

Landtech

Gärsaftanfall bei der Lagerung von Grassilage-Rundballen

Lorenz Dürr, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen
Auskünfte: Lorenz Dürr, E-Mail: lorenz.duerr@fat.admin.ch, Fax +41 (0)52 365 11 90, Tel. +41 (0)52 368 31 31

Zusammenfassung

Der Nährstoffverlust, der durch auslaufenden Gärsaft bei der Lagerung von Grassilage-Rundballen entsteht, ist aus ökonomischen und ökologischen Gründen unerwünscht. In Praxisversuchen erwies sich der Trockensubstanzgehalt des Ausgangsfutters als wichtigster Einflussfaktor auf den Gärsaftabfluss. Die Resultate zeigen, dass ab 25 % Trockensubstanz (TS) im Ausgangsfutter in der Regel kein Gärsaft mehr aus den Ballen fließt. Bei feuchteren Ballen kommt der ersten Phase der Lagerung entscheidende Bedeutung zu. In den ersten 45 Tagen flossen bei allen Versuchen mindestens drei Viertel der gesamten Gärsaftmenge ab. Die bauch- oder stirnseitige Lagerart der Ballen zeigten keinen nachweisbaren Einfluss auf die anfallenden Gärsaftmengen.

Abb. 1. A: Bauchseitig gelagerter Silagerundballen; **B:** stirnseitig gelagerter Silagerundballen mit Auffangbehälter für den abfließenden Gärsaft.

Bei der Lagerung von Silagen können Nährstoffe durch auslaufenden Gärsaft verloren gehen. Diese Nährstoffverluste bedeuten eine ökonomische Einbusse, weil das Erntegut bereits

die gesamte Futtererkette durchlaufen hat, bei der Bergung und Konservierung Verfahrenskosten verursacht hat und am Schluss doch nicht der Tierfütterung zugeführt wird. Gelangt der

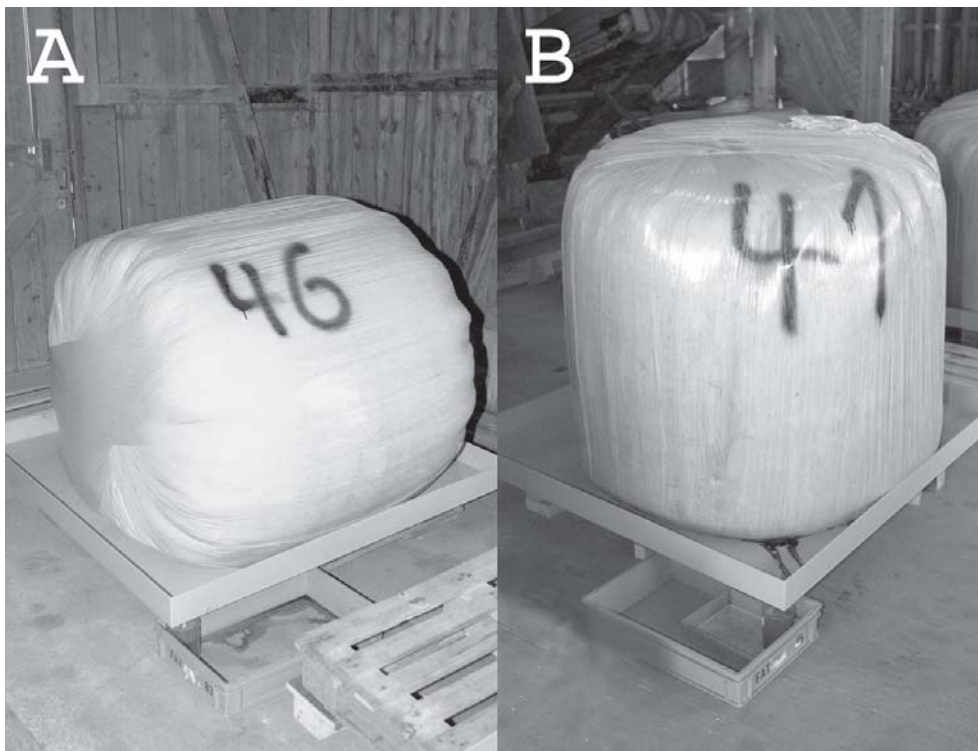
Gärsaft in Grund- oder Oberflächengewässer, ist er aufgrund seines hohen Nährstoffgehaltes und des tiefen pH-Wertes als umweltgefährdend einzustufen. Während die Gärsaftthematik bei Hoch- und Flachsilos in der Vergangenheit intensiv untersucht wurde, fehlen vergleichbare Ergebnisse bei der Silageballenproduktion unter schweizerischen Bedingungen weitgehend.

