

# Eine neue Methode zur Bestimmung von Bröckelverlusten

Joachim Sauter<sup>1</sup>, Roy Latsch<sup>1</sup> und Oliver Hensel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

<sup>2</sup>Agrartechnik am Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften Universität Kassel, 37213 Witzenhausen

Auskünfte: Joachim Sauter, E-Mail: joachim.sauter@art.admin.ch, Tel. +41 52 368 31 31



Abb. 1 | Die Differenzmethode ist sehr arbeitsaufwändig. (Foto: ART)

Zur Bereitung von Heu muss das Futter mehrmals gewendet und anschliessend geschwadet werden. Jede Bearbeitung verursacht mechanische Verluste durch abfallende Blätter oder Blatteile, die als Bröckelverluste bezeichnet werden. Die Bestimmung

der Verluste ist sehr zeitaufwändig. Eine neue Methode, welche die Bestimmung der Bröckelverluste vereinfacht, wurde an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART einem ersten Test unterzogen.



**Abb. 2** | Bei den Saugermethoden werden auch organische Pflanzenrückstände – wie z. B. organischer Dünger – als Verluste gewertet.  
(Foto: ART)

Mit dem Einzug der Mechanisierung der Raufutterernterückten die Bröckelverluste in das Interessenfeld der landwirtschaftlichen Praxis und der Forschenden (Bergmann und Höhn 1971; Bergmann *et al.* 1972). Während 40 Jahren Forschungstätigkeit wurden verschiedene Methoden zur Bestimmung der Verluste eingesetzt, die systembedingt mit entsprechenden Zeitaufwendungen und Messfehlern behaftet sind.

Ein 2009 von der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART neu entwickelter Ansatz, der in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel erprobt wurde, könnte das Erfassen der Bröckelverluste vereinfachen und präzisere Ergebnisse liefern.

#### **Bestimmung der Verluste durch Wiegen «Differenzmethode»**

Höhn (1986) ermittelte die Verluste mittels einer Differenzmethode, die darauf beruht, dass er die Futtererträge von Versuchspartikeln nach den jeweiligen Bearbeitungsschritten wog (Abb. 1). Das Wiegen an sich stellt jedoch eine zusätzliche Bearbeitung dar, die Verluste verursachen kann, da hierzu das Futter zusammengereicht, gewogen und anschliessend zur weiteren Trocknung verteilt werden muss. Ausserdem ist diese Art der Beprobung sehr zeit- und arbeitsaufwändig.

#### **Verluste aufsaugen**

Beckhoff *et al.* (1979) wählten einen anderen Ansatz. Die Bröckelverluste wurden durch Absaugen definierter Testflächen bestimmt. Das Aufsaugen kann dabei punktförmig (zirka 1 m<sup>2</sup>) oder auch flächenförmig erfolgen. Die punktförmige Probeentnahme wird häufig als «Staubsaugermethode» bezeichnet. Eine flächige Probeentnahme bezeichnet man oft analog zum verwendeten Gerät mit «Laubsaugermethode» (Abb. 2).

Eigene Versuche haben gezeigt, dass die Verluste nicht gleichmässig auf der Fläche verteilt sind, sondern zur Schwadmitte hin ansteigen. Dies ist bei der Auswahl der Standorte zur Probeentnahme zu berücksichtigen. Bei der Laubsaugermethode behilft man sich dadurch, dass die Probeentnahme schräg zur Schwadrichtung erfolgt, sodass die Teststrecke ein bis zwei Arbeitsbreiten des Schwaders enthält. Ahmels (1989) weist darauf hin, dass durch das Saugen nicht nur Bröckelverluste, sondern auch anderweitig organisches Material wie zum Beispiel Güllereste, abgestorbene Pflanzenteile und durch Mehrfachschnitte erzeugte Kleinteile miterfasst werden.

Selbst das zweiphasige Saugen beinhaltet Fehler. Bei dieser Variante werden ausgewählte Streifen gleich nach der Mahd freigeräumt, markiert, abgesaugt und anschliessend wieder mit dem Erntegut bedeckt. Die zweite Phase dient der Bestimmung der Bröckelverluste. Aber auch hier werden abgestorbene Teile erfasst, die sich in der Zwischenzeit von den Pflanzen gelöst haben. Eigene Beobachtungen zeigten, dass bei langen Stoppeln oder bei einer Probeentnahme nach einem Regenschauer nicht alle Pflanzenbröckel vollständig aufgesaugt werden. Ebenso erschweren dichte Grasnarben von Naturwiesen die vollständige Aufnahme zurückgebliebener Verluste.

