

Qualitätspotenziale bei Gras- und Maissilagen in Österreich – Erkenntnisse aus dem LK-Silageprojekt 2020

Quality potentials of grass and maize silages in Austria Findings from the LK-Silageproject 2020

Reinhard Resch^{1*}

Zusammenfassung

Gärfutter nimmt in Österreich etwa 75 % des konservierten Grundfutters in Form von Gras- und Maissilage ein. Angesichts des hohen Anteils ist die Gärfutterqualität für die Viehwirtschaft von zentraler Bedeutung, weil der betriebliche Erfolg von vielen Landwirten unweigerlich mit dem Gärerfolg zusammenhängt. Das LK-Silageprojekt 2020 wurde organisiert, um die IST-Situation der Silagen auf Praxisbetrieben durch umfangreiche chemische Analysen und Abfrage des Managements auszuwerten. Die Erkenntnisse sollen dazu dienen das Silagemanagement zu verbessern, um liegen gelassene Qualitätspotenziale ausschöpfen zu können.

Das größte Potenzial bei österreichischen Grassilagen läge in der Reduktion der Buttersäuregärung, welche 2020 mit durchschnittlich 15,2 g/kg TM im 1. Aufwuchs extrem hoch war. Die Entwicklung von Clostridien ist dafür verantwortlich, deswegen wurden 2020 die Keimzahlen an präsumtiven sulfitreduzierenden Clostridien (psC) schwerpunktmäßig untersucht. Mit 803 KBE psC/g FM lagen die Clostridien im Durchschnitt deutlich über jenen aus deutschen Untersuchungen und dem diskutierten VDLUFA-Orientierungswert von 500 KBE/g FM. Tendenziell wiesen Grassilagen mit höheren Buttersäuregehalten auch erhöhte Keimzahlen an psC auf. Die Beschleunigung der Milchsäuregärung in Verbindung mit einer schnelleren Absenkung des pH-Wertes unter das kritische pH-Niveau wäre anzustreben. Effektiv kann die Gärungsbeschleunigung über Einsatz bodennaher Gülledüngung (Schleppschuh), Gerüstsubstanzgehalte des Futters unter 490 g NDF/kg TM bzw. unter 310 g ADF/kg TM, Verkürzung der Feldphase (unter 12 Stunden) durch Mähgutaufbereitung, Futteranwelkung über 300 g TM/kg FM, Vermeidung von erdiger Futterschmutzung (Eisengehalt unter 500 mg/kg TM), sehr kurze Futterlänge (kleiner 5 cm) bei der Ernte, durch professionellen Einsatz von flüssigen Silierhilfsmitteln (exakte Verteilung und Dosierung) sowie über ausreichende Verdichtung und sofortige luftdichte Abdeckung erreicht werden. Maissilagen gelten als leicht vergärbare, haben jedoch den Nachteil eines höheren Verderbrisikos nach Siloöffnung. Die Gärung der Maissilagen verlief 2020 allgemein deutlich intensiver, es wurden mehr Gärsäuren und Ethanol gebildet als in den Jahren zuvor. Tendenziell lagen Rohprotein- und Gerüstsubstanzgehalte niedriger als in Vergleichsjahren. Kritisch muss die Erhöhung der mittleren Ethanolgehalte auf 16 g/kg TM eingestuft werden, weil Hefen die alkoholische Gärung hervorriefen und Hefen auch großteils für Nacherwärmungen verantwortlich sind. In der Tendenz stiegen Silokubaturen, Schlagkraft bei der Ernte, mehr Siliermitteleinsatz und die Lagerungsdichte bei Maissilagen in Österreich. Die über Dosierautomaten eingesetzten heterofermentativen Milchsäurebakterien wie *Lactobacillus buchneri* hoben den Essigsäuregehalt um durchschnittlich 5 g/kg TM an, auf der anderen Seite vergärten diese Silagen intensiver. In der Praxis sind zu kurze Gärdauer bis zur Öffnung, Auflockerung bei der Entnahme und zu geringer

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft,
Raumberg 38, A-8952 Irnding-Donnersbachtal

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

Vorschub noch weit verbreitet, sodass mit Zunahme der Lufttemperaturen im Frühjahr das Risiko von Verderb durch Nacherwärmung vielfach vorhanden ist. Potenziale zur Verbesserung können mittels einfachem Qualitätsmanagement aufgespürt werden. Dazu ist eine Laboranalyse und eine sensorische Bewertung der Silagen am Betrieb sehr hilfreich. LandwirtInnen die ihren Schwachstellen durch effektive Maßnahmen begegnen gehen den professionellen Weg zum Betriebserfolg.

Schlagwörter: Clostridien, Buttersäure, Gärqualität, aerobe Stabilität, Futtermittelkonservierung

Summary

Fermented forage takes up about 75 % of the preserved basic forage in Austria in the form of grass and corn silage. In view of the high proportion, the quality of silage is of central importance for livestock farming because the operational success of many farmers is inevitably linked to fermentation success. The LK-Silageproject 2020 was organized to evaluate the actual situation of silages on Austrian farms through extensive chemical analyses and interrogation of management. The findings are to be used to improve silage management in order to be able to exploit quality potentials that have been left unused.

The greatest potential in Austrian grass silages would be in the reduction of butyric acid fermentation, which was extremely high in 2020 with an average of 15.2 g/kg DM in the first growth. The development of clostridia is responsible for this, therefore in 2020 the bacterial counts of presumptive sulfite-reducing clostridia (psC) were investigated with focus. With 803 CFU psC/g FM, the Clostridia counts were on average significantly higher than those from German studies and the discussed VDLUFA orientation value of 500 CFU/g FM. There was a tendency for grass silages with higher butyric acid contents to also have increased bacterial counts of psC. Acceleration of lactic acid fermentation in conjunction with faster pH reduction below the critical pH level would be desirable. The acceleration of fermentation can be effectively achieved by using slurry fertilization close to the soil (drag shoe), detergent fiber contents below 490 g NDF/kg DM or below 310 g ADF/kg DM, shortening of the field phase (below 12 hours) by processing mowed grass, forage wilting above 300 g DM/kg FM, avoidance of earthy forage contamination (iron content below 500 mg/kg DM), very short forage length (less than 5 cm) at harvest, by professional use of liquid silage additives (exact distribution and dosage) and by sufficient compaction.

Corn silage is considered easy to ferment, but has the disadvantage of a higher risk of spoilage after silo opening. In 2020, fermentation of corn silage was generally much more intensive, with more acids and ethanol being formed than in previous years. The crude protein and detergent fiber contents tended to be lower than in comparable years. The increase in the average ethanol content to 16 g/kg DM must be viewed critically, because yeasts caused alcoholic fermentation and yeasts are also largely responsible for reheating. There was a tendency for silo cubic capacity, harvesting efficiency, more use of silage additives and storage density to increase in corn silage in Austria. The heterofermentative lactic acid bacteria like *Lactobacillus buchneri* used via automatic dosing machines raised the acetic acid content by an average of 5 g/kg DM, on the other hand, these silages fermented more intensively. In practice, too short fermentation time until opening, loosening of the cut surface during removal and insufficient forage advancement at the silo are still widespread, so that with an increase in air temperatures in spring, the risk of spoilage due to reheating is often present.

Potential for improvement can be detected by means of simple quality management. For this purpose, laboratory analysis and sensory evaluation of silages on the farm are very helpful. Farmers who counter their weak points with effective activities are taking the professional path to success.

Keywords: Clostridia, butyric acid, silage quality, aerobic stability, forage conservation

1. Einleitung

In Österreich produzierten im Jahr 2019 rund 56.400 Rinder haltende Betriebe (davon 28.064 Milchbauern bzw. 19.257 Milchbetriebe mit Leistungskontrolle) mit durchschnittlich 33 Rindern je Betrieb bzw. 18,7 Milchkühen, deren mittlere Leistung auf 7.724 kg/Kontrollkuh anstieg (KALCHER und STEGFELLNER 2020). Im überwiegenden Teil befinden sich österreichische Rinderbetriebe im benachteiligten Berggebiet, füttern traditionell sehr grundfutterbetont und hängen im wirtschaftlichen Erfolg dadurch stark vom wirtschaftseigenen Grünlandfutter und Silomais ab. Nach SPIEKERS et al. (2009) sind die Qualitäten der Futterpflanzenbestände, deren Konservierung, Lagerung und Futtervorlage entscheidend für gute Futterraufnahme und tierische Grundfutterleistung.

Laut BMLRT (2020) standen 2019 insgesamt 495.126 ha Wirtschaftswiesen mit drei oder mehr Nutzungen, 154.769 ha Feldfutterbau und 85.684 ha Silomais für die Futterproduktion in Österreich zur Verfügung. In der Praxis werden in Summe ca. 75 % des Grundfutters durch Milchsäuregärung konserviert, das entsprach 2019 einer Menge von 2,55 Mio. t TM an Grassilage und 1,3 Mio. t TM an Maissilage. Angesichts dieser Verhältnisse sind Fragen zur Futterqualität von Silagen für die Rinderwirtschaft in Österreich von großer Bedeutung.

Das Qualitätsbewusstsein der LandwirtInnen in Österreich ist wahrscheinlich gut ausgeprägt. Gemessen an der Anzahl an beauftragten Laboruntersuchungen von Futterproben aus der Praxis, im Vergleich zu den tatsächlich produzierten Chargen, muss eingestanden werden, dass wahrscheinlich weniger als 2 % der Praktiker ihre Futterpartien chemisch analysieren lassen oder selbst eine sensorische Bewertung mit dem ÖAG-Schlüssel (RESCH et al. 2020) durchführen. Aus diesem Blickwinkel betrachtet wäre der Wissensstand zur produzierten Grundfutterqualität von Futterkonserven nach wie vor größtenteils verbesserungsbedürftig. Ohne Klarheit über die vorliegenden Qualitäten bleiben Qualitätspotenziale in verschiedenen Bereichen wie Pflanzenbestand, Futterernte, Silierung und Silocontrolling wahrscheinlich vielfach ungenutzt liegen, weil sie zu wenig bewusst wahrgenommen werden.

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 Futterproben 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 knapp 6.000 und für Maissilage etwa 450 Qualitätsanalysen vor, wo zu jeder Silageprobe auch verschiedene Aspekte des Managements der Betriebe bei der Futterkonservierung abgefragt wurden. Dem Kernproblem der hohen Buttersäuregehalte in österreichischen Grassilagen wurde im LK-Silageprojekt 2020 erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet. Die mikrobiologische Untersuchung der Proben auf präsumtive sulfitreduzierende Clostridien und die Abfrage des

Wirtschaftsdüngermanagements sollten neue Erkenntnisse für Verbesserungsansätze liefern. Bei der Maissilage stand die Analyse der Gerüstsubstanzen sowie die aerobe Stabilität auf der Agenda. Für eine zukunftsorientierte Entwicklung im Bereich Grundfutterqualität muss die Frage aufgeworfen werden wo Schwachstellen auftreten und welche Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung ausgeschöpft werden können.

2. Material und Methoden

2.1 Erhebungen zum Gärfutter

In den LK-Silageprojekten wurden seit 2003 Erhebungen von Praxisbetrieben in insgesamt sechs Erfassungsjahren durchgeführt, darunter auch das Jahr 2020. Fragebogen-Erhebungen und Probenziehungen auf den landwirtschaftlichen Betrieben wurden vorwiegend von Mitarbeitern der Landeslandwirtschaftskammern und des LKV (Landeskontrollverband) durchgeführt. Insgesamt wurden bisher Daten von 5.031 Grassilagen und 440 Maissilagen aus den Bundesländern zusammengetragen.

Im Jahr 2020 nahmen bei am Grassilageprojekt 80 % ÖPUL-Betriebe teil, der Bioanteil betrug 23 % (Tabelle 1). Beim Maissilageprojekt belief sich der Anteil der konventionellen Betriebe auf 32 % und nur 6 % Biobetriebe, der Rest waren andere ÖPUL-Betriebe. In Österreich war 2020 der Flachsilo mit Seitenwänden (Fahrsilo, Traunsteiner u.a.) mit 58 % bei Grassilage und 82 % bei Maissilage das beliebteste Silosystem. Pressballen sind bei Grassilagen mit 37 % das zweitwichtigste Verfahren, das auch bei Maissilage mit knapp 7 % an Bedeutung gewinnt. Siloballen waren besonders auf kleinstrukturierten Biobetrieben beliebt (Tabelle 1). Silohaufen ohne Seitenwände (Vorarlberger Siloplatte) nahmen ~7% bei Maissilagen ein. Das System der Hoch-/Tiefsilos war bei den Teilnehmern mit 2 % nur mehr wenig bedeutsam. Das Verfahren Schlauch-/Tunnelsilage war eher bei Maissilagen mit 2 bis 3 % vertreten.

Bei der Zuordnung nach Aufwüchsen wurde der 1. Aufwuchs (61 %) und die Folgeaufwüchse (29 %) getrennt. Mischsilagen der beiden Kategorien (10 %) waren nicht auswertbar und wurden herausgefiltert. In der Futterzusammensetzung entfielen 73 % auf Dauergrünland, 19 % auf Feldfuttersilagen und der Rest auf Grassilagen der Kategorie Grünland/Feldfutter. Zwei Drittel der Produzenten lagen zwischen 400 bis 850 m Seehöhe (\bar{x} 626 m, Min. 117 m, Max. 1.550 m) und zu 90 % Milchkuhbetriebe.

Tabelle 1: Durchschnittlicher Prozentanteil verschiedener Siliersysteme für Gras- und Maissilage in Abhängigkeit der Wirtschaftsweise (LK-Silageprojekte 2003-2020)

Siliersystem	Fahrsilo		Silohaufen		Hoch-/Tiefsilo		Rundballen		Siloschlauch		Anzahl Proben	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Grassilage												
Wirtschaftsweise	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Biobetrieb	43,0	35,8	0,9	2,9	6,1	5,9	48,2	54,9	1,8	0,5	114	204
UBB	58,6	60,1	0,4	2,1	2,6	1,3	38,4	36	0	0,5	268	381
Verzicht	44,4	48,3	0	2	0	0	55,6	46,6	0	1	27	58
ohne ÖPUL	72,9	78,2	1,4	0,6	3,5	1,1	22,2	19,6	0	0,6	144	179
Gesamt	59,0	57,6	1,0	2,1	3,6	2,3	36,0	37,4	0,3	0,7	553	877
Maissilage												
Wirtschaftsweise	09-16	2020	09-16	2020	09-16	2020	09-16	2020	09-16	2020	09-16	2020
Biobetrieb	80,0	72,7	15	18,2	0	0	5	9,1	0	0	20	11
UBB	70,3	78,7	17,6	8	5,4	2,7	5,4	9,3	1,4	1,3	74	75
Verzicht	100	71,4	0	14,3	0	0	0	14,3	0	0	2	7
ohne ÖPUL	84,5	86	10,3	5,3	0	1,8	0	3,5	5,2	3,5	58	57
Gesamt	78,0	82,2	13,4	6,7	2,4	2,2	3,0	6,7	3	2,2	164	180

2.2. Laboranalyse der Silagen

Die chemische Futtermittelanalytik erfolgte im Futtermittellabor Rosenau (Landeslandwirtschaftskammer Niederösterreich) mittels Standardmethoden nach VDLUFA (1997). Alle Proben wurden auf den Rohnährstoffgehalt, entsprechend der Weender-Nährstoffanalytik, und Gärqualität untersucht. Die Energiebewertung erfolgte auf Basis des Rohnährstoffgehalts mit Hilfe von Regressionen (GRUBER et al. 1997), welche aus der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (DLG 1997a) abgeleitet wurden. Die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF und ADL) und Zucker werden seit 2016 systematisch untersucht. Mengen- und Spurenelemente wurden mittels ICP-Analysator gemessen und waren 2020 von insgesamt 99 % der Grassilagen vorhanden. Die Parameter der Gärqualität umfassen pH-Wert, organische Säuren (Milch-, Essig-, Propion- und Buttersäure), Ethanol und Ammoniak (NH₃). Die organischen Säuren und Ethanol wurden mit einem Gaschromatographen bestimmt, der Ammoniak mit einer NH₃-Sonde. Ethanolwerte stehen seit 2016 zur Verfügung.

2.2.1 Clostridien-Untersuchung

Im Zuge des laufenden LK-Silageprojektes 2020 wurden im Futtermittellabor Rosenau sufitreduzierende Clostridien gemäß VDLUFA- Methodenbuch III, Methode 28.3.2 (VDLUFA 2007) bestimmt. Die Analyse wird im Plattengussverfahren mit einem selektiven Nachweismedium (Tryptose-Sulfit-Cycloserin-Agar) durchgeführt. Der Zusatz von Cycloserin, soll die Entwicklung von Begleitflora (wie etwa Milchsäurebakterien oder Bazillen) verhindern. Die Platten wurden dazu anaerob bei 37 °C bebrütet und die (schwarz gefärbten) Kolonien nach 48 Stunden ausgezählt. Eine exakte Bestimmung der Kolonien ist bei der Analyse von Silagen aufgrund sehr verschiedener Begleitflora meist nicht möglich, sodass als Ergebnis eine Keimzahl „präsumtiver“ sulfitreduzierender Clostridien (psC) angegeben wird. Die ermittelten Keimgehalte wurden schließlich als kolonienbildenden Einheiten (KBE) je Gramm Frischmasse (FM) im Befund dargestellt.

Die bislang ermittelten Keimgehalte zeigten Werte zwischen „nicht nachweisbar“ und etwa 10.000 KBE/g FM. Mit dieser Methode werden vorwiegend sufitreduzierende Clostridien (nicht zuletzt auch *C. perfringens*) und nur ein geringer Anteil an anderen (fakultativ) anaeroben Bakterienarten wie fakultativ anaeroben Bazillen (Begleitflora) erfasst, die sich ebenfalls unter diesen Bedingungen vermehren können. Bei der angewendeten Methode wird nicht zwischen Lebenden (vegetativen) und Dauerformen (Sporen) unterschieden. Verschiedene buttersäurebildende Clostridium-Arten wie *C. butyricum* bzw. *C. tyrobutyricum* werden mit TSC-Agar allerdings nicht erfasst, weil sie Sulfit nicht reduzieren. Aus diesem Grund kann bei der Interpretation der Ergebnisse und der Befunde kein sehr enger Zusammenhang zwischen Buttersäuregehalt und Keimzahl an sulfitreduzierender Bakterien erwartet werden!

Nach WAGNER (2017) wird vom Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) aktuell als Orientierungswert für präsumtive sulfitreduzierende Clostridien in Grassilagen ein Keimgehalt von 500 KBE/g FM empfohlen (Maissilagen 200 KBE/g, TMR 1.000 KBE/g). Überschreitet der Gehalt an (präsumtiven) vegetativen sulfitreduzierenden Clostridien den Richtwert erheblich, kann - je nach Ausmaß - die mikrobiologische Qualität des Futtermittels bereits mehr oder weniger herabgesetzt sein. Bei extrem starker Belastung des Futters kann auch eine Beeinträchtigung der Tiergesundheit nicht ausgeschlossen werden. Hier wäre dann gegebenenfalls eine weiterführende Untersuchung auf pathogene Clostridien (z.B. *C. perfringens*, *C. botulinum*) angeraten.

Die Clostridiendaten aus dem LK-Silageprojekt 2020 sollen unter anderem auch Forschung, Lehre und Beratung dienen, um die Praxisverhältnisse in Österreich einzustufen und Beziehungen zu Parametern der Silagequalität inkl. Futterhygiene sowie zum Siliermanagement herstellen zu können.

