



GKL – Frühjahrstagung 2006

Sektion Bau und Technik

„Siliererfolg auch bei großen Erntemassen“

28. und 29. März 2006

**Institut für Landtechnik
Nussallee 5, 53115 Bonn**

Herausgeber:

Gesellschaft für Kunststoffe im Landbau e.V.
Herrenhäuser Str. 2
30419 Hannover
Tel.: (0511) 762-3885
Fax: (0511) 762-2649
E-Mail: straeter@bgt.uni-hannover.de
Internet: <http://www.ktbl.de/gkl>

Redaktion:

Gesellschaft für Kunststoffe im Landbau e.V.

Alle Rechte vorbehalten.

© 2006 by Gesellschaft für Kunststoffe im Landbau e.V.

Programm der Vortragsveranstaltung

Dienstag, 28.03.2006

13:00 **Begrüßung**
Prof. Dr. Wolfgang Büscher, Vizepräsident der GKL

Diskussionsleiter: *Prof. Dr. Hans-Jürgen Tantau*

13:15 **Risikomanagement und Entscheidungsfindung aus verfahrenstechnischer Sicht**
Prof. Dr. Wolfgang Büscher, Institut für Landtechnik, Universität Bonn

13:45 **Siliersicherheit – Ansprüche aus Sicht der Tierernährung**
Dr. Hubert Spiekers, Institut für Tierernährung, Grub

14:15 **Ansprüche an Flachsilotechniken**
Günter Gerighausen, Landwirtschaftskammer NRW, Riswick

15:00 Kaffeepause

Diskussionsleiterin: *PD Dr. Andrea Wagner*

15.30 **Einsatz der Schlauchtechnologie**
Dr. Kerstin Jäkel, Sächsische Landesanstalt, Leipzig

16:00 **Silofolien – Ansprüche und neue Entwicklungen**
Siegfried Meise, RKW AG, Michelstadt

16:30 **DLG-Prüfung von Silofolien**
Dr. Ulrich Rubenschuh, DLG Groß-Umstatt

17:00 **Ende der Veranstaltung**

ab 18:00 **geselliges Beisammensein mit Abendessen im Universitätsclub**

Mittwoch, 29.03.2006

Diskussionsleiter: *Siegfried Meise*

8:30 **Einfluss der Häcksellänge auf Verdichtung und Stabilität**
PD Dr. Andrea Wagner, Institut für Landtechnik, Universität Bonn

9:10 **Dichte Controlling – Bedeutung und Instrumente**
Dr. Johannes Thaysen, Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein

9:45 Kaffeepause

Diskussionsleiter: *Prof. Dr. Wolfgang Büscher*

10:15 **Siliersicherheit durch Silierzusätze**
Dr. Horst Auerbach, Fa. ADDCON Agrar GmbH, Bitterfeld

10:55 **Verdichtung aus Sicht eines Externen**
Prof. Dr. Karlheinz Scheffold, Umweltschutz, Fachhochschule Bingen

11:35 **Schlusswort**

11:45 **Ende der Veranstaltung**

Risikomanagement und Entscheidungsfindung aus verfahrenstechnischer Sicht

Wolfgang Büscher, Universität Bonn, Institut für Landtechnik

Einführung

Die Futterkonservierung dient dem Ziel, in vegetationsfreien Zeiten die Versorgung der Nutztiere zu gewährleisten. Dabei sind Sicherheitsüberlegungen bzw. Risikobetrachtungen im Bezug auf folgende Aspekte sehr wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Verfahrensbewertung:

- Mechanisierung der Ernte- und Einlagerungstechnik,
- Konservierungserfolg (gewünschte Gärverhältnisse),
- Haltbarkeit über die gesamte Fütterungsperiode (Langzeitstabilität) bis zur Entnahme.

Aufgrund der Komplexität der Thematik, sollen die Betrachtungen an dieser Stelle auf das Beispiel der Futtermais-Ernte und -Silierung beschränkt sein.

Methodische Ansätze

Einfache Risikoabwägungen ergeben sich aus den entstehenden *Kosten für Stillstandzeiten* der Verfahrenstechnik. Die **Verfahrenskette der Silomaisernte** ist durch einen konstanten Massenstrom (z. B. Tonnen / Stunde) mit parallelen Prozessabschnitten gekennzeichnet. Das heißt, dass sowohl die Erntemaschinen, wie auch die Transport-Kette und letztlich die

Einlagerungstechnik exakt auf einander abgestimmt sein müssen, damit es zu keinen Unterbrechungen im Massen- bzw. Gutstrom kommen kann.

Kommt es zu Ablaufstörungen, treten unerwünschte Effekte auf, wie zum Beispiel der aerobe Abbau von Kohlehydraten (Erwärmung) mit einhergehenden Energieverlusten und einer Abtrocknung des Substrates.

Die Schlüsselmaschine ist in der Regel die Erntemaschine, weil sie als teure Spezialmaschine die höchsten Kosten verursacht. Der relevante Massenstrom, auf den die Erntekette ausgerichtet ist, entspricht der Durchsatzleistung des Häckslers. Durch die steigenden Durchsatzleistungen der Mais-häckler ergeben sich enorme Transportkapazitäten und logistische Anforderungen an die Organisation der Verfahrenskette. Der Effekt ist auf Abbildung 1 erkennbar, wobei neben der Zahl der Transporteinheiten auch noch Arbeitskräfte und Walzfahrzeuge für die Verdichtung einzuplanen sind. Die Kosten pro „Stillstand- bzw. Ausfallstunde“ ergeben sich bei der typischen Fremdmechanisierung aus der Summe der Arbeitskraftstunden und den Maschinenkosten pro Stunde. Eine Sachversicherung für „Ernteausfall durch Maschinenausfall“ existiert nicht.

Komplexe Risikobetrachtungen von Verfahrensketten ergeben sich aus der Einzelbewertung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Mechanisierungsabschnitten (Störfallbetrachtung). Die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Maschine steigt mit dem Abnutzungsgrad bzw. dem Lebensalter der Technik und lässt sich durch gute Wartung minimieren. Das Risiko einer Arbeitskette ergibt sich aus der Summe der Ausfall-

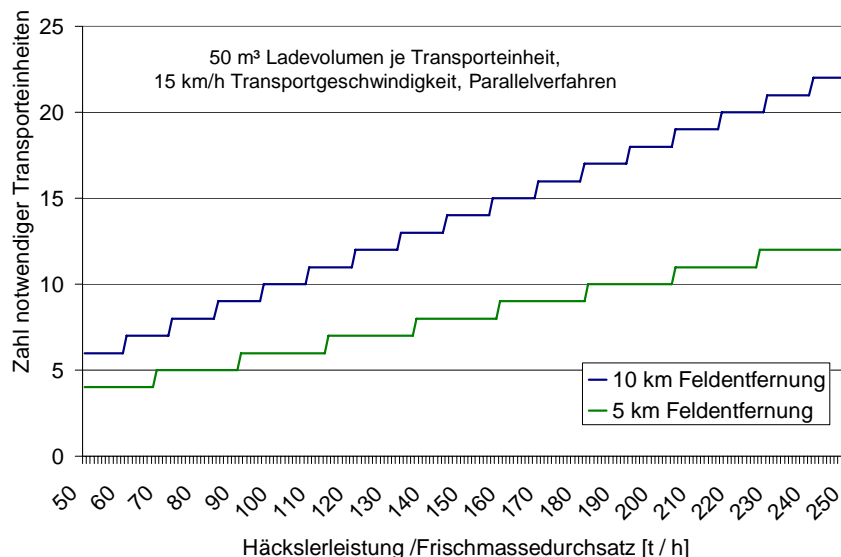


Abb. 1: Einfluss der Häcklerleistung auf die Zahl der Transporteinheiten bei der Maisernte

wahrscheinlichkeit der einzelnen „Glieder“. Bildet man Risikoklassen, ist bei einer Störfallbetrachtung sehr wichtig, wie der Zeitraum für die durchschnittlichen Ausfallzeiten durch Reparatur oder mangelnde Verfügbarkeit von Ersatzmaschinen zu bewerten ist. Allerdings existiert keine „Pannen-Statistik“, wie häufig landwirtschaftliche Maschinen wegen technischer Störungen kurzfristig ausfallen. Über Händler und Lohnunternehmer existiert ein gut funktionierender Informationsrückfluss über die Zuverlässigkeit der Maschinen.

Generell existiert das Vorurteil, dass durch viel Elektronik in den Maschinen das Ausfallrisiko steigt. Dieser Effekt kann wissenschaftlich nicht bestätigt werden; allerdings ist eine Fehlerdiagnose durch den Fahrer in solchen Fällen sehr viel schwieriger. Hinzu kommen Störfälle, die nicht durch die Technik, sondern auf unsachgemäße Handhabung und unvorhersehbare Problemsituationen (z. B. Wetterumschlag) zurückzuführen sind. Für risikoorientierte Planungsansätze wird daher oft mit der „durchschnittlichen Anzahl verfügbarer Feldarbeitstage“ gerechnet (KTBL, 2003).

Der **Konservierungserfolg** steht und fällt mit der Einhaltung der siliertechnischen Rahmenparameter (Silierung, siehe Abb. 2). Neben der Pufferkapazität des Pflanzenmaterials haben Erntetermin, Abreife und Trockensubstanzgehalte großen Einfluss auf die Silierfähigkeit des Substrates. Kurze Häcksellängen und große Massen der Walzfahrzeuge steigern die Verdichtung und somit die Einstellung der anaeroben Verhältnisse im Substrat (LEURS, 2005). Damit sinkt das Konservierungsrisiko.

Die **Stabilität der Silage** ist bei guter Vergärung, hoher Verdichtung und sicherem anaerobem Abschluss in der Regel kein Problem. Kritisch ist oft die Entnahme bei geringem Vorschub (kleine Entnahmemengen und große Anschnittflächen). Diese Zusammenhänge kann man unter dem Begriff des Silomanagements subsumieren.