Versuchsdurchführung

62 Grassilage-Rundballen – aufgeteilt in sechs, zu unterschiedlichen Zeitpunkten angesetzte Versuche – lieferten die Datengrundlage für die Auswertungen. Die Rundballen wurden einzeln gelagert – 43 davon bauchseitig und 19 davon stirnseitig (Abb. 1).

Die Gärsaftmengen wurden für alle sechs Versuche auf der Basis des Anfalles in den ersten 102 Tagen verglichen. Die Grassilage bestand ausschliesslich aus Kunstwiesenfutter mit einem sehr tiefen Kräuteranteil (geschätzt: < 5 %) und einem Kleeanteil zwischen geschätzten 10 und 50 %. Der Rohfasergehalt lag zwischen 19 und 25 %.

Die gesamten Massenverluste liessen sich durch die Wiegungen der Silageballen bei Versuchsbeginn und -ende bestimmen. Das periodische Wiegen des ausgelaufenen Gärsaftes ermöglichte die Quantifizierung der anfallenden Gärsaftmengen. Um die TS-Verluste zu messen, wurden das Ausgangsfutter, der Gärsaft und die Silage vor der



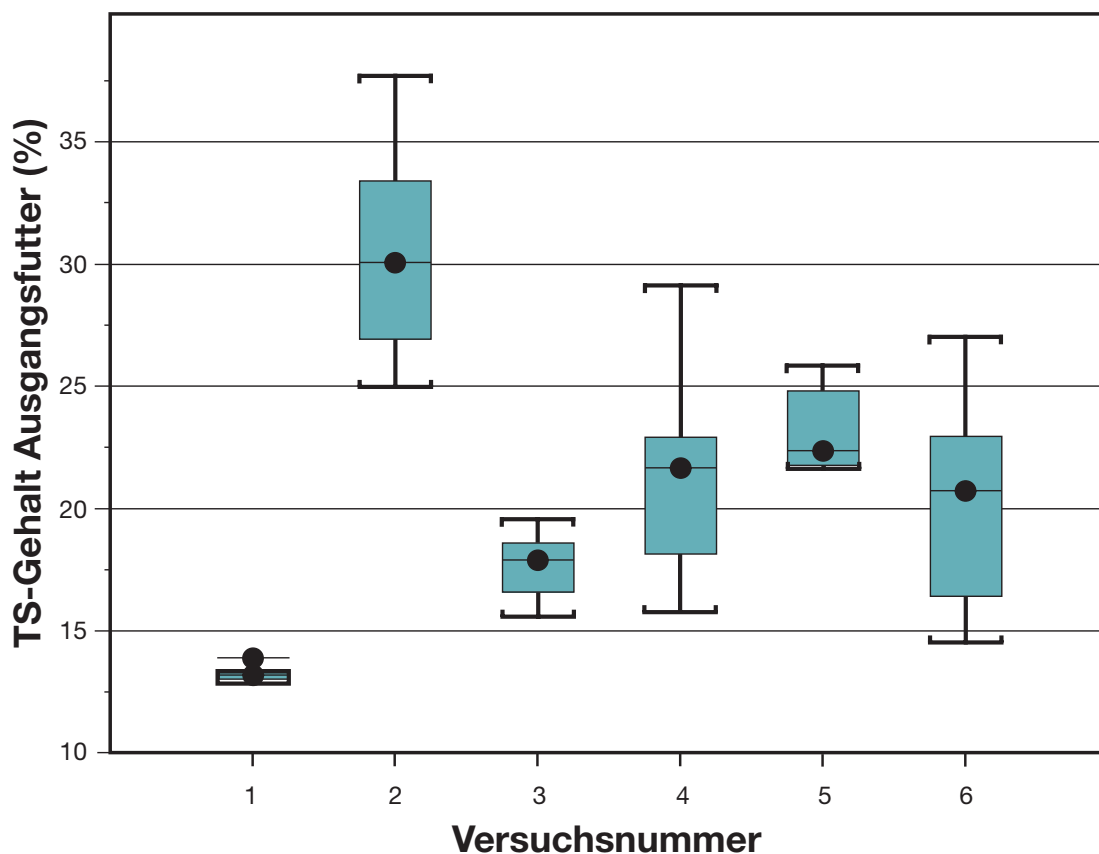


Abb. 2. TS-Gehalte der Silageballen jeweils beim Versuchsbeginn. Jeder Box-Plot zeigt die TS-Gehalte der Silageballen eines Versuches. Dargestellt sind der Median und die Quartile (Box mit 50 % der Werte) sowie das Minimum und das Maximum.

Verfütterung auf ihren TS-Gehalt untersucht.

Um den Einfluss des TS-Gehaltes der Ausgangssilage auf den Gärstoffanfall zu bestimmen, wurden bei jedem Versuch mehrmals während des Abtrocknungsverlaufes Ballen gepresst. Daraus resultierten innerhalb der Versuche unterschiedliche TS-Gehalte der einzelnen Ballen. Abbildung 2 zeigt die TS-Bereiche der Silagen für die sechs Versuche jeweils in einem Box-Plot. Über alle Versuche gesehen, ist der TS-Bereich zwischen 12,9 und 37,7 % abgedeckt.

