

Joachim Sauter, Roy Latsch und Oliver Hensel

# Methodenvergleich zur Bestimmung von Bröckelverlusten in der Heuernte

Die mechanisierte Raufutterernte führt zu Bröckelverlusten. Selbst unter besten Voraussetzungen bleiben beim Heuernteprozess 15–20 % des Ertrags als Bröckelverluste auf dem Feld zurück. Unter ungünstigen Verhältnissen können bis zu 60 % des ursprünglich vorhandenen Eiweißes verloren gehen. Seit Anfang der 70er-Jahre setzen sich Landwirte und Forschende mit diesem Problem auseinander. Es wurde frühzeitig erkannt, dass eiweißhaltige Kräuter besonders stark zu Bröckelverlusten neigen. Während 40 Jahren Forschungstätigkeit wurden verschiedene Methoden zur Bestimmung der Verluste eingesetzt, die systembedingt mit entsprechenden Messfehlern behaftet sind. Eine 2009 von der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART entwickelte Methode zum Erfassen der Bröckelverluste wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel untersucht.

## Schlüsselwörter

Bröckelverluste, Futterernte, Schwadwender, künstliche Stoppeln

## Keywords

Shatter losses, forage harvesting, windrow inverter, artificial stubbles

## Abstract

Sauter, Joachim; Latsch, Roy and Hensel, Oliver

## Comparison of methods for determining shatter losses in hay harvesting

Landtechnik 66 (2011), no. 3, pp. 198–200, 3 figures, 1 table, 15 references

Mechanisation in forage harvesting leads to shatter losses. Even under most favourable conditions 15 to 20 % of the yield remain behind on the field. Under unfavourable conditions up to 60 % of the protein originally present can be lost. Since the early 1970s the problem has been recognised by farmers and researchers. It was found at an early stage that considerable shatter loss particularly occurred with herbs rich in protein. The various methods employed to determine losses during 40 years of research have contained system related measurement errors. An approach shatter losses developed in 2009 by Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART was tested in collaboration with Kassel University.

Zur Bereitung von Heu sind für das Wenden und Schwaden, in Abhängigkeit von der Witterung und dem Ernteertrag, vier bis fünf Bearbeitungsschritte notwendig. Jede Bearbeitung verursacht mechanische Verluste durch abfallende Blätter oder Blatteile, die als Bröckelverluste bezeichnet werden. Mit dem Einzug der Mechanisierung wurde neben der Arbeiterleichterung auch die Reduktion der Verluste angestrebt [1; 2]. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand bleiben nach dem gesamten Ernteprozesses mindestens 15–20 % des Ertrags auf der Wiese liegen. Eiweißhaltige Kräuter sind besonders stark Bröckelverlusten ausgesetzt [3].

## Bestimmung der Verluste durch Wiegen

Höhn [4] ermittelte die Verluste mittels einer „Differenzmethode“, die darauf beruht, dass er die Futtererträge von Versuchspartzen nach den jeweiligen Bearbeitungsschritten wog (**Abbildung 1**). Das Wiegen selbst stellt jedoch eine zusätzliche

Abb. 1



Die Differenzmethode ist sehr arbeitsaufwändig (Foto: Sauter)  
Fig. 1: The difference method is very labour intensive

Bearbeitung dar, die weitere 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. [5] 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 als „Laubsaugermethode“ (**Abbildung 2**).



Bei den Saugermethoden werden auch organische Pflanzenrückstände – wie z. B. organischer Dünger – als Verluste gewertet (Foto: Sauter)

Fig. 2: The vacuum method counts organic plant remains, e.g. organic fertilizer, as losses

Eigene Versuche der ART zeigten, 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 [6] wies darauf hin, dass durch das Saugen nicht nur Bröckelverluste, sondern auch anderweitiges organisches Material, z. B. Güllereste, abgestorbene Pflanzenteile und durch Mehrfachschnitte erzeugte Kleinteile, mit erfasst werden.

Selbst das zweiphasige Saugen birgt 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 zur Bestimmung der Bröckelverluste. Aber auch hier werden abgestorbene Teile erfasst, die sich in der Zwischenzeit von den Pflanzen gelöst haben. Eigene Beobachtungen der ART 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 [7–12].