Labortechnisch ist die aerobe Stabilität ein geeigneter Maßstab für die „Stabilität“ der Silage nach abgeschlossener Silierung und somit für das Risiko der Nacherwärmung im Silo. Erst wenn in den Laborgläsern innerhalb von acht Tagen der Temperatur im Substrat um mehr als 2 Kelvin ansteigt, werden Silagen als instabil bezeichnet. Im großtechnischen Maßstab, also an der Anschnittfläche des Silos auf dem landwirtschaftlichen Betrieb, werden

Silagen als instabil bezeichnet, wenn sog. „hot spots“ existieren. Instabile Silagen haben

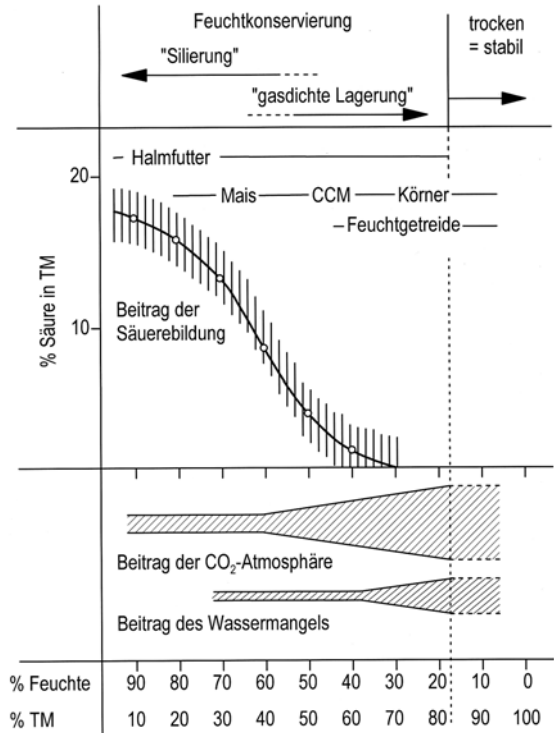


Abb. 2: Übersicht über die konservierungstechnischen Parameter, die bei der Futterernte zu berücksichtigen sind (JUNGBLUTH et. al., 2005)

punktueller Erwärmungen um 5 Kelvin gegenüber der restlichen Anschnittfläche. Unklar sind noch die Ursachen für die Instabilität der Silagen bzw. das hohe Nacherwärmungsrisiko in der Kettenbetrachtung.

Derzeit wird eine Methode am Institut für Landtechnik der Universität Bonn entwickelt, mit der die Diffusionsgeschwindigkeit von Luft in die Anschnittfläche (mit Hilfe eines Tracer-Gases) bestimmt werden kann. Mit dieser Methode könnte das Eindringvermögen der Luft und somit das Risiko der Nacherwärmung bewertet werden. Partikelgröße und Verdichtung scheinen einen dominanten Einfluss auf die Zusammenhänge zu haben. Risikoempfindliche Landwirte reagieren auf die potenziellen Probleme mit dem Einsatz von Silierhilfsmitteln, um z. B. das Risiko der Nacherwärmung zu mindern. Dabei haben sich chemische Silierhilfsmittel als sehr viel wirkungsvoller erwiesen.

An dieser Stelle müssen die Risiken unberücksichtigt bleiben, die sich durch die aktuelle EU-Rechtssetzung (Stichwort: EurepGap) ergeben (EUREPGAP, 2006). Da Futtermittel auch durch

die EU-Hygiene-Verordnungen den Status von Lebensmitteln erfahren haben, steigt das Verwendbarkeits-Risiko, wenn Verschmutzungen mit unerwünschten Bestandteilen (z. B. Wildgeflügel- oder Schädner-Kot) auftreten können (EU-Hygiene-VO 178/2002, 2006). Offene Anschnittflächen sind hier besonders gefährdet. Für die verfahrenstechnische Gestaltung und den Nachweis der Unbedenklichkeit ergeben sich aus diesen Zwängen erhebliche Anforderungen, will man das Vermarktungsrisiko gering halten.

Konsequenzen

Tierhalter bedienen sich zunehmend der Lohnunternehmen, um ihre Futterernte und -verdichtung zu organisieren. Diese Entscheidung erweist sich bei einer Risikobetrachtung als richtig, weil Kosten für Stillstandzeiten nicht vom Landwirt übernommen werden müssen und schlagkräftige Ernteketten mit enormem Kapitalbedarf bei nur geringer einzelbetrieblicher Auslastung verbunden sind.

Lohnunternehmer versuchen durch neue, zuverlässige Maschinen, gute Wartung und geschultes Personal das Ausfallrisiko zu minimieren. Für den Tierhalter ist somit eher die Verfügbarkeit von Lohnunternehmern und deren Termintreue ein relevanter Risiko-Parameter bei der Futterernte.

Die Verdichtungsarbeit stellt sich bei steigenden Erntemassen als die technische Haupteinflussgröße auf den Konservierungserfolg und die Langzeitstabilität dar. Der Einsatz von Silierhilfsmitteln kann helfen, technische Mängel zu kompensieren; allerdings hat diese „Versicherung“ einen hohen Preis und wird – bei nachträglicher Betrachtung - in vielen Fällen nicht benötigt.

Somit kommt einer verbesserten Verdichtungstechnik, die auch auf große Massenströme abgestimmt ist, eine besondere Bedeutung für die Langzeitstabilität der Silage zu. Technische Entwicklungen in diesem Bereich sind dringend notwendig, wobei Schlauchpressen aus zwei Gründen sehr vorteilhaft zu bewerten sind. Zum einen wird die Verdichtung standardisiert, also nicht dem Faktor Mensch (mit oft gefühlsbetonten Entscheidungen) überlassen. Zum anderen ist das Risiko der Nacherwärmung durch kleine Anschnittflächen und damit einhergehenden großen Vorschubgeschwindigkeiten wesentlich geringer gegenüber dem sonst üblichen Flachsilo-Management. Allerdings müssen durch

Fortentwicklungen der Verdichtungstechnik und geeignete Regelkreise die Verdichtungsleistungen gesteigert und die Reproduzierbarkeit des Konservierungserfolges verbessert werden.

Ein gutes Qualitätsmanagement in der Verfahrenskette: „Futterernte, -konservierung und -entnahme“ hat auch zum Ziel, die wirtschaftlichen und organisatorischen Risiken zu minimieren. Erstmals hat WAGNER, 2005 gezeigt, wie durch HACCP-Methoden Schwachstellen und wichtige Lenkungspunkte in der Verfahrenskette aufgefunden werden können. Da die Zusammenhänge für den Futterbaubetrieb durch strengere gesetzliche Rahmenbedingungen zukünftig noch sehr viel bedeutsamer werden, müssen die Methoden noch wesentlich weiter entwickelt und intensiver untersucht werden.

Literatur:

JUNGBLUTH, T. et. al. (2005): Technik Tierhaltung – Grundwissen Bachelor. UTB 2641, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

KTBL (2003): Taschenbuch Landwirtschaft, Kapitel 3 „Verfügbare Feldarbeitstage“, Darmstadt

LEURS, K. (2005): Einfluss von Häcksellänge, Aufbereitungsgrad und Sorte auf die Siliereigenschaften von Mais. Promotionsschrift an der Universität Bonn, VDI-MEG Schrift 438

WAGNER, A. (2005): Qualitätsmanagement bei der Futterernte – Einflüsse der Erntetechnik auf den Qualitätsparameter „Langzeitstabilität“ von Silagen. Habilitationsschrift an der Universität Bonn, VDI-MEG Schrift 432

EurepGap (2006)
<http://www.eurepgap.org>

EU-Hygiene-VO „178/2002“ (2006): Stichwort Lebensmittelsicherheit unter:
http://www.europa.eu.int/index_de.htm

Kontakt:

Prof. Dr. Wolfgang Büscher
Institut für Landtechnik
Universität Bonn, Nussalle 5
53115 Bonn
Tel.: 0228 73 2396
Fax: 0228 73 2596
E-Mail: buescher@uni-bonn.de

Siliersicherheit – Ansprüche aus Sicht der Tierernährung

Hubert Spiekers, Institut für Tierernährung, Grub

In der Rinderfütterung kommt der Konstanz und der Silagequalität große Bedeutung zu. Es gilt daher im Futterbaubetrieb mit großer Konstanz und Sicherheit hochwertige und hygienisch einwandfrei Silagen zu produzieren. Die Qualität ist hierbei bis zum Maul der Tiere zu gewährleisten. Zu beachten ist daher die gesamte Kette vom Pflanzenbau über die Ernte, die Lagerung bis zur Fütterung. Aus rechtlicher Sicht sind die Produkthaftung und die Vorgaben der Futtermittelhygiene-Verordnung besonders zu beachten. Der Vermeidung von Kontaminationen über Boden und Biozide z.B. Öl oder Diesel ist dabei besondere Beachtung zu schenken.

Die Ansprüche an die Futterqualität basieren auf den Leistungserwartungen an den Tieren und den gewählten Fütterungsstrategien. In der Milchviehhaltung und der intensiven Rindermast sind Gras- und Maissilagen mit hohen Verdaulichkeiten und geringen stofflichen Veränderungen während der Silierung, Lagerung und Vorlage erforderlich. Die Grassilage sollte im 1. Schnitt 6,4 MJ NEL je kg TM und in den Folgeschnitten 6,0 MJ NEL/kg TM erreichen. Bei der Maissilage sind Energiegehalte von 6,5 MJ NEL und 11,0 MJ ME je kg TM anzustreben. Wichtig ist eine hohe Futteraufnahme. Diese erfordert hohe Verdaulichkeiten, geringe stoffliche Veränderungen und ein günstiges Gärmuster.

Die Wege zur Erreichung entsprechender Futterqualitäten sind bekannt. Sie erfordern ein gut abgestimmtes Management auf allen Ebenen der Produktion. Fragen bestehen insbesondere im Hinblick auf die Vermeidung von Nacherwärmungen am geöffneten Silo und im Trog. Zur Beherrschung des Systems empfiehlt sich ein umfassendes Controlling. Dieses Controlling hat die bereits aufgezeigten Stufen der Silageproduktion und der Fütterung zu berücksichtigen. Der Erfolg zeigt sich letztlich in der Produktion. Futteraufnahme und tierische Leistung sind daher der letzte Baustein im Controlling.

Abschließend bleibt somit festzuhalten, dass Siliersicherheit gerade aus Sicht der Tierernährung zunehmende Bedeutung erlangt. Die aus Sicht der Tierernährung erforderlichen Futterqualitäten sind über entsprechende

Maßnahmen und ein darauf abgestimmtes Controlling zu sichern.