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 (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 (Prozedur GLM = General Linear Model) und mit dem Programm IBM-SPSS Statistics (Version 25) 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 Faktoren (Trockenmasse-, NDF- und Rohaschegehalt, etc.), um deren Einfluss einstuft zu können. Diese Vorgangsweise erlaubt eine Trennung der einzelnen Einflussfaktoren und eine genaue Bewertung des Faktoreffekts auf die abhängige Variable. Mit dem GLM-Modell werden die quantitativen Faktoren gleichgeschaltet, d.h. es wird zum Beispiel für den Trockenmassegehalt für alle ausgewerteten Proben ein mittlerer Wert von 385 g/kg FM eingesetzt. Diese Gleichschaltung schaltet die Unregelmäßigkeiten aus und schärft damit die statistische Bewertung von Einflussgrößen. Würden die Berechnungen ohne diese statistische Methode durchgeführt, so wäre keine Konstanzhaltung von quantitativen Faktoren möglich und die Aussagekraft eines Mittelwertvergleiches wäre wesentlich unschärfer. 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 konnte leider nicht auf alle möglichen Auswertungen eingegangen werden, das hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt. Hier folgen Ergebnisse zu den Projektschwerpunkten Buttersäuregärung und Clostridien bei Grassilagen und Gerüstsubstanzen bzw. aerobe Stabilität bei Maissilagen. Einige deskriptive Tabellen mit detaillierten Inhalten sind im Anhang angeführt.

3.1 Grassilagequalitäten in Österreich

Der 1. Aufwuchs der Grünlandflächen nimmt einen besonderen Stellenwert ein, weil er im Vergleich zu den übrigen Folgeaufwüchsen den größten Anteil an Menge liefert. Menge und Qualität des 1. Aufwuchses gebührt daher eine entsprechende Aufmerksamkeit. In *Tabelle 2* zeigt sich anhand statistischer Kennwerte die Lage einzelner Parameter der Grassilagen in den Projektjahren sowie die Datenverteilung zur besseren Orientierung der Größenordnungen.

Im aktuellen Projektjahr 2020 fällt auf, dass der mittlere Rohaschegehalt mit 92,5 g/kg TM deutlich niedriger lag und daher die Energiedichte auf durchschnittlich 6,20 MJ NEL/kg TM anstieg. Gemeinsam mit den geringeren Eisengehalten ein Indiz für geringere Futterverschmutzung mit Erde. Die mittleren Rohproteingehalte und auch die RNB (Ruminale N-Bilanz) fielen leicht ab. Bei den Gerüstsubstanzen konnte eine kleine Reduktion bei ADF und Lignin (ADL) beobachtet werden, welches ein Hinweis auf etwas geringere Stängelanteile im Futter ist. Die Kaliumgehalte nahmen tendenziell ab, während bei Natrium und Kupfer eine leichte Erhöhung festgestellt werden konnte. Inwieweit sich

Tabelle 2: Allgemeine qualitative Situation von Grassilagen des 1. Aufwuchses in Österreich (LK-Silageprojekte 2003-2020)

Parameter	Projektjahre Mittelwerte			Deskriptive Statistik			Datenverteilung				
	2003- 2009	2016	2020	\bar{x}	SD	n	Quartil Median Quartil				
							min	25	50	75	max
Trockenmasse [g/kg FM]	369,3	353,8	363,7	366,2	71,0	3.114	198	314	358	404	755
Rohprotein [g/kg TM]	147,1	153,1	145,3	147,6	20,2	3.114	78	133	147	160	249
nXP [g/kg TM]	133,0	135,9	135,2	133,8	6,9	3.107	95	129	134	138	161
RNB [g/kg TM]	2,3	2,8	1,6	2,2	2,5	3.107	-8	1	2	4	15
NDF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	506,3*	438,9	441,9	449,4	50,0	1.089	317	418	443	485	621
ADF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	341,9*	291,2	287,2	297,8	37,8	1.137	24	275	294	320	437
ADL [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	52,2*	37,7	35,2	38,4	10,9	1.089	17	32	38	45	107
Rohfaser [g/kg TM]	264,6	253,3	258,1	261,9	26,9	3.114	188	243	261	280	376
Rohfett [g/kg TM]	30,6	32,2	32,1	31,1	3,0	3.114	21	29	31	33	49
Rohasche [g/kg TM]	101,2	102,0	92,5	99,8	19,6	3.114	50	88	97	108	306
Zucker [g/kg TM]	68,0	72,0	73,2	71,8	42,2	1.202	1	85	66	100	199
OM-Verdaulichkeit [%]	72,9	74,1	73,9	73,3	2,7	2.660	57,4	71,6	73,4	75,2	82,7
Metabolische Energie ME [MJ/kg TM]	10,10	10,29	10,34	10,17	0,45	3.114	7,23	9,89	10,2	10,48	11,54
Nettoenergie-Laktation NEL [MJ/kg TM]	6,04	6,17	6,20	6,08	0,32	3.113	4,25	5,88	6,1	6,3	7,09
Calcium (Ca) [g/kg TM]	7,3	6,4	6,6	7,0	1,7	2.843	2,3	5,9	6,8	7,8	27,1
Phosphor (P) [g/kg TM]	3,0	3,3	3,2	3,1	0,5	2.843	1,2	2,8	3,1	3,4	6,5
Magnesium (Mg) [g/kg TM]	2,4	2,2	2,3	2,3	0,5	2.843	0,7	2,0	2,2	2,5	6,4
Kalium (K) [g/kg TM]	29,7	28,8	28,1	29,3	4,6	2.843	13,3	26,0	29,3	32,2	44,7
Natrium (Na) [mg/kg TM]	0,49	0,52	0,67	0,52	0,45	2.843	0,1	0,3	0,43	0,6	16,3
Eisen (Fe) [mg/kg TM]	736	717	626	668	544	903	7	326	515	794	7.368
Mangan (Mn) [mg/kg TM]	85	76	80	82	31	903	19,6	59,3	77,7	97,7	309,9
Zink (Zn) [mg/kg TM]	33	30	30	31	9	903	8	26,6	29,7	33,4	171,6
Kupfer (Cu) [mg/kg TM]	7,8	7,8	8,0	7,9	1,3	903	4,1	7,1	8	8,5	14,1
pH-Wert	4,4	4,5	4,6	4,5	0,3	2.849	3,1	4,2	4,4	4,7	6,7
Milchsäure [g/kg TM]	44,6	45,1	60,0	47,8	25,4	2.643	0	28,2	43,5	61,5	170,9
Essigsäure [g/kg TM]	11,5	14,6	16,0	12,9	8,7	2.643	0	7,1	10,8	15,8	108,3
Propionsäure [g/kg TM]			0,9	0,9	0,8	536	0	0,4	0,7	1,1	7,1
Buttersäure [g/kg TM]	12,5	11,3	15,2	12,8	10,4	2.643	0	4,2	10,9	19,2	86,8
Gesamtsäure [g/kg TM]	68,5	72,1	92,1	73,8	30,8	2.643	2,3	51,4	70,7	90,4	244,4
Ethanol [g/kg TM]		3,8	13,8	12,3	9,5	628	0,7	4,0	10,8	14,1	94,6
Ammoniak-N [% von N-total]	8,6	5,3	7,9	8,0	4,5	2.636	0,1	5,2	7,2	9,4	75,7
DLG-Bewertung [Punkte]	73,7	76,5	70,0	73,4	19,1	2.640	-15	60	75	90	100
präsum. sufitred. Clostridien [KBE/g FM]			803	803	1.224	518	0	257	871	2.754	20.417
Verdichtung [kg TM/m ³]	173,3	162,3	168,7	171,8	47,2	2723	17,0	140,5	170,9	199,8	356,7

*Gerüstsubstanzen der Jahre 2003-2009 nur von 5 % der Proben vorhanden

das trockene Frühjahr 2020 auf den Salzgehalt erhöhend ausgewirkt haben könnte, muss abgeklärt werden.

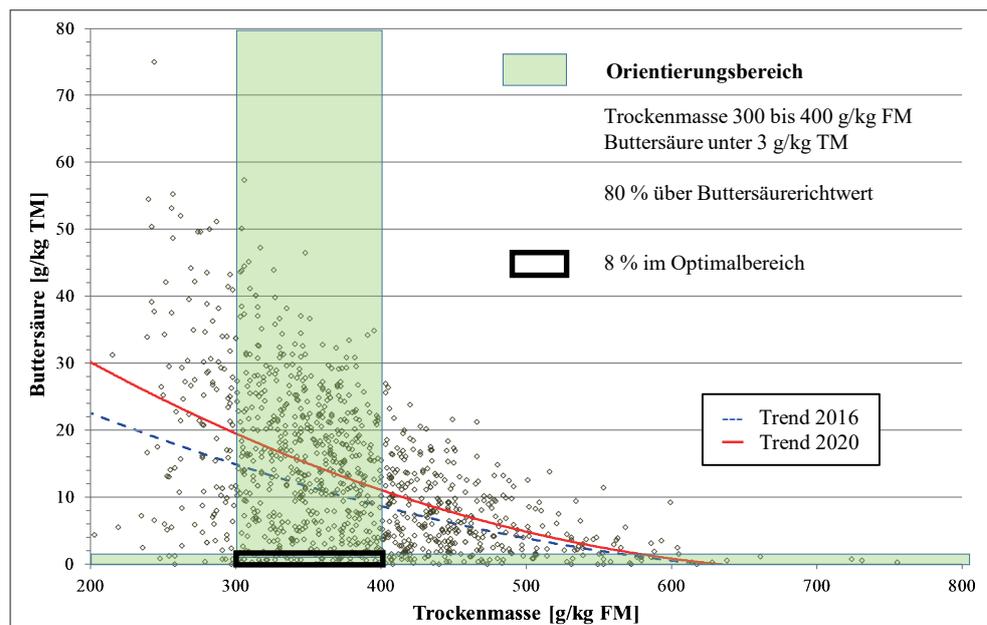
Die Gärverläufe im Jahr 2020 zeigten bei den Grassilagen im 1. Aufwuchs bei ähnlichem mittleren TM-Gehalt eine um 25 % höhere Gesamtsäurebildung als im Durchschnitt und dennoch lagen die pH-Werte der Silagen um pH 0,1 höher. Extrem auffällig war 2020 die stark erhöhte alkoholische Gärung, welche die mittleren Ethanolgehalte auf

13,8 g/kg TM anhub. Die Gärqualität nach DLG (1997b) fiel auf 70 Punkte und damit deutlich unter den Mittelwert. Die Verdichtung der Grassilagen im Jahr 2020 war etwas besser als 2016, konnte den Durchschnittswert jedoch nicht übertreffen. Details zu den Folgeaufwüchsen und zum Feldfutter sind im Tabellenanhang zu entnehmen.

3.1.1 Anwelkung und Gärverlauf

In den vergangenen Jahren zeigte sich in Österreich, dass Grassilagen zu einem ungünstigen Gärverlauf tendierten, der sich im Endeffekt mit deutlich erhöhten Buttersäuregehalten ausdrückte (RESCH 2010; RESCH 2017). Nach McDonald et al. (1991) bzw. ROOKE und HATFIELD (2003) ist der Fermentationsweg von saccharolytischen Clostridien ($2 \text{ Laktat} + \text{ADP} + \text{P}_a \rightarrow \text{Butyrat} + 2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2 + \text{ATP} + \text{H}_2\text{O}$) äußerst energieaufwendig, daher ist die Buttersäurebildung mit deutlichen Verlusten an Trockenmasse und Energie verbunden und sollte vermieden werden. Der von der DLG (2012) herausgegebene Orientierungswert für Buttersäure in Grassilagen sollte 3 g/kg TM nicht überschreiten. Im Projektjahr 2020 erreichten die Buttersäuregehalte mit durchschnittlich 13,4 g/kg TM im negativen Sinn ein neues Rekordniveau. Die Tatsache, dass rund 80 % der untersuchten Grassilageproben über dem Orientierungswert lagen (Abbildung 1) zeigt, dass in Österreich ein äußerst großes Potenzial für Verbesserungen in der Gärqualität zu suchen ist. Das höchste Risiko einer starken Buttersäuregärung trat bei TM-Gehalten unter 300 g/kg FM auf, in diesem Bereich befanden sich 12,7 % der untersuchten Grassilagen. Die Erhöhung des TM-Gehaltes ist eine bewährte Möglichkeit die Buttersäurebildung zu reduzieren, um den Gärerfolg zu verbessern (WEISSBACH et al. 1977). Im Jahr 2020 lagen zwar 54 % der Grassilagen im TM-Zielbereich von 300 bis 400 g/kg FM, dennoch brachte die Anwelkung nur eine unbefriedigende Senkung des Buttersäuregehaltes auf 11,4 g/kg TM. Die Keimzahlen an psC waren mit Erhöhung des TM-Gehaltes tendenziell von 1.000 auf 700 KBE/g FM leicht rückläufig. Bei Anwelkung über 450 g/kg FM wird von Gärheu oder Heulage gesprochen. Hinsichtlich Senkung von Buttersäuregehalt und psC brachte die starke Anwelkung den größten Erfolg, allerdings ist in der Praxis eine gute Verdichtung in diesem TM-Bereich nur mehr mit Ballenpressen erzielbar. Knapp 7 % der Proben wurden als Gärheu konserviert. Für Gärheuballen mit TM-Gehalten über 500 g/kg FM ist zwecks optimaler Luftdichtheit eine 8-lagige Wickelung empfehlenswert, weil sich bei Undichtheit der Verderb durch Verpilzung schneller ergibt. Nur 11 % der Gärheuerzeuger wickelten die Ballen 8-fach.

Abbildung 1: Buttersäuregehalte von Grassilagen in Österreich in Abhängigkeit des TM-Gehaltes (LK-Silageprojekt 2020)



Nach RESCH et al. (2017) unterstützt eine optimale Milchsäuregärung die Gärqualität erheblich, d.h. der Milchsäureanteil an der gesamten Säurebildung sollte mehr als 80 % betragen. Dagegen dürfte ein tolerierter Buttersäureanteil 10 % der Gesamtsäure nicht überschreiten. Im 1. Aufwuchs betrug der Buttersäureanteil im Durchschnitt 19,2 %, im Jahr 2020 mit 18,5 % nur geringfügig weniger. Interessant ist der Umstand, dass trotz unterschiedlicher mittlerer Buttersäuregehalte im 1. Aufwuchs der Jahre 2009 bis 2020, der relative Buttersäureanteil an der Gesamtsäure mit 18,3 bis 18,7 % stabil auf zu hohem Niveau blieb. In den Folgeaufwüchsen betrug der Buttersäureanteil zwischen 11 und 16 %, somit immer noch zu hoch, aber deutlich günstiger als im 1. Aufwuchs.

Nach PAHLOW et al. (2003) ist eine schnelle Senkung des pH-Wertes (Säuerung) der Schlüssel zur Kontrolle von Enterobakterien und Clostridien wie *Clostridium butyricum* und *C. tyrobutyricum*. Diese Gärschädlinge vermehren sich so lange, bis eine hemmende Konzentration an undissoziierten Säuren und/oder ein ausreichend niedriger pH-Wert erreicht ist. Die streng anaeroben Clostridien bevorzugen einen pH-Bereich von 5 bis 6 und einen Temperaturbereich von 30 bis 40 °C (THÖNI 1988). Der kritische pH-Wert, bei dem diese Mikroorganismen gehemmt werden, hängt nach WIERINGA (1958) auch vom TM-Gehalt des Erntegutes ab. Silagen mit einem ausreichend niedrigen pH-Wert wurden von WEISSBACH (1977) als „anaerob stabil“ definiert und nach DLG (2006) formelmäßig dargestellt: Kritischer pH-Wert bis TM-Gehalt von 450 g/kg FM = $0,004 \times \text{TM [g]} + 3,2$. Höhere TM-Gehalte als 450 g/kg FM sollten einen pH-Wert von 5,0 unterschreiten, um die Clostridienvermehrung zu unterbinden.

Ähnlich wie im LK-Silageprojekt 2016 (RESCH 2017) zeigten die aktuellen Auswertungen, dass 36 % der Grassilagen den pH-Richtwert zum Zeitpunkt der Beprobung nicht unterschritten haben. Obwohl keine Daten zum pH-Verlauf (Säuerungsgeschwindigkeit) vorlagen, konnte über die pH-Abweichung zum kritischen pH-Wert (Sollwert) nachgewiesen werden, dass sich die pH-Absenkung unter den Sollwert deutlich verringert auf die Buttersäurebildung auswirkte, während eine unzureichende pH-Absenkung die Buttersäuregehalte stark ansteigen ließ (Abbildung 2). Insgesamt lagen nur 32 % der Grassilagen im TM-Empfehlungsbereich und gleichzeitig unterhalb des pH-Sollwertes. Eine gute pH-Absenkung sorgte auch dafür, dass die Keimzahlen an psC deutlich verringert werden konnten.

Der Gärverlauf im Jahr 2020 war außergewöhnlich, weil unter gleichen Nährstoffgehalten im GLM-Modell die gebildeten Gesamtsäuremengen mit durchschnittlich 89 g/kg TM signifikant höher waren als in den Vergleichsjahren davor (\bar{x} 60 bis 77 g/kg TM) und die pH-Absenkung unter den Soll-Wert dennoch meist schlechter war. Umso erstaunlicher ist dieses Faktum, weil 2020 tendenziell geringere Rohprotein- und Rohaschegehalte im 1. Aufwuchs zu verzeichnen waren, d.h. die Pufferkapazität war niedriger und die Säurewirkung hätte daher besser sein müssen. Im Jahr 2003 genügten 60 g Gärsäuren, um den Soll-pH um 0,22 zu unterschreiten, im Jahr 2020 brachten 89 g Säuren nur eine

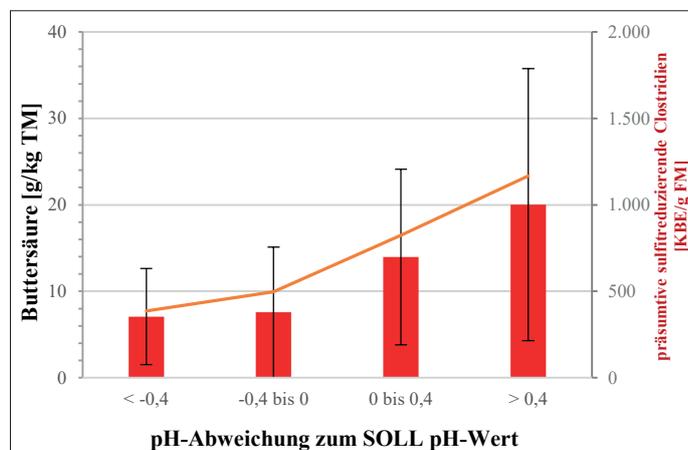


Abbildung 2: Einfluss der Absäuerung auf Buttersäuregehalt und präsumtive sulfitreduzierende Clostridien in Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020; TM 371 g/kg FM, XP 150 g, NDF 455 g, XA 100 g/kg TM)

pH-Absenkung um 0,11 unterhalb des Soll-pH. So gesehen muss davon ausgegangen werden, dass die Milchsäuregärung im Jahr 2020 zumindest im 1. Aufwuchs deutlich ineffektiver verlaufen ist. Eine mögliche Erklärung für die hohe Säurebildung in 2020 könnte im epiphytischen Besatz gesucht werden, die Annahme kann sich allerdings nicht auf Daten stützen.

3.1.2 Wirtschaftsdünger und Clostridien in Silagen

Das Wirtschaftsdüngermanagement wurde im Projektjahr 2020 abgefragt, um dessen Einfluss auf die Grassilagequalität bewerten zu können. Rund 87 % der Teilnehmer setzten Gülle für die Düngung des Ernteaufwuchses ein, 4,6 % keinen Dünger, 3,5 % Stallmist und der Rest Kompost, Jauche und sonstige Dünger. Aufgrund der hohen Praxisrelevanz widmeten sich die Untersuchungen in dieser Arbeit vorwiegend dem Güllesystem. Nach ADLER und LEW (1995) stellen Wirtschaftsdüngerreste und der Boden eine erhebliche Quelle an gärschädlichen Keimen dar, vor allem an Clostridien sporen.

