

Hinrich Snell, Vechta, sowie Andrea Kutz und Wolfgang Lücke, Göttingen

Simulation des Strahlungseinflusses auf den Siliervorgang

Entwicklung eines Prüfstandes

Zur Standardisierung der Umgebungsbedingungen bei der Durchführung von Silierversuchen wurde ein Versuchsstand entwickelt, der bereits in zwei Experimenten mit Erfolg eingesetzt wurde. Verbesserungsmöglichkeiten bestehen im Bereich der Strahlungsquellen und der Temperaturregelung. Der Versuchsstand bietet zahlreiche Einsatzmöglichkeiten auch außerhalb der Futterkonservierung.

Dr. Hinrich Snell ist wissenschaftlicher Assistent am Forschungs- und Studienzentrum für Veredlungswirtschaft Weser-Ems der Universität Göttingen, Universitätsstr. 7, D – 49377 Vechta; e-mail: hsnell@gwdg.de. Cand. agr. Andrea Kutz ist Diplomandin und Prof. Dr. Wolfgang Lücke ist Direktor des Institutes für Agrartechnik der Universität Göttingen, Gutenbergstr. 33, D – 37075 Göttingen.

Schlüsselwörter

Silage, Fahrsilo, Silofolie, Kalter Himmel, Künstlicher Himmel

Keywords

Silage, bunker silo, silo sheet, cold sky, artificial sky

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 00325 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Um die Auswirkungen verschiedener Silofolientypen auf den Siliervorgang und die Silagequalität beurteilen zu können, wurde am Institut für Agrartechnik der Universität Göttingen ein Versuchsstand entwickelt, mit dem die Strahlungsvorgänge am Silagestapel zu simulieren und zu standardisieren sind.

Aufbau des Prüfstandes

Der Prüfstand (Bild 1) bietet Platz für zwei Reihen mit jeweils sechs Silierbehältern (0,3 m³). Er besteht aus drei funktionalen Komponenten:

25 Quecksilberdampflampen (HQL, 400 W) und sechs Metallhalogenidlampen (HQI, 250 W), in drei parallelen Reihen angeordnet, dienen der Simulation der direkten Sonneneinstrahlung. Für eine Intensivierung der Versuche wäre ein verstärkter Einsatz von HQI-Strahlern wünschenswert, da diese über ein Strahlenspektrum verfügen, welches dem Sonnenlicht ähnlicher als das der HQL-Strahler ist.

Eine horizontal angeordnete Glasplatte (h = 8 mm) behindert erstens den unmittelbaren Durchgang der langwelligen Wärmestrahlung von den Lampen zu den Behältern und vermeidet zweitens die konvektive Kühlung der Behälter durch die nachfolgend beschriebenen Gebläse.

Sechs Radiallüfter, jeder mit einer maximalen Förderleistung von 2785 m³/h, kühlen die Glasplatte mit Umgebungsluft. Sie verhindern dadurch thermische Schäden und schaffen darüber hinaus, insbesondere bei niedrigen Umgebungstemperaturen, eine

kalte Fläche, welche den bei [1] beschriebenen Kalten Himmel simuliert und dadurch eine Wärmerückstrahlung der Behälter ermöglicht.

Gebläse und Lampen liefern während des ersten Versuches von 8⁰⁰ bis 22⁰⁰ Uhr, im zweiten Durchgang von 8⁰⁰ bis 18⁰⁰ Uhr.

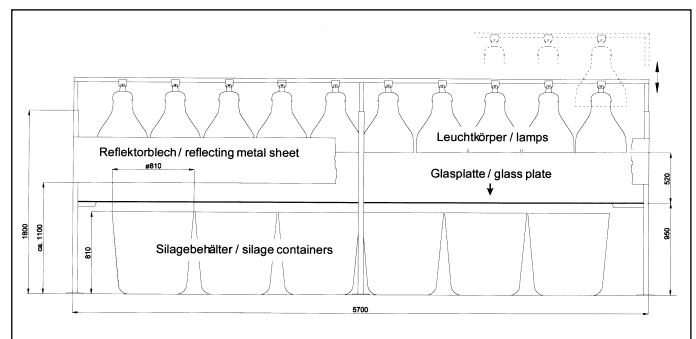
Leistungsmerkmale des Prüfstandes

Vor Aufnahme der Silierversuche wurde die Strahlungsleistung (W/m²) in Höhe der Oberfläche der Silierbehälter mit Hilfe eines Solarimeters (Kipp und Zonen CM 10, NL) bestimmt. Dies war zunächst notwendig, um die optimale Höhe der Lampenebene zu ermitteln. Drei verschiedene Höhen wurden verglichen, als Kriterium die mittlere Leistung und die Gleichmäßigkeit der Strahlungsbedingungen herangezogen. Nach der endgültigen Arretierung der Lampenebene (Bild 1) wurden 184 Messungen in einem Raster von 25 • 25 cm durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Bild 2.