Details der Versuchsanlage enthält der FAT-Bericht 597 (Dürr und Frick 2003).

Trockensubstanzverluste bis 4,5 %

Über alle Versuche aufsummiert ergab sich eine Silagemenge von 58 Tonnen Frischmasse. Die Massenverluste durch den Gärstoff und die übrigen Silierverluste lagen zwischen 6,0 und 20,9 % der Frischmasse (Tab. 1).

Der hohe Massenverlust im ersten Versuch ist auf das Austreten von grossen Gärstoffmengen (109,9 kg pro Tonne Ausgangsfutter) zurückzuführen. Diese

extreme Gärstoffentwicklung ist durch den tiefen durchschnittlichen TS-Gehalt der Ballen (13,3 %) entstanden.

Die TS-Verluste durch abfliessenden Gärstoff bei den einzelnen Versuchen lagen im Bereich zwischen 0,0 und 4,5 % der gesamten geernteten TS. Dies bedeutet bei Versuch 1, dass pro abgeernteter Hektare Futterfläche die Futter-TS von 4,5 Aren durch Gärstoff verloren gegangen ist.

Kein Gärstoff ab 25 % TS

Abbildung 3 zeigt die TS-Verluste durch abfliessenden Gär-

Tab. 1. Durchschnittliche, prozentuale Massen- und TS-Verluste durch abfließenden Gärtsaft und Gärtsaftanfall pro Tonne Ausgangsfutter

	Einheit	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
Massenverlust gesamt	% der Gesamtmasse	20,9	n. erhoben	6,0	8,1	6,5	8,0
Durchschnittlicher Gesamtgärtsaftanfall (102 Tage)	kg t ⁻¹ Ausgangsfutter	109,9	0	45,6	43,2	0	57,3
TS-Verlust durch Gärtsaft (in 102 Tagen)	% der Gesamt-TS	4,5	0	1,9	1,5	0	2,2

saft in Abhängigkeit der TS-Gehalte des Ausgangsfutters. Diese signifikante Regression kann mit einem «mixed effect model» ($\arcsin(\sqrt{Y}) = 0,64 - 1,15 * \arcsin(\sqrt{x})$); F-Test: $p < 0,0001$) verifiziert werden.

