

Review zu TM-Verlusten an Gras- und Feldfutterprodukten in den Phasen Ernte, Konservierung, Lagerung, Entnahme und Futtervorlage

Review on DM losses of forage products in the phases harvest, conservation, storage, removal and presentation to livestock

Reinhard Resch^{1*}, Johannes Thaysen², Brigitte Köhler³

Einleitung

Ziel der Grünfutterkonservierung ist nach STEINHÖFEL et al. (2023), die Nährstoffe über einen längeren Zeitraum durch Inaktivierung mikrobieller und futtermittelspezifischer Enzyme quantitativ und qualitativ zu erhalten, d. h. Zersetzungsprozesse nur in einem unvermeidbaren oder erwünschten Maße zuzulassen. Der Erfolg der Konservierung wird sowohl über die Höhe der Stoff- bzw. Masseverluste als auch über die Veränderung des Futterwertes, der Gärqualität sowie der Futtermittelhygiene definiert. Je nach Konservierungsart, den gegebenen Umweltbedingungen und dem Grad, nach dem die Verfahrensabläufe beherrscht werden, ergeben sich im Laufe von Futterernte, Konservierung, Lagerung und Futterentnahme unterschiedlich hohe mengenmäßige und qualitative Veränderungen, insbesondere in Form von Verlusten an Energie und Nährstoffen.

Somit ist die Futterwirtschaft mit all ihren Prozessen von zentraler und unmittelbarer Bedeutung für den Betriebserfolg. Sie generiert darüber hinaus aus nicht essbarer Biomasse wertvolle Lebensmittel aus der Nutztierhaltung für die Ernährung der Gesellschaft (WINDISCH 2023) und bringt viele Umweltleistungen wie z. B. den Erhalt der Biodiversität von Grünlandökosystemen.

Dieser Review-Beitrag soll einen aktuellen Überblick über Trockenmasse(TM)-Verluste innerhalb der Prozesskette der Futterproduktion geben. Darüber hinaus werden Größenordnungen von unvermeidbaren und vermeidbaren TM-Verlusten beschrieben, wie sie unter günstigen und ungünstigen Bedingungen auftreten können, insbesondere, wenn extreme Wetterereignisse wie Hitze, Trockenheit oder Starkregen die Futterproduktion mengen- und qualitativ gefährden.

Material und Methoden

Grundlage der Bewertung von TM-Verlusten bei Futtermitteln ist nach KÖHLER et al. (2013) die gravimetrische Differenzmethode (total-in vs. total-out) zwischen mindestens zwei Wiegungen mit zeitlichem Abstand zueinander sowie die Bestimmung des TM-Gehaltes nach VDLUFA (1976) mittels Ofen- oder Gefriertrocknung. Nach WEISSBACH und KUHLA (1995) verflüchtigen sich bei Silagen Ammoniak (NH₃), Essig-, Propion- und Buttersäure sowie Alkohole zum Teil bei der Ofentrocknung. Daher ist eine TM-Korrektur bei Silagen aufgrund der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC = volatile organic compounds) notwendig, um Fehler in der TM-Bilanzierung zu vermeiden.

Für die Messung der Atmungs(Respirations)verluste wird die eingewogene Futterprobe idealerweise in einen perforierten Plastikbeutel gegeben. Nach einer festgelegten Zeitdauer wird rückgewogen und der TM-Gehalt bestimmt, um die Verluste quantifizieren zu können. Rech- und Bröckelverluste am Feld ergeben sich anhand der nach der Ernte am Boden verbleibenden Futtermassen. Diese Futterpartikel werden entweder an ausgelegten Platten mit künstlichen Stoppeln nach BUCKMASTER (1993) bzw. LUCAS (2009) oder mittels Staubsauger (BECKHOFF et al. 1979) vom Boden gesammelt und gewogen. Ein Verderb kann über die mikrobiologische Untersuchung nach VDLUFA (2012a) identifiziert werden. Verdorbene Futtermittel der Keimzahlstufe IV (VDLUFA 2012b) dürfen nicht verfüttert werden. Daraus kann sich ein TM-Verlust von bis zu 100 % ergeben. Ähnlich ist die Situation bei Giftpflanzen. Schließlich kann es bei der Futtervorlage zu Selektionsverhalten bis zur völligen Futterverweigerung kommen. Nicht verwertbare Futterreste zählen damit auch zu den TM-Verlusten (DLG 2016).