Kontakt:

*Dr. Hubert Spiekers, Institutsleiter
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing-Grub
Tel.: 089 / 99141 - 400
Fax: 089 / 99141 - 412
E-Mail: Hubert.Spiekers@lfl.bayern.de*

Ansprüche an Flachsilotekniken

*Heinz-Günter Gerighausen,
Landwirtschaftskammer NRW, Riswick*

Die Ernte- und Bergeverfahren von Gras- und Maissilage haben sich in den letzten Jahren an die veränderten Betriebsgrößen und Bestandsstrukturen angepasst. Die Konservierung des Futters erfolgt immer noch und immer mehr über die Silierung. Gärqualität und Gärstabilität sind entscheidende Parameter für eine hygienisch klar ausgeprägte Grobfutterversorgung der Rinder. Wir haben den Wiederkäuer noch nicht zum Schwein gemacht. Daher wird auch auf absehbare Zeit die Silierung von Grobfutter weiter eine sehr große Bedeutung haben. Dabei nimmt der Anspruch an die Verfahrensketten, die Lagerung und Entnahme immer mehr zu. Nur mit der notwendigen Schmackhaftigkeit des Futters gelingt es uns, die Rinder zur Aufnahme des „Extrahappens“ zu animieren. Pflanzenbaulich ist mittlerweile ein hohes Maß an Erkenntnissen und Leistung realisiert worden.

Das trifft auch auf die Werbe- und Bergeverfahren von Grobfutter zu. Vom Mähen bis zum Bergen bleiben von der installierten Leistung keine Wünsche offen. Die Herausforderung besteht in der Effektivität. Es besteht eine große Lücke zwischen theoretischer und praktischer Leistung. Hier gilt es, die Rahmenbedingungen so zu gestalten, dass dann damit auch die Energieeffizienz gesteigert werden kann.

Betroffen sind die Verfahren Häcksel- und Ladewagensilage. Mit theoretischen Durchsatzleistungen von bis zu 300 to Frischmasse pro Stunde beim Häckslers sind Logistik, Verteilen und Walzen besonders gefordert. Das betrifft im Bereich Abladen, Verteilen und Walzen auch den Ladewagen. Aus Sicht der Futterbergung wären die Anforderungen an die Lagerung einfach formuliert: „Lang und breit“, damit ist die Mietenkonzeption gemeint. Lang, möglichst über 50 m, um eine dünne Schicht beim Abladen zu erzielen, die dann auch schlagkräftig mit der notwendigen Dichte gewalzt werden kann; breit, damit Abladen, Verteilen und Walzen ungehindert erfolgen können.

Woran scheitert die praktische Umsetzung, oder was ist in der Praxis der begrenzende Faktor?

Die Futteraufnahme ist neben vielen Aspekten auch nachhaltig von der Schmackhaftigkeit und Hygiene des Futters geprägt. Damit ist der Vorschub bei der Entnahme in erster Linie

gemeint. Im Winter liegt die Messlatte bei mind. 1,5 m je Woche, im Sommer das Ziel, einen Vorschub von über 2 m je Woche realisieren zu können. Daraus ergeben sich in Abhängigkeit von der Dichte und dem Tierbestand Obergrenzen im Querschnitt der gesamten Entnahmefläche. In den Betrieben sind meistens mehrere Futterstöcke im Anschnitt. Daraus folgert: Die Mindestanschnittfläche verteilt sich auf mehrere Mieten. Eine Herausforderung für den landwirtschaftlichen Unternehmer schon zur Erntezeit, die Qualitäten einschätzen und den Vorschub in der Fütterungsphase prognostizieren zu können. Dann kann es interessant sein, Grobfuttermittel mit einem geringen Rationsanteil in Packen oder Schläuche mit geringem Anschnitt zu silieren. Bei Neben- oder Feuchtprodukten haben sich Schläuche oder Säcke einen zunehmenden Anteil bei der Lagerung, Silierung und Konservierung erobert. Bei den Grobfuttermitteln herrschen noch konventionelle Lagermethoden vor. Werden die Aspekte rund um die Silierung differenziert betrachtet, bestimmt die Qualitätssicherung und damit die Entnahmemenge die Siliermethode und damit die Ausgestaltung der Verfahrenskette. Innerhalb der Verfahrenskette ist dann die Verfahrensleistung zu wählen, die dem einzelbetrieblichen Anspruch am Nächsten ist. Das kann dann bedeuten, dass die Qualitätssicherung bei kleineren Erntemengen oder bescheideneren Verfahrensleistungen mengenspezifisch teurer erkaufte werden kann. Eine Aussage und eine Betrachtung, die für die Praxis neu ist, sowohl für den Landwirt als auch für den Dienstleister.

Kontakt:

*Günter Gerighausen
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Landwirtschaftszentrum Haus Riswick
Elsenpaß 5, 47533 Kleve
Tel.: 02821/996129
Fax.: 02821/996126
E-Mail: heinz-guenter.gerighausen@lwk.nrw.de*

Einsatz der Folienschlauch-technologie

Kerstin Jäkel, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig

Das Verfahren der Silierung von Futter in Folienschläuchen (AG BAG) kam vor über 10 Jahren aus den USA erneut nach Deutschland. Besonders im Osten Deutschlands, aber auch im europäischen Ausland, ist die Zahl der Nutzer stetig angestiegen. Mit der Technologie und den Silagequalitäten wurden überwiegend gute Erfahrungen gesammelt. Vertreiber des Verfahrens der AG BAG Technologie ist die BAG Budissa Agroservice GmbH aus Bautzen (Süd-Ost-Sachsen).

Die Nutzer der Folienschlauchsilierung sind Landwirte aller Betriebsgrößen. Über eigene Technik verfügen jedoch meist nur die Agroservice- und Lohnunternehmen.

Die Flexibilität des Verfahrens spricht für seinen Einsatz. Bei der andauernden Reduzierung der Viehbestände im Osten ist eine Investition in bauliche Anlagen riskant. Mit der Schlauchsilierung können auch kleinere Mengen, Restbestände und vor allem mehrere Futterarten sicher siliert werden. Als Siliergut im Folienschlauch sind Gräser, Leguminosen, Getreideganzpflanzen, Preßschnitzel, Biertreber, Lieschkolbenschrot, CCM, Feuchtgetreide und natürlich Mais gut geeignet. Der zweite große Vorteil ist die **sehr gute Qualität der Silagen**. Durch einen verfahrensbedingten schnellen Luftabschluss und starke Komprimierung des Silierguts werden Nährstoffverluste deutlich reduziert (ca. 3 - 7 % Konservierverluste). Oberflächen- und Randverluste treten bei sachgemäßer Anwendung der Maschinen und bei unbeschädigter Folie nicht auf. Auch die kleinen Anschnittflächen tragen zu lang anhaltender Qualität bei.

Grundsätzlich gibt es für die Anwendung des Folienschlauchsilierverfahrens **verschiedene Maschinentypen und -größen**. In Ostdeutschland werden hauptsächlich Maschinen mit eigenem Motor eingesetzt. In kleineren und mittleren Betrieben ist jedoch die G 6700, die mit einem Traktor angetrieben wird, gut geeignet. Beim Arbeiten mit der großen Maschine M 7000 werden in einem Schlauch etwa 300 t Silage verarbeitet, bei Pressschnitzeln bis zu 350 t. Der Schlauch ist etwa 70 m lang und hat einen Durchmesser von 3 m.

Für die größte AG-BAG Maschine in Deutschland, die M 7000, braucht man eine Verarbeitungsmenge von 20.000 t pro Jahr (für den Einsatz der Silierpresse G 6700 wird eine Verarbeitungsmenge von 5000 t im Jahr benötigt). Wer die gesamte Maschinenkette vom Mähen bis zur Silage besitzen, benötigt mindestens eine Jahresverarbeitung von 30.000 t. Die Ernte mit der gesamten Technikette bietet mehrere Vorteile. Man hat den gesamten Prozess selbst in der Hand. Die **Verfahrenskette** ist leistungsmäßig aufeinander abgestimmt. Bei einer hohen Leistung der Silopresse von rund 2 ha/h (bei Anwelksilage) können Landwirtschaftsbetriebe die Schlagkraft nicht aufbringen. Deshalb ist die gesamte Kette vor allem für Lohnunternehmen geeignet. Eine BIG M (selbstfahrende Mähmaschine) ist mit Aufbereitern ausgestattet, so dass meist nach einer Liegezeit von nur einem Tag das Futter gehäckselt wird. Durch die geringe Bearbeitung bleibt der Verschmutzungsgrad gering. Dem Häcksler mit einer Leistung von 500 PS sind drei Abfahrer mit Rückwärtskippern zugeordnet. Zu 80 % sind drei Abfahrer optimal, einer lädt Futter, einer fährt ab und der Dritte befüllt die Silopresse. Die **Silierung mit der Presse** erfolgt mit Rückwärtskippern oder mit modernen Ladewagen, die das Siliergut in die Annahmewanne befördern. Um eine hohe Qualität des Futters zu garantieren, sollten Häcksellängen von 2 bis 4 cm erreicht werden. Das Gummiband der Annahmewanne der AG-BAG Maschine fördert dann das Siliergut in den Pressrotor. In einen m³ Folienschlauch werden je nach Siliergut etwa 200 kg Trockenmasse bzw. 600 kg Frischmasse eingepresst. Der Pressdruck ist über den Maschinenvorschub manuell regelbar. In den Schlauch wird ein Ventil eingesetzt, welches die Gärgase entweichen lässt, nach drei bis sechs Tagen wird es geschlossen. Die Fahrsilobewirtschaftung mit dem Verteilen, Festwalzen und Abdecken ist deutlich arbeitsaufwendiger, was besonders wegen der Arbeitsspitze bei der Silierung zum Tragen kommt.

Je nach dem welche Silageentnahmetechnik (Front- oder Radlader) in den Betrieben schon vorhanden ist, kann diese auch für die Entnahme aus dem Schlauch eingesetzt werden. Einige Betriebe mit einem großen Entnahmevorschub decken die Anbruchstelle nicht einmal zu.

Mit der Wahl des Lagerortes ist man sehr flexibel. Etwa 50 % der Kunden legen den Schlauch auf Beton ab. Hoffflächen oder alte Silos stehen dafür zur Verfügung. Die anderen

Betriebe legen die Schläuche am Feldrand ab. Hier sollte man einen Standort wählen, der Regenwasser schnell abfließen lässt und gut abtrocknet.

Die Folie wird von jedem Betrieb ein bis zweimal im Jahr von der Budissa Agrarprodukte AG abgeholt und verpresst.

Für eine solche Dienstleistung ist vor allem die **Auslastung der Technik** entscheidend, deshalb sind auch hier Verträge zwischen Landwirt und Lohnunternehmer angebracht. Für die Silageherstellung mittels AG BAG M 7000 wird etwa einen Preis von etwa 8 €/t berechnet. Er ergibt sich aus einer Mischkalkulation aus der Stundenleistung und den Betriebsstunden der Maschine. Die Investitionssumme für die AG BAG M 7000 beträgt ca. 125.000 €.