Die TS ist der entscheidende Faktor sowohl für die Fütterung als auch für die Umweltrelevanz. Deshalb sind die Angaben in prozentualen TS-Verlustanteilen an den gesamten konservierten TS-Mengen angegeben. Die Regressionslinie schneidet die x-Achse bei 25,2 %. Daraus lässt sich schliessen, dass bei einem TS-Gehalt über 25 % kaum mehr Gärtsaft austritt. Die Versuche zwei und fünf wiesen nur Silageballen mit TS-Gehalten über

22 % auf (Abb. 2), was dazu führte, dass kein Gärtsaft abfloss (Tab. 1 und Abb. 3).

Bauch- und stirnseitige Lagerung

In Abbildung 4 sind die dargestellten Messpunkte nicht mehr nach den einzelnen Versuchen unterteilt, sondern nach der Lagerart der Silageballen.

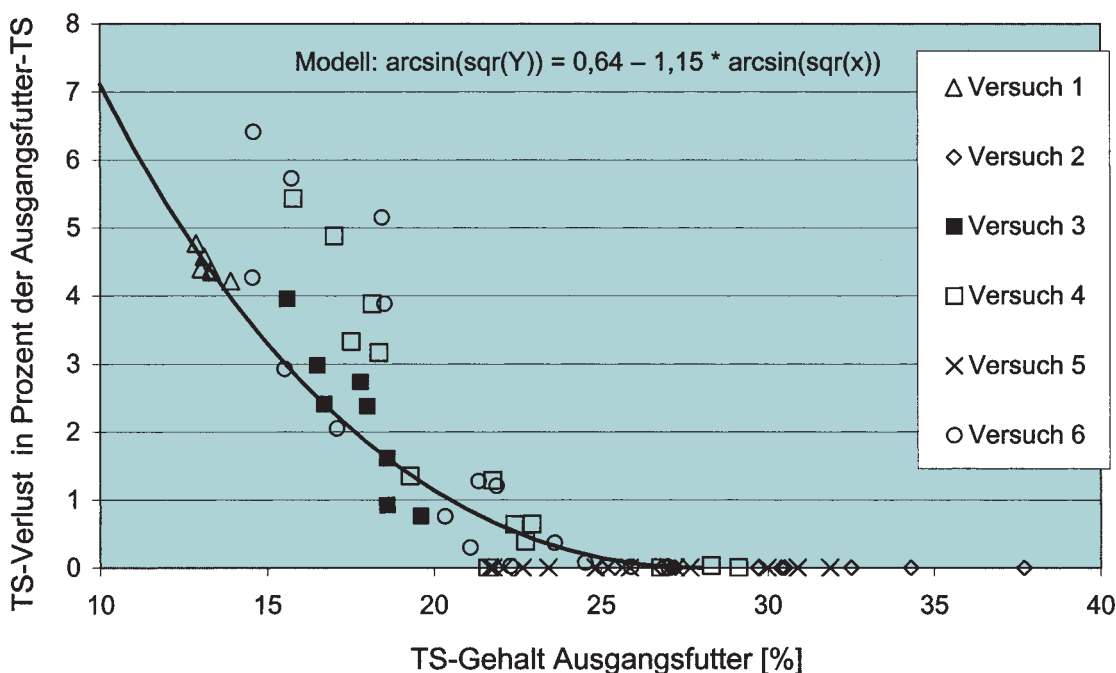
Bei der heute gängigen Wickeltechnik werden auf die Stirnseite der Rundballen viel mehr Folienlagen als auf die Bauchseite gelegt, da jede Folienbahn über das Zentrum der kreisrunden Stirnseite geführt wird (Abb. 5). Diese Tatsache verleitet zur Annahme, dass bei stirnseitig gelagerten Rundballen der Gärtsaft besser