Ergebnisse und Diskussion

Ziel dieses Reviews ist es, das Potenzial der empfohlenen Managementpraktiken in der Futterwirtschaft zur Verringerung von Verlusten und zur Steigerung der Effizienz aufzuzeigen, um die Nachhaltigkeit in der pflanzlichen und tierischen Produktionskette zu verbessern. Dazu wurden einzelne Prozesse sowie Quellen und verantwortliche Einflussfaktoren auf die TM-Verluste in einer Übersicht zusammengestellt (Abbildung 1).

Verluste während der Feldphase

Unmittelbar nach der Mahd eines Pflanzenbestandes setzen nach McDONALD et al. (1991) biologische und chemische Veränderungen ein. Respirationsverluste steigen mit abnehmendem TM-Gehalt und zunehmender Temperatur nach quadratischen Funktionen (HONIG 1980). In Abhängigkeit von der Trocknungsdauer und dem TM-Gehalt des Ernteguts liegen Atmungsverluste unter günstigen Bedingungen für Anwelksilagen nach GROSS und RIEBE (1974) bei 2 bis 3 % und für Heu bei 3 bis 4 % (ROTZ et al. 1984) – Abbildung 1. Diese können bei der Luzerne nach ROTZ und ABRAMS (1988) unter extrem warmen und feuchten Bedingungen auf bis zu 19 % ansteigen.

Mechanische Verluste treten in Zusammenhang mit technischen Bearbeitungsschritten in der Feldphase von der Mahd bis zur Abfuhr des Ernteguts auf. Nach ZIMMER (1977) umspannen die mechanischen TM-Verluste einen Bereich von 3 bis 32 % und hängen vom TM-Gehalt, der Feldliegedauer und den Wetterbedingungen ab. Darüber hinaus bestimmen nach ROTZ et al. (1991) technische Verfahren der Futterbearbeitung/-ernte und deren praktische Anwendung ebenso das Verlustgeschehen am Feld. Beispielsweise können extreme Feldverluste bei der Luzerne von mehr als 30 % TM auftreten, wenn aggressive Knickzetter-Aufbereiter bei der Mahd eingesetzt werden und Bodenheu produziert wird (RESCH 2016).

Regenereignisse während der Feldphase können die TM-Verluste auf mehr als 50 % erhöhen (COLLINS 1983), insbesondere bei extremen Starkregen. Nach ROTZ und MUCK (1994) wirken folgende Einflussfaktoren: Regenmenge, Intensität und Dauer, sowie Pflanzenart, TM-Gehalt, Schwaddichte und der Grad der Futteraufbereitung. Die Auswaschungsverluste steigen mit der Intensität der mechanischen Futteraufbereitung. Je höher der Anwelkgrad des Futters, desto stärker wirkt sich Regen auf die TM-Verluste aus (PARKE et al. 1978).