Wenn ein Siloneubau geplant ist, weil entweder die Silokapazität nicht ausreicht oder weil die Qualitäten der Silage verbessert werden muss, sollte man unbedingt die Folienschlauchsilierung mit in die Überlegung einbeziehen. Folgende Punkte sollten für die Entscheidung kritisch geprüft werden:

- Kosten für die Erstellung eines Horizontalsilos
- Nutzungsmöglichkeit und Kosten der Schlauchsilierung im Lohn
- Erreichen der Mindesteinsatzschwelle für die Schlauchsilierung in Eigenmechanisierung
- zur Verfügung stehende Arbeitszeit
- Menge und Art der zu silierenden Futtermittel

Als **Schlussfolgerung** bleibt festzustellen, dass die Schlauchsilierung auf Grund der sicheren und guten Qualität des Futters, der hohen Stundenleistung und des geringen Investitionsrisikos eine Alternative zum Siloneubau darstellt. Dienstleister sollten grundsätzlich vor dem Kauf einer eigenen Maschine Silierverträge abschließen, damit die Auslastung der Technik gewährleistet ist.

Kontakt:

*Dr. Kerstin Jäkel
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Agrarökonomie, Ländlicher Raum
Leipziger Straße 200, 04178 Leipzig
Tel.: 0341 4472-220
Fax: 0341 4472-314
E-Mail: kerstin.jaekel@fb3.lfl.sachsen.de*

Silofolien – Ansprüche und neue Entwicklungen

Siegfried Meise, Rheinische Kunststoffwerke AG, Michelstadt

RKW AG – Partner der Landwirtschaft

- fast 50 Jahre Erfahrung in Forschung, Entwicklung und Produktion von PE-Folien
- modernste Technologien und Anlagen
- Verarbeitung von 330.000 to Polyolefine in 2006
- 18 Standorte, davon 8 in Deutschland, 8 im restlichen Europa, 2 in Übersee
- etwa 2.500 Mitarbeiter (55% in Deutschland)
- 5 Strategische Geschäftsbereiche
- 570 Mio. € Umsatz in 2005
- Produkte für Landwirtschaft und Gartenbau:
 - Silo- und Unterziehfolien
 - Siloschläuche
 - Rundballennetze
 - Ernteverfrühungsfolien
 - Gewächshausfolien
 - Kompost- und Biogasschläuche
 - Rollrasennetze
 - Baufolien

Kunststoffe in der Futterbergung

Herstellung von PE-Folien

- Extrusionsprozeß
- Dreischichtfolie

Siloabdeckung für Qualitätssilage

- Faktoren der Silagequalität
- DLG-Prüfnorm als objektives Qualitätskriterium und
- Anforderungen an eine Siloabdeckung
 - aus dem Arbeitsprozeß
 - aus dem Siliergut
 - aus dem Silierprozeß
- Siloabdeckung mit System

Marktschätzung Silofolien

- Europa nach Regionen
- Deutschland
- Markttendenzen
- Strukturveränderungen in der Landwirtschaft

Tendenzen in der Silierung

- Silofolie – Stretchfolie – Siloschlauch
- Unterziehfolie
- Farbe der Silofolie
- Dicke der Silofolie
- Dickenreduzierte Silofolien

Anforderungen an die Entwicklung

- Abmessungen
- Sauerstoffdurchlässigkeit
- UV-Stabilität
- Mechanische Festigkeit

Kontakt:

*Dipl.-Ing. Siegfried Meise
Produktmanager für Pflege und Entwicklung
des Breitfolien-Sortimentes
Verkauf UK und Skandinavien
RKW AG
Rheinische Kunststoffwerke
Roßbacher Weg 5, 64720 Michelstadt
Tel.: 06061 77 270
Fax: 06061 77 209
E-Mail: siegfried.meise@rkw-ag.com*

DLG-Prüfungen – Ein Baustein zur Qualitätssicherung in der Verfahrenskette bei der Futterkonservierung

Ulrich Rubenschuh, DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Groß-Umstadt

Die Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion sind gestiegen. Heute kann am Markt nur bestehen, wer qualitativ einwandfreie Rohstoffe anbietet. Gleichzeitig sinken einerseits häufig die Erzeugerpreise und andererseits nehmen Auflagen, bspw. im Sinne von Umwelt- und Verbraucherschutz zu. Damit wird die Spanne zwischen Kosten und Erlösen immer enger. Der moderne landwirtschaftliche Unternehmer muss auf diese Situation reagieren, in dem er bspw. seine Verfahrensketten optimiert und die Effizienz der Produktion steigert. Dies setzt voraus, dass er sich auf die zum Einsatz kommende Technik und seine Betriebsmittel verlassen kann. Die zunehmende Leistungsfähigkeit moderner Maschinen ermöglicht heute große Massenströme bei der Futterernte und Futterkonservierung. Damit werden aber auch die Herausforderungen an das Management größer, denn Fehler in der Aufbereitung können leicht zu erheblichen Einbußen bei der Futterqualität führen. Dieses Risiko ist zu minimieren, für Experimente bleibt kein Spielraum. Führende Experten empfehlen daher den Einsatz von DLG-geprüfter Technik und DLG-geprüften Betriebsmitteln.

Prüfen, Prämieren und die Vergabe von Prüfsiegeln und Gütezeichen haben bei der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG e.V.) eine lange Tradition. Auf diese Weise leistet die DLG einen wesentlichen Beitrag zur Förderung der Qualität in der Land- und Ernährungswirtschaft. Mit ihren Prüfungen und durch die Veröffentlichung ausgezeichnete Produkte schafft die DLG mehr Markttransparenz und gibt dem Landwirt so eine wichtige Orientierungshilfe. Sie trägt dazu bei, dass dem Nutzer bessere Produkte mit höherem Gebrauchswert zur Verfügung gestellt werden und die Sicherheit in Produktion und Konsum erhöht wird. Die anspruchsvollen Prüfkriterien orientieren sich stets an den Belangen aus der Praxis und werden von den jeweils zuständigen Expertenkommissionen mit Vertretern aus Landwirtschaft, Beratung und Wissenschaft im intensiven Austausch erarbeitet und weiter entwickelt. Am Beispiel der Futterkonservierung werden die umfangreichen Prüfaktivitäten der DLG beispielhaft vorgestellt.

Ein großes Sortiment an Siliermitteln mit verschiedenster Zusammensetzung und für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche wird angeboten. Unter Praxisbedingungen ist ein objektiver Nachweis von durch Siliermittel bedingten Verbesserungen des Gärverlaufes, der Verlustminderung, der Lagerstabilität oder des Futterwertes nicht möglich. Nur durch umfangreiche Exaktversuche unter standardisierten Bedingungen können solche Wirkungen zuverlässig ermittelt werden. Siliermittel mit dem DLG-Gütezeichen haben eine überdurchschnittliche Wirkung in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen und bei den verschiedenen Futterarten nachgewiesen und unterliegen einer kontinuierlichen Überwachung durch die DLG. Die DLG-Prüfung von Siliermitteln schafft dadurch Transparenz und erlaubt neutrale Einsatzempfehlungen.

Eine optimale Wirksamkeit von Siliermitteln kann nur dann erzielt werden, wenn das Siliergut gleichmäßig benetzt wird. Eine exakte Dosierung ist hierfür eine Grundvoraussetzung. Durch einen DLG-FokusTest „Dosiergenauigkeit“ können Dosiergeräte ihre Leistungsfähigkeit für diese Fragestellung unter Beweis stellen. Grundsätzlich können auch andere Leistungsmerkmale einem DLG-FokusTest unterzogen oder ein umfänglicher DLG-SignumTest mit Dosiergeräten durchgeführt werden.

Um eine gute Konservierung zu gewährleisten, muss ein luftdichter Abschluss mit Silofolien hergestellt werden. Zahlreiche verschiedene Produkte werden hierfür angeboten. Wichtige Kenngrößen für den Einsatzbereich von Silofolien sind bspw. die Färbung und die Foliendicke sowie die Folienmaße. Für die Beurteilung der Qualität der Folie sind zahlreiche weitere Eigenschaften von wesentlicher Bedeutung, z.B. eine gleichmäßige Materialbeschaffenheit, die Reißkraft, Reißdehnung und Reißfestigkeit sowie die Gasdurchlässigkeit und die Säurebeständigkeit oder auch das Verhalten nach künstlicher Alterung. Diese Parameter können vom Anwender in der Regel nicht überprüft werden, haben aber wesentlichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit des Materials. Silofolien, die den DLG-SignumTest bestanden haben, werden regelmäßig einer DLG-Prüfung auf diese Eigenschaften unterzogen. Zudem verpflichten sich die Hersteller zu einer umfangreichen Eigenkontrolle bei der Produktion und zur Dokumentation ihrer Prüfergebnisse. Darüber hinaus garantieren sie, dass nur einwandfreie Ware als DLG-SignumTest-Folie in Verkehr gebracht wird. Das

System aus Fremdüberwachung durch die DLG und Eigenüberwachung durch die Hersteller bietet somit ein hohes Maß an Sicherheit. Weiterhin ist der Hersteller dazu verpflichtet, auf der Verpackung die wesentlichen Angaben zur Folie wiederzugeben. Dadurch werden dem Anwender wichtige Hinweise auf die Eignung der Folie für die verschiedenen Einsatzzwecke gegeben.

Kontakt:

*Dr. Ulrich Rubenschuh
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V.
(DLG)
DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel
Max-Eyth-Weg 1, D-64823 Groß-Umstadt
Tel.: 06078 / 96 35-20
Fax: 06078 / 96 35-90
E-Mail: U.Rubenschuh@dlg.org*

Einfluss der Häcksellänge auf Verdichtung und Stabilität von Silomais

Andrea Wagner, Kristiana Luers, Wolfgang Büscher

Einleitung

Eine Steigerung der Häcksellänge von Maissilage kann zu pansenphysiologischen Vorteilen führen und somit eine Steigerung der Maissilageanteile in Verbindung mit höheren Energiegehalten in der Ration ermöglichen. Gesteigerte Häcksellängen führen möglicherweise zu einer schlechteren Verdichtung. Die Verdichtung wird jedoch aufgrund der steigenden Leistung von Erntemaschinen und damit verbundenen Durchsatzleistungen von über 200 t Frischmasse pro Stunde ohnehin mehr denn je zur Schwachstelle in der Häckselkette. Nach dem Entladen des Materials ist zunächst ein aufwendiges Verteilen des Häckselgutes im Silo erforderlich. Folge einer geringen Dichte ist die Aktivität unerwünschter Mikroorganismen nach Öffnen des Silos, die zu einem deutlichen Temperaturanstieg („Nacherwärmung“), zu Energieverlusten, zur Mykotoxinbildung und zu einer verringerten Schmackhaftigkeit des Futters führt.