zurückgehalten werden könnte. Diese Vermutung liess sich nicht bestätigen, denn es konnte kein Einfluss der Lagerart auf die anfallende Gärtsaftmenge verifiziert werden (F-Test: $p = 0,19$). In der Praxis kann allerdings unterstellt werden, dass die grössere Anzahl Folienlagen auf der Stirnseite weniger anfällig für mechanische Beschädigungen ist. Dadurch kann die Folie den Gärtsaftaustritt und den Gasaustausch bei der stirnseitigen Lagerung verlässlicher als bei der bauchseitigen Lagerung verhindern.

Gärtsaftanfall im zeitlichen Verlauf

In Abbildung 6 ist der anfallende Gärtsaft (in Prozent der Ge-

Abb. 3. TS-Verluste der einzelnen Silageballen durch abfließenden Gärtsaft, angegeben in Prozentanteilen der Ausgangsfutter-TS.



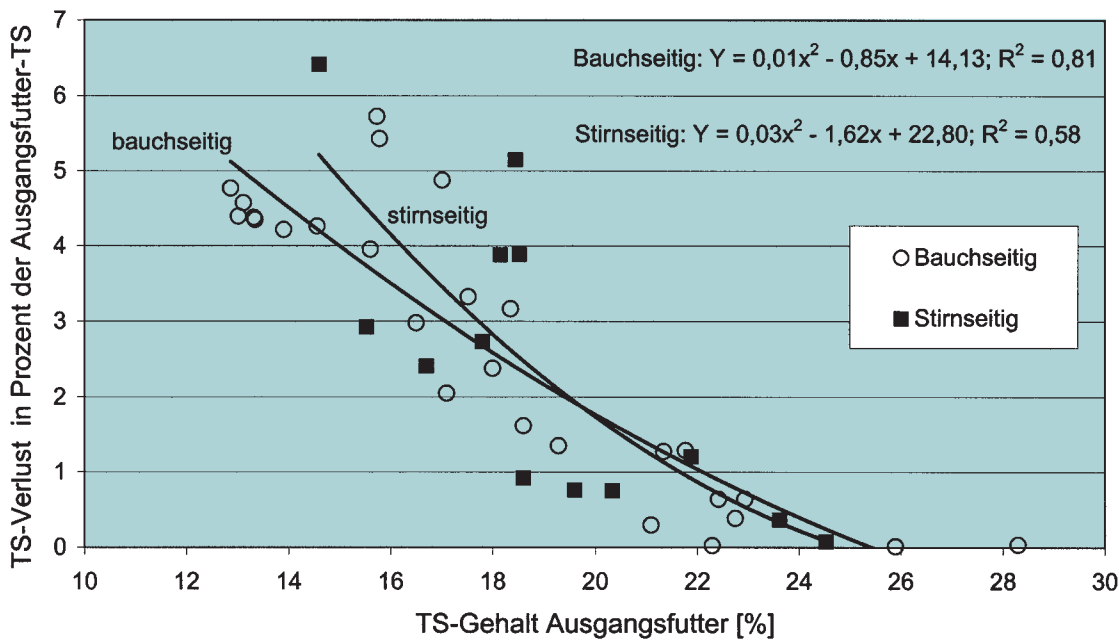


Abb. 4. TS-Verluste der einzelnen Silageballen durch abfließenden Gärtsaft, angegeben in Prozentanteilen der Ausgangsfutter-TS. Dargestellt sind die beiden Lagerarten «bauchseitig» und «stirnseitig». Silageballen ohne Gärtsaftanfall sind nicht berücksichtigt.