Es wird deutlich, dass die Strahlungsbedingungen nicht absolut homogen sind. Die Differenzen sind in der Längsrichtung des Versuchsstandes allerdings gering. Die Unterschiede in der Querrichtung betreffen beide Behälterreihen gleichermaßen, so dass keine systematischen Unterschiede zu befürchten sind und ausreichend homogene Strahlungsbedingungen unterstellt werden dürfen. Ebenfalls klar erkennbar sind die Positionen der sechs HQI-Strahler. Hier wird die außerordentlich hohe Lichtausbeute dieser Leuchtkörper deutlich. Sie ist mit 80 lm/W etwa fünfmal höher als bei gewöhnli-

Bild 1: Versuchsstand zur Simulation natürlicher Strahlungseinflüsse auf den Siliervorgang (Längsansicht, Maße in mm)

Fig. 1: Test stand for simulating natural radiation influence on the course of ensiling (longitudinal view, measures in mm)



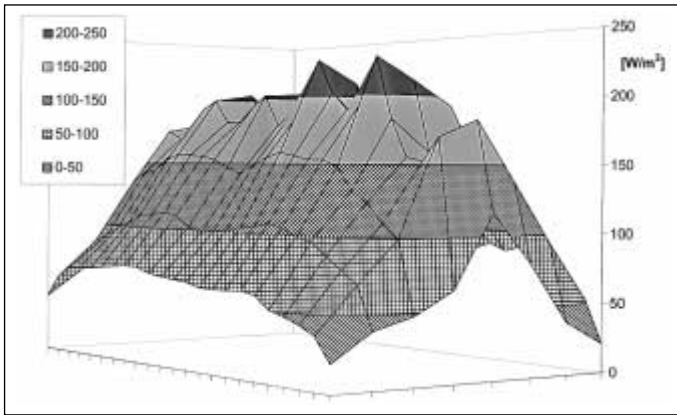


Bild 2: Verteilung der Strahlungsleistung $[W/m^2]$ im Versuchsstand, acht Messreihen in Längs-, 23 Messreihen in Querrichtung

Fig. 2: Distribution of radiation capacity $[W/m^2]$ in the test stand, eight series of measurement in longitudinal direction, 23 in transverse direction

chen Glühlampen (15 lm/W), wie [2] angibt.

Die durchschnittliche Strahlungsleistung belief sich in dem betrachteten Bereich auf $122 W/m^2$. Unter Beachtung der Tatsache, dass der Versuchsstand eine größere Fläche bedeckt als für die Silierbehälter benötigt wird, dürfen die Ergebnisse im Randbereich vernachlässigt werden. Dann errechnet sich als Mittel über 120 Messpunkte eine Strahlungsleistung von $149 W/m^2$. Aus Angaben von [3] geht hervor, dass in der nahe gelegenen Stadt Braunschweig diese Strahlungsleistung im Juni regelmäßig von 7^{00} bis 18^{00} Uhr überschritten wird. Im Dezember werden noch nicht einmal $100 W/m^2$ erreicht.

Die mit dem Solarimeter gewonnenen Ergebnisse und die tägliche Einschaltdauer des Versuchstandes ergeben eine auf die Silierbehälter eingestrahlte Energiemenge von etwa $2,1 kWh/m^2$ im ersten sowie $1,5 kWh/m^2$ im zweiten Versuchsdurchgang. [3] berichtet von einer täglichen Globalstrahlung in Braunschweig, die im langjährigen Mittel weniger als $2 kWh/m^2$ zwischen Oktober und Februar, jedoch mehr als $4 kWh/m^2$ von Mai bis August betrug.

Mittels Flügelradanemometer wurde die Luftgeschwindigkeit über der Glasplatte bestimmt. Das mittlere Messergebnis von $10 m/s$ stellt, auf Grund der bekannten Schwierigkeiten bei der Messung freier Strömungen mit Flügelrädern, eine Unterschätzung der tatsächlichen Verhältnisse dar. Eine Reduktion der Gebläsedrehzahl, die in einer Verringerung der Luftgeschwindigkeit auf etwa $7 m/s$ resultierte, bedingte keine Temperaturänderung an der Glasplatte. Eine faseroptische Messung an der Oberfläche mit maximaler Gebläsedrehzahl ergab im Hochsommer Temperaturen unter der Glasplatte von $36,7$ und darauf von $36,6$ °C, bei reduzierter Gebläsedrehzahl von $36,4$ und $35,7$ °C. Dies zeigt, dass ohne eine technische Kühlung eine zufriedenstellende Simulation des Kalten Himmels kaum realisierbar ist.