Zielsetzung

Ziel der Untersuchung ist es, die Auswirkung einer gesteigerten Häcksellänge auf den gesamten Silierprozess zu untersuchen. Im Rahmen der Untersuchung sollen weiterhin eventuelle Vorteile durch Einsatz von „stay-green“-Sorten und unterschiedliche Aufbereitungsgrade miteinbezogen werden.

Material und Methoden

In einem zweijährigen Forschungsprojekt wurde in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (Haus Riswick) der Einfluss der theoretischen Häcksellänge von Silomais auf Partikelgröße, Verdichtungseigenschaften, Temperaturentwicklung und Futterqualität untersucht. Dazu wurden vier Sorten (A, B, C, D) mit unterschiedlich stark ausgeprägtem „greening-effect“ angebaut. Diese wurden in drei theoretischen Häcksellängen (5,0 bzw. 5,5; 14,0 und 21,0 mm) und mit zwei verschiedenen Aufbereitereinstellungen (1,0 und 2,0 mm) gehäckselt und eingelagert. Im zweiten Erntejahr wurde zusätzlich eine Hochschnittvariante (70 cm Schnitthöhe) gehäckselt.

Zur Quantifizierung des Überlängenanteils im Ausgangsmaterial (Sorten, Häcksellängen) wurden Siebanalysen durchgeführt. Die Siliereigenschaften der Varianten wurden in unterschiedlichen Siloformen (Fahrsilo, Schlauchsilo) und im Labormaßstab (Silierglas, Kleinsilo) untersucht. Auf Laborebene wurden zur Untersuchung der Verdichtbarkeit Messungen mit einer Materialprüfmaschine mit unterschiedlich hohem Verdichtungsdruck und unterschiedlicher Verdichtungshäufigkeit durchgeführt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Eine Steigerung von theoretischer Häcksellänge und Spaltweite führte zu einer Steigerung des Überlängenanteils (> 25 mm). Der Trockenmassegehalt, der aufgrund des extremen Klimas besonders im ersten Versuchsjahr eine hohe Spannweite aufwies, stellte eine weitere Einflussgröße dar. Ein hoher Trockenmassegehalt steigerte den Überlängenanteil. Die Obergrenze des Überlängenanteils von 5 % wurde ausschließlich bei einer Kombination von gesteigerter Häcksellänge, erhöhter Spaltweite und sehr hohem Trockenmassegehalt überschritten.

Die kurzen Häcksellängen (5,0 bzw. 5,5 mm) führten zu Dichtesteigerungen von bis zu 25 % im Vergleich zu Häcksellängen von 21,0 mm. Eine Steigerung der Schnitthöhe führte nochmals zu einer um 21 % höheren Dichte. Bezüglich der Dichten zeigte sich eine gute Übertragbarkeit von Praxis- und Labormaßstab. Der Einfluss der Spaltweite und des Trockenmassegehaltes auf die Verdichtbarkeit war ungerichtet. Aussagen über den Sorteneinfluss auf die Verdichtbarkeit wurden durch die hohen Trockenmasseunterschiede erschwert.

Diese Ergebnisse zeigen ebenso wie vorausgegangene Praxiserhebungen, dass ein erheblicher Entwicklungsbedarf bei der Verdichtung am Silo (Drucksteigerung, Steigerung der Anzahl von Verdichtungs Vorgängen, alternative Techniken) besteht. Unabhängig von der Häcksellänge konnten weder am Flachsilo noch an den Schlauchsilos ausreichende Lagerdichten erreicht werden.

Die Häcksellängeneempfehlung von 4 bis 6 mm sollte beibehalten werden. Dabei ist der Erntetermin unbedingt einzuhalten, um hohe Trockenmassegehalte, zu vermeiden.

Kontakt:

*PD Dr. Andrea Wagner
Institut für Landtechnik
Universität Bonn*

Nussalle 5, 53115 Bonn

Tel. 0228 73 2391

Fax: 0228 73 2596

E-Mail: andrea.wagner@uni-bonn.de

Dichte Controlling- Bedeutung und Instrumente

Johannes Thaysen, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein,
Dr. Barbara Ruser und Dr. Josef Kleinmanns,
Fa. Pioneer Buxtehude

Bedeutung der Verdichtung

Die Verdichtung von Silagen beeinflusst deutlich deren Lagerstabilität, da durch eine unzureichende Verdichtung verstärkt Sauerstoff in das Silo eindringen kann. Dieses kann wiederum das Wachstum unerwünschter Keime wie Hefen und Schimmelpilze fördern und kann zur Nacherwärmung der Silagen führen. Die Auswertung einer Versuchsreihe mit Laborsilos, bei denen optimale luftdichte Verhältnisse und standardisierter Luftzutritt ermöglicht wurden zeigen einen eindeutigen Zusammenhang: Luftzutritt und Verdichtung haben einen direkten Einfluß auf das Hefewachstum und damit auf die aerobe Stabilität von Silagen (Übersicht 1). Die in den luftdicht gelagerten Silagen um 3 Tage längere Stabilität ist durch die etwa 1000 fach geringere Keimzahl an Hefen zu erklären.

Übersicht 1: Einfluss von Verdichtung und Luftzutritt auf Hefekeimzahlen und die aerobe Stabilität (Mittelwerte aus 10 Versuchen mit Grassilage. Pioneer Silagelabor 1996)

	Laktat abb. Hefen (Log KBE/g FM)	Aerobe Stabilität (Tage)
sehr gute Verdichtung, 100% luftdicht	3,0	6,3
sehr gute Verdichtung, mit Luftzutritt	4,1	5,7
schlechte Verdichtung, mit Luftzutritt	6,1	3,3

Honig (1986) legte deshalb Mindestverdichtungen für einen Gasaustausch von < 20 l/(m² x h) fest (Übersicht 2), die als Sollwerte gelten.

Da es für die Bestimmung der Verdichtung von Praxissilagen bislang keine einfache Praxismethode gibt, hat die Firma Pioneer Hi-Bred ein System entwickelt, um die Verdichtung von Silagen über eine horizontale Bohrung einzuschätzen. Dabei wird mit einem speziellen Probenbohrer (s. Bild) ein definierter Bohrkern aus der Silage entnommen. Mit Hilfe des ermittelten Raumgewichtes und des

Trockenmassegehaltes kann die Verdichtung in kg TM/m³ berechnet werden. Über eine Regression, die während der Praxisprüfung ermittelt wurde, wird das Ergebnis angepaßt.

Übersicht 2: Sollwerte für Verdichtungen für einen Gasaustausch von < 20 l/(m² x h) nach Honig (1986)

Futterart	TM Gehalt (%)	Lagerdichte (kg TM / m ³)
Gras, 15 mm theor. Häcksellänge	20 40	160 230
Luzerne 15 mm theor. Häcksellänge	20 48	180 240
Mais 4-7 mm theor. Häcksellänge	28 33	230 270
GPS gehäckselt	35 45	230 260
CCM	55 60	400 440

Verdichtungsermittlung mit Probenbohrer

Zur Überprüfung der Aussagefähigkeit des Pioneer Probenbohrers wurde eine Validierungsstudie an Praxissilos vorgenommen. Dabei wurde die Verdichtung sowohl über einen Siloblock als auch mit dem Pioneer Probenbohrer bestimmt.

Bestimmung der Verdichtung mittels Siloblock („Referenzmethode“)

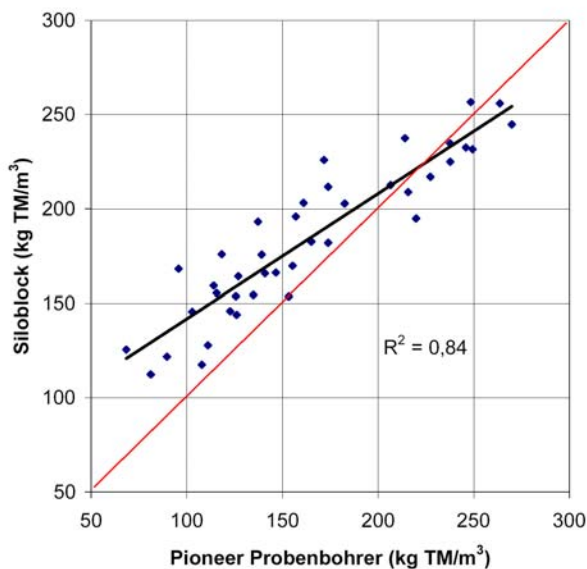
Aus dem Silo wurde in einer definierten Silozone (Rand bzw. Mitte) ein Siloblock entnommen, die Abmessungen mittels Zollstock kontrolliert und das Gewicht auf einer Fahrzeugwaage ermittelt. Mit Hilfe der Abmessungen und des Blockgewichts wurde das Raumgewicht ermittelt. Zusätzlich wurde der Trockenmassegehalt der Silage bestimmt, so dass die Verdichtung in kg TM/m³ berechnet werden konnte.

Bestimmung der Verdichtung mittels Probenbohrer

Parallel zur Blockentnahme wurde direkt neben dem Block an 3 Stellen (oben, Mitte, unten) eine Bohrprobe entnommen, um dem Verdichtungsgradienten innerhalb eines Blocks Rechnung zu tragen. Zunächst wurde dabei das Volumen des entnommenen Bohrkerns mit Hilfe der Bohrlochtiefe (Messung mit Zollstock) und des Durchmesser (= Schnittkante des Bohrers) berechnet. Dann wurde der Bohrkern gewogen. Mit Hilfe des Volumens und des Gewichts wurde das Raumgewicht ermittelt. Schliesslich

wurde der Trockenmassegehalt der Silage bestimmt, so dass die Verdichtung in kg TM/m³ berechnet werden konnte.

In Übersicht 3 sind die Ergebnisse dieses Vergleichs dargestellt. Dabei zeigt sich eine gute Vorhersage der tatsächlichen Verdichtung in Praxissilos (bestimmt über das Blockgewicht) durch den Pioneer Probenbohrer. Es wird dabei auch deutlich, dass in weniger gut verdichteten Silagen der Probenbohrer die Verdichtung unterschätzt, da dort die Silage durch den Bohrer teilweise verdrängt wird und der entnommene Bohrkern nicht repräsentativ ist. Durch eine Formel wird dieser Schätzfehler ausgeglichen.