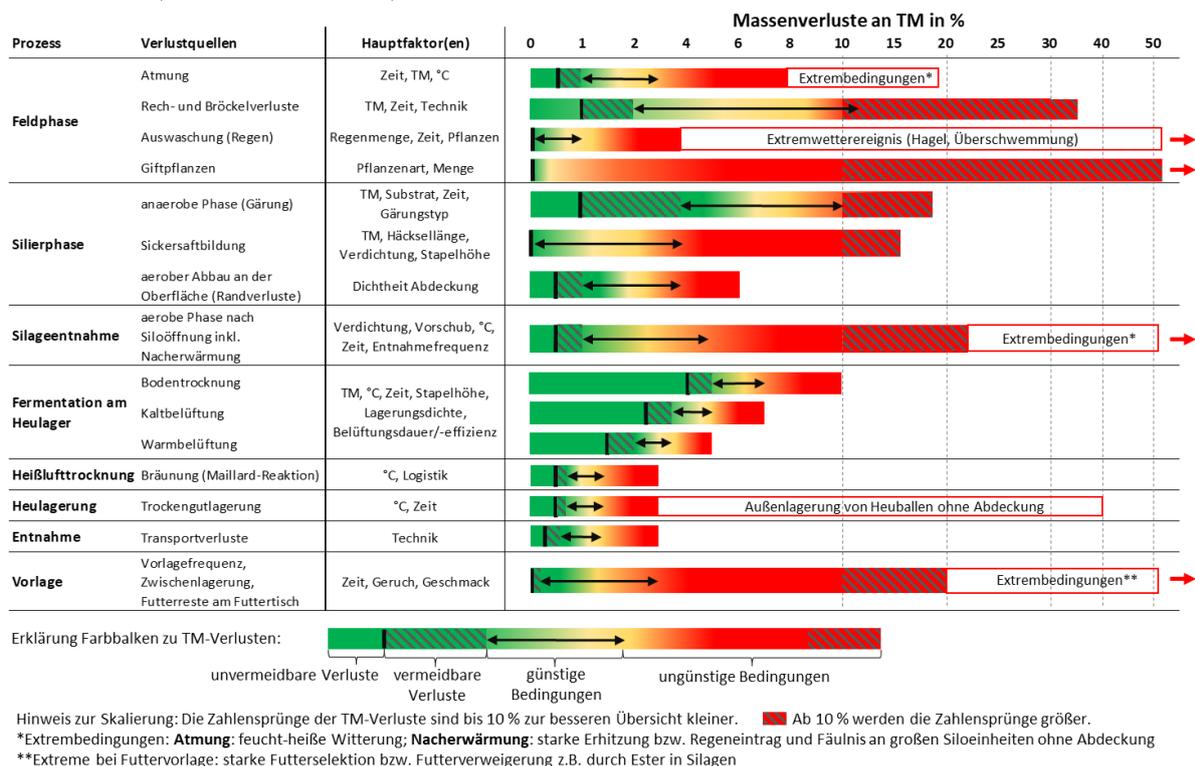


Abbildung 6: Unvermeidbare und vermeidbare TM-Verluste in Abhängigkeit der vorliegenden Bedingungen und der Prozesse in den Phasen Futterernte, Konservierung, Lagerung, Entnahme und Futtervorlage

Verluste durch Silierung und Silageentnahme

Den größten Anteil am Grobfutter in der Wiederkäuerfütterung haben Silagen. Eine optimale Silagebereitung ist daher von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Der anaerobe Konservierungsprozess startet nach der luftdichten Versiegelung des Futters im Silo. Nach PAHLOW et al. (2003) werden vier Phasen unterschieden, in denen stoffliche Um- und Abbauprozesse stattfinden: 1) aerobe Phase der Restatmung nach Befüllung, 2) Hauptgärphase, 3) stabile Phase der Lagerung im Silo, 4) aerobe Fütterungsphase, sobald das Silo geöffnet wird. Nach ROOKE und HATFIELD (2003) wird die Höhe der Silierverluste

durch den TM-Gehalt, die Art und Intensität der Gärung (Milch-, Essig-, Buttersäure und alkoholische Gärung) und den Energieverbrauch durch die Stoffwechselwege verschiedener Mikroorganismen beeinflusst. Sachgemäß eingesetzte Additive können den Gärverlauf positiv lenken und damit verlustmindernd wirken (KUNG et al. 2003, DLG 2012).

Sickersaftverluste können nach RESCH und BUCHGRABER (2006) bis zu ca. 15 % TM betragen. Sie hängen stark mit dem TM-Gehalt, der Häcksellänge sowie der Verdichtung und der Stapelhöhe im Silo zusammen. ROTZ et al. (1993) haben ein Rechenmodell für die Sickersaftbildung von Silagen entwickelt.

Während der Lagerphase ist an der Silooberfläche, speziell an den Randzonen von Flachsilos, mit aerobem Stoffabbau im Ausmaß von 1 bis 2 % TM zu rechnen. Unter ungünstigen Verhältnissen, wenn Luft und Wasser eindringen, können die Randverluste auf mehr als 5 % der TM ansteigen, speziell wenn der Oberflächenanteil am Gesamtvolumen entsprechend groß ist.