Die GLM-Auswertung zeigte unter konstanten Bedingungen, dass der Einsatz unterschiedlicher Wirtschaftsdünger zu einer Grundbelastung mit Clostridien führte, welche die Buttersäuregärung bei Gülle- und Jauchedüngung tendenziell stärker förderten (*Abbildung 3*). Eine tendenzielle Verringerung der Buttersäuregehalte war zu beobachten,

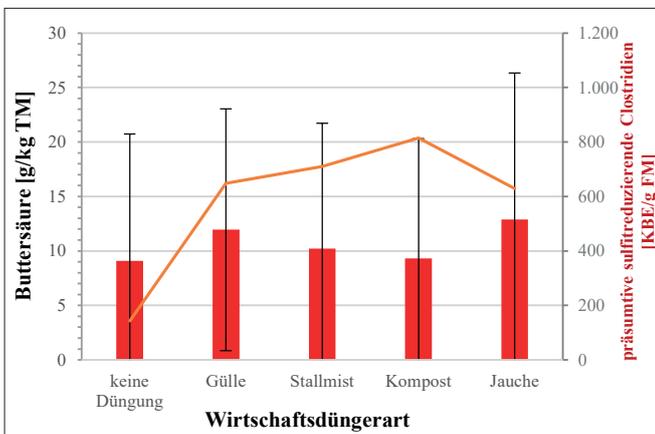


Abbildung 3: Einfluss der Düngerart auf Buttersäuregehalt und Clostridien von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020; TM 379 g/kg FM; XP 147 g; NDF 449 g; XA 98 g/kg TM)

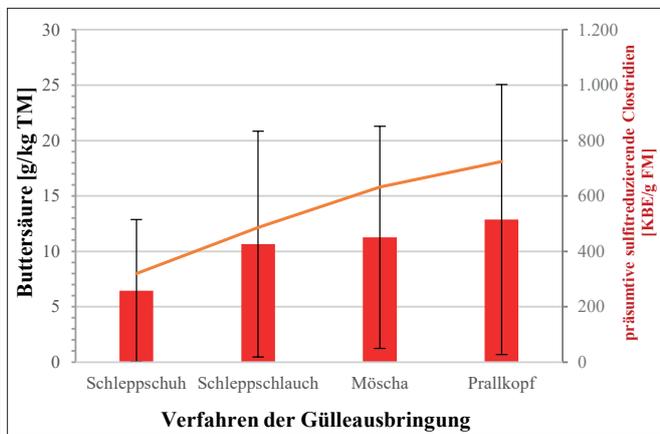


Abbildung 4: Einfluss des Verfahrens der Gülleausbringung auf Buttersäuregehalt und Clostridien (psC) von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020; TM 378 g/kg FM; XP 147 g; NDF 448 g; XA 97 g/kg TM; 19,4 m³ Gülle)

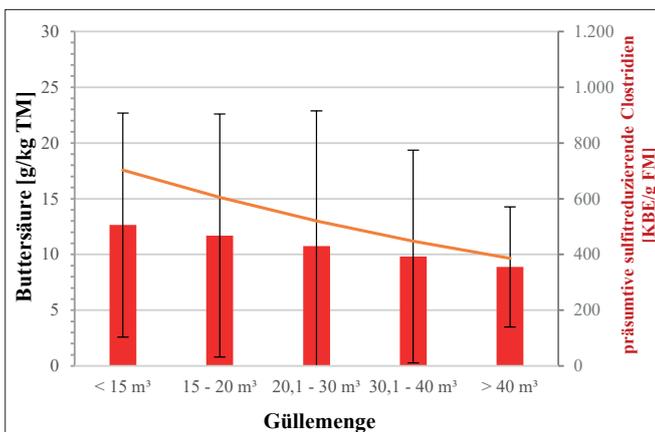


Abbildung 5: Einfluss der Güllemenge auf Buttersäuregehalt und Clostridien (psC) von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020; TM 378 g/kg FM; XP 147 g; NDF 448 g; XA 97 g/kg TM)

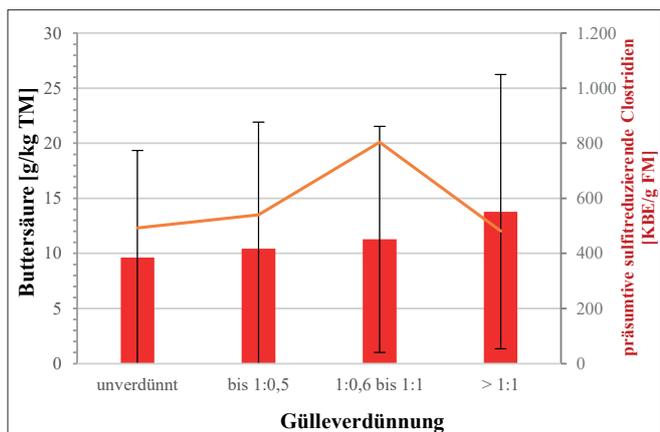


Abbildung 6: Einfluss der Gülleverdünnung auf Buttersäuregehalt und Clostridien (psC) von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020; TM 378 g/kg FM; XP 147 g; NDF 448 g; XA 97 g/kg TM; 19,5 m³ Gülle)

wenn keine Wirtschaftsdünger gegeben wurden bzw. bei Kompostdüngung (Abbildung 3). Die aktuellen Ergebnisse bestätigen den positiven Effekt der Nicht-Düngung bzw. einer mineralischen Düngung hinsichtlich Verringerung der Buttersäuregehalte im LK-Silageprojekt 2009 (RESCH 2010).

Das Verfahren der Gülleausbringung verursachte in Grassilagen einen signifikanten Einfluss auf den Buttersäuregehalt und auf psC (Abbildung 4). Bei der bodennahen Ausbringung ergaben sich durch den Schleppschuh deutliche Vorteile in der Gärqualität und psC. Verhältnismäßig am schlechtesten schnitt die Breitverteilung mit dem Prallkopf ab, weil hier die Buttersäuregehalte und die Keimzahlen an psC mehr als doppelt so hoch waren als beim Schleppschuh. Nach PÖLLINGER et al. (2019) waren zwei Wochen nach Gülleausbringung am frischen Gras keine signifikanten Unterschiede an Clostridien-Keimzahlen bei verschiedenen Gülleausbringungsverfahren festgestellt worden. Die eingesetzten Güllen hatten mit zunehmender Menge eine tendenziell verringerte Wirkung auf den Buttersäuregehalt und psC in Grassilagen (Abbildung 5). Dieser Effekt könnte nach WEISS (2003) eine Folge höherer Nitratgehalte aufgrund der gesteigerten N-Versorgung und der damit verbundenen clostridienhemmenden Wirkung des zu Nitrit abgebauten Nitrates sein. Die Gülleverdünnung mit Wasser hatte unter konstanten Bedingungen statistisch gesehen nur einen zufälligen Effekt auf Buttersäure und psC (Abbildung 6).

3.1.3 Gerüstsubstanzen und Pflanzenbestand

Die Ernte im Vegetationsstadium „Ähren-/Rispschieben“ bei Gräsern bzw. im „Knospens Stadium“ bei Leguminosen gilt in der guten landwirtschaftlichen Praxis als optimaler Silierzeitpunkt, weil in diesem Stadium eine hohe Verdaulichkeit, ein guter Proteingehalt und gleichzeitig ein ansprechender Ertrag erzielt werden können.

Die umfangreichen Futteruntersuchungen der letzten 5 bis 10 Jahre ermöglichten bei den Faserstoffen auch in Österreich den Umstieg von der Rohfaser auf das realitätsnahe System der Gerüstsubstanzen (VAN SOEST 1994). Für Grassilagen wurde aufgrund der Datenlage ein NDF-Orientierungsbereich von 410 bis 490 g/kg TM gewählt (RESCH 2017). Insgesamt 18 % der Grassilagen enthielten NDF-Gehalte über 490 g/kg TM und 17 % weniger als 410 g NDF/kg TM, d.h. 65 % der Teilnehmer lagen mit der Wahl des Erntezeitpunktes richtig. Zu hohe Anteile an Gerüstsubstanzen (Zellulose, Hemicellulose und Lignin) sind ein Hinweis auf zunehmende Reifung der Pflanzen und damit eine Verminderung der OM-Verdaulichkeit. *Abbildung 7* zeigt die negative Beziehung

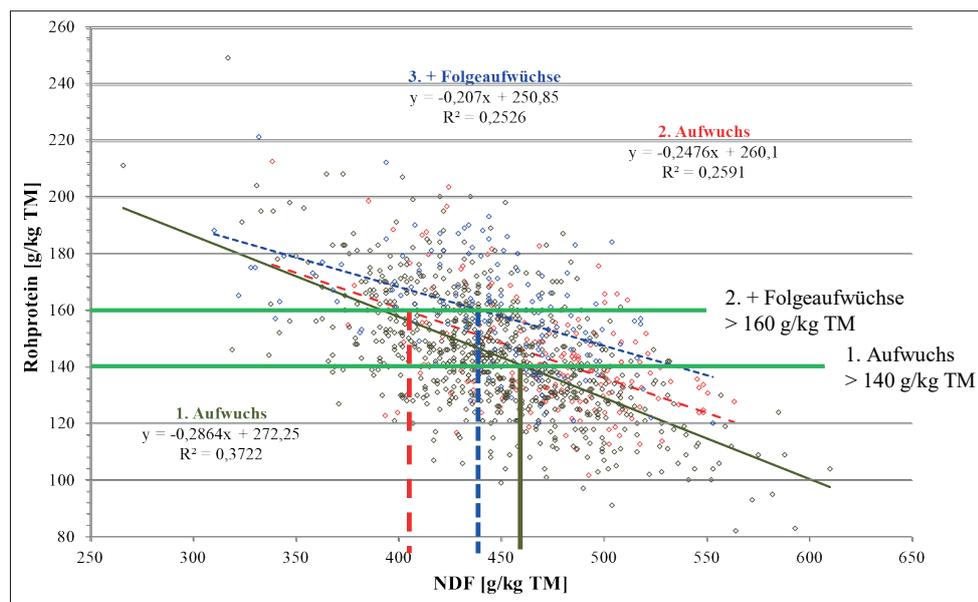


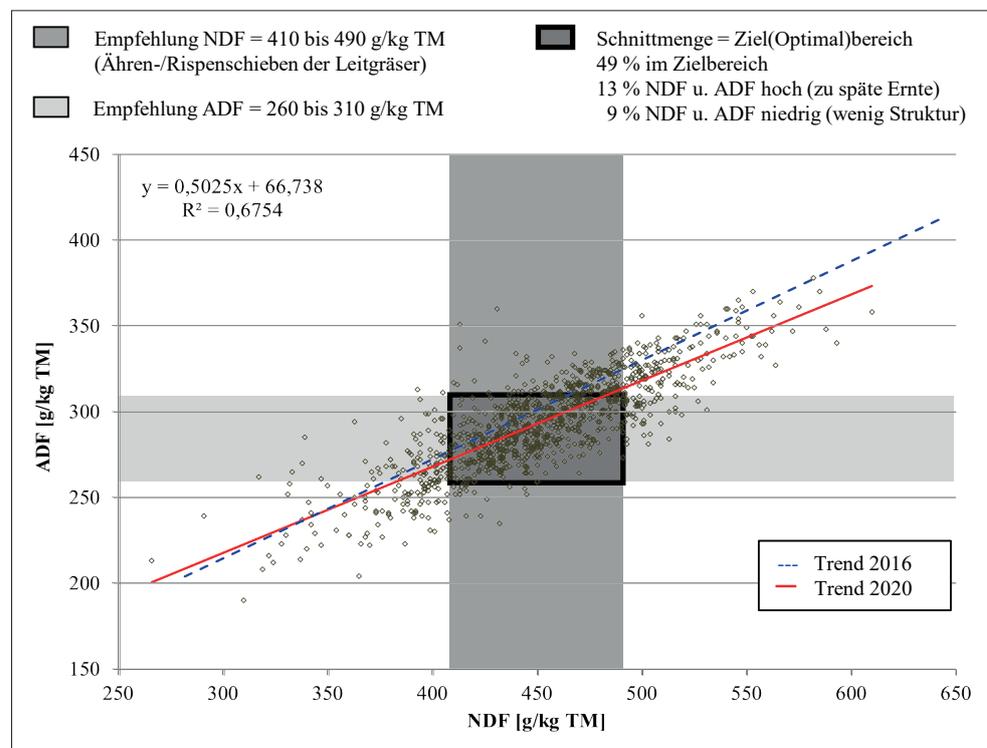
Abbildung 7: Rohprotein-
gehalte in Abhängigkeit der
Gerüstsubstanzen (NDF) in
Grassilagen (LK-Silageprojekt
2016/2020)

zwischen NDF- und Rohproteingehalt in Grassilagen. Mit Zunahme von NDF nimmt der Rohproteingehalt (XP) je nach Aufwuchs auf unterschiedlichem Niveau ab. Andererseits fällt auf, dass bei gleichem NDF-Gehalt die Spannweite der XP-Gehalte durchaus 100 g/kg TM beträgt. Für diese XP-Varianz ist die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes verantwortlich (RESCH et al. 2015).

Im Jahr 2020 wurde der österreichische Orientierungswert für XP für den 1. Aufwuchs von 140 g/kg TM im Durchschnitt bei etwa 460 g NDF/kg TM erreicht, jener für die Folgeaufwüchse von 160 g/kg TM bei 410 g NDF im Fall des 2. Aufwuchses bzw. 440 g NDF für den 3. Aufwuchs. Gegenüber 2016 lagen die XP-Gehalte 2020 niedriger, d.h. für die Erzielung von gleich hoher XP-Gehalte wie 2016 hätte der Erntezeitpunkt 2020 vorverlegt werden müssen. In der Tendenz zeigen die flachen XP-Trends in den Folgeaufwüchsen eine tendenzielle XP-Schwäche im niedrigen NDF-Bereich (Abbildung 7). Ergebnisse von mehr als 20 Dauergrünlandfeldversuchen in Österreich bestätigen eine tendenzielle Abnahme des XP-Gehaltes von Dauerwiesenfutter von 2002 bis 2020 im Zusammenhang mit vermehrten Trockenperioden in der Vegetationsperiode (RESCH 2021). Sollte sich dieser negative XP-Trend manifestieren, wird die Sicherung von Protein im wirtschaftseigenen Grundfutter über die Förderung von proteinreichen Futterpflanzen (Leguminosen u.a.) für die Betriebe eine Herausforderung.

Die aktuelle Auswertung der schwer bis unverdaulichen Zellwandbestandteile (ADF = Zellulose + Lignin) bestätigte, dass österreichische Grassilagen im Durchschnitt deutlich höhere ADF-Gehalte enthielten als Grassilagen aus europäischen Gunstlagen. Die DLG-Empfehlungen für ADF reichen von 230 bis 270 g/kg TM (SPIEKERS 2011), während in Österreich 260 bis 310 g ADF/kg TM als Maß für gute Grundfutterqualität gelten. Nach den österreichischen ADF-Empfehlungen lagen 26 % der Grassilagen im Jahr 2016 über dem ADF-Orientierungsbereich. Die Verschneidung zwischen NDF- und ADF-Gehalt in Abbildung 8 zeigt, dass die Trendlinie 2020 ein geringeres ADF-Niveau erreichte, d.h. der Anteil an schwer bis nicht verdaulichen Zellwandbestandteilen in der NDF nahm leicht ab. Ziel für Landwirte sollten blattreiche Pflanzenbestände sein (unterhalb der Trendlinie 2020). Diese bewirken eine Senkung der ADF-Gehalte und damit eine bessere NDF-Verdaulichkeit der Grassilagen.

Abbildung 8: Beziehung NDF- und ADF-Gehalt in Grassilagen (LK-Silageprojekt 2016/2020)



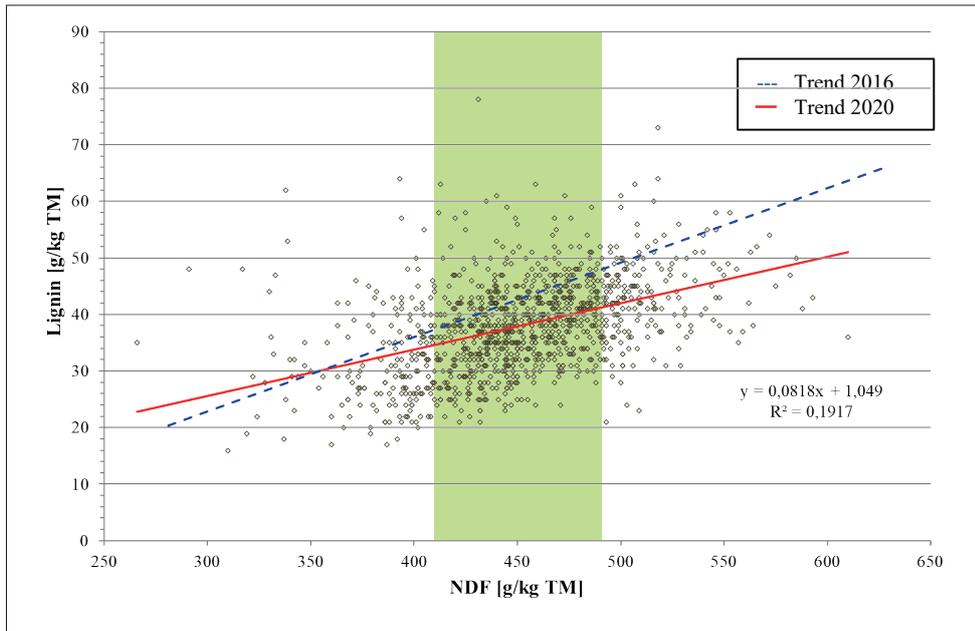


Abbildung 9: Beziehung NDF- und Ligningehalt in Grassilagen (LK-Silageprojekt 2016/2020)

Im LK-Silageprojekt 2020 traten Ligningehalte (ADL) zwischen 16 und 78 g/kg TM in den Grassilagen auf. Diese Streubreite kann durch die phänologische Entwicklung, aber auch durch den Einfluss der Pflanzenarten erklärt werden (DACCORD et al. 2007). Lignin ist der für Pansenmikroben unverdauliche Teil der Zellwand, also für den Wiederkäuer nicht verfügbar. In *Abbildung 9* wird deutlich, dass die Lignifizierung im Jahr 2020 weniger ausgeprägt war als 2016. Die positive Entwicklung der ADF-Gehalte 2020 ist also hauptsächlich auf geringere ADL-Gehalte zurückzuführen. Optimal wären ADL-Gehalte unterhalb von 40 g/kg TM. In der Praxis schafften das 62 % der Grassilageproben.