samtmenge) für die einzelnen Versuche fortlaufend aufsummiert. Drei Viertel der gesamten Gärtsaftmenge sind bei Versuch 1 nach 22, bei Versuch 3 nach 39, bei Versuch 4 nach 45 und bei Versuch 6 nach 34 Ta-

gen ausgelaufen. Feuchte Ballen mit TS-Gehalten unter 25 % müssen vor allem in diesem Zeitraum beobachtet werden, um bei einem Gärtsaftaustritt entsprechende Massnahmen treffen zu können.

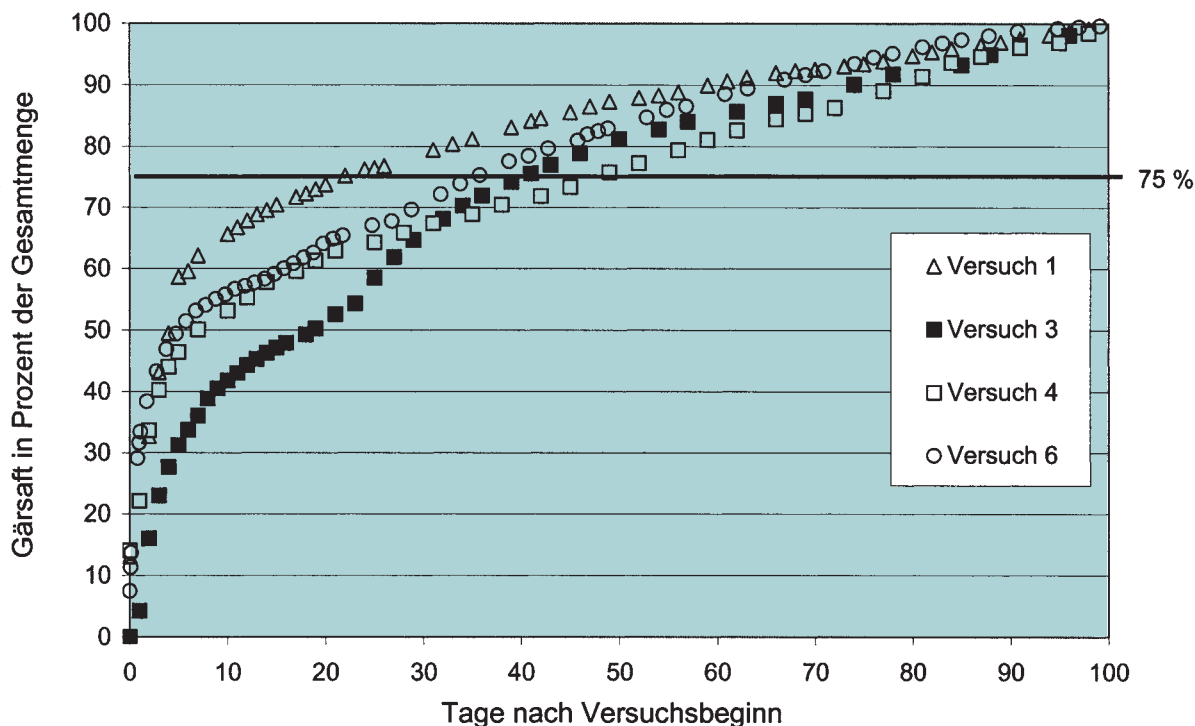
Umweltrelevanz von Gärtsaft

Als Indikator für die Umweltrelevanz von Abwasser, speziell für die Anteile der leicht zersetzbaren organischen Substanz, wird der BSB-Wert (biologi-



Abb. 5. Der Stretchfolienwickler legt auf die Stirnseite der Ballen mehr Folie pro Ballenoberfläche als auf die Bauchseite (Werkfoto Claas).