Sobald das Silo geöffnet wird, ist die Anschnittfläche der Luft ausgesetzt und aerobe Verderbkeime profitieren von der Luft, die in die Futterporen einsickert. Eine ausreichend aerobe Stabilität (ASTA) schützt nach WILKINSON und DAVIES (2013) vor Verderb durch Hefen und Schimmelpilze, welche hauptsächlich für die Nacherwärmung verantwortlich sind. Nach HOLMES und MUCK (2007) sollen TM-Verluste nach Siloöffnung 3 % unterschreiten, allerdings können sich diese bei hohen Lufttemperaturen und bei Vorschubraten unterhalb von 100 cm/Woche bzw. Lagerungsdichten unter 800 kg FM/m³ auf bis zu 25 % erhöhen. Im Extremfall werden bei der Nacherwärmung Temperaturen über 50°C erreicht, wodurch der Stoffabbau in den betroffenen Zonen täglich bis zu 3 % der TM betragen kann. Nach Untersuchungen mit der Total-in vs. Total-out-Methode von KÖHLER et al. (2019) lagen bei Grassilagen die TM-Verluste im Mittel bei 9 % und bei Maissilagen bei 7 % (Quartilsabstand: Grassilage 3 bis 16 %, Maissilage 5 bis 12 %). In ungünstigen Fällen (z. B. bei Nacherwärmung, starker Buttersäurebildung) kann der TM-Verlust im Silo mehr als 20 % betragen.

Verluste bei Futtertrocknung und -lagerung

Nach der Heueinlagerung treten TM-Verluste durch mikrobiellen Stoffabbau auf, welche nach ROTZ et al. (1991) mit 1 bis 8 % zu beziffern sind (Abbildung 1). Die Höhe der Verluste ist abhängig vom TM-Gehalt des Ernteguts, der Zeitdauer bis der kritische TM-Gehalt von 86 % überschritten wird, der Intensität der Vermehrung der Lagerkeime – vorwiegend Schimmelpilze und Hefen – und dem Ausmaß der Temperaturerhöhung sowie der Höhe des Futterstapels und dessen Lagerungsdichte. Bei Bodentrocknung dauert die mikrobielle Stabilisierungsphase am Heulager ca. drei Wochen, während bei gut gesteuerter Heubelüftungstrocknung der kritische TM-Gehalt innerhalb von 2 bis 3 Tagen erreicht wird (RESCH und STÖGMÜLLER 2023). Nach der mikrobiellen Stabilisierung ist nach DULPHY (1987) bei Heulagerung mit durchschnittlichen TM-Lagerverlusten von ca. 1 % zu rechnen, bei Bodenkontakt können die Lagerverluste nach RUSSELL et al. (1990) auch mehr als 3 % betragen. Eine Außenlagerung von Heuballen ohne Vliesabdeckung führt zu extremen Lagerungsverlusten, weil das mikrobiell verdorbene Heu nicht mehr vorgelegt werden darf (Abbildung 1).

Die verlustärmste Form der Futterkonservierung wäre die Heißlufttrocknung von Grünfutter ohne Anwelken und mit kurzem Transportweg zur Trocknungsanlage. Unter optimalen Bedingungen liegen die TM-Gesamtverluste nach Heißlufttrocknung nur bei ca. 1-2 %. Jedoch erhöhen sich die Verluste bei logistischen Verzögerungen und bei einer Anlieferung von Anwelkgut. Eine suboptimale Steuerung der Anlage kann zu Futterbräunung führen (Maillard-Reaktion), wodurch die Verluste steigen bzw. der Futterwert sinkt.

Vorlageverluste

Im Zuge der Futterentnahme treten in der Praxis TM-Verluste als eine Art Abbröckelverlust beim Futtertransport zum Mischwagen, Futterautomaten bzw. Futtertisch auf. Diese können mit ca. 1 % TM veranschlagt werden. Schließlich sind auch Massenverluste zu berücksichtigen, welche bei der Vorlage der Futtermittel entstehen. Nutztiere prüfen die Futterqualität anhand sensorischer Futtereigenschaften wie Geruch und Geschmack. Eine reduzierte Futterakzeptanz führt zu Selektionsverhalten bis hin zur Futterverweigerung. Ursachen dafür können minderwertige Futterpflanzen, Giftstoffe, mangelnde Futterhygiene, biogene Amine, aber auch zu hohe Gehalte an Estern, Essig- oder Buttersäure und sekundäre

Pflanzeninhaltsstoffe sein. Vorlageverluste sollen weniger als 1 % der TM betragen. STEINWIDDER et al. (2018) ermittelten 5 % TM-Verluste ab Silo (fertige Silage abzüglich gefressener Silage).