3.1.4 Futtermittelverschmutzung mit Erde

In der Vergangenheit konnte aufgezeigt werden, dass die Verunreinigung des Futters mit Erde von Landwirten in Österreich unterschätzt wird (RESCH et al. 2018), das bezeugen hohe Rohasche- und Eisengehalte (Fe) in den Grassilagen (*Abbildung 10*). Im Jahr 2020

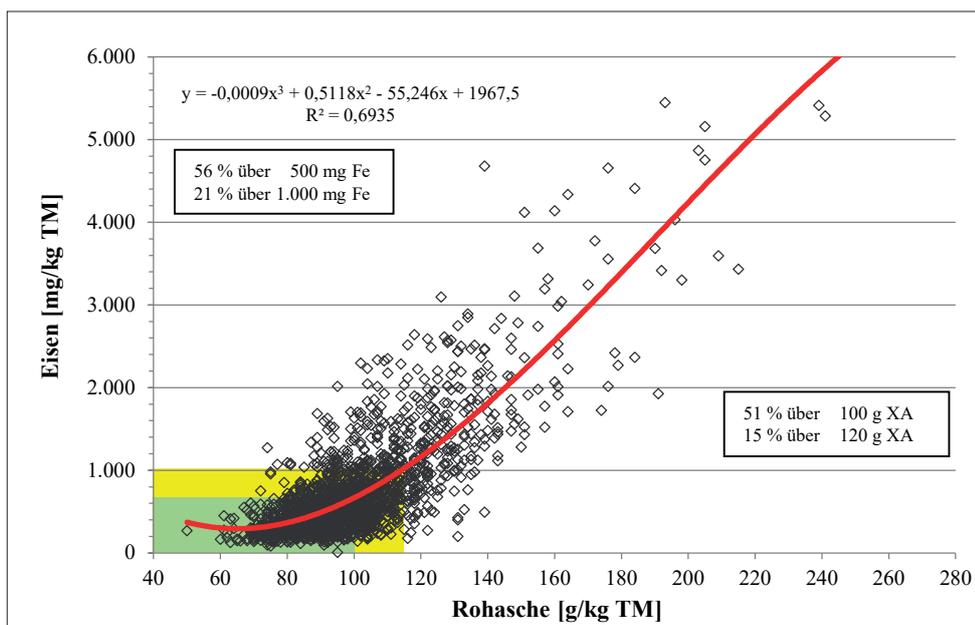


Abbildung 10: Beziehung Rohasche- und Eisengehalt in Grassilagen (LK-Silageprojekte 2003-2020)

waren die Rohaschegehalte (XA) im 1. Aufwuchs im Durchschnitt deutlich geringer als in den Vorjahren (Tabelle 1). Möglicherweise gab es hier einen Zusammenhang mit dem trockenen Frühjahr 2020. Dennoch lagen insgesamt 35 % der Grassilagen über dem Orientierungswert von 100 g Rohasche/kg TM und 54 % über 500 mg Eisen/kg TM. Über 120 g XA/kg TM bzw. 1.000 mg Fe/kg TM kann von einer mäßigen bis starken Erdverschmutzung bei Grassilage gesprochen werden. Abgesehen von gewissen Unschärfen in der Festlegung des Verschmutzungsgrades kann davon ausgegangen werden, dass von den Grassilagen in Österreich etwa 25 - 30 % leicht und 20 % mäßig bis stark mit Erde verschmutzt sind und somit ist das Thema Erdverschmutzung ein wichtiger Faktor für die Qualitätsverbesserung. Die Erhöhung des Rohaschegehaltes hat einen Verdrängungseffekt auf andere Inhaltsstoffe, sodass sich deren Gehalte verringern. Asche ist kaum verdaulich, daher verringert die Erdverschmutzung die Verdaulichkeit der TM und den Energiegehalt des Futters.

Darüber hinaus konnte im LK-Silageprojekt 2020 aufgezeigt werden, dass die Keimzahlen an psC in den Grassilagen tendenziell deutlich stieg, wenn die Eisengehalte zunahmen (Abbildung 11). Der Einfluss der Erdverschmutzung auf die Buttersäuregärung war, unter Ausschaltung der Faktoren TM-, XP- und NDF-Gehalt, besonders bei Fe-Gehalten über 2.000 mg/kg TM merklich vorhanden.

Um die Situation zu verbessern, müssen wirksame Maßnahmen ergriffen werden, welche die Ursache der Verschmutzung beheben. Für Erdverschmutzung im Futter sind nach RESCH et al. (2018) vor allem offener Boden (geringe Narbendichte, Befall mit Schädlingen wie Wühlmaus, Engerlinge u.a.), zu tiefe Einstellung von Mäh-, Werbe- (Zetter, Schwader) und Erntegeräten sowie Fehler in der Fahrweise (Schlupf, Vorgewende) und Probleme mit Reifen (Profil, Druck, Typ) zu nennen.

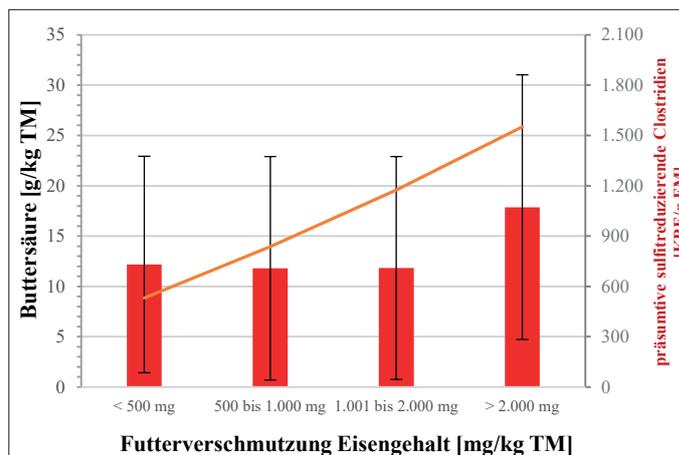


Abbildung 11: Einfluss des Eisengehaltes auf Buttersäuregehalt und Clostridien (psC) von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020; TM 379 g/kg FM, XP 147 g, NDF 454 g/kg TM)

3.1.5 Managementfaktoren

Die Produktion von Grassilage erfordert die Anwendung verschiedener Arbeitsschritte, welche sich auf die Futterqualität auswirken können. Unter Gleichschaltung von Einflussfaktoren wie TM-Gehalt u.a. konnten in der GLM-Auswertung Effekte des Managements untersucht werden.

Bei der Wahl des Mähwerktyps brachte die Mähgutaufbereitung (Knickzetter oder Quetschwalze) tendenziell Vorteile in der Gärqualität. Durch die mechanische Arbeit werden Pflanzenteile oberflächlich verletzt/geknickt, wodurch zuckerhaltiger Zellsaft austreten kann. Nach PÖTSCH und RESCH (2002) kann mit Mähauflbereitung der Abtrocknungsprozess und die Milchsäuregärung beschleunigt werden. Die Mähhöhe hatte insofern einen Effekt, weil sich die Mahd unter 5 cm Schnitthöhe (Rasierschnitt) tendenziell negativ auf die Gärqualität, mit höherem Buttersäuregehalt auswirkte. Außerdem spricht der geringere Eisengehalt bei der Mahd über 7 cm Schnitthöhe für weniger Erdverschmutzung (Tabelle 3).

Der Zeitraum, wo sich das Erntegut auf der Futterfläche befindet wirkte sich ebenfalls auf die Gärqualität aus. Je kürzer die Feldphase war, desto günstiger verlief die Milchsäuregärung, das zeigt der Vergleich zwischen sehr kurzer und sehr langer Feldliegezeit (Tabelle 3). Das Ernteverfahren Feldhäcksler bestach gegenüber Ladewagen und Ballenpresse signifikant, weil durch den Häckselvorgang die Partikellänge auf unter 3 cm gesetzt werden kann. Aus diesen kurzen Futterpartikeln tritt viel mehr Zellsaft aus als von langen Pflanzenteilen und daher wird in diesem Verfahren die Milchsäuregärung deutlich beschleunigt und die Gärqualität positiv beeinflusst. Offensichtlich verlangsamen lange Partikel die Gärung und können so die Entwicklung von Clostridien weniger unterbinden. Unter Ausschaltung von Einflussfaktoren konnten zwischen den Siliersystemen nur zufällige Differenzen bei Buttersäure und psC festgestellt werden (Abbildung 12).

Die mittleren Walzgewichte betragen 2020 rund 9,5 Tonnen. Dieses Walzgewicht sollte prinzipiell für die Anlieferleistung von ~25 t FM ausreichen, weil eine Faustregel besagt, dass das Walzgewicht mindestens ein Drittel der angelieferten FM/h haben sollte (RESCH et al. 2017). Der Effekt des Walzgewichtes (GLM-Mittel 8,3 t) betrug am Flachsilo +1,07 kg Lagerungsdichte je Tonne an zusätzlichem Gewicht.

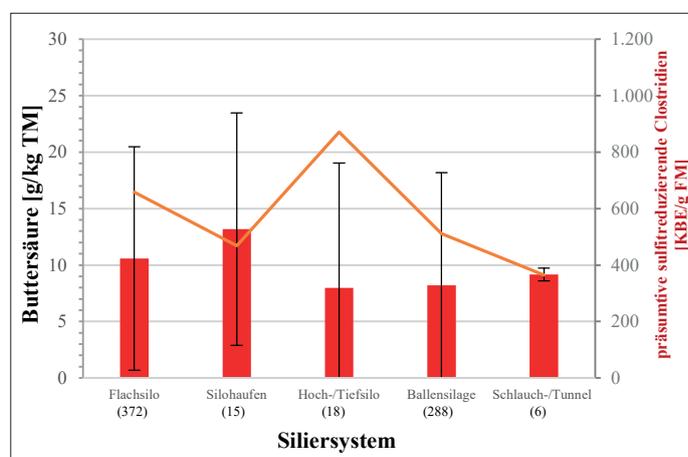


Abbildung 12: Einfluss des Siliersystems auf Buttersäuregehalt und Clostridien (psC) von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020; TM 370 g/kg FM; XP 150 g; NDF 454 g; XA 100 g/kg TM)

Tabelle 3: Einfluss von Managementfaktoren auf die Gärqualität von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020)

Managementfaktor	Verfahren	pH	Milchsäure [g/kg TM]	Essigsäure [g/kg TM]	Buttersäure [g/kg TM]	Clostridien* [KBE/kg FM]	NH ₃ [% von N _{total}]	DLG (2006) [Punkte]
Mähwerk	Trommel/Scheiben	4,6	53,5	14,3	11,1	774	6,4	76,1
	Messerbalken	4,6	51,2	12,0	12,9	702	7,0	74,0
	Mähaufbereiter	4,6	58,1	15,8	10,1	625	7,3	77,5
Schnitthöhe	< 5 cm	4,5	43,5	11,2	8,9	537	8,8	80,3
	> 7 cm	4,4	51,0	11,8	6,8	372	8,0	84,3
Feldliegezeit	< 6 h am Feld	4,4	48,5	10,7	6,6	229	7,7	84,8
	> 36 h am Feld	4,5	41,2	12,9	9,2	575	9,4	77,8
Erntegerät	Feldhäcksler	4,4	65,9	21,6	3,2	291	6,6	91,0
	Ladewagen	4,6	50,8	13,3	13,0	949	6,4	73,5
	Ballenpresse	4,6	50,8	12,2	12,4	875	6,5	72,8
theoretische Häcksellänge	< 3 cm	4,4	65,6	21,4	3,2	288	6,6	91,2
	> 10 cm	4,6	50,8	12,4	12,9	1.145	6,3	73,3
Lagerungsdichte	< 150 kg TM/m ³	4,7	52,4	12,8	12,9	945	6,6	72,5
	> 200 kg TM/m ³	4,5	59,6	16,6	8,7	785	6,6	80,7

GLM-Konstanten: TM = 372 g/kg FM, XP 148 g, XF 262 g, XA 102 g/kg TM

*präsumtive sulfitreduzierende Clostridien

Abbildung 13: Einfluss von TM-Gehalt und Siliersystem auf die Lagerungsdichte von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2003-2020)

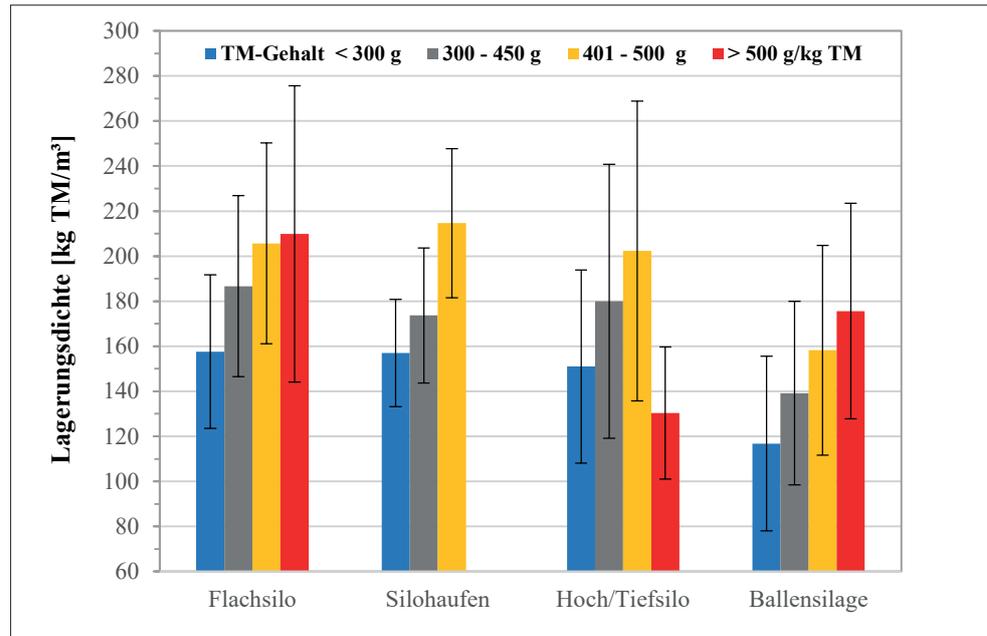


Tabelle 4: Entwicklung der Siliersysteme für Grassilagen (LK-Silageprojekt 2003-2020)

Management-Parameter	2003	2005	2007	2009	2016	2020	\bar{x}	SD	Anzahl
Siloraum [m³]	168	181	137	217	265	292	204	139	2.957
Füllgeschwindigkeit [m³/h]	22	26	29	34	42	48	33,2	25,4	2.718
Walzgewicht [t]	6,5	7,3	7,5	8,3	9	9,5	8	3,9	2.715
Ballendurchmesser [cm]	126,3	127,4	127,5	127,8	128	128,7	127,7	6,6	1.394
Pressleistung [m³/h]	26	26,7	27,2	27,7	29	29,9	27,9	10,9	1.224

Eine stärkere Verdichtung der Grassilagen brachte ebenfalls einen besseren Gärerfolg. In der Praxis zeigte sich bis zu einem TM-Gehalt von ca. 450 g/kg FM, dass sich die Verdichtungsleistung auf Flach- bzw. Hoch-/Tiefsilos von ca. 157 auf über 200 kg TM/m³ verbessern ließ (Abbildung 13). Das Rundballensystem brachte mit durchschnittlich 144 kg TM/m³ signifikant geringeren Lagerungsdichten zustande und dennoch war die Gärqualität der Grassilagen nicht schlechter (Tabelle 10). Nach RICHTER et al. (2009) wird die Verdichtung vom TM-Gehalt stark beeinflusst, daher wird eine ausreichend gute Lagerungsdichte $[\text{kg TM/m}^3] \geq 3,42 \times \text{TM} [\%] + 91,4$ empfohlen. Seit 2003 hat sich die Verdichtung in den verschiedenen Siliersystemen in Österreich nicht wirklich verbessert (RESCH 2010). Die Schlagkraft der Grassilagekonservierung hat sich auf den Betrieben mit 75 % größeren Silokubaturen entwickelt. Gegenüber 2003 ist die Bergeleistung pro Stunde um 118 % von 22 auf 48 m³/h gestiegen (Tabelle 4).

3.1.6 Was können Silierhilfsmittel?

Im LK-Silageprojekt 2020 wurden 21 % der untersuchten Grassilagen mit Silierzusätzen behandelt. Dieser Anteil entspricht im Durchschnitt jenem aus vorherigen Projekten (RESCH 2010). Umgelegt auf Siliersysteme wurden nur 8 % der Ballensilagen behandelt, im Gegensatz dazu 19 % der Hoch-/Tiefsilos, ~30 % der Flachsilos, 33 % der Silohaufen und 66 % der Schlauch-/Tunnelsilagen. Wenn behandelt wurde, griffen 87 % der Anwender zu Milchsäurebakterien. Die Produkte wurden zu 81 % mit Dosierautomaten appliziert, das ist eine deutliche Erhöhung im Vergleich zu früheren Projektjahren. Ausnahme bildeten hier Säuren/Salze, die am Flachsilo und Silohaufen noch zu mehr als 70 % händisch verteilt wurden. Milchsäurebakterien wurden am Flachsilo nur mehr zu 16 % händisch verteilt, bei Ballen wurden 100 % der Zusätze mit Dosierautomaten angewendet.

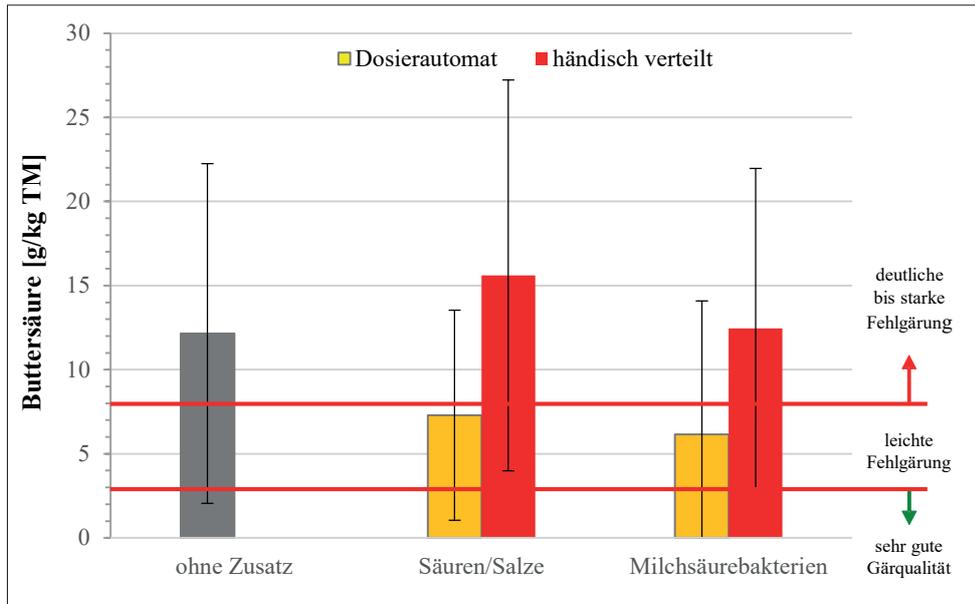


Abbildung 14: Effekt von Silierhilfsmitteln und deren Verteilung auf den Buttersäuregehalt von Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020)

Der Effekt der automatischen Dosierung und Verteilung zeigte sich in einer signifikanten Absenkung der Buttersäuregehalte gegenüber unbehandelten Grassilagen (Abbildung 15). Händische Verteilung brachte keine Senkung der Buttersäuregehalte, die Grassilagen mit händischer Säure-/Salzverteilung wiesen sogar höhere Buttersäuregehalte auf. In der GLM-Auswertung konnte ebenfalls ein positiver Effekt der automatischen Dosierung/Verteilung auf psC festgestellt werden, die in der Keimzahl halbiert wurden (Tabelle 5). Die Wirkung der Siliermittel und deren Verteilung war auch abhängig vom TM-Gehalt der Grassilagen. Während Dosierautomaten den pH über den gesamten TM-Bereich tiefer absenken konnten, zeigte sich bei händischer Siliermittelverteilung ein differenziertes Bild (Abbildung 15). Bei Nasssilagen bis 300 g/kg FM schnitten händisch verteilte Silierzusätze sogar schlechter ab als ohne Zusatz. Säuren/Salze wirkten erst bei TM-Gehalten über 500 g/kg FM gut und händisch verteilte Milchsäurebakterien über 400 g/kg FM (Abbildung 15). Ein weiterer Vorteil bei der Anwendung von Silierhilfsmitteln brachte die flüssige Formulierung der Produkte im Vergleich zur streufähigen. Flüssige Silierzusätze