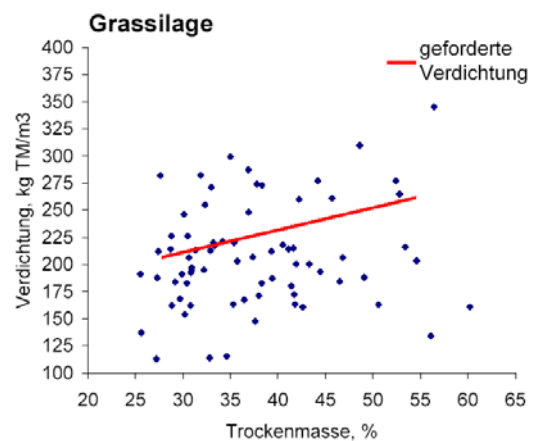
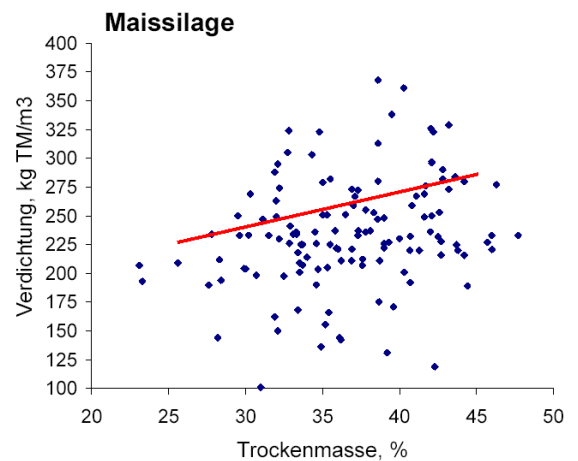


Übersicht 3: Vergleich der Referenzmethode (Siloblock) mit dem Pioneer Probenbohrer (Mittel aus 3 Proben - unten, Mitte, oben) in Gras- und Maissilagen (n=39)

Verdichtungen in Praxissilos

Im Zeitraum vom Sommer 2003 bis zum Frühjahr 2005 wurden mit Hilfe des Pioneer Probenbohrers 210 Praxissilagen hinsichtlich ihrer Verdichtung untersucht (Übersichten 4 und 5).

In mehr als der Hälfte der Bestimmungen wurde die empfohlene Mindestverdichtung nicht erreicht. Die restlichen Betriebe konnten jedoch die Sollwerte erreichen – selbst bei höheren Trockenmassegehalten. Es ist also durchaus möglich, mit dem richtigen Verfahren eine ausreichende Verdichtung zu erreichen.



Übersichten 4 und 5: Verdichtung in Maissilagen (n=134) und Grassilagen (n=77) mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten.

Wichtig: An welcher Stelle im Silo wird die Verdichtung gemessen ?

Bei der Bestimmung der Verdichtung mit dem Probenbohrer im Praxissilo sollte man berücksichtigen, dass der Ort der Probennahme einen Einfluß auf das Ergebnis hat. Im Silokern können in der Regel höhere Werte erwartet werden als im Randbereich (Übersicht 6). Es empfiehlt sich daher, das Silo repräsentativ sowohl im Kern als auch im Randbereich zu beproben.

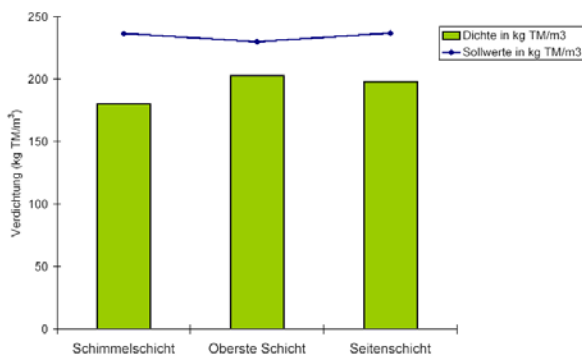
Übersicht 6: Unterschiede der Verdichtung im Silo (n=20 Silos)

	Silomitte (kg TM/m ³)	Silorand (kg TM/m ³)
Oben	175	146
Mitte	203	175
Unten	211	185

Eine Betrachtung der ermittelten Werte an unterschiedlichen Stellen des Silos kann somit Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten in der Verdichtungstechnik geben. Bei idealer Silogeometrie und optimaler Verdichtungstechnik sollten die Unterschiede zwischen Kern- und Randbereich relativ gering ausfallen.

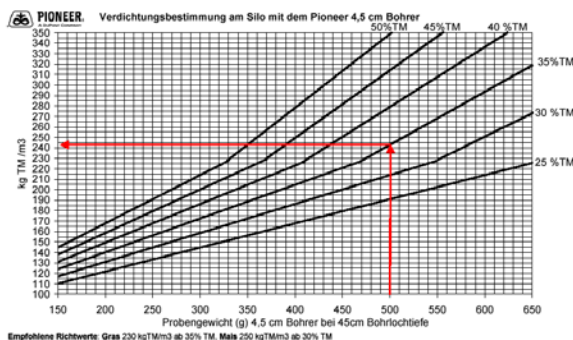
Einsatzgebiet Problemsilagen

Die häufigsten Silageprobleme sind Nacherwärmungen und Schimmelbildung, deren Ursachen oft in einer unzureichenden Verdichtung liegen. Um dies sicher nachzuweisen, ist die Probebohrertechnik eine geeignete Methode, da sie eine Beprobung verschiedener Zonen (z. B. nacherwärmt und kalte Silagepartien oder sichtbar verschimmelt und sichtbar unverschimmelt) ermöglicht. Übersicht 7 zeigt ein Beispiel solcher differenzierter Probennahme gemäß den verschiedenen Orten der Silage mit und ohne Schimmelbildung. Der Landwirt hat sich erst durch dieses Messergebnis überzeugen lassen, dass die zu geringe Verdichtung die Ursache für die sichtbaren Probleme war.



Übersicht 7: Beispiel einer Dichtemessung bei Grassilage zum Nachweis der Ursache für Schimmelbildung

Für eine schnelle Einschätzung der Verdichtung kann auch am Silo folgende Übersicht verwendet werden.



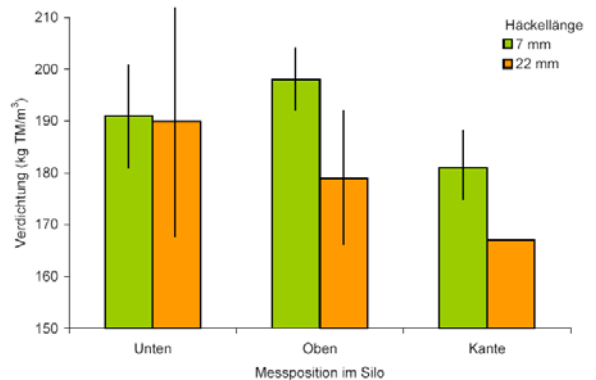
Übersicht 8: Bei einem Probengewicht von 500

g und einem TM Gehalt von 35% beträgt in diesem Beispiel die Verdichtung über 240 kg TM/ m³

Wenn konstant 45 cm tief gebohrt wird und die Trockensubstanz der Silage entweder bekannt ist, z.B. durch eine bereits vorliegende Analyse oder geschätzt wird, kann die Verdichtung direkt abgelesen werden.

Einsatzgebiet im Versuchswesen

In Versuchen zu Auswirkungen verschiedener Techniken der Aufbereitung des Futters auf die Silagequalität ist die Ermittlung der Verdichtungswerte in möglichst großer Wiederholungsanzahl anzustreben. In Übersicht 9 ist ein Beispiel zur Mais-silageerzeugung bei der vergleichenden Fragestellung zur Häcksellänge dargestellt. Hier werden Mittelwerte (Säulen) und die Standardabweichung (senkrechte Striche in den Säulen) dargestellt. Dabei erweist sich die Standardabweichung als Maßstab für die Güte der Messungen. Im hier dargestellten Versuch betrug sie zwischen 6 und 23 kg TM/m³, d.h. es empfiehlt sich, wiederholte Messungen vorzunehmen.



Übersicht 9: Verdichtungswerte in kg TM/m³ bei Maissilage mit verschiedenen Häcksellängen

Schlussfolgerung

Es ist erwiesen, dass die Verdichtung der Silage für den Luftenrtrag in die Silage und damit für den aeroben Verderb der bestimmende Faktor ist. Obwohl es seit langem Sollwerte für eine ausreichende Verdichtung gibt, fehlte es bislang an einer einfachen Bestimmungsmethode. Der hier vorgestellte Pioneer Probenbohrer erlaubt eine Bestimmung, die hinreichend genau ist, um Beratungsempfehlungen zu geben. Durch den geringen Aufwand können wiederholte

Messungen an verschiedenen Stellen der Anschnittfläche vorgenommen werden. Dies erlaubt zum einen eine Erhöhung der Genauigkeit der Messung und gibt zum anderen Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten. Als Beispiele für Einsatzgebiete werden Problemsilagen und Versuchsdurchführungen aufgezeigt.

Kontakt:

*Dr. Johannes Thaysen
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Abteilung Pflanzenbau/Landtechnik
Am Kamp 9, 24783 Osterrönfeld
Tel.: 04331-841427
Fax: 04331-841462
E-Mail: jthaysen@lksh.de*

Siliersicherheit durch Silierzusätze

Horst Auerbach, ADDCON AGRAR GmbH,
Bitterfeld

Silagequalität und deren Bedeutung

Silagen spielen in der Fütterung von Wiederkäuern eine herausragende Rolle, da hohe Tierleistungen bei gleichzeitig guter Tiergesundheit nur durch Verfütterung hochwertiger Rationskomponenten zu erreichen sind. Von besonderer Wichtigkeit ist die Bereitstellung von Gärfuttermitteln mit möglichst gleich bleibend hoher Qualität während der gesamten Fütterungsperiode.

Unter dem Begriff der Silagequalität werden alle diejenigen Eigenschaften zusammengefasst, die ihren Gebrauchswert bestimmen. Dazu gehören die Energiekonzentration, der Gehalt an speziellen Nährstoffen sowie der Komplex von verzehrsbeeinflussenden Merkmalen. Silagen, die für die Verabreichung an Tiere mit hohem Leistungsniveau bestimmt sind, dürfen zudem nur eine niedrige Belastung mit potenziell pathogenen Keimen (z. B. Clostridien, Enterobakterien, Hefen und Schimmelpilze) sowie deren toxischen Stoffwechselprodukten (z. B. Mykotoxine) aufweisen.