Zusammenfassung

In der Futterwirtschaft werden stoffliche TM-Verluste durch eine Kaskade von biotischen und chemischen Prozessen verursacht, welche von Umwelt- und Managementfaktoren beeinflusst werden. In der Summe liegen TM-Verluste vom Pflanzenaufwuchs (Feld) bis zur Futtermittelaufnahme (Tier) für Grassilagen unter optimalen Bedingungen bei ca. 10 %, unter mittleren Verhältnissen bei 15 bis 20 % und unter ungünstigen Voraussetzungen bei über 30 %. Für Bodenheu wären TM-Verluste unterhalb 16 % sehr günstig, bei ca. 25 bis 30 % mittelmäßig und mit mehr als 40 % der TM ungünstig. Das Wissen über die Verlustursachen und ihre Auswirkungen ist komplex, aber von großer Bedeutung für die Grünland- und Viehwirtschaft. Einen aktuellen Überblick über die Arbeiten zu TM-Verlusten in der Futterwirtschaft geben BORREANI et al. (2018).

Abstract

In forage production, DM losses are caused by a cascade of biotic and chemical processes that are influenced by environmental and management factors. In total, DM losses from potential field yield to ruminant intake, under optimal conditions for grass silage are around 10 %, under average conditions around 15 to 20 % and greater than 30 % under unfavourable conditions. For field cured hay, DM losses below 16 % would be very good, at approx. 25 to 30 % average and with more than 40 % of DM unfavourable. Expertise on the causes of losses and their effects is complex, but of great importance for grassland and livestock farming. BORREANI et al. (2018) provide a current overview of studies on DM losses in production of silage and hay.

Literatur

- BECKHOFF J, DERNEDDE W, HONIG H, SCHURIG M (1979): Einfluss neuer Mähauflbereiter auf Trocknung und Feldverluste bei der Gewinnung von Anwelksilage und Heu. *Das wirtschaftseigene Futter* 25 (1), 5–19.
- BORREANI G, TABACCO E, SCHMIDT RJ, HOLMES BJ, MUCK RA (2018): Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952-3979.
- BUCKMASTER DR (1993): Alfalfa raking losses as measured on artificial stubble. *Transactions of the ASAE*, 36(3), 645-651.
- COLLINS M (1983): Wetting and Maturity Effects on the Yield and Quality of Legume Hay 1. *Agronomy Journal*, 75(3), 523-527.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (2012): *Praxishandbuch Futter- und Substrat-konservierung*. 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 416 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (2016): *Mengenmäßige Erfassung des wirtschaftseigenen Futters*. DLG-Merkblatt 416, 2. Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 9 S.
- DULPHY JP (1987): Fenaison: pertes en cours de recolte et de conservation. 16. Journées du Grenier de Theix. Les fourrages secs: recolte, traitement, utilisation, Ceyrat (France), Institut National de la Recherche Agronomique, May 21-23, 1985, 103-124.
- GROSS F, RIEBE K (1974): *Gärfutter - Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 283 S.
- HOLMES BJ, MUCK RE (2007): Packing bunkers and piles to maximize forage preservation. Proc. 6th Int. Dairy Housing Conf. ASABE and Harvest and Storage. Accessed Jan. 15, 2017.
- HONIG H (1980): Mechanical and respiration losses during pre-wilting of grass. Forage Conservation in the 80s, in: Thomas, C. (ed) Occasional Symposium – British Grassland Society. 11:201-204.
- KÖHLER B, DIEPOLDER M, OSTERTAG J, THURNER S, SPIEKERS H (2013): Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in bunker silos. *Agricultural and food science*, 22(1), 145–150.
- KÖHLER B, TAUBE F, OSTERTAG J, THURNER S, KLUSS C, SPIEKERS H (2019): Dry-matter losses and changes in nutrient concentrations in grass and maize silages stored in bunker silos. *Grass and Forage Science*, 74(2), 274–283; DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12430>
- KUNG Jr L, STOKES MR, LIN CJ (2003): Silage additives. 305-360, In: *Silage Science and Technology* (Agronomy Series No. 42). BUXTON DR, MUCK RE, HARRISON HJ, ed. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- LUCAS L (2009): Vergleich verschiedener Heuwendemaschinen hinsichtlich der Bröckelverluste. Bachelor, Universität Kassel, Kassel, 147 S.
- McDONALD P, HENDERSON AR, HERON SJE (1991): *The biochemistry of silage*. Chalcombe publications.