Trotz aller Schwierigkeiten entwickelte sich die Laubsaugermethode zum Standard für die Bestimmung von Bröckelverlusten. Auf ihr beruhen zahlreiche Systemvergleiche (Frick und Rühlmann 1991; Frick und Ammann 1999, 2000; Frick 2002; Sauter *et al.* 2002; Sauter 2008).

#### **Messungen unter standardisierten Bedingungen**

Um unbekannte Einflüsse möglichst auszuklammern, gab es bereits früh Ansätze, die Verluste unter standardisierten Bedingungen zu erfassen. So machte Ahmels (1989) seine Untersuchungen auf festem Untergrund. Das Erntegut wurde per Hand auf einen Wagen geladen, auf einer asphaltierten Fläche zu einem Schwad geformt, anschliessend entsprechend der Versuchseinstellung bearbeitet und dann per Hand oder mittels Pickup geladen. Bei diesem Verfahren blieb allerdings offen, in welchem Mass die Messwerte durch die nicht vorhandenen Stoppeln, welche die Arbeit der Zinken von Wendern

Tab. 1 | Die Differenzen zwischen den Ernteerträgen werden von den künstlichen Stoppeln besser abgebildet (Lucas 2009)

Verfahren	Erträge dtTM/ha	Verlustbestimmungsmethode				p-Value (t-test)
		Laubsauger		künstliche Stoppeln		
		Verluste (dtTM/ha)	s <sup>2</sup>	Verluste (dtTM/ha)	s <sup>2</sup>	
Schwadwender	18,4	1,7	0,727	1,0	0,381	p = 0,116
Konventionell	16,8	2,0	0,761	2,9	0,023	p = 0,067
Differenz	1,6	0,3		1,9		

oder der Pick-up unterstützen, verfälscht werden. So konnte Ahmels feststellen, dass bei der Bergung abhängig vom Einsatz einer Pickup oder eines Handrechens unterschiedliche Verlustraten gemessen werden.

Manns (2007) erarbeitete einen Prüfstand, den er zusammen mit Hensel (2009) vorstellte. Die zentralen Elemente dieses Prüfstandes sind aus Streckmetall gefertigte Gitterroste sowie eine rotierende, drehzahlregulierte Scheibe, an der die Werkzeuge der Heuwendersysteme montiert werden. Die Roste sind im Wirkungsbereich der Werkzeuge sowie im Wurfbereich aufgestellt, auf welchen das handzugeführte Gut zu liegen kommt. Durch das Streckmetall fallende Pflanzenteile werden als Bröckelverluste gewertet. Auch wenn diese modellierte Anordnung der Wendevorgänge die Realität nicht exakt abbildet, konnte mit vergleichenden Versuchen der Einfluss der Werkzeuggeschwindigkeit auf die daraus resultierenden Bröckelverluste bestimmt werden. Ähnlich wie bei der Untersuchung von Ahmels (1989) verzichtete Manns auf Stoppeln. Es ist daher ungewiss, in wie weit diese Versuchsanordnung die Realität widerspiegelt.

**Einfache, praxisnahe Messung mit künstlichen Stoppeln**

Mit dem Ziel die Realität besser abzubilden, wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel ein neuer Ansatz erprobt (Lucas 2009). Acht 50 x 25 cm (0,125 m<sup>2</sup>) grosse Holzbretter mit 8 cm langen Kunststoffborsten aus Nylon wurden nach der Mahd auf einer angesäten Futterfläche ausgelegt (Abb. 3). Der Grünlandbestand war durch einen hohen Kleeanteil an *Trifolium pratense* und *Trifolium repens* (50 % bzw. 7 % Bestandesanteile) gekennzeichnet. Während des Ernteprozesses entstehende Bröckelverluste sammelten sich zwischen den Borsten an und wurden nach der Ernte ausgewertet. Ein Teil der Erntefläche wurde konventionell mit einem Krei-

selzettwender Typ Krone KW6.62/4 (zwei Durchgänge) sowie einem Schwader Typ Krone Schwadro 38 bearbeitete. Der zweite Teil der Fläche wurde mit dem Schwadwender Typ Dion 6096 in drei Durchgängen bearbeitet. Parallel zu den Versuchen mit den künstlichen Stoppeln wurden die Verluste auch mit der Laubsaugermethode bestimmt. Beide Methoden zeigten, dass bei der kon-