Die im Silo erreichte hohe Silagequalität hinsichtlich Energie- und Nährstoffgehalt sowie Keimbelastung muss auch während des Zeitraums zwischen Öffnen des Silos bzw. der Entnahme aus dem Silo für die Fütterung und der Aufnahme durch das Tier garantiert werden. Deshalb ist ein weiterer Qualitätsparameter für die Qualität einer Silage deren Haltbarkeit unter Lufteinfluss.

Siliersicherheit durch Bestandesführung und „Siliermanagement“

Die Qualität von Silagen wird von einem Komplex an Einflussfaktoren bestimmt. Hinsichtlich Energie- und Nährstoffgehalt sind die pflanzenbauliche Maßnahmen (Sortenwahl, Düngung, Pflanzenschutz) und der Schnitzeitpunkt von besonderer Bedeutung. Ob aus einem energie- und nährstoffreichen Futter mit ausreichender Sicherheit auch eine qualitativ hochwertige Silage erzeugt werden kann, hängt vom Siliermanagement ab. Dieses umfasst im Wesentlichen: Schnitthöhe, Verschmutzungsgrad, Feldliegezeit, Anwelkgrad, Häcksellänge und -qualität, Befülldauer des Silos, Verdichtung, Luftabschlussgüte sowie Vorschub bei der Entnahme aus dem Silo. Trotz der Befolgung der allgemeingültigen Regeln des Siliermanagements verbleiben immer

Restrisiken (bedingt durch Pflanzenbestand, Witterung und technologische Verfahren und Bedingungen), die durch den strategischen Einsatz von Siliermitteln gezielt und effizient ausgeschaltet werden können.

Arten von Silierzusätze

Um ein hohes Maß an Siliersicherheit durch Verwendung eines Silierzusatzes zu erzielen, muss dieser dem zu erwarteten Qualitätsmangel in der Silage entsprechend eingesetzt werden. Grundsätzlich sind hierbei zwei Arten zu unterscheiden:

- 1) Fehlgärungen unter Luftabschluss durch buttersäure-bildende Clostridien und andere Bakterien in Gras-, Leguminosen und Getreideganzpflanzensilagen sowie
- 2) aerobe Instabilität nach Öffnen des Silos unter Lufteinfluss durch Hefen (und Schimmelpilze) in stark angewelkten Gras- und Leguminosensilagen sowie Getreideganzpflanzensilagen, Silagen aus Silomais und Maiskolbenprodukten sowie aus Zuckerrübenpressschnitzeln.

Fehlgärungen durch Clostridien können durch den Einsatz von **Siliersalzen** (z.B. NaNO_2) bzw. **-säuren** (z. B. Ameisensäure) oder **homofermentativen Milchsäurebakterien** (z. B. *L. plantarum*, *P. acidilactici*) ausgeschaltet werden. Jedoch ist der Wirkungsmechanismus der einzelnen Siliermittelgruppen unterschiedlich.

Nitrit-haltige Siliersalze unterdrücken insbesondere in der frühen Gärphase direkt die Entwicklung von Clostridien bzw. eliminieren sie. Dadurch werden in Milchsäure umwandelbare Pflanzenzucker für die epiphytische Milchsäurebakterienflora erhalten, so dass eine spontan ablaufende Milchsäuregärung ablaufen kann. Die Wirkung homofermentativer, d.h. ausschließlicher Milchsäure-bildende Bakterienpräparate auf Clostridien ist indirekter Natur, der über eine möglichst schnelle und intensive Absenkung des pH-Wertes durch Milchsäureproduktion unterhalb eines bestimmten, TM-abhängigen Niveaus hervorgerufen wird und somit an die ausreichende Verfügbarkeit von Zucker gebunden ist.

Der Qualitätsmangel aerobe Instabilität ist mit den bereits erwähnten chemischen Wirkstoffen bzw. Bakterienarten nicht zu erzielen. Wirksame Produkte zur Hemmung von Hefen und Schimmelpilzen sollten Sorbin-, Benzoe- oder Propionsäure bzw. deren Salze oder heterofermentative Milchsäurebakterien der Arten *L. buchneri* oder *L. brevis* enthalten, die

außer Milch- auch bedeutende Mengen an Essigsäure bilden.

Siliersicherheit durch Silierzusätze

Silierzusätze sichern die Silagequalität, wenn **witterungsbedingte Einflüsse** ein schnelles Anwelken von Gras und Leguminosen auf ca. 30% und mehr nicht erlauben bzw. wenn beträchtliche Schwankungen im TM-Gehalt zwischen einzelnen Teilpartien wegen großer Erntemengen zu erwarten sind. Unter diesen schwierigen Bedingungen ist ein notwendiges hohes Maß an Sicherheit des Verfahrens hinsichtlich Vermeidung von Fehlgärungen besonders durch nitrithaltige Siliersalze zu erreichen. Bei optimalen Welkbedingungen und geringer Schwankungsbreite im TM-Gehalt kann der Zusatz von homofermentativen Bakterienpräparaten mit hoher Osmotoleranz im TM-Bereich zwischen 30 und 40% empfohlen werden. Höhere TM-Gehalte sind vor dem Hintergrund des Risikos von aerober Instabilität unbedingt zu vermeiden. Bei nur schwach gedüngten Pflanzenbeständen kann ein **Nitrat-Mangel** selbst bei hohen TM-Gehalten zur Buttersäuregärung führen. Unter diesen Bedingungen ist der Zusatz von nitrithaltigen Produkten zur Unterdrückung von Clostridienaktivität am sichersten.

Bestimmte Verfahren, wie z. B. die Herstellung von Ballensilagen, bergen **technologisch bedingte Risiken** für die Silagequalität. Außer bakteriell bedingten Mängeln sich auch solche, die durch Hefen und Schimmelpilze hervorgerufen werden, von praktischer Bedeutung. Eine Kombination von Siliersalzen auf der Basis von Nitrit und Benzoat/ Propionat/ Sorbat sind wirkungsvolle Sicherungszusätze. Heterofermentative Bakterienpräparate können eingesetzt werden, sofern deren homogene Einmischung in das Siliergut gewährleistet werden kann.

Wenn aus **technischen Gründen** die Vorgaben an die Verdichtung nicht erreicht werden können (z. B. im oberen Drittel in Fahrsilos, in Randpartien in Feldmieten), dann ist der Einsatz von Silierzusätzen zur Verbesserung der aeroben Stabilität dringend zu empfehlen. Unter diesen Bedingungen eignen sich Siliersalze mit den Wirkstoffen Sorbat, Benzoat und/oder Propionat sowie heterofermentative Bakterienpräparate.

Betriebspezifische Gegebenheiten bei Silobauten auf landwirtschaftlichen Betrieben sind häufig suboptimal und können aus Kostengründen nicht immer verändert werden. Daraus ergibt sich u. U. die Notwendigkeit,

wegen ungenügenden Vorschubs bei der Entnahme die Siliersicherheit durch Silierzusätze zu erhöhen. Zur Bekämpfung des Problems der aeroben Stabilität sind Produkte mit nachgewiesener Hemmung von Hefen und Schimmelpilzen zu empfehlen, wie z.B. antimykotische Siliersalze oder heterofermentative Bakterienpräparate.

Silagen in Silos, die z. B. auf Grund von Futtermangel schnell nach Einlagerung wieder geöffnet werden müssen, also eine geringe **Lagerdauer** aufweisen, neigen besonders zu aerober Instabilität. Diese kann durch Silierzusätze wirksam vermindert werden kann. Mit heterofermentativen Bakterienpräparaten beimpfte Silagen müssen mindestens 6 Wochen verschlossen bleiben, damit ausreichend Essigsäure gebildet werden kann. Siliersalze hingegen entfalten ihre Wirkung sofort, so dass diese Zusätze bei Silagen mit kürzerer Lagerdauer zu präferieren sind.

Siliersicherheit nur bei richtiger Dosierung

Silierzusätze können die Siliersicherheit nur dann gewährleisten, wenn sie in erforderlicher Konzentration homogen in das Siliergut eingebracht werden. Daher ist die richtige Dosiertechnik von entscheidender Bedeutung. Die sogenannte „Mini-Applikation“ von Silierzusätzen kann nur bei Bakterienpräparaten verwendet werden. Unter vielen Silierbedingungen sind aber Siliersalze bzw. -säuren zur Sicherheit erforderlich. Die publizierte Literatur zeigt zwar hinsichtlich Verteilung der Bakterien keine Unterschiede zwischen verschiedenen Applikationsvolumina, die Effekte hinsichtlich Ansäuerungsgeschwindigkeit, auf die es bei homofermentativen Präparaten aber ankommt, ist jedoch bei der Mini-Dosierung deutlich schlechter.

Kontakt:

Dr. Horst Auerbach
 ADDCON AGRAR GmbH
 Areal E, Säurestraße 1, 06749 Bitterfeld
 Tel.: 03493-72580
 Fax: 03493-72380
 E-Mail: auerbach@addcon.de

Verdichtung aus Sicht eines Externen

Prof. Dr. Karlheinz Scheffold, Studiengang Umweltschutz, FB1 Fachhochschule Bingen

1. Einführung

Kann ein Externer einen Beitrag leisten zum „Siliererfolg bei großen Erntemassen“? Wo spielt extern die Verdichtung und Vergärung eine bedeutende Rolle?

Traditionell beschäftigt sich die Geotechnik im Rahmen der Bodenphysik mit der Setzungsermittlung, der Zusammendrückbarkeit der Böden etc., um bei Planungen und Baumaßnahmen die Standsicherheit zu bewerten und nach der Baugrunderkundung eine Baugrundverbesserung zu ermöglichen, welche dann die Ausführung der geplanten Baumaßnahmen erlaubt. Eine Vielzahl von Methoden zur Untersuchung entsprechender Phänomene wurde schon früh in dieser Disziplin entwickelt und haben in den letzten 30 Jahren Eingang in den Deponiebau gefunden.

In Deutschland wurde 1972 mit dem Abfallgesetz die „ungeordnete“ Entsorgung beendet und die Zahl an Hausmülldeponien ist von ca. 80.000 auf 8.273 in 1990 und 333 in 2000 gesunken. Auf wenigen Deponien wurden große Mengen Abfall abgelagert. Ein wesentliches Ziel war zuerst die Volumenreduktion durch Verdichtung. Hierfür wurden Maschinen aus dem Tiefbau eingesetzt und hinsichtlich der Aufgabenstellung optimiert. Aus der Raupe wurde ein Kompaktor und dieser wird aktuell von einer Polygon-Walzenzug-Maschine abgelöst.