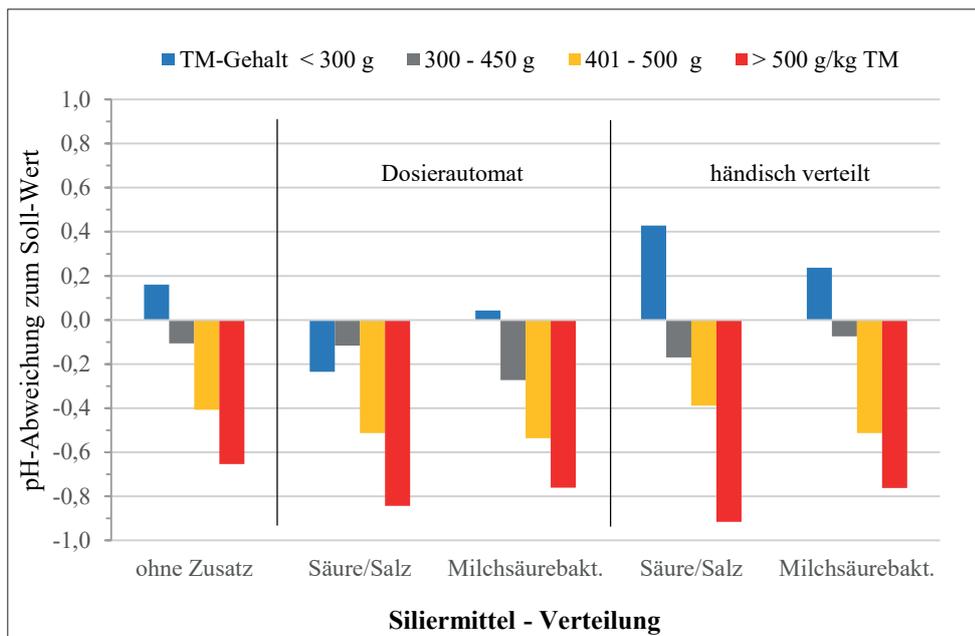


Abbildung 15: Wirkung von Silierzusätzen auf die pH-Absenkung im Vergleich zum SOLL-pH, in Abhängigkeit von Verteilung und TM-Gehalt (LK-Silageprojekt 2003-2020)

Tabelle 5: Effekt von Siliermittelanwendung, -verteilung und -formulierung auf Buttersäure und Clostridien in Grassilagen (LK-Silageprojekt 2020)

Parameter	Siliermittelanwendung			Siliermittel Verteilung		Siliermittel Formulierung	
	keine	Säure/Salz	MSB**	automatisch	händisch	flüssig	streufähig
Buttersäure [g/kg TM]	11,5	10,9	7,1	9,6	14,0	6,7	9,6
Clostridien* [KBE/g FM]	750	422	525	741	1.445	646	1.585

*präsumtive sulfitreduzierende Clostridien; **MSB = Milchsäurebakterien

GLM: TM 459 g/kg FM, XP 151 g, NDF 459 g, XA 101 g/kg TM

senkten den Buttersäuregehalt im Durchschnitt um 2 g tiefer ab. Auch die psC wurden mit Hilfe flüssiger Siliermittel deutlich abgesenkt (Tabelle 5).

Zum Einsatz von Silierhilfsmitteln bei Grassilagen lässt sich zusammenfassend sagen, dass ein messbarer Gärerfolg mit einem Dosierautomaten und flüssiger Produktformulierung, sprich professioneller Anwendung, bei TM-Gehalten über 300 g/kg FM erwartet werden kann. Es muss erwähnt werden, dass der Siliermitteleinsatz Fachwissen zu Fragen der Wirkungsweise von Produkten auf verschiedene Futterpflanzen (Silierbarkeit, TM-Bereich u.a.) und deren optimaler Anwendung erfordert. Kosten/Nutzen des Siliermitteleinsatzes sollte sich aus wirtschaftlicher Sicht zu Gunsten des Nutzens verlagern, damit sich der Aufwand rechnet.

3.1.7 Einfluss der überbetrieblichen Arbeit

Im LK-Silageprojekt 2020 wurde im Fragebogen die Fremdarbeit im Prozess der Konservierung von Grassilage abgefragt, um erstmals deren Größenordnung einstufen zu können. In Tabelle 6 kommt klar zum Ausdruck, dass die Mahd- und Schwadarbeit in der

Tabelle 6: Eigen- und Fremdarbeit bei der Grassilagebereitung und dessen Einfluss auf Buttersäure und Clostridien (LK-Silageprojekt 2020)

Tätigkeit	Management	n	Flachsilo			Ballensilage			
			Anteil [%]	Buttersäure [g/kg TM]	Clostridien* [KBE/kg FM]	n	Anteil [%]	Buttersäure [g/kg TM]	Clostridien* [KBE/kg FM]
Mähen	Eigenmechanisierung	336	89,1	12,4	651	237	92,6	8,8	516
	Fremdarbeit	23	6,1	12,4	611	15	5,9	4,4	305
	Kombination E + F	18	4,8	16,3	717	4	1,6	7,5	871
Schwaden	Eigenmechanisierung	338	86,0	12,4	681	247	91,8	9,6	597
	Fremdarbeit	36	9,2	11,3	760	20	7,4	5,5	380
	Kombination E + F	19	4,8	13,9	684	2	0,7	6,9	409
Ernte	keine Fremdarbeit	159	41,6	13,0	754	101	39,9	9,3	526
	1 - 25 % Fremdarbeit	53	13,9	10,0	435	58	22,9	11,5	831
	26 - 50 % Fremdarbeit	94	24,6	12,3	840	45	17,8	8,7	954
	51 - 80 % Fremdarbeit	18	4,7	13,5	542	7	2,8	9,3	709
	> 80 % Fremdarbeit	58	15,2	11,5	737	42	16,6	8,6	662
Summe sämtlicher Arbeiten zur Futterkonservierung	keine Fremdarbeit	241	62,8	12,4	647	123	47,3	9,1	574
	1 - 25 % Fremdarbeit	34	8,9	12,8	707	46	17,7	10,5	797
	26 - 50 % Fremdarbeit	77	20,1	12,0	629	42	16,2	8,8	888
	51 - 80 % Fremdarbeit	11	2,9	11,5	1.448	6	2,3	7,7	527
	> 80 % Fremdarbeit	21	5,5	11,7	542	43	16,5	8,9	625

GLM-Fahrsilo: TM 369 g/kg FM, XP 150 g, NDF 449 g, XA 98 g/kg TM; GLM-Ballensilage: TM 398 g/kg FM, XP 143 g, NDF 446 g, XA 97 g/kg TM

*präsumtive sulfitreduzierende Clostridien

Praxis zum überwiegenden Teil von rund 90 % durch betriebseigene Maschinen abgedeckt wurde. Die Ernte des Futters betraf die Abfuhr des Erntegutes bis zum Silo bzw. die Ballenpressung, welche nur mehr bei 40 % der Befragten ohne fremde Gerätschaften erledigt wurde. Somit nahmen die meisten Betriebe unabhängig vom Siliersystem externe Unterstützung im Ausmaß zwischen 1 bis 100 % bei der Abfuhr des Erntegutes in Anspruch. Etwa 20 % der Betriebe organisierten immerhin mehr als 50 % der Silierarbeit über externe Ressourcen.

Eine Bewertung sämtlicher Arbeiten von der Mahd bis zum luftdichten Siloabschluss ergab, dass bei Flachsilos 63 % der Grassilagen und bei Ballensilagen 47 % ausschließlich über Eigenleistungen erledigt wurden. Mit Hilfe der statistischen Auswertung (GLM) wurde erstmals eine Verbindung zwischen der Silagequalität und der Eigen-/Fremdarbeit berechnet. Die Ergebnisse in *Tabelle 6* zeigen für Flachsilos bzw. Ballensilagen gewisse Differenzen bei Buttersäuregehalten bzw. psC in den Vergleichsgruppen. Im Bereich Ernte konnten keine Tendenzen durch mehr oder weniger Fremdarbeit bei Buttersäure oder Clostridien beobachtet werden. Die Differenzen waren statistisch gesehen zufällig. Es werden weitere Befragungen und Untersuchungen nötig sein, um aufgetretene Differenzen bestätigen zu können.

3.1.8 Schlussfolgerungen zur Grassilagequalität 2020

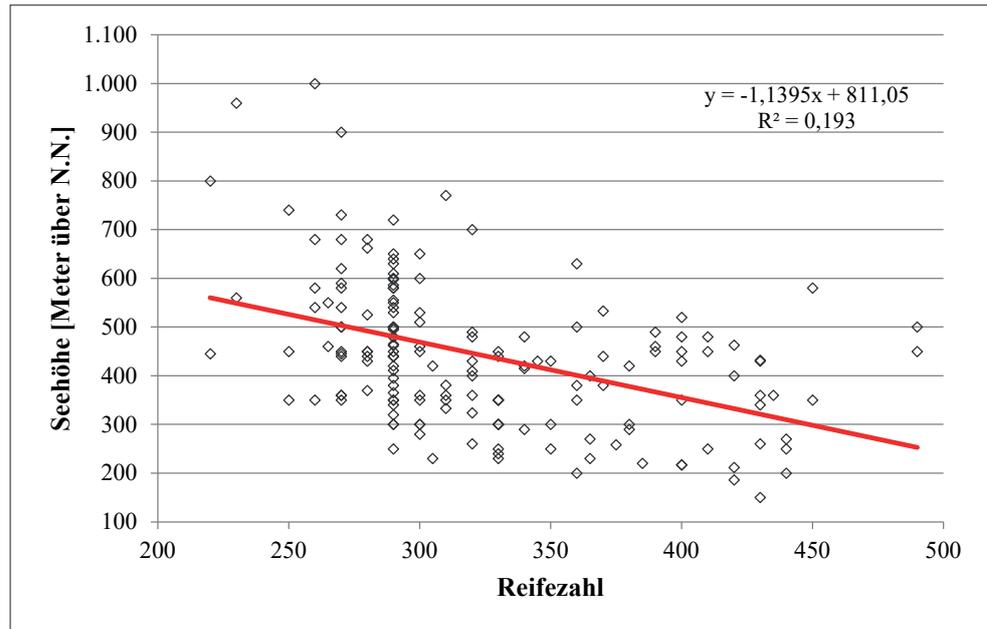
Das Grassilagejahr 2020 war in punkto Gärverlauf außergewöhnlich, weil im Durchschnitt deutlich mehr Gärsäuren gebildet wurden und die pH-Absenkung dennoch suboptimal verlief. Die wahrscheinlich langsamere pH-Absenkung führte zu höheren Buttersäuregehalten, mehr Eiweißabbau und damit zu schlechterer Gärqualität als in Vergleichsjahren. Tendenziell wiesen Grassilagen mit höheren Buttersäuregehalten auch erhöhte Keimzahlen bei den präsumtiven sulfitreduzierenden Clostridien (psC) auf. Eine Verbesserung der Gärqualität konnten nur jene Betriebe erreichen, welche die Gärungsgeschwindigkeit durch effektives Management beschleunigen konnten.

Unter Ausschaltung begleitender Faktoren konnten mit der GLM-Statistik folgende qualitätsverbessernde Maßnahmen identifiziert werden: Die Verkürzung der Futterpartikellänge mit dem Feldhäcksler zeigte den besten Effekt gegenüber der Clostridienvermehrung. Silierhilfsmittel mit Dosierautomat in flüssiger Form appliziert konnten Buttersäuregehalte und Clostridien-Keimzahlen deutlich absenken. Die bodennahe Gülleausbringung über den Schleppschuh reduzierte Buttersäure und psC um die Hälfte gegenüber dem Prallkopf-Verteiler. Die Verwendung eines Mähaufbereiters brachte eine Verkürzung der Feldphase und damit eine günstigere Milchsäuregärung. Verschmutzungsfreies Siliergut senkte psC deutlich. Eine Anwelkung über 300 g/kg FM und Gerüstsubstanzgehalte unter 490 g NDF/kg TM bzw. unter 310 g ADF/kg TM, sowie eine ausreichende Lagerungsdichte verringerten das Risiko der Clostridienvermehrung ebenfalls und müssen als Teil der elementaren Silierregeln unbedingt eingehalten werden, um den Gärerfolg zu wahren.

3.2 Maissilagequalitäten in Österreich

Silomais gewinnt in Österreich an Bedeutung (BMLRT 2020), das hängt wahrscheinlich auch mit den steigenden Temperaturen als Folge des Klimawandels zusammen. Der Anteil von Maissilage am Grundfutter (inkl. Wirtschaftswiesen mit 2 und mehr Nutzungen, Feldfutterbau) betrug 2019 insgesamt 23 %. Im LK-Silageprojekt 2020 nahmen 46 % Milchkuhbetriebe und 43 % Mastbetriebe teil, der Rest entfiel auf Mutterkuhbetriebe und andere. Die Fragebogendaten ergaben, dass Silomais auf durchschnittlich 7,6 ha/Betrieb von 150 bis 1.000 m Seehöhe angebaut wurde (*Abbildung 16*). Die Reifezahlen der angebauten Maissorten reichten bei Vorlage für Milchkühe und auch für Masttiere von 220 bis 490. Die Abnahme um 10 m Seehöhe bewirkte im Durchschnitt die Erhöhung der Reifezahl um 11,4 Punkte. Am Beispiel der Reifezahl 290 ist ersichtlich, dass deren Anbau von 250 bis über 700 m Seehöhe reichte. Die Anbauzeit erstreckte sich von

Abbildung 16: Beziehung Reifezahl und Seehöhe bei Maissilagen in Österreich (LK-Silageprojekt 2020)



4. April bis 26. Mai 2020. Ein Landwirt baute erst am 15. Juni an. Im Jahr 2020 traten verhältnismäßig geringe Schäden auf. Ein Teilnehmer mit 60 % Hagelschaden und ein weiterer Teilnehmer mit 40 % Trockenschäden. Keine Schäden an den Maiskulturen verzeichneten 65 % der Teilnehmer.

Bei der Silomaisernnte wurden vorwiegend 6 bis 8-reihige Häcksler (min. 1 bis max. 11-Reiher) verwendet. Die durchschnittliche Häckselhöhe betrug 27 cm (10 bis 80 cm). Für den Kornaufschluss setzten 83 % Corncracker ein, der Anteil an Shredlage® betrug 9 % im Jahr 2020. Der Anteil an Reibplatten für den Kornaufschluss ging gegenüber 2016 von 30 % auf 8 % zurück. Mit dem Kornaufschluss waren 21 % der Maisproduzenten nicht ganz zufrieden, wobei nur 2 Teilnehmer einen mäßigen Aufschluss mit 11-25 % nicht aufgeschlossenen Körnern angaben. In der Häcksellänge waren 14 % der Maissilagen über 10 mm, 61 % von 5-10 mm und 25 % unter 5 mm.

Externe Maschinen wurden durchschnittlich bei 62 % der Teilnehmer in der Maisernte eingesetzt, wobei 16 % voll eigenmechanisiert und 32 % völlig auf fremde Hilfe über Lohnunternehmer oder Maschinenring angewiesen waren. Die Arbeit am Silo (Verteilung, Verdichtung) wurde mit durchschnittlich 34 % betriebsfremder Leistungen bestritten. Insgesamt 46 % der Betriebe verteilten und verdichteten das Siliergut mit eigenen Arbeitskräften und Maschinen, während 14 % diese Arbeiten komplett an Dienstleister übergaben.

3.2.1 TM-Gehalt und Kohlenhydratfraktionen

Den Erntezeitpunkt von Silomais bestimmt die Kolbenreife und das Abreifeverhalten der Pflanze (AMLER 2009). Mitte bis Ende der Teigreife der Körner soll der TM-Gehalt der Gesamtpflanze den Orientierungsbereich von 300 bis 370 g TM/kg FM erreichen und einen Stärkeanteil über 300 g/kg TM aufweisen (DLG 2012). In diesem Reifestadium weist die Gesamtpflanze etwa einen ADF-Anteil (Zellulose + Lignin) von 200 bis 230 g/kg TM auf. Im Jahr 2020 enthielten 83 % der eingesendeten Maissilagen Stärkegehalte über 300 g/kg TM auf. Im Vergleichsjahr 2016 betrug der Anteil 90 %.

Im suboptimalen TM-Bereich unterhalb von 300 g/kg FM sind Gärtaftverluste zu erwarten. Dort befanden sich 9 % der Maissilagen im Jahr 2020, um 4 % weniger als 2016 (Abbildung 17). In der Tendenz hatten die zu feuchten Maissilagen zu wenige Tage vom Anbau bis zur Ernte zur Verfügung bzw. die Temperatursummen waren zu gering.