Abb. 6. Zeitlicher Verlauf des Gärstoffanfalles in Prozent. 100 % entsprechen der Gärstoffmenge, die beim jeweiligen Versuch nach 102 Tagen ausgelaufen ist.



scher Sauerstoffbedarf) herangezogen. Der BSB-Wert ist die volumenbezogene Masse an Sauerstoff (O_2), die von Mikroorganismen im Wasser verbraucht wird, um vorhandene organische Stoffe bei $20\text{ }^\circ\text{C}$ abzubauen. In der Regel sind nach fünf Tagen 70 % der organischen Stoffe abgebaut, so dass der BSB_5 -Wert als Richtlinie für Vergleiche hinzugezogen wird. Je höher die BSB_5 -Werte, desto stärker ist die organische Belastung eines Abwassers. Die Sauerstoffzehrung bei der Zersetzung der organischen Substanz im Wasser kann vor allem die aerob lebende Fauna beeinträchtigen.

Der durchschnittliche BSB_5 -Wert von Gärstoff aus Silagerundballen lag bei $67'667\text{ mg } O_2\text{ l}^{-1}$ (Standardabweichung: $2309\text{ mg } O_2\text{ l}^{-1}$). Dieser Wert liegt leicht über den BSB_5 -Werten für Gärstoff aus Flachsilos ($53'717\text{ mg } O_2\text{ l}^{-1}$ in Kahlstatt *et al.* 1996) und Hochsilos ($42'624\text{ mg } O_2\text{ l}^{-1}$ in Wyss und Rohner 1996). Diese Werte dürfen allerdings nicht ohne Berücksichtigung des TS-Gehaltes

der Gäräfte interpretiert werden. Dieser stieg im Verlaufe der Messperiode von durchschnittlich 4,2 auf 9,2 %. Die BSB_5 -Werte der Gäräfte aus Silagerundballen wurden bei einem durchschnittlichen TS-Gehalt von 8,1 % gemessen. Dies dürfte der Grund sein für die eher höheren BSB_5 -Werte verglichen mit Gäräften aus anderen Silierverfahren.

Zum Vergleich: Bei Siedlungsabwässern wurden BSB_5 -Werte von 200 bis $500\text{ mg } O_2\text{ l}^{-1}$ (DLG-Merkblatt 1986, Stephens *et al.* 1997) nachgewiesen. Dies ist beträchtlich tiefer als bei Gärstoff. Die BSB_5 -Werte dürfen allerdings nicht isoliert betrachtet werden, sondern müssen immer in den Zusammenhang mit den Gesamtmengen der Abwässer gesetzt werden.

Die freien Säuren und der damit verbundene tiefe pH-Wert des Gärstoffes bergen ebenfalls ein Gefahrenpotenzial für die Umwelt. Der durchschnittliche pH-Wert lag bei 4,8. Während des Gärverlaufes veränderte sich

der pH-Wert des Gärstoffes entsprechend dem Gärstadium der Silage. Zwei Tage nach dem Wickeln lagen die Werte bei zirka 4,7, senkten sich ab auf 4,3 und stiegen dann während der Lagerungsperiode langsam wieder an.

Stauffer *et al.* (1994) konnte während der Versickerung von Gärstoff durch den Boden eine Biofiltration nachweisen. Diese Biofiltration senkte die BSB_5 -Werte von Sickerwasserproben und hob deren pH-Werte an. Die Versickerung durch den Boden kann also das Grundwassergefährdungspotenzial von Gärstoff wirksam senken.

Gute Siliertechnik verhindert Gärstoffanfall

Aus den Erkenntnissen, die aus den dargestellten Versuchsergebnissen hervorgehen und unter Bezug der allgemeinen Silierrichtlinien lassen sich Folgerungen für die Praxis ableiten:

- Die Grassilagen vor dem Pressen auf mindestens 30 % TS anwelken. Erst mit Pressen be-

ginnen, wenn beim händischen Winden mehrerer Futterproben die Hände nur noch leicht feucht werden.