Vergleichbarkeit der Silierbedingungen mit Freilandversuchen

Der Frage, ob bei Verwendung des beschriebenen Versuchsstandes zuverlässige Messresultate erzielt werden, konnte in den beiden,

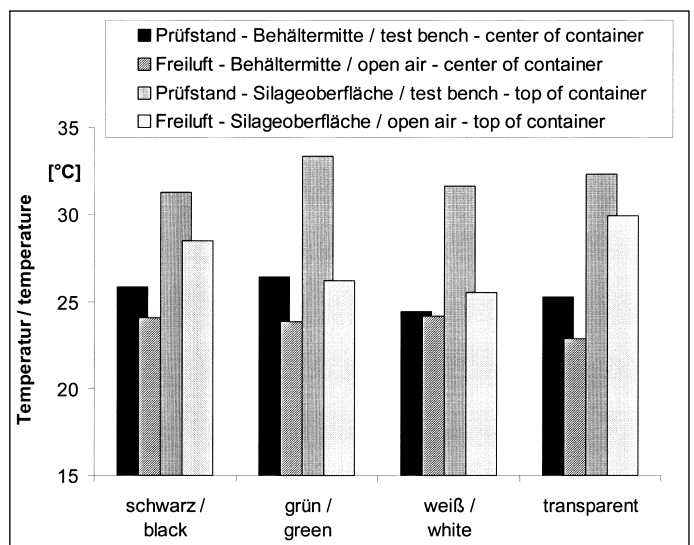
bereits erwähnten, Versuchen mit Gras- und Maissilage nachgegangen werden. Dabei wurden drei beziehungsweise sechs Serien verschiedenartig abgedeckter Behälter angelegt, von denen zwei beziehungsweise vier Serien unter freiem Himmel, der Rest im Versuchsstand angeordnet waren.

Bereits im ersten Versuch wurde deutlich, dass im Versuchsstand in den Silagebehältern sowohl unmittelbar unter der Folie wie auch im Behälterinneren höhere Temperaturen herrschen. Darüber hinaus zeigt Bild 3, dass im Versuchsstand die Folientypen weniger deutlich und weniger plausibel nach den Temperaturen an der Silageoberfläche zu rangieren waren. Für eine Erklärung müssen die verschiedenen Determinanten der Silagetemperaturen beachtet werden.

Die fehlende Kühlung durch Witterungseinflüsse, die schützende Gebäudehülle und die nur unvollständige Simulation des Kalten Himmels führten zu höheren Temperaturen der Behälter im Versuchsstand. Der letztgenannte Aspekt beeinflusst auch die Unterschiede zwischen den Behältern mit verschiedenen Abdeckungen. Von Folien verschiedener Farben werden in unterschiedlichem Ausmaß Wärmestrahlen emittiert. Durch die relativ hohen Temperaturen der Glasplatte konnte sich diese Gegebenheit weniger auf das Messergebnis auswirken als unter Freiluftbedingungen.

Bild 3: Temperatur [°C] von Grassilage in Abhängigkeit vom Silofolientyp, Aufstellungsort und Silagehorizont

Fig. 3: Temperature [°C] of grass silage, depending on silo sheet type, place and silage horizon



Das Messresultat unter der grünen Folie im Versuchsstand kann durch einen unerwünschten Gärverlauf erklärt werden, wie die Futtermittelanalysen belegen. Für die weiße Folie gibt es keine entsprechenden Hinweise.

Unterschiede in der Strahlungsleistung unmittelbar über den Tonnen mit schwarzer, grüner und weißer $150 \mu m$ Folie ($141,7$, $149,4$ und $153,9 W/m^2$) scheiden als Erklärungsansatz aus. Erstens fielen die Differenzen quantitativ sehr gering aus. Zweitens zeigen die Ergebnisse stichprobenartiger faseroptischer Messungen, dass bei eingeschalteter Strahlerebene auf den Folien deutliche, plausible Temperaturdifferenzen in Abhängigkeit von der Farbe herrschten. An den beiden Messzeitpunkten (15. 6. und 30. 7. 1999) betrug die Oberflächentemperaturen auf schwarzer, grüner sowie weißer Folie $37,1$, $36,1$ und $32,0$ °C sowie $41,0$, $40,6$ und $36,0$ °C.

Schließlich könnte das Ergebnis davon beeinflusst worden sein, dass geringe Mengen Gras auf die Messfühler gelegt wurden, um die Folien zu schonen. Unterschiede in der Grasmenge könnten die Wärmeleitung und somit das Messergebnis tangiert haben.

Unabhängig davon, ob die Ergebnisse durch biologische oder technisch-experimentelle Faktoren berührt wurden, ist die parallele Wiederholung bei der Untersuchung biologischer Prozesse notwendig. Demgemäß wurden in dem nachfolgenden Versuch mit Maissilage für jede Folienvariante zwei Behälter unter dem Versuchsstand positioniert. Auch während dieses Durchgangs fielen dort die Temperaturen höher aus als unter Freiluftbedingungen. Entscheidend für die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist aber, dass keine statistisch signifikanten Interaktionen zwischen dem Aufstellungsort und dem Folientyp hinsichtlich der Silagetemperatur zu registrieren waren.