Tabelle 7: Allgemeine qualitative Situation von Maissilagen in Österreich (FML Rosenau 2009-2019; LK-Silageprojekt 2020)

Parameter	Projektjahre Mittelwerte			Deskriptive Statistik			Datenverteilung				
	2009- 2012	2016- 2019	2020	\bar{x}	SD	n	Quartil Median Quartil				
							min	25	50	75	max
Trockenmasse [g/kg FM]	355,0	366,1	351,2	360,1	51,6	3.078	225	332	357	378	533
Rohprotein [g/kg TM]	70,8	72,2	65,2	71,0	7,2	3.077	54	63	67	72	91
nXP [g/kg TM]	129,1	131,1	129,2	130,0	3,4	3.077	123	128	130	132	138
RNB [g/kg TM]	-9,3	-9,4	-10,2	-9,3	1,5	3.077	-12	-11	-10	-9	-7
NDF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	421,5	383,8	371,4	385,1	34,0	794	283	361	378	397	450
ADF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	240,9	220,6	213,1	221,0	23,3	793	165	203	216	227	272
ADL [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	34,0	27,6	25,3	27,8	4,9	793	18	25	26	29	39
Rohfaser [g/kg TM]	193,4	183,9	182,1	188,5	23,7	3.077	151	172	182	194	234
Rohfett [g/kg TM]	29,4	32,5	31,8	30,9	3,2	3.077	27	31	32	33	38
Rohasche [g/kg TM]	36,3	34,4	34,9	35,4	5,5	3.077	24	31	33	37	62
Stärke [g/kg TM]	331,2	347,2	337,5	344,8	42,6	1.518	212	320	344	371	443
OM-Verdaulichkeit [%]		74,3	74,4	74,3	1,3	1.513	71,1	73,6	74,4	75,0	76,3
Metabolische Energie ME [MJ/kg TM]	10,84	11,01	10,99	10,92	0,28	3.077	10,4	10,89	11,02	11,14	11,42
Nettoenergie-Laktation NEL [MJ/kg TM]	6,55	6,66	6,66	6,60	0,21	3.077	6,23	6,57	6,67	6,76	6,97
Calcium (Ca) [g/kg TM]	2,1	2,1	2,0	2,1	0,4	1.302	1,4	1,8	2	2,2	3,8
Phosphor (P) [g/kg TM]	1,9	1,9	2,0	2,0	0,3	1.302	0,2	1,8	1,95	2,1	3,1
Magnesium (Mg) [g/kg TM]	1,4	1,5	1,3	1,4	0,3	1.302	0,5	1,2	1,3	1,5	5,8
Kalium (K) [g/kg TM]	7,9	8,6	9,0	8,3	1,5	1.302	1,2	8,1	9,0	9,9	15,2
Natrium (Na) [mg/kg TM]	0,14	0,13	0,16	0,14	0,09	1.302	0,05	0,12	0,16	0,18	1,42
Eisen (Fe) [mg/kg TM]	92	107	95	103	52	484	52,3	69	82	111	700
Mangan (Mn) [mg/kg TM]	27	23	24	24	10	692	8,2	17,0	21,1	27,1	71,3
Zink (Zn) [mg/kg TM]	27	21	18	22	36	692	10,1	16,1	18,2	21,1	38,8
Kupfer (Cu) [mg/kg TM]	4,4	4,7	4,3	4,5	0,9	692	3	4,0	4,1	5,1	8,1
pH-Wert	3,82	3,78	3,84	3,8	0,2	682	3,4	3,7	3,8	3,9	4,6
Milchsäure [g/kg TM]	49,9	40,0	63,4	49,5	41,4	1.125	16	53,9	60,8	69,4	158,3
Essigsäure [g/kg TM]	16,6	10,2	17,4	14,3	11,4	1.125	3,7	11,0	13,1	16,9	85,5
Propionsäure [g/kg TM]	-	0,3	0,5	0,4	0,9	682	0	0,0	0,3	0,5	14,7
Buttersäure [g/kg TM]	0,5	0,4	0,8	0,5	1,1	1.125	0	0,2	0,3	0,9	5,1
Gesamtsäure [g/kg TM]	67,0	51,0	82,0	60,9	30,1	682	21,6	67,5	77,1	87,4	196,6
Ethanol [g/kg TM]	-	8,8	16,0	11,1	9,0	682	1,5	8,4	13,05	18,6	104,1
Ammoniak-N [% von N-total]	9,0	7,3	6,6	7,1	2,0	682	2,7	5,7	6,6	7,5	16
DLG-Bewertung [Punkte]	97,4	98,5	98,8	98,6	4,5	682	70	100	100	100	100
Verdichtung [kg TM/m ³]	190,1	206,2	228				83,0	179,0	210,8	251,0	356,9

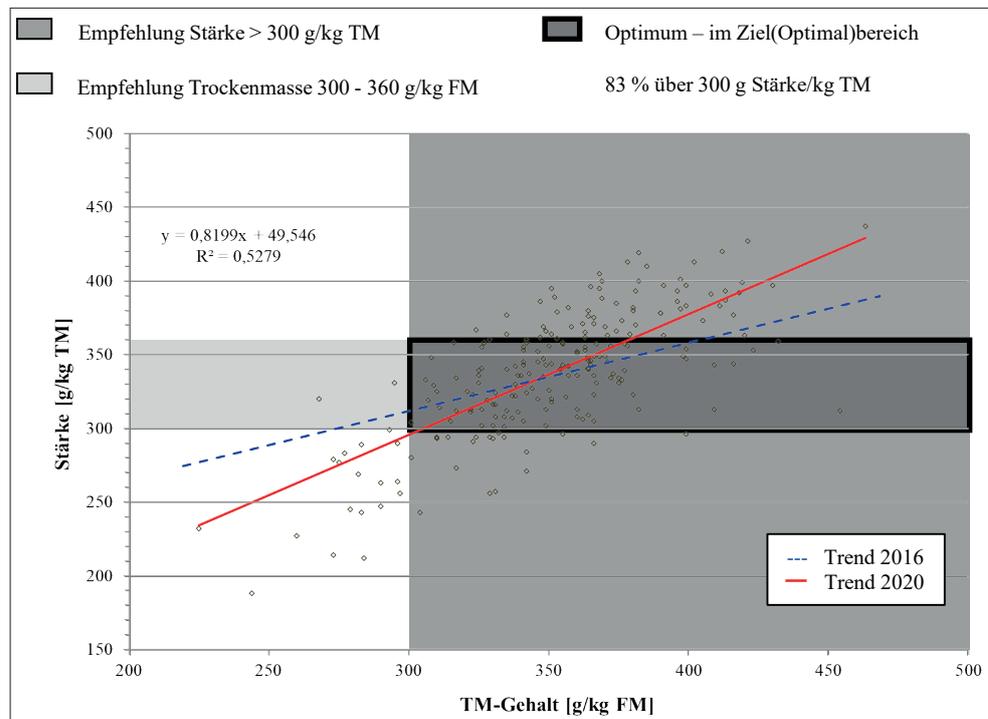
*Gerüstsubstanzen der Jahre 2009-2012 nur von 6,5 % der Proben vorhanden

Nach BUZZI et al. (2020) sollte sich die Sortenwahl nach den regional erreichbaren Temperatursummen orientieren. Der empfohlene TM-Bereich wurde von 27 % der Proben überschritten, diese wiesen einen höheren Reifegrad bzw. höheren Kolbenanteil auf. Hohe TM-Gehalte erhöhen das Risiko von Nacherwärmungen nach Siloöffnung beträchtlich.

Die Gerüstsubstanzen sind ein großer Teil der Zellwände. Deren Verdaulichkeit hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Restpflanzenverdaulichkeit und somit auf die Energie der Maissilage. Andererseits sind Gerüstsubstanzen für Wiederkäuer wichtige Strukturbestandteile für die Wiederkauaktivität (GRUBER et al. 2018). Seit 2016 wurden auch bei Maissilagen in Österreich vermehrt Gerüstsubstanzen untersucht. Der ADF-Orientierungsbereich wurde 2020 von 60 % der Teilnehmer eingehalten, 23 % enthielten weniger als 200 g ADF und 13 % mehr als 230 g ADF/kg TM (Abbildung 18). Im Vergleichszeitraum 2009 bis 2012 betrug der ADF-Mittelwert 241 g/kg TM gegenüber 213 g/kg TM im Jahr 2020. Im aktuellen Projekt wiesen nur 6 % der Proben erhöhte ADF-Gehalte bei gleichzeitig zu niedrigen TM-Gehalten unter 300 g/kg FM auf, jener Silomais mit unzureichender Reife bzw. zu früher Ernte oder ungünstiger Wetterbedingungen (Trockenheit, Nässe, Kälte). Andererseits wurden 16 % der untersuchten Maisproben bei hoher Reife geerntet, d.h. ADF-Gehalte unter 200 g/kg TM und TM-Gehalte über 360 g/kg FM. Der in Österreich festgelegte NDF-Orientierungswert von 390 bis 435 g/kg TM dürfte nach den aktuellen Untersuchungen nicht mehr zu halten sein. Eine Verschiebung auf 350 bis 410 g NDF/kg TM wäre empfehlenswert (Abbildung 19), das würde auch etwa der Empfehlung der DLG (2012) entsprechen.

Die abnehmende Entwicklung betrifft auch das Lignin (ADL), welches im aktuellen Projekt mit durchschnittlich 25 g/kg TM enthalten war. Im Zeitraum 2009 bis 2012 lagen die ADL-Gehalte noch auf 34 g/kg TM, also um 9 g höher (Abbildung 19). Diese Verbesserung dürfte die OM-Verdaulichkeit um 1 % und die Energiedichte um ca. 0,1 MJ NEL/kg TM erhöhen (Abbildung 19). In der Praxis erreichten 2009 bis 2012 nur 47 % der Maissilagen dieses Ziel, während 2020 insgesamt 77 % weniger als 30 g Lignin/kg TM enthielten. In Milchviehversuchen von TERLER et al. (2017) 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.

Abbildung 17: Beziehung TM- und Stärkegehalt von Maissilagen (LK-Silageprojekt 2020)



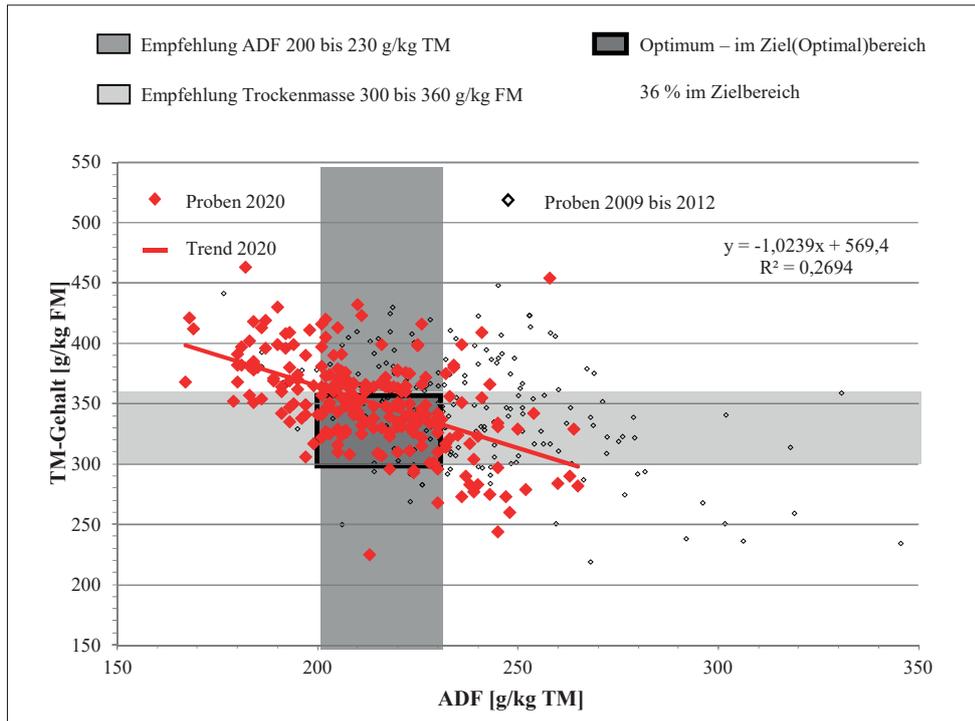


Abbildung 18: TM- und ADF-Gehalt von Maissilagen in Österreich (FML Rosenau 2009-2012, LK-Silageprojekt 2020)

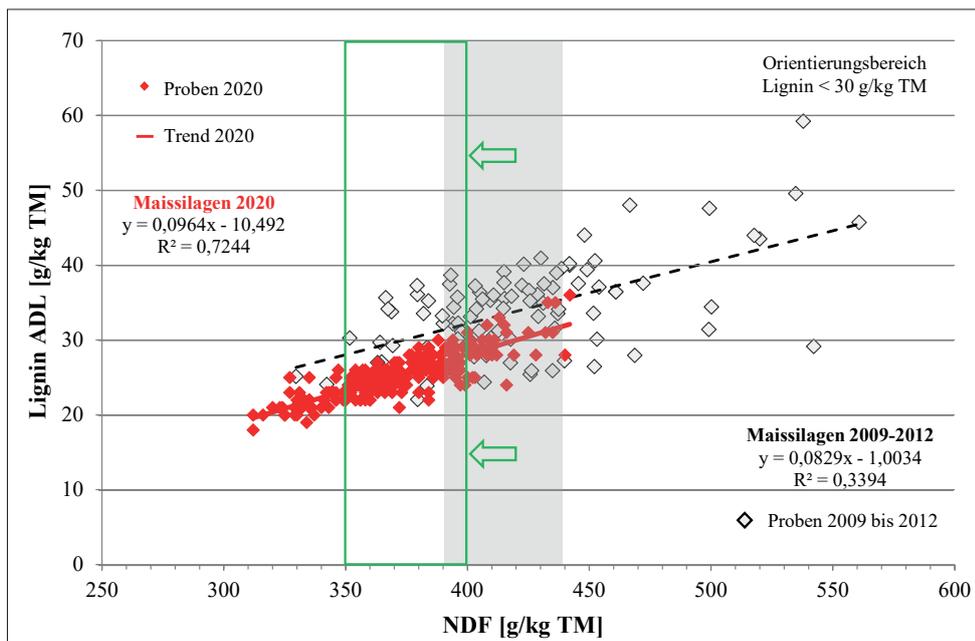


Abbildung 19: NDF- und Lignin-Gehalt von Maissilagen in Österreich (FML Rosenau 2009-2012, LK-Silageprojekt 2020)

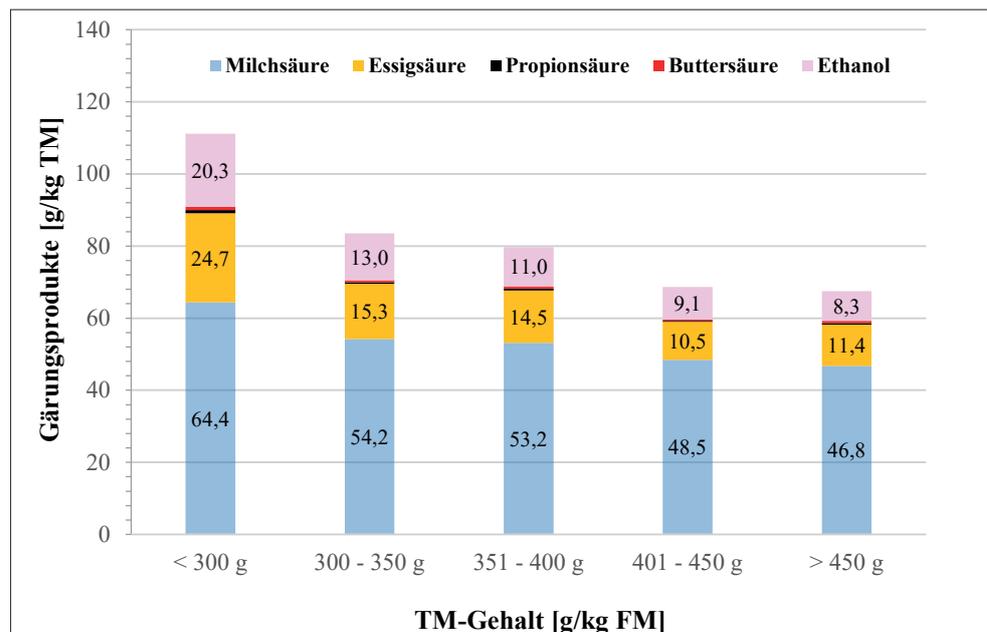
3.2.2 Gärprodukte in Maissilagen

Silomais ist eine leicht fermentierbare Futterpflanze mit geringer Pufferkapazität (WEISSBACH 1977). Die hohe Säuerungsgeschwindigkeit führt in der Praxis meist zu sehr guten Gärqualitäten. Im Jahr 2020 erreichten 89 % der Teilnehmer 100 Punkte in der DLG-Qualitätsbewertung (DLG 2012) und damit die beste Einstufung. Im aktuellen Projektjahr 2020 wurden ähnlich wie bei den Grassilagen mehr Gärsäuren gebildet als in früheren Untersuchungsjahren (Abbildung 20). In der Zusammensetzung der Gärungsprodukte dominierte die Milchsäure, gefolgt von Essigsäure und Ethanol. Propion- und Buttersäure waren in Maissilagen kaum von Bedeutung (Tabelle 7). Nur 4 % der Maissilagen wiesen mehr als 3 g Buttersäure/kg TM (max. 5,1 g/kg TM) auf. Essig- und Ethanolgehalte

sind eine wichtige Informationsquelle hinsichtlich Schwachstellen im Gärverlauf. Der Orientierungswert für Essigsäure beträgt 10 bis 25 g/kg TM. Eine Unterschreitung tritt bei hohen TM-Gehalten auf und signalisiert verringerte aerobe Stabilität. Davon waren 2020 nur 8 % der Maissilagen betroffen. Die Überschreitung kann zu Defiziten in der Futteraufnahme führen (EISNER 2007), insbesondere wenn die Gehalte mehr als 55 g/kg TM betragen (HOFFMANN 2021) – das betraf 3 % der Proben im Jahr 2020. Im Durchschnitt waren die Ethanolgehalte im Jahr 2020 signifikant höher als in früheren Jahren (Tabelle 7). Der Orientierungswert für Ethanol soll 10-15 g/kg TM nicht überschreiten. Hier kam es 2020 bei 70 % der Maissilagen zu höheren Gehalten, wobei 5 % über 30 g Ethanol/kg TM (max. 104,1 g/kg TM) aufwiesen. Ethanol ist ein Produkt der alkoholischen Gärung, welche hauptsächlich durch Hefepilze passiert. Hefen sind maßgeblich für Nacherwärmungen nach Siloöffnung verantwortlich, daher ist deren Entwicklung zu Beginn der Fermentation nicht erwünscht. Hohe Ethanolgehalte sind somit auch ein Indikator für ein gewisses Risiko in punkto aerobe Stabilität der Maissilage. So gesehen tragen Maissilagen im Jahr 2020 ein höheres Verderbrisiko. Der Anteil an überbetrieblicher Arbeit bei der Maisernte bzw. bei Verteilung/Verdichtung am Silo hatte nur einen zufälligen Effekt auf die Gärqualität.

In Maissilagen war im Jahr 2020 mit durchschnittlich 65 g/kg TM genauso wenig Rohprotein vorhanden als im Projektjahr 2016. In der Tendenz nahmen die Proteingehalte bei Maissilagen ab, wodurch die Eiweißlücke im Pansen (ruminale N-Bilanz) höher wurde (Tabelle 7). Bei der Gärung wird Protein teilweise zu Ammoniak (NH₃) abgebaut, im LK-Silageprojekt 2020 machte dieser Anteil 6,6 % des gesamten Stickstoffs aus. Aus der Sicht des DLG-Empfehlungswertes für Ammoniak in Silagen kleiner 8 % würde die Situation als in Ordnung befunden werden. Aus den Projektdaten wurde ersichtlich, dass der Proteinabbau mit zunehmendem TM-Gehalt der Maissilagen von 6,2 auf 9 % anstieg. Die Ergebnisse aus dem LK-Silageprojekt und anderer Maissilageuntersuchungen haben gezeigt, dass Maissilagen auch im TM-Bereich bis 400 g TM/kg FM sehr gut vergärten und ausreichende Essigsäuregehalte erzielen konnten, daher ist auch prinzipiell gute Haltbarkeit zu erwarten. Eine Anpassung des TM-Orientierungsbereiches für Maissilagen auf 300 bis 400 g TM/kg FM wäre zu diskutieren, sofern der Vorschub angemessen ist. Zur Sicherung der aeroben Stabilität von Maissilagen über 400 g TM/kg FM sollte der Einsatz von Silierzusätzen der Wirkungsrichtung Verbesserung der aeroben Stabilität (organische Säuren wie z.B. Propion-, Ameisen-, Sorbin- oder Benzoesäure; heterofermentative Milchsäurebakterien) zumindest im oberen Drittel des Silos empfohlen werden.

Abbildung 20: Gärprodukte von Maissilagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes (LK-Silageprojekt 2020)



3.2.3 Partikellänge und Kornaufschluss

Die Abfrage der Häcksellänge ergab, dass 25 % der Maissilagen mit unter 5 mm gehäckselt wurden. Betriebe mit hohem Anteil an Maissilage in der Ration sollten darüber hinaus die physikalisch effektive NDF (peNDF) mit Hilfe der Schüttelbox ermitteln, weil bei Partikellängen unter 4 mm kaum Strukturwirkung für den Wiederkäuer zu erwarten ist (TIEFENTHALLER und WURM 2018). Der überwiegende Anteil von 61 % der Proben wurde von 5 bis 10 mm gehäckselt. Der Rest von 14 % der Proben entfiel auf längere Häckselung bis über 20 mm. Von diesen Proben mit mehr längeren Partikeln wurde die Hälfte mittels Shredlage®-Häcksler verarbeitet. Shredlage® brachte bei der Verdichtung 10 % geringere Lagerungsdichten zustande als konventionell gehäckselter Silomais mit 7 mm Partikellänge (PRIES und BOTHE 2016). In der GLM-Statistik konnte unter konstanten Nährstoffgehalten eine tendenziell intensivere Gärung bei längeren Partikeln festgestellt werden. Konkret wurden 10 g mehr an Gärsäuren (5 g Milchsäure und 5 g Essigsäure/kg TM) bei Partikellängen über 15 mm im Vergleich zum Kurzhäckselgut gebildet. Die Ethanolgehalte stiegen von 14 auf 20 g/kg TM und der NH_3 -Anteil an N_{total} von 6 auf 8 %. In einem Vergleichsversuch verschiedener Mais-Erntetechniken wiesen WYSS und PRADERVAND (2019) nach, dass bei Shredlage® und Powermais weniger Milch- und Essigsäure gebildet wurden als bei konventioneller Erntetechnik.