Seit 1. Juni 2005 dürfen in Deutschland keine unbehandelten Abfälle mehr abgelagert werden, d.h. der Abfall selbst muss Qualitätskriterien erfüllen. Dazu kann er nach Sortierung und Trennung mechanisch-biologisch stabilisiert oder thermisch in ablagerungsfähige Reste gewandelt werden. Rund 29,5 Mio. Mg. Abfälle bedürfen einer solchen Behandlung und es besteht aktuell ein Behandlungsengpass von ca. 4,5 Mio. Mg, der in den nächsten zwei Jahren sich auflösen soll. Speziell für Gewerbeabfälle und Containerdienste ist es schwierig Ersatz für die „Billigdeponie“ zu finden. Es wird erwartet, dass ca. 1,6 Mio. Mg/a Deponat aus MBA-Anlagen und 1,4 Mio. Mg Schlacken aus MVAs zu deponieren sind. Dazu kommen ca. 4 Mio. Mg. unbehandelt ablagerungsfähige Abfälle aus dem Siedlungsbereich. Die Zahl der Deponien

der Klasse II für Siedlungsabfälle sinkt auf unter 139 und wird für 2009 mit minimal 27 genannt. Das Restvolumen wird auf 141 Mio. m³ geschätzt.

Die Deponierung unbehandelter Abfälle wird u.a. eingestellt, weil innerhalb der verdichteten Deponie Vergärungsprozesse ablaufen, die zur Bildung von Deponiegas führen. Pro Tonne Resthausmüll werden ca. 250 m³ Deponiegas gebildet. Durch die aerobe oder anaerobe Biologische Stabilisierung in MBA-Anlagen wird dieses Gasbildungspotential deutlich reduziert, z.B. auf unter 20 Liter pro kg TS.

Die abgetrennten heizwertreichen Reste (35- 55 %) werden verdichtet und zur energetischen Verwertung befördert. Hierfür werden Techniken angewandt, die ursprünglich für die Lebensmittel- und Landwirtschaftstechnik entwickelt wurden.

Die Beispiele zeigen, dass die unterschiedlichen Bereiche vergleichbare Fragestellungen haben, Wissenschaft, Vorlieferanten und Anwender profitieren von den jeweiligen Kenntnissen und Entwicklungen.

2. Vergleich der Eigenschaften

In der Geotechnik werden bindige und nicht bindige Böden unterschieden. Hinsichtlich der geotechnischen Beurteilung des Abfallkörpers erfolgt eine Klassifizierung nach „bodenähnlichen“ und „nicht bodenähnlichen“ Abfällen. Zur ersten Gruppe gehören z.B. Verbrennungsrückstände (Schlacken, Aschen, Stäube), Bodenaushub usw. und zur zweiten Gruppe das Deponat aus der MBA oder früher Hausmüll, Sperrmüll usw.

Ein Vergleich berücksichtigt die Korngrößenverteilung, die stoffliche Zusammensetzung und chemisch-physikalische Parameter. Sehr schnell zeigt sich, dass Abfälle eine sehr inhomogene und komplexe Matrix darstellen, verglichen mit Böden oder Silagen.

Die theoretischen Schnittlängen von Gras für Silagen liegen bei mind. 20 mm, bei Mais zwischen 7 und 20 mm. Die Trockensubstanzgehalte werden z.B. für Grassilagen für Pferde in Westfalen-Lippe mit 45 bis 55 % genannt, für solches vom Ackergras von 30-40 %. Der Rohaschegehalt soll unter 10 % liegen.

Das abzulagernde Deponat aus MBAs ist verglichen mit Hausmüll homogen. Seine Korngröße ist auf unter 60 mm begrenzt und es findet sich neben Kunststoff primär erdähnliche Bestandteile. Es wird ein optimaler

Feuchtegehalt von ca. 35 % eingestellt. Der Aschegehalt liegt bei ca. 22 Prozent.

Für die geotechnische Beurteilung des Deponiebauwerkes werden Reibungswinkel, (Faser-) Kohäsion, Steifemodul und Proctordichte ermittelt.

3. Verdichtung von Abfällen

Verdichtung führt zu einer Reduktion des beanspruchten Volumens durch Erhöhung der Schüttdichte. In der Entsorgungswirtschaft spielt dies auf jeder Stufe der Prozesskette eine erhebliche Bedeutung. Angefangen beim Abfallanfall und der Bemessung des Abfallbehälters, Übergabe und Verdichtung im Sammelfahrzeug, Verpressung bei der Zusammenstellung zu transportfähiger Einheiten (Umladung) und zuletzt die Verdichtung beim Einbau von Abfällen in Deponien.

Die gesammelten Abfälle werden verwogen und das verbrauchte Volumen auf Deponien z.B. jährlich vermessen. Aus eingebauter Feuchtmasse und verbrauchtem Luftraum erhalten wir die EINBAUDICHTE in Mg/m^3 L.R. Diese Kenngröße spielt für die Berechnung der Gebühren eine bedeutende Rolle und liegt zwischen $0,95$ und $1,4 \text{ Mg/m}^3$ L.R. für unbehandelte Abfälle. Biologische Abbauprozesse innerhalb des Deponiekörpers führen zu zusätzlichen Setzungen.

Das Thema Verdichtung und Setzung auf Deponien ist Thema verschiedener Dissertationen: WIEMER (1982); HIEBSCH (2001); ZIEMANN (2001); REINERT (2005).

Die Zahl der Überfahrten und die Einbautechnik sind neben der Herkunft und abhängig vom Abfallmix entscheidend für die Einbaudichte.

In Böden unterscheiden sich die Korndichten der Bodenteilchen nur wenig: für grobkörnige Böden $2,65 \text{ Mg/m}^3$; für Tonteilchen $2,75 \text{ Mg/m}^3$. Die Dichte des Bodens ist deshalb im wesentlichen eine Funktion des Porenvolumens. Die Dichte im Deponiekörper ist dagegen von der Abfallqualität abhängig.

Ausgehend von Sortieranalysen zur Ermittlung der Zusammensetzung des Abfalls aus Stoffgruppen und Körnungsanalysen lässt sich die KOMPAKTDICHTE für Hausmüll von $1,25 \text{ Mg/m}^3$ und für Restmüll von $1,15 \text{ Mg/m}^3$ sowie für Deponat von $1,4 \text{ Mg/m}^3$ errechnen.

$$\rho_K = a \rho_a + b \rho_b + c \rho_c + \dots + n \rho_n$$

ρ_K = Kompaktdichte

a bis n sind Masseanteile des Abfallgemisches

ρ_a bis ρ_n sind die absoluten Dichtewerte der Stoffgruppen, z.B. $\rho_{\text{Glas}} = 2,6 \text{ Mg/m}^3$

Die Kornverteilung und der Gehalt an biologisch abbaubaren Inhaltstoffen ist primär und die Einbaudichte sekundär für Setzungen verantwortlich.

Übertragen auf Silage sollte es also möglich sein, für jedes Futter die optimale Kompaktdichte zu prognostizieren. Mit 220 kg TS pro Kubikmeter ist diese Einlagerdichte deutlich geringer als die Einbaudichte von MBA-Deponat ($700 - 950 \text{ kg/m}^3$).

Die Ermittlung der Einbaudichte erfolgt auf Versuchsfeldern gemäß der GDA-Empfehlung E3-13 (DGGT, 1998) oder mit geringerem Zeit- und Kostenaufwand mittels des aus der Geotechnik stammenden Proctorversuchs. Je homogener der Abfall, desto besser stimmen die Versuchsergebnisse mit den realen Einbauwerten überein. Der Proctorversuch ist für Silagen bis 60 mm Schnittlängen anwendbar. Die Walkwirkung von Kompaktoren und Vibrationswalzen kann im Vergleich zum Proctorversuch auch zu höheren Dichten führen.

Die Setzungen werden mit Hilfe von Ödometerversuchen (DIN 18135) abgeschätzt. Die Ermittlung des Steifemoduls ist für die Abschätzung der Setzung wichtig. Es werden z.B. 5 Laststufen von $50, 100, 200, 400$ und 650 bzw. 1.000 kN/m^2 aufgebracht und der zeitliche Verlauf der Setzung ermittelt. Während die Setzung von unbehandeltem Abfall mit bis zu 40% ermittelt wurde, reduziert sich diese auf ca. 15 bis 22% für MBA-Deponat. Die aus den Setzungen berechneten Steifemoduli sind im Vergleich zu einem natürlichen Boden rel. gering. Auch bei diesen Laborversuchen ergeben sich Einschränkungen -die auf Geräteeffekte und Wassergehalte zurückzuführen sind- auf die Deponiepraxis.

4. Einbau und Deponiebetrieb

Die TA Siedlungsabfall gibt hierzu Vorgaben: Minimierung der Einbaufläche, Abdeckung nicht beschickter Flächen, arbeitstägige Profilierung mit 5 bis 10% Gefälle, Glätten der Oberfläche und mit wasserundurchlässigen Materialien abdecken, Abfall hochverdichtet im Dünnschichtverfahren einbauen. Dazu ist die Einstellung eines optimalen Wassergehaltes vorzunehmen. Die entsprechenden Daten sind in einem Versuchsfeld zu ermitteln und festgelegte Werte sind während des Deponiebetriebes einzuhalten.

Anlieferung mit Containerfahrzeugen, Muldenkipper o.ä. entleeren auf Haufwerke, Verteilen mit Radlader und Raupe (22 Mg, Kettenbreite 60 cm), Verdichtung mit Schafffußwalze (z.B. 12,9 Mg, Arbeitsbreite 2,1 m). Dreimal überfahren, führt zur Verdichtung von 40 cm auf 30 cm Schichthöhe. Durch Schafffußwalze bedingte Löcher sind mit einer Glattmantelwalze zu schließen. Aufgrund der fasrigen Struktur des MBA-Deponats sind Erdbaumaschinen konventioneller Verdichtungstechnologie wie Erdbauwalzen mit Glattmatelbandage und Kreiserreger-Vibrationstechnik nicht geeignet. Mit der BOMAG Walzenzug mit Polygonbandage und VARIOCONTROLL-Richtschwinger-Verdichtungstechnik (15/26 Mg) können Schüttlagen über 0,70 / 1,00 Meter Dicke bei 3 bis 4 Überfahrten verdichtet werden.

Kontakt:

*Prof. Dr. K. Scheffold
Studiengang Umweltschutz, FB1
Fachhochschule Bingen
Berlinstraße 109, 55411 Bingen
Tel.: 0211 40 10 55
Fax 06721 409 110
E-Mail: Scheffold@fh-bingen.de*