,3    | 9,6     | 10,5     | 22,0       | 7,5                           | 79            | 1630            |
| Ballensilage   | < 300 g   | MSB-ho WR5    | 1           | 248     | 3,90 | -0,29             | 79      | 8,5     | 1,6     |          |            | 6,5                           | 100           |                 |
| Ballensilage   | 300-400 g | ohne          | 630         | 351     | 4,50 | -0,10             | 51      | 10,9    | 13,8    | 10,3     | 1,3        | 7,6                           | 72            | 2301            |
| Ballensilage   | 300-400 g | chemisch      | 1           | 357     | 4,40 | -0,23             | 25      | 12,6    | 5,9     |          |            | 3,8                           | 85            |                 |
| Ballensilage   | 300-400 g | MSB-ho/he     | 53          | 350     | 4,40 | -0,19             | 59      | 17,6    | 7,0     | 9,8      | 13,4       | 6,9                           | 83            | 1917            |
| Ballensilage   | 300-400 g | MSB-ho WR5    | 6           | 355     | 4,53 | -0,09             | 54      | 11,0    | 6,1     | 3,8      | 1,0        | 6,7                           | 82            | 3960            |
| Ballensilage   | 401-500 g | ohne          | 430         | 444     | 4,55 | -0,42             | 47      | 9,6     | 6,0     | 10,9     | 1,3        | 6,0                           | 83            | 2546            |
| Ballensilage   | 401-500 g | chemisch      | 2           | 462     | 4,70 | -0,35             | 38      | 4,3     | 0,7     | 1,8      | 0,2        | 6,1                           | 98            |                 |
| Ballensilage   | 401-500 g | MSB-ho/he     | 34          | 446     | 4,43 | -0,55             | 47      | 11,9    | 4,1     | 16,5     | 11,1       | 5,2                           | 91            | 1825            |
| Ballensilage   | > 500 g   | ohne          | 187         | 562     | 4,81 | -0,63             | 32      | 7,4     | 2,2     | 10,9     | 1,0        | 4,5                           | 85            | 1628            |
| Ballensilage   | > 500 g   | chemisch      | 3           | 551     | 4,50 | -0,91             | 50      | 13,4    | 1,3     | 14,2     | 6,5        | 4,1                           | 100           | 430             |
| Ballensilage   | > 500 g   | MSB-ho/he     | 14          | 579     | 4,83 | -0,69             | 29      | 9,3     | 1,0     | 6,6      | 0,7        | 3,7                           | 90            | 941             |

\*Siliermittel: MSB = Milchsäurebakterien, ho = homofermentativ, he = heterofermentativ, WR5 = DLG-Wirkungsrichtung 5

\*\*pH-Wert Differenz vom kritischen pH-Wert (SOLL) zum tatsächlichen pH-Wert