Der Aufschluss der Maiskörner ist für die möglichst hohe Verwertung der Stärke bis zum Dünndarm entscheidend. Die Stärke von nicht aufgeschlossenen Maiskörnern kann im Mastdarm zu unerwünschten Nachgärungen führen oder die ganzen Körner finden sich ungenutzt im ausgeschiedenen Kot wieder (LEHNER et al. 2020). Im LK-Silageprojekt 2020 wurde für 79 % der Proben ein optimaler Kornaufschluss angegeben. Aufgrund der Tatsache, dass durch die Probenvorbereitung der gesamte Stärkeanteil untersucht wurde, konnte aus den Daten kein negativer Einfluss des Kornaufschlusses auf die Futterqualität der Maissilage nachgewiesen werden. Der Kornaufschluss zeigte nur zufällige Differenzen hinsichtlich Gärqualität.

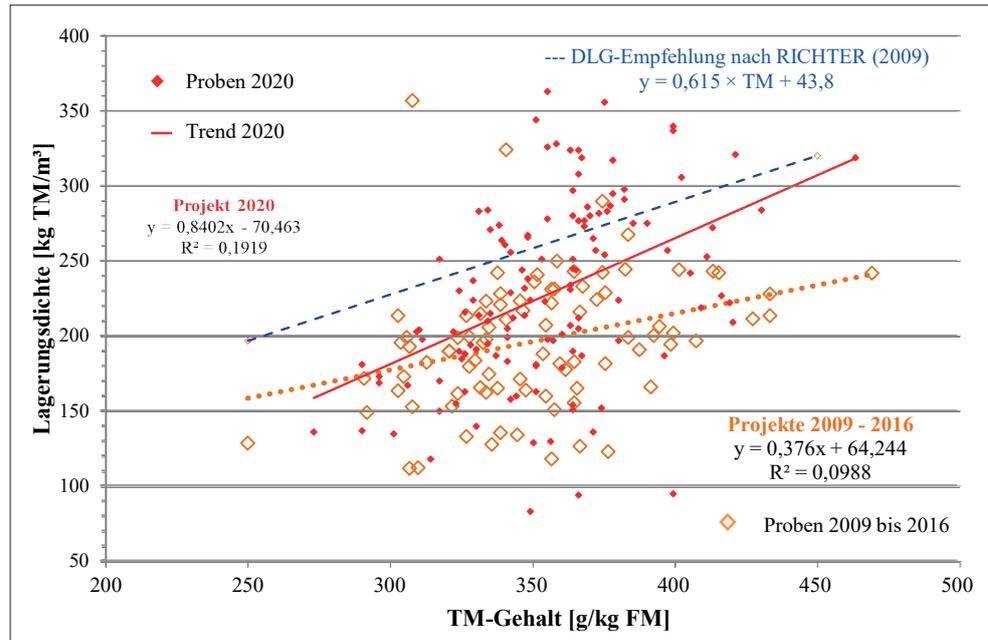
3.2.4 Verdichtung

In Österreich betrug 2020 der durchschnittliche Siloraum bei Maissilagen 509 m³, im Vergleich zu 308 m³ im Jahr 2009. Die Teilnehmerschaft 2020 verfügte somit um durchschnittlich 65 % mehr Siloraum. Die größten Kubaturen wurden in Flachsilos konserviert, die geringsten Mengen in Hoch-/Tiefsilos. Die Schlagkraft der Maisernte nahm tendenziell zu, da 2009 rund 53 m³/h einsiliert wurden und 2020 immerhin 78 m³/h, d.h. fast um die Hälfte mehr in der gleichen Zeit (Tabelle 8). Zu je 40 % wurde das Erntegut mittels Abschiebewagen oder Kipper angeliefert und bei 74 % der Teilnehmer mit Front-/Radlader verteilt und auf eine mittlere Lagerungsdichte von 228 kg TM/m³ verdichtet. Es wurden umgerechnet 51 Tonnen FM/h angeliefert. Das Walzfahrgewicht betrug aktuell durchschnittlich 10,5 Tonnen, um 1 Tonne mehr als bei den Grassilagen. Das empfohlene Mindestwalzgewicht von einem Drittel der FM-Anlieferung/h beträgt 17 Tonnen. Dieses Walzgewicht wurde im Schnitt nicht erreicht, es war um 6,5 Tonnen zu gering.

Tabelle 8: Faustzahlen für Siliersysteme bei Maissilagen (LK-Silageprojekte 2009-2020)

Management-Parameter	2020	2009 bis 2020			Flachsilo	Silohaufen	Hoch-/Tiefsilo	Schlauch/Tunnel
	\bar{x}	\bar{x}	SD	n				
Siloraum [m ³]	509	422	348	303	446	331	71	327
Füllgeschwindigkeit [m ³ /h]	78	67	42	294	69	60	24	79
Walzgewicht [t]	10,5	9,2	5,0	306	9,3	8,6		
Ballendurchmesser [cm]	123,8	122,8	4,46	16				
Pressleistung [m ³ /h]	18,5	18,1	0,89	6				

Abbildung 21: Lagerungsdichte von Maissilagen in Abhängigkeit des TM-Gehaltes (LK-Silageprojekte 2009 bis 2020)



Die Lagerungsdichte (GLM-Mittelwert 231 kg TM/m³) wurde am stärksten durch Walzgewicht und TM-Gehalt beeinflusst. Die Zunahme um 10 g TM erhöhte die Lagerungsdichte um 6,1 kg TM/m³ und 1 Tonne mehr Walzgewicht brachte 3,3 kg mehr TM/m³. Die Häcksellänge hatte ebenfalls einen signifikanten Effekt auf die Verdichtung – siehe unter Punkt 3.2.3. Im Durchschnitt konnten die empfohlenen Lagerungsdichten nach RICHTER (2009) im Jahr 2020 nicht erreicht werden, obwohl diese deutlich besser waren als in früheren Projektjahren (Abbildung 21). Das Verdichtungsdefizit war in der Praxis bei feuchten Maissilagen größer als bei höheren TM-Gehalten. Angesichts von steigender Schlagkraft und damit verbundenem Zeitdruck für abladen, Verteilung und Walzarbeit passt ein gewisses Verdichtungsdefizit zur gängigen Praxis. Geringere Verdichtung bedeutet mehr Porenvolumen und rascherer Lufteintritt nach Siloöffnung, wodurch sich die Haltbarkeit der Maissilage tendenziell verschlechtert.

3.2.5 Nacherwärmung und Schimmelbildung

Maissilage ist aufgrund des hohen Stärkegehaltes eine leicht verderbliche Futtermittelkonserven, daher muss Nacherwärmung und Schimmelbildung aus futterhygienischer Sicht mit allen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten verhindert werden. Nach DLG (2012) beginnen Nacherwärmungen etwa ab einer Silagetemperatur von 20 °C bzw. einer Temperaturerhöhung um 2 bis 3 °C gegenüber der Situation bei der Entnahme problematisch zu werden. Im LK-Silageprojekt 2020 wurden 58 Temperaturmessungen durchgeführt, davon waren 19 % bei 20 °C und darüber (max. 27 °C). Im Projektjahr 2016 hatten 33 % der Maissilagen diesen Wert von 20 °C leicht überschritten, d.h. die allgemeine Situation zum Zeitpunkt der Probenahme war im aktuellen Projekt vergleichsweise günstiger.

Nach WYSS und PRADERVAND (2017) sollte Maissilage mindestens 8 bis 10 Wochen vergären, damit die volle mikrobiologische Stabilität und Haltbarkeit erreicht wird. Zum Zeitpunkt der Beprobung hatten bereits 57 % der Teilnehmer 2020 die Maissilage für die Fütterung geöffnet. Von jenen Betrieben die den Maissilo bereits offen hatten wurde der Silo in 81 % der Fälle vor 6 Wochen Gärdauer aufgemacht und 18 % dieser Betriebe öffnete nach nicht einmal 2 Wochen Gärdauer. Die Aussagen zur Öffnung im Jahr 2020 decken sich mit jenen von 2016 (RESCH 2017). In punkto Schimmel gaben 12 % der Teilnehmer an, dass sie leichte Probleme mit Rand- bzw. Oberflächenschimmel und 2 % mit blauen oder roten Schimmeln in der Maissilage hatten.

Ein Maissilo sollte von der Anschnittfläche her so ausgelegt sein, dass in einer Woche ein Vorschub von mindestens 150 cm im Winter und über 250 cm im Sommer erreicht werden (DLG 2012). Im LK-Silageprojekt 2020 erreichten 85 % der Teilnehmer nicht das Ziel von 150 cm Vorschub/Woche, 49 % der Teilnehmer hatten weniger als 100 cm Vorschub/Woche (70 % 2016) und 9 % sogar unter 50 cm/Woche (10 % 2016). Die Anschnittflächen der beprobten Maissilagen waren im Durchschnitt zu groß dimensioniert, wodurch ein erhöhtes Risiko zur Nacherwärmung im kommenden Frühjahr besteht, wenn die Lufttemperaturen steigen. Dieses Risiko trifft immerhin 33 % der befragten Betriebe aus 2020, deren Maissilagen weniger als 6 Wochen Gärdauer und weniger als 150 cm Vorschub/Woche aufwiesen! Die GLM-Statistik zeigte bei Maissilagen mit weniger als 50 cm Vorschub/Woche tendenziell höhere pH-Werte und weniger Gärsäuren als bei größerem Vorschub.

Ein weiterer Punkt, welcher das Nacherwärmungsrisiko erhöhen könnte, betrifft Auflockerungen bei der Entnahme. Die Abfrage ergab, dass 55 % der Anschnittflächen zumindest leicht bis mäßig stark aufgelockert wurden. In der GLM-Statistik konnte kein sicherer Trend nachgewiesen werden, dass die Gärqualität aufgrund der Auflockerung schlechter wurde. Das könnte mit der Probeziehung zusammenhängen, welche nicht von der Anschnittfläche, sondern dahinter genommen wurde.

Es ist davon auszugehen, dass die Faktoren geringe Entnahmemenge, unzureichende Verdichtung, verfrühte Siloöffnung und Auflockerung bei der Entnahme vielfach zu Problemen mit Nacherwärmung, aber auch zu Schimmelbildung führen können. Nacherwärmte oder schimmelige Maissilage ist aus fütterhygienischer Sicht für Wiederkäuer bedenklich und sollte daher nicht vorgelegt werden!

3.2.6 Siliermitteleinsatz bei Silomais

Insgesamt setzten 41 % der Teilnehmer am LK-Silageprojekt 2020 Siliermittel ein, davon 7 % Säuren/Salzverbindungen und 34 % Milchsäurebakterien (MSB). Gegenüber 2016 war die Steigerung von 16 auf 41 % Anwender beträchtlich, vor allem bei den MSB. Insgesamt setzten etwa doppelt so viele Betriebe Silierzusätze bei Silomais ein als bei Grassilagen. Die Verteilung erfolgte nur mehr in ca. 15 % der Fälle händisch, die automatische Verteilung/Dosierung ist über den Häcksler am meisten verbreitet. An 84 % der Maissilagen wurden flüssige Siliermittel appliziert. Eine Behandlung der oberen Schichten führten 13 % der Anwender durch, der überwiegende Teil brachte die Siliermittel im ganzen Silo ein. Im Jahr 2020 konnte mittels GLM-Statistik festgestellt werden, dass der Einsatz von MSB den Essigsäuregehalt um 5 g auf 19 g/kg TM gegenüber unbehandelter Maissilage erhöhen konnte. Der Grund dafür ist im Einsatz von heterofermentativen MSB wie *Lactobacillus buchneri* zu suchen (PAHLOW et al. 2003). Die MSB-behandelten Maissilagen wiesen um 2 g höhere Ethanolgehalte (16,2 g/kg TM) und um 0,5 % mehr Proteinabbau (7,2 % NH_3 von N_{total}) auf. Insgesamt wurden mit MSB ~5 g mehr an Gärsäuren (81,3 g/kg TM) gebildet als ohne Behandlung. Die MSB-Ergebnisse bestätigen die Schlussfolgerung von WILKINSON und DAVIES (2013), dass sich der Vorteil der höheren Essigsäurebildung über die Heterofermenter durch höheren Energieaufwand bei der Gärung aufhebt. Die Anwendung von Säuren/Salzen wurde zu 50 % an der Oberfläche durchgeführt. Die

Tabelle 9: Effekt von Siliermittelanwendung, -verteilung und -formulierung auf Gärparameter in Maissilagen (LK-Silageprojekt 2020)

Parameter	Siliermittelanwendung			Siliermittel Verteilung		Siliermittel Formulierung	
	keine	Säure/Salz	MSB*	automatisch	händisch	flüssig	streufähig
Essigsäure [g/kg TM]	14,0	15,6	18,8	20,1	23,0	20,6	21,7
Gesamtsäure [g/kg TM]	76,7	79,6	81,3	83,1	85,1	83,7	85,3
Ethanol [g/kg TM]	14,1	18,5	16,2	17,5	14,5	18,6	18,0

*MSB = Milchsäurebakterien

GLM: TM 344 g/kg FM, XP 65 g, XF 189 g, XA 35 g, Stärke 333 g/kg TM

Wirkung auf die Gärqualität war in einer ganz leichten Anhebung der Gärsäuren bemerkbar, der Ethanolgehalt stieg deutlicher auf 18,5 g/kg TM, also um 4,4 g höher als unbehandelte Maissilagen.

Eine Wirkung der Siliermittel in Richtung Verbesserung der aeroben Stabilität konnte nicht nachgewiesen werden. Dazu hätte es aufwendigere Untersuchungen der beprobten Maissilagen unter Luftstress und Temperaturkontrolle bedurft.

3.2.7 Schlussfolgerungen zur Maissilagequalität 2020

Anhand der eingesendeten Maissilagen im LK-Silageprojekt 2020 ließ sich feststellen, dass bei gering schwankenden Stärke- und Energiegehalten die Gehalte an Gerüstsubstanzen und Protein tendenziell abnahmen. Die Gärung war 2020 deutlich intensiver, es wurden mehr Gärsäuren und Ethanol gebildet als in den Jahren zuvor. Die mittleren Ethanolgehalte von 16 g/kg TM dürfen nicht bagatellisiert werden, da sie auf eine gewisse Labilität in punkto Haltbarkeit nach Siloöffnung hinweisen. Trotz deutlicher Zunahme der Schlagkraft bei der Ernte konnte die mittlere Lagerungsdichte verbessert werden. Der Einsatz von Silierhilfsmitteln hat sich bei den Teilnehmern deutlich verbreitet. Die Produktanwendung über den Häcksler war meist professionell organisiert. Durch Einsatz von Milchsäurebakterien konnte der Essigsäuregehalt um 5 g angehoben werden, allerdings verlief die Gärung insgesamt etwas intensiver. Im kritischen Bereich betreffend zu kurze Gärdauer bis zur Siloöffnung, Auflockerung bei der Entnahme und zu geringem Vorschub sind die Defizite bei den Teilnehmern gleich geblieben wie in den Jahren zuvor.

4. Danksagung

Für das Gelingen des bundesweiten LK-Silageprojektes 2020 war eine gute Zusammenarbeit von Silagebauern, 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 mehr als 1.300 Silageproben zeitgerecht und zuverlässig analysiert haben sowie Dr. Andreas Adler (AGES Linz) für seine fachliche Unterstützung bei Fragen zu Clostridien. 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.

AMLER, R., 2009: Der Einfluss der Reifedifferenz von Korn zu Restpflanze auf den optimalen Erntezeitpunkt und die standortgerechte Sortenwahl von Energie- und Silomais. Gesunde Pflanzen, 61(2), 57-71.

BMLRT, 2020: Grüner Bericht 2020. Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien 2020, 297 S.

BUZZI, F., J. HILTBRUNNER, A. HOLZKÄMPER und P. CALANCA, 2021: Temperatursummen-Karten für die Sortenwahl im Maisanbau. Agrarforschung Schweiz (12) 2021, 1-8.

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), 1997a: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Herausgeber: Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997b: DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung nach Weißbach und Honig, Teil B, Fassung vom 1.8.1997.

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), 2012: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 416 S.

EISNER, I., 2007: Statistische Analyse der Beziehungen zwischen Fermentationscharakteristika von Silagen und der Futteraufnahme sowie Milchleistung und Milchezusammensetzung bei Kühen (Doctoral dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel), 154 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).

GRUBER, L., R. RESCH und G. STÖGMÜLLER, 2018: Den Wert des Grundfutters an den Gerüstsubstanzen erkennen. ÖAG-Info 1/2018. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 12 S.

HOFFMANN, M., 2021: Sieben Grundsätze für gutes Futter und Wasser. agrarheute Rind Januar 2021, 33-37.

KALCHER L. und M. STEGFELLNER, 2020: Die österreichische Rinderzucht 2019. ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter), Jahresbericht 2019, 140 S.

LEHNER, D., R. RESCH, K. WURM und A. STEINWIDDER, 2020: Nachhaltiger Bio-Silomais Anbau – Empfehlungen zu Pflanzenbau, Ernte und Fütterung. ÖAG-Info 5/2020. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irdning-Donnersbachtal, 20 S.

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

PAHLOW, G., R.E. MUCK, F. DRIEHUIS, S. ELFERINK und S.F. SPOELSTRA, 2003: Microbiology of ensiling: Silage Science and Technology. Agronomy 42, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 31-94.

PÖLLINGER, A., A. ZENTNER, C. KAPP, G. HUBER und S. BRETTSCHUH, 2019: Emissionstechnische, verfahrenstechnische und futterbauliche Bewertung verschiedener Gülleverteilterniken im Grünland. Abschlussbericht Projekt Emisspread (DaFNE 101230), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 45 S.

PÖTSCH, E.M. und R. RESCH, 2002: Einfluss von Futteraufbereitung und Erntetechnik auf den Gärverlauf und die Silagequalität von Grünlandfutter. 8. Alpenländisches Experten-

forum zum Thema "Zeitgemäße Futterkonservierung", Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 11-15.

PRIES, M. und B. BOTHE, 2016: Silier- und Fütterungsversuch mit Shredlage-Silage im Vergleich zur Maissilage mit herkömmlicher Häcksellänge. Riswicker Ergebnisse 2/2016, 60 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? 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 81-93.

RESCH, R., 2021: Langzeitauswirkungen differenzierter Bewirtschaftungsintensität von Dauerriesen unter besonderer Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Effekte. Zwischenbericht zu DaFNE-Projekt 101309 (DW-NET4), HBLFA-Raumberg-Gumpenstein, 45 S.

RESCH, R., G. PERATONER, G. ROMANO, H.-P. PIEPHO, A. SCHAUMBERGER, A. BODNER, K. BUCHGRABER und E.M. PÖTSCH, 2015: Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 61-76.

RESCH, R., A. ADLER, P. FRANK, A. PÖLLINGER, G. PERATONER, F. TIEFENTHALLER, C. MEUSBURGER, G. WIEDNER und K. BUCHGRABER, 2017: 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., M. HOLLMANN, S. ORTNER, G. PERATONER, G. STÖGMÜLLER, G. TERLER, F. TIEFENTHALLER und K. WURM, 2020: Praxisbewertung von Grundfutter für Wiederkäuer. ÖAG-Info 1/2020. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 20 S.