Abb. 3 | Künstliche Stoppeln sind noch in der Erprobung. (Foto: ART)

ventionellen Bearbeitung höhere Verluste als beim Einsatz des Schwadwenders entstehen (Tab. 1). Zwischen den Messmethoden konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Dies zeigt, dass beide Methoden zur Bestimmung der Bröckelverluste geeignet sind.

Höhere Verluste führen zu Unterschieden im Ernteertrag. Unterstellt man, dass die Versuchsfläche einen homogenen Aufwuchs hatte, spiegeln sich die Ertragsunterschiede zwischen den Ernteverfahren im unterschiedlichen Verlustniveau wider. Der Ertragsunterschied zwischen der konventionell und der mit dem Schwadwender bearbeiteten Fläche betrug 1,6 dt TM/ha. Die Laubsaugermethode ermittelte Verlustunterschiede von 0,3 dt TM/ha zwischen den beiden Ernteverfahren. Mit den Ergebnissen der künstlichen Stoppeln können die tatsächlichen Ertragsunterschiede besser erklärt werden (1,9 dt TM/ha). Weiterführende Untersuchungen können die ersten Erfahrungen bestätigen. ■

#### Literatur

- Ahmels H.-P., 1989. Intensives Aufbereiten (Reissen) von Halmgut, Auswirkungen auf Trocknungsverhalten und Qualität, Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der May-Eyth-Gesellschaft (MEG) 155, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel, 160 S.
- Beckhoff J., Dervede W., Honig H. & Schurig M., 1979. Einfluss neuer Mähaufbereiter auf Trocknung und Feldverluste bei der Gewinnung von Anweilsilage und Heu. *Das wirtschaftseigene Futter* 25 (1), 5–19.
- Bergmann F. & Höhn E., 1971. Beschleunigung des natürlichen Abrocknungsprozesses von Rauhfutter durch Futteraufbereitung. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), *Blätter für Landtechnik* 17, Tänikon, 3 S.
- Bergmann F., Bisang M. & Höhn E., 1972. Aktuelle Probleme der Rauhfutterernte. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), *Blätter für Landtechnik* 33, Tänikon, 5 S.
- Frick R. & Rühlmann M., 1991. Witterung und Nutzung entscheiden über Erfolg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), *FAT-Berichte* 408, Tänikon, 11 S.
- Frick R. & Ammann H., 1999. Einsatz von Intensivaufbereitern in der Futterwerbung. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), *FAT-Berichte* 532, Tänikon, 19 S.
- Frick R. & Ammann H., 2000. Futterwerbung mit dem Schwadwender. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), *FAT-Berichte* 545, Tänikon, 12 S.
- Frick R., 2002. Gezogene Aufbereiter im Vergleich. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), *FAT-Berichte* 584, Tänikon, 12 S.
- Höhn E., 1986. Feldverluste bei der Futterernte. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), *FAT-Berichte* 285, Tänikon, 7 S.
- Lucas L., 2009. Vergleich verschiedener Heuwendemaschinen hinsichtlich der Bröckelverluste. Bachelor, Universität Kassel, Kassel, 147 S.
- Manns C., 2007. Optimierung der Grünfütterbergung im ökologischen Landbau, Diplomarbeit. Universität Kassel, Kassel, 147 S.
- Manns C. & Hensel O., 2009. Bestimmung der Bröckelverluste bei der Luzernebergung unter Prüfstandbedingungen. *Landtechnik* 64 (5), 360–362.
- Sauter G. J., Kirchmeier H. & Neuhauser H., 2002. Ernte von Luzernenheu mittels Schwadwendeverfahren. *Landtechnik* 57 (4), 202–203.
- Sauter J., 2008. Verluste bei der Futterbergung – Vom Schwader bis zur Ballenpresse. In: *Landtechnik im Alpenraum* (Eds. Kaufmann R. & Hütl G.), 14.–15. Mai 2008, Feldkirch, Österreich, ART-Schriftenreihe 7, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen, 29–33.