■ Sechsfache Folienwicklung wird empfohlen.

■ Kritische Ballen (TS-Gehalt unter 25 %) auf befestigtem Untergrund mit Abfluss in die Güllegrube lagern und nach Abschluss der Gärung (zirka sechs Wochen) möglichst rasch verfüttern.

■ Folienbeschädigungen bei der Herstellung und Lagerung möglichst vermeiden. Verlad und Transport der bereits gewickelten Ballen mit grösster Vorsicht und geeigneter Mechanisierung. Wickeln am Lagerplatz kann die Folienbeschädigungen während des Transports vermeiden.

■ Lagerort mit geeignetem Untergrund wählen und Fläche säubern (Folienverletzungen). Zum Schutz vor mechanischer Be-

schädigung der Stretchfolie auf rauem Untergrund kann eine dicke strapazierfähige Folie als Unterlage dienen.

■ Keine Lagerung direkt über Drainageleitungen.

Literatur

■ Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), 1986. Umgang mit Gärsaft. DLG-Merkblatt 245, Frankfurt am Main. 6 S.

■ Dürr L. und Frick R., 2003. Gärsaftanfall bei der Lagerung von Grassilage-Rundballen. FAT-Bericht Nr. 597. 8 S.

■ Kahlstatt J., Wendl G. und Pirkelmann H., 1996. Abwässer von Flachsiloanlagen. *Landtechnik* 51 (1), 26-27.

■ Stauffer W., Bergmann F. und Jakob R., 1994. Versickerungsversuche mit Meteorwasser ab besensauberer Fahrhilofläche. FAT-Bericht Nr. 440. 4 S.

■ Stephens S. K., Tothill I. E., Warner P. J. und Turner A. P. F., 1997.

Detection of Silage Effluent Pollution in River Water Using Biosensors. *Water Research* 31 (1), 41-48.

■ Wyss U. und Rohner R., 1996. Gärsaftanfall der Silagen vom TS-Gehalt abhängig. *Agrarforschung* 3 (4), 157-160.

RÉSUMÉ

Production de jus de fermentation lors du stockage des balles rondes d'herbe ensilée

Les pertes d'éléments fertilisants, dues aux fuites de jus de fermentation pendant le stockage des balles d'herbe ensilée, doivent être évitées pour des raisons économiques et écologiques. La FAT a évalué les pertes de jus de fermentation au cours de six essais comprenant un total de 62 balles. Il s'est avéré que la teneur en matière sèche (MS) du fourrage initial était le facteur essentiel influençant l'écoulement de jus de fermentation. Les résultats montrent qu'à partir de 25 % de matière sèche dans le fourrage initial, plus aucun jus de fermentation ne s'échappe généralement des balles. Avec les balles les plus humides, la première phase du stockage est décisive. Quel que soit l'essai considéré, les trois quarts au moins de la production totale de jus de fermentation ont été enregistrés durant les 45 premiers jours de stockage. Le fait que les balles aient été stockées debout ou couchées n'a pas eu d'influence significative sur la quantité de jus de fermentation produite.

SUMMARY

Silage effluent production when storing round baled grass silage

When storing wrapped round bales of grass silage, nutrient losses can occur due to leaking silage effluent. This is undesirable for both economic and environmental reasons. Six practical trials with a total of 62 bales of temporary ley showed the dry matter (DM) content of the initial silage to be the principal determinant of the quantity of silage effluent. If DM content of the initial silage exceeded 25 %, no further drainage of silage effluent was observed. The maximum average DM loss measured due to silage effluent was 4,5 % of the total DM in the initial silage.

In all of the trials, at least three quarter of the total quantity of silage effluent ran off in the first 45 days. Storing the round bales on-end or lengthwise did not evidently affect the quantities of effluent occurring.

Key words: Grass silage, round bale, silage effluent, biological oxygen demand.