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., R.E. Muck, J.H. Harrison, 2003: Silage science and technology, American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, Agronomy Monograph 42, 95-139.

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

SPIEKERS, H., 2011: Ziele in der Wiederkäuerfütterung. In: DLG-Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, 13-17.

THÖNI, E., 1988: Futterbau und Futterkonservierung. Lehr- und Fachbuch für Schüler, 6. Auflage, LMZ Zollikofen.

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, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 67-79.

TIEFENTHALLER, F. und K. WURM, 2018: Milchviehrationen in der Praxis anhand der Gerüstsubstanzen bewerten. Erschienen in ÖAG-Info 2/2018 „Die Bedeutung der Gerüstsubstanzen für eine wiederkäuergerechte Fütterung“, ÖAG-Eigenverlag, 10-16.

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), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: 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 Grünfütter. Dissertation, Landwirtschaftlich Gärtnerei Fakultät, Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet für Futtermittelkunde, 181 S.

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.

WIERINGA, G.W., 1958: The effect of wilting on butyric acid fermentation in silage. Neth. J. Agric. Sci. 6, 204-210.

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.

WYSS, U. und N. PRADERVAND, 2019: Neue Erntetechniken beim Silomais: Einfluss auf die Silagequalität. Agrarforschung Schweiz 10 (2), 48-53.

6. Anhang

Tabelle 10: Grassilagequalitäten der Folgeaufwüchse von Dauerwiesen in Österreich (LK-Silageprojekte 2003-2020)

Parameter	2. Aufwuchs 2020			3. + Folgeaufwüchse 2020			Datenverteilung 2.-5. Aufwuchs 2003-2020				
	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	min	Quartil 25	Median 50	Quartil 75	max
Trockenmasse [g/kg FM]	412,9	86,4	140	404,5	91,8	111	239	342	399	462	731
Rohprotein [g/kg TM]	143,0	19,3	140	158,8	18,8	111	102	135	146	161	221
nXP [g/kg TM]	125,6	5,2	140	130,1	6,1	111	111	124	127	130	150
RNB [g/kg TM]	2,8	2,5	140	4,6	2,3	111	-3	2	3	5	11
NDF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	472,1	40,1	140	444,8	46,6	111	322	438	468	492	550
ADF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	308,0	25,1	140	291,7	29,3	111	216	290	305	318	365
ADL [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	42,7	9,2	140	40,6	7,5	111	27	37	41	47	64
Rohfaser [g/kg TM]	273,4	21,8	140	256,8	26,4	111	88	252	267	280	319
Rohfett [g/kg TM]	30,9	2,4	140	31,2	2,6	111	25	29	31	33	38
Rohasche [g/kg TM]	107,7	20,4	140	111,1	20,8	111	76	95	104	114	209
Zucker [g/kg TM]	60,8	37,6	140	54,2	34,6	111	0	33	56	81	166
OM-Verdaulichkeit [%]	69,2	1,6	140	70,3	1,9	109	65,9	68,8	69,7	70,7	76,4
Metabolische Energie ME [MJ/kg TM]	9,49	0,32	140	9,67	0,37	111	8,33	9,39	9,61	9,76	10,64
Nettoenergie-Laktation NEL [MJ/kg TM]	5,60	0,22	140	5,73	0,26	111	4,86	5,53	5,67	5,78	6,41
Calcium (Ca) [g/kg TM]	7,7	2,3	138	8,4	1,9	110	4,6	6,5	7,6	9,1	14,7
Phosphor (P) [g/kg TM]	3,4	0,6	138	3,6	0,6	110	1,9	3,1	3,6	3,9	5
Magnesium (Mg) [g/kg TM]	2,6	0,5	138	3,0	0,7	110	1,9	2,4	2,7	3,1	5,1
Kalium (K) [g/kg TM]	28,3	4,0	138	28,8	3,6	110	18,6	25,8	28,5	30,8	38,5
Natrium (Na) [mg/kg TM]	0,57	0,46	138	0,50	0,27	110	0,16	0,3	0,48	0,61	3,96
Eisen (Fe) [mg/kg TM]	872	770	138	907	818	108	134	401	669	1.095	4.754
Mangan (Mn) [mg/kg TM]	95	49	138	91	37	108	32,9	71,9	90,1	124,4	342,3
Zink (Zn) [mg/kg TM]	30	6	138	31	6	108	21,2	27,5	30,0	33,1	61,4
Kupfer (Cu) [mg/kg TM]	9,0	4,5	138	9,8	1,7	108	5,2	8,2	9,1	10,1	15,2
pH-Wert	4,7	0,4	136	4,6	0,3	110	4	4,4	4,6	4,9	5,8
Milchsäure [g/kg TM]	48,9	25,2	136	57,1	24,8	110	4,8	33,3	47,0	64,4	124,8
Essigsäure [g/kg TM]	12,5	10,9	136	14,0	10,7	110	1,1	5,6	9,3	16,2	46,7
Propionsäure [g/kg TM]	0,8	0,8	136	0,8	1,0	108	0	0,3	0,5	0,8	5,9
Buttersäure [g/kg TM]	10,5	10,0	136	8,6	9,2	110	0	2,5	6,5	12,9	53,2
Gesamtsäure [g/kg TM]	72,7	33,2	136	80,3	30,9	108	6,6	50,7	72,2	91,3	153,7
Ethanol [g/kg TM]	8,1	5,9	136	7,3	4,1	108	1,1	4,3	6,6	9,7	38,7
Ammoniak-N [% von N-total]	6,7	3,1	136	6,1	2,7	110	1,4	4,6	5,6	6,9	19,9
DLG-Bewertung [Punkte]	73,9	18,8	136	79,3	18,8	108	5	65	80	95	100
präsum. sufitred. Clostridien [KBE/g FM]	783	724	156	1.009	965	137	20	395	1.110	2.244	24.547
Verdichtung [kg TM/m ³]	173,3	162,3	168,7	171,8	47,2	2.723	21	125	163	193	385

Tabelle 11: Grassilagequalitäten in Österreich in Abhängigkeit von Futterbestand und Aufwuchs (LK-Silageprojekte 2003-2020)

Parameter	Aufwuchs	Dauerwiese		Rotklee		Rotklee gras		Luzerne		Luzernegras	
		1.	2.+	1.	2.+	1.	2.+	1.	2.+	1.	2.+
Probenanzahl		1.947	640	35	23	196	93	76	32	60	24
Trockenmasse [g/kg FM]		364,9	399,5	364,7	402,7	347,7	390,4	372,8	398,6	384,6	421,8
Rohprotein [g/kg TM]		145,5	148,0	154,7	164,5	151,4	155,7	155,8	158,4	158,6	166,6
nXP [g/kg TM]		133,5	128,4	134,0	132,3	136,0	130,1	133,7	129,3	132,8	128,8
RNB [g/kg TM]		2,0	3,2	3,3	5,1	2,5	4,0	3,5	4,9	4,2	6,1
NDF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen		451,9	469,3	392,3	375,0	443,4	461,8	431,9	412,5	461,9	451,8
ADF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen		297,7	308,9	307,5	320,0	297,7	317,8	338,5	343,2	309,4	318,8
ADL [g/kg TM] Gerüstsubstanzen		37,9	45,1	53,0	31,0	37,6	47,1	67,6	59,5	46,3	49,6
Rohfaser [g/kg TM]		262,9	261,2	262,8	252,7	257,3	267,2	270,9	267,9	270,1	280,7
Rohfett [g/kg TM]		31,1	30,1	30,9	31,1	32,0	30,6	31,3	29,4	32,1	31,7
Rohasche [g/kg TM]		98,4	108,5	108,1	110,1	100,0	105,8	99,9	111,3	100,5	115,5
Zucker [g/kg TM]		75,4	62,3	43,0	105,0	65,8	44,8	51,5	12,5	54,9	41,1
OM-Verdaulichkeit [%]		73,3	70,5	73,0	71,0	74,3	70,4	72,0	70,2	71,3	68,9
Metabolische Energie ME [MJ/kg TM]		10,17	9,67	10,06	9,79	10,30	9,70	10,01	9,62	9,94	9,43
Nettoenergie-Laktation NEL [MJ/kg TM]		6,09	5,73	6,01	5,81	6,18	5,74	5,96	5,69	5,91	5,56
Calcium (Ca) [g/kg TM]		6,9	8,3	7,7	9,5	7,3	9,2	7,8	9,2	8,6	9,8
Phosphor (P) [g/kg TM]		3,0	3,3	3,1	3,3	3,2	3,5	3,0	3,3	3,2	3,5
Magnesium (Mg) [g/kg TM]		2,4	2,9	2,6	2,9	2,3	2,8	2,3	2,8	2,3	2,6
Kalium (K) [g/kg TM]		28,3	28,1	30,0	31,4	30,2	29,5	31,0	29,2	30,0	29,9
Natrium (Na) [mg/kg TM]		0,51	0,48	0,55	0,52	0,49	0,48	0,53	0,57	0,42	0,52
Eisen (Fe) [mg/kg TM]		696	987	856	347	526	694	570	509	462	747
Mangan (Mn) [mg/kg TM]		83	96	68	64	75	75	67	67	62	69
Zink (Zn) [mg/kg TM]		31	32	32	34	30	28	31	29	29	28
Kupfer (Cu) [mg/kg TM]		8,0	9,1	8,7	8,8	7,9	9,4	8,0	10,8	7,6	9,3
pH-Wert		4,5	4,6	4,5	4,5	4,4	4,5	4,5	4,7	4,6	4,8
Milchsäure [g/kg TM]		46,6	44,2	46,5	43,0	60,1	55,2	42,0	40,1	54,1	54,7
Essigsäure [g/kg TM]		12,3	10,7	12,1	9,8	15,7	13,3	13,0	12,6	17,9	17,4
Propionsäure [g/kg TM]		0,9	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,5	1,4	1,3	0,9
Buttersäure [g/kg TM]		13,6	8,4	11,7	5,0	11,3	6,6	13,4	7,7	6,8	3,9
Gesamtsäure [g/kg TM]		72,9	63,5	70,3	57,8	87,1	75,4	68,3	60,5	78,9	76,8
Ethanol [g/kg TM]		12,4	6,2	7,4	13,0	16,0	7,6	8,9	8,0	11,4	8,7
Ammoniak-N [% von N-total]		7,7	6,2	9,4	6,9	7,8	6,7	10,6	9,3	8,2	8,4
DLG-Bewertung [Punkte]		71,2	79,5	71,9	84,8	76,1	84,8	66,0	71,6	81,1	81,7
präsum. sufitred. Clostridien [KBE/g FM]		919	1.400	45	1.720	236	332	188	20	387	235
Verdichtung [kg TM/m ³]		166,8	173,9	180,6	176,1	166,5	163,8	181,9	210,0	172,9	146,7

Tabelle 12: Grassilagequalitäten in Österreich in Abhängigkeit von Wirtschaftsweise und Aufwuchs (LK-Silageprojekte 2003-2020)

Parameter	Aufwuchs	Biologisch		UBAG		Verzicht		konventionell	
		1.	2.+	1.	2.+	1.	2.+	1.	2.+
	Probenanzahl	692	280	1.131	369	611	199	606	225
Trockenmasse [g/kg FM]		362,7	403,8	366,9	396,6	371,7	394,8	367,2	398,5
Rohprotein [g/kg TM]		140,9	149,3	146,6	150,3	148,8	152,4	155,6	158,9
nXP [g/kg TM]		132,3	129,2	133,8	128,4	133,8	130,0	135,2	129,1
RNB [g/kg TM]		1,4	3,2	2,1	3,5	2,4	3,6	3,3	4,8
NDF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen		458,9	456,6	446,5	468,2	483,4	467,7	432,2	479,2
ADF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen		307,7	300,4	296,6	310,3	319,7	315,7	283,1	320,4
ADL [g/kg TM] Gerüstsubstanzen		42,2	45,9	37,9	44,0	44,4	46,9	34,0	45,8
Rohfaser [g/kg TM]		265,7	256,3	262,0	264,6	262,9	263,3	257,5	267,3
Rohfett [g/kg TM]		30,7	30,0	31,2	30,5	30,4	29,5	31,6	30,5
Rohasche [g/kg TM]		98,1	107,9	98,4	109,5	100,0	104,0	104,3	112,5
Zucker [g/kg TM]		73,8	61,6	72,5	56,3	66,7	54,9	73,4	47,3
OM-Verdaulichkeit [%]		73,0	70,7	73,3	70,2	73,2	70,7	73,6	70,0
Metabolische Energie ME [MJ/kg TM]		10,11	9,71	10,19	9,64	10,15	9,75	10,18	9,59
Nettoenergie-Laktation NEL [MJ/kg TM]		6,04	5,76	6,10	5,71	6,07	5,79	6,09	5,67
Calcium (Ca) [g/kg TM]		7,6	9,2	7,0	8,2	7,1	8,8	6,6	8,1
Phosphor (P) [g/kg TM]		2,9	3,2	3,1	3,4	3,1	3,3	3,3	3,4
Magnesium (Mg) [g/kg TM]		2,4	2,9	2,4	2,7	2,3	2,9	2,2	2,7
Kalium (K) [g/kg TM]		27,7	28,0	29,1	29,4	30,2	29,0	30,6	29,8
Natrium (Na) [mg/kg TM]		0,42	0,45	0,51	0,48	0,51	0,51	0,66	0,62
Eisen (Fe) [mg/kg TM]		699	978	636	859	697	818	705	839
Mangan (Mn) [mg/kg TM]		80	94	81	90	82	88	83	87
Zink (Zn) [mg/kg TM]		30	31	31	32	33	32	31	30
Kupfer (Cu) [mg/kg TM]		8,0	9,5	7,8	8,9	7,7	8,3	8,1	8,9
pH-Wert		4,5	4,6	4,5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6
Milchsäure [g/kg TM]		45,4	44,8	48,2	46,1	45,6	42,4	50,7	48,8
Essigsäure [g/kg TM]		12,5	10,8	13,3	11,9	10,9	10,6	14,2	13,4
Propionsäure [g/kg TM]		0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
Buttersäure [g/kg TM]		13,2	8,1	13,5	8,3	12,6	8,7	11,4	6,5
Gesamtsäure [g/kg TM]		71,2	63,7	75,4	66,5	69,2	61,8	76,7	69,1
Ethanol [g/kg TM]		11,5	6,7	12,7	6,2	11,1	5,9	12,5	7,5
Ammoniak-N [% von N-total]		7,8	6,3	7,7	7,0	8,7	7,0	8,2	7,4
DLG-Bewertung [Punkte]		72,3	80,2	72,7	79,4	73,9	78,9	75,2	82,1
präsum. sufitred. Clostridien [KBE/g FM]		677	977	836	898	751	1.203	758	660
Verdichtung [kg TM/m ³]		161,4	166,4	169,6	172,5	181,4	195,7	180,0	187,7

Tabelle 13: Grassilagequalitäten in Österreich in Abhängigkeit von Siliersystem und Aufwuchs (LK-Silageprojekte 2003-2020)

Parameter	Flachsiló		Silohaufen		Hoch-/Tiefsiló		Ballensilage		Schlauch-/Tunnel	
	Aufwuchs	1.	2.+	1.	2.+	1.	2.+	1.	2.+	1.
Probenanzahl	1.887	651	66	30	141	31	1.014	376	6	2
Trockenmasse [g/kg FM]	355,6	385,3	343,7	362,8	364,7	376,1	387,4	422,6	419,5	435,5
Rohprotein [g/kg TM]	149,4	151,7	145,9	152,3	143,3	150,2	145,0	152,7	157,0	160,5
nXP [g/kg TM]	134,0	128,7	133,6	128,8	132,1	129,7	133,6	129,2	140,3	134,5
RNB [g/kg TM]	2,5	3,7	2,0	3,8	1,8	3,4	1,9	3,8	2,5	4,5
NDF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	449,4	482,2	475,3	459,1	454,8	456,6	447,7	453,4	453,7	417,0
ADF [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	296,8	318,5	312,3	304,8	304,9	305,8	298,4	303,3	287,5	275,5
ADL [g/kg TM] Gerüstsubstanzen	37,9	45,9	40,1	43,8	41,2	48,8	38,9	44,3	37,5	36,5
Rohfaser [g/kg TM]	260,8	265,6	264,1	264,2	267,8	247,5	263,1	259,2	256,8	237,5
Rohfett [g/kg TM]	31,4	30,4	31,5	30,9	31,2	30,2	30,3	30,0	32,5	30,5
Rohasche [g/kg TM]	101,5	109,5	97,8	110,0	100,6	111,7	96,7	108,1	83,5	95,0
Zucker [g/kg TM]	66,5	47,0	51,1	39,4	50,4	49,4	83,8	68,3	76,8	24,5
OM-Verdaulichkeit [%]	73,3	70,3	73,1	70,1	72,5	71,4	73,3	70,3	75,2	72,1
Metabolische Energie ME [MJ/kg TM]	10,16	9,65	10,18	9,63	10,08	9,76	10,19	9,68	10,64	10,06
Nettoenergie-Laktation NEL [MJ/kg TM]	6,08	5,71	6,09	5,70	6,02	5,81	6,10	5,74	6,40	6,00
Calcium (Ca) [g/kg TM]	7,0	8,2	7,0	8,7	7,5	9,9	7,1	9,0	6,0	8,4
Phosphor (P) [g/kg TM]	3,1	3,3	3,0	3,2	3,0	3,2	3,0	3,4	3,3	2,8
Magnesium (Mg) [g/kg TM]	2,3	2,7	2,5	2,9	2,4	3,2	2,4	3,0	2,0	2,3
Kalium (K) [g/kg TM]	29,6	29,2	28,0	28,5	29,1	26,6	28,8	28,9	26,8	24,8
Natrium (Na) [mg/kg TM]	0,55	0,54	0,53	0,50	0,51	0,42	0,47	0,46	0,75	0,53
Eisen (Fe) [mg/kg TM]	690	885	1.073	1.079	1.104	909	584	900	467	769
Mangan (Mn) [mg/kg TM]	85	91	86	85	87	104	76	92	62	71
Zink (Zn) [mg/kg TM]	31	31	29	38	37	32	31	32	28	31
Kupfer (Cu) [mg/kg TM]	8,0	8,9	8,1	9,6	8,4	9,5	7,8	9,1	7,8	9,2
pH-Wert	4,5	4,5	4,4	4,6	4,5	4,6	4,5	4,7	4,2	4,5
Milchsäure [g/kg TM]	47,5	45,4	53,6	45,0	52,9	37,0	47,2	46,8	62,5	44,6
Essigsäure [g/kg TM]	13,7	12,9	14,2	14,1	14,1	8,5	10,9	9,8	10,1	8,3
Propionsäure [g/kg TM]	0,9	0,8	0,7	2,4	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5	0,0
Buttersäure [g/kg TM]	13,3	8,5	15,7	13,2	12,1	10,9	11,8	6,8	0,7	0,6
Gesamtsäure [g/kg TM]	74,8	66,9	83,8	73,2	79,4	56,9	70,1	63,6	73,8	53,5
Ethanol [g/kg TM]	11,0	6,2	8,6	8,3	10,0	4,9	14,8	7,0	4,5	3,9
Ammoniak-N [% von N-total]	8,2	7,4	8,8	8,2	8,2	5,3	7,4	6,1	5,7	4,7
DLG-Bewertung [Punkte]	73,0	79,7	69,5	71,7	73,9	76,8	74,3	80,8	99,2	97,5
präsum. sufitred. Clostridien [KBE/g FM]	765	718	716	765	1.821	1.380	747	1.221	137	
Verdichtung [kg TM/m ³]	185,7	194,5	173,8	185,8	187,3	151,2	145,2	151,9	198,8	174,0