- PAHLOW G, MUCK RE, DRIEHUIS F, ELFERINK SJO, SPOELSTRA SF (2003): Microbiology of ensiling. 31-93, In: Silage Science and Technology (Agronomy Series No. 42). BUXTON DR, MUCK RE HARRISON HJ, ed. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- PARKE D, DUMONT AG, BOYCE DS (1978): A mathematical model to study forage conservation methods. Grass and Forage Science, 33(4), 261-273.
- RESCH R, BUCHGRABER K (2006): Sickersaftanfall bei Grassilagen in Abhängigkeit des Trockenmassegehaltes. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 26.11.2006, 2 S.
- RESCH R (2016): Abschlussbericht DaFNE-Projekt 101069 Pickup-Schwader. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 27 S.
- RESCH R, STÖGMÜLLER G (2023): LK-Grundfutterprojekte als Basis für die Qualitätsentwicklung von Gärfutter und Heu in Österreich. 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 29. und 30. März 2023, 123-155.
- ROOKE JA, HATFIELD RD (2003): Biochemistry of ensiling. 95–139, In: Silage Science and Technology (Agronomy Series No. 42). BUXTON, D.R., MUCK, R.E. and H.J. HARRISON, ed. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- ROTZ CA, SPROTT JW, THOMAS DSJ (1984): Interaction of mechanical and chemical conditioning of alfalfa. Transactions of the ASAE, 27(4), 1009-1014.
- ROTZ CA, ABRAMS SM (1988): Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. Transactions of the ASAE, 31(2), 350-0355.
- ROTZ CA, BORTON LR, BLACK JR (1991): Harvest and storage losses with alternative forage harvesting methods. Forages: A versatile resource. Proc. 1991 Forage and Grassland Com., Columbia, MO, 1-4.
- ROTZ CA, PITT RE, MUCK RE, ALLEN MS, BUCKMASTER DR (1993): Direct-cut harvest and storage of alfalfa on the dairy farm. Transactions of the ASAE, 36(3), 621-628.
- ROTZ CA, MUCK RE (1994): Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY, G.C, et al. (1994): Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, Wisconsin, USA, 828-868.
- RUSSELL J, YODER SJ, MARLEY SJ (1990): The effects of bale density, type of binding and storage surface on the chemical composition, nutrient recovery and digestibility of large round hay bales. Animal feed science and technology, 29(1-2), 131-145.
- STEINHÖFEL O, RESCH R, MARTENS S (2023): Konservierung von Grünfuttermitteln, 191-216. In: DÄNICKKE S et al. (2023): Handbuch der Futtermittel – Herkunft, Verarbeitung, Verwendung. AGRIMEDIA, Erling-Verlag, 744 S.
- STEINWIDDER A, STARZ W, ROHRER M, HÄUSLER J, PFISTER R (2018): Vollweide- oder Silagefütterung: Ergebnisse zur Milchflächenleistung von Bio-Milchkühen im Berggebiet Österreichs. Züchtungskunde, 90, (3), 218–239.
- VDLUFA (1976): Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (2012a): Methode 28.1.2 Futtermitteluntersuchung - Bestimmung der Keimgehalte an aeroben, mesophilen Bakterien, Schimmel- und Schwärzepilzen und Hefen. Methodenbuch III, 8. Ergänzung 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (2012b): Methode 28.1.4 Futtermitteluntersuchung - Verfahrensanweisung zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung: Methodenbuch III, 8. Ergänzung 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VO (EG) 183/2005: Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene.
- WEISSBACH F, KUHLA S (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übersichten Tierernährung 23: 189–214.
- WILKINSON JM, DAVIES DR (2013): The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. Grass Forage Sci. 68:1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>.
- WINDISCH W (2023): Nachhaltige Landwirtschaft: Darum brauchen wir Nutztiere. agrarheute, <https://www.agrar-heute.com/tier/rind/nachhaltige-landwirtschaft-brauchen-nutztiere-610680> (10.02.2024).
- ZIMMER E (1977): Factors influencing fodder conservation. In Proc. Int. Meeting on Animal Production from temperate Grassland. Dublin, Irish Grassland an Animal Prod. Ass. Ed., p 121-125.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 / 22451-320

² Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Kiel

³ Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Kassel

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