### Messungen unter standardisierten Bedingungen

Um unbekannte Einflüsse möglichst auszuklammern, gab es bereits früh Ansätze, die Verluste unter standardisierten Bedingungen zu erfassen. So machte Ahmels [6] 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 Pick-up geladen. Bei diesem Verfahren blieb allerdings offen, in welchem Maße die Messwerte durch die nicht vorhandenen Stoppeln, welche auf der Wiese die Arbeit der Zinken, der Wender und des Pick-up unterstützen, verfälscht werden. So konnte Ahmels [6] auch feststellen, dass bei der Bergung abhängig vom Einsatz eines Pick-ups oder eines Handrechens unterschiedliche Verlustraten gemessen werden. Manns [13] erarbeitete einen Prüfstand, den er zusammen mit Hensel [14] 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 von Hand zugeführte Gut liegt. 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 [6] verzichtete Manns [13] auf Stoppeln. Es ist daher ungewiss, inwieweit 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 [15]. 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 (**Abbildung 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 Kreiselzettwender Typ Krone KW6.62/4 (zwei Durchgänge) sowie einem Schwader Typ Krone Schwadro 38 bearbeitet. 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



Künstliche Stoppeln sind noch in der Erprobung (Foto: Sauter)  
Fig. 3: Artificial stubbles are still being tested

Laubsaugermethode bestimmt. Beide Methoden zeigen, dass bei der konventionellen Bearbeitung höhere Verluste als beim Einsatz des Schwadwenders entstehen (**Tabelle 1**). Zwischen den Messmethoden konnten keine signifikanten Unterschiede (Schwadwender  $P = 0.116$ , Konventionell  $P = 0.067$ ) festgestellt werden. Dies zeigt, dass beide Methoden zur Bestimmung der Bröckelverluste geeignet sind.

Tab. 1

Die Differenz zwischen den Ernteerträgen wird von den künstlichen Stoppeln besser abgebildet [15]

Table 1: The difference between the harvested yield is shown more exactly by artificial stubbles [15]

| Verfahren<br>Procedures          | Erträge<br>dt TM/ha<br>Yield<br>dt DM/ha | Verluste [dt TM/ha]<br>Losses [dt DM/ha] |  |
|----------------------------------|--|--|--|
|                                  |  | Laubsauger<br>Leaf vacuum                | Künstliche<br>Stoppeln<br>Artificial<br>stubbles |
| Schwadwender<br>Windrow inverter | 18,4                                     | 1,7                                      | 1,0  |
| Konventionell<br>Conventional    | 16,8                                     | 2,0                                      | 2,9  |
| Differenz<br>Difference          | 1,6                                      | 0,3                                      | 1,9  |

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 der Besenmethode können die tatsächlichen Ertragsunterschiede besser interpretiert werden (1,9 dt TM/ha). Eine Erklärung könnte sein, dass der Versuch für die Laubsaugermethode ungünstig ausfiel, da Regen und dichter Rasenfz das Aufsaugen erschwerte.

## Schlussfolgerungen

Es hat sich herausgestellt, dass die Ergebnisse der Untersuchungen zu Bröckelverlusten von vielen Randbedingungen beeinflusst werden. Unter Freilandbedingungen sind Messungen nur bei genügend großen Aufwuchsmengen und entsprechender Witterung möglich. Bei den weit verbreiteten Saugermethoden kann das Ergebnis, wie Ahmels [6] berichtet, durch fremdes organisches Material beeinflusst werden. Ebenso beeinflussen eine dichte Grasnarbe oder durch Regen mit dem Boden verklebte Pflanzenbröckel diese Messmethode.

Der neue Ansatz mit künstlichen Stoppeln hat sich in einem ersten Test als praxisnah erwiesen und ist einfach handhabbar. Weitere Versuche werden zeigen, ob die Methode in der Lage ist, die Laubsaugermethode für Praxistests abzulösen.

## Literatur

- [1] Bergmann, F.; Höhn, E. (1971): Beschleunigung des natürlichen Abtrocknungsprozesses von Rauhfutter durch Futteraufbereitung. Blätter für Landtechnik 17, Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon FAT
- [2] Bergmann, F.; Bisang, M.; Höhn, E. (1972): Aktuelle Probleme der Rauhfutterernte. Blätter für Landtechnik 33, Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon FAT
- [3] Höhn, E. (1989): Feldverluste bei der Futterernte – Schicksal oder Nachlässigkeit. Landwirtschaft Schweiz 2 (5), S. 281–283
- [4] Höhn, E. (1986): Feldverluste bei der Futterernte. FAT Berichte 285, Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon
- [5] Beckhoff, J.; Dervede, W.; Honig, H.; Schurig, M. (1979): Einfluss neuer Mähauflbereiter auf Trocknung und Feldverluste bei der Gewinnung von Anwelksilage und Heu. Das wirtschaftseigene Futter 25 (1), S. 5–19
- [6] Ahmels, H.-P. (1989): Intensives Aufbereiten (Reißen) von Halmgut, Auswirkungen auf Trocknungsverhalten und Qualität. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- [7] Frick, R.; Ammann, H. (1999): Einsatz von Intensivauflbereitern in der Futterwerbung. FAT Berichte 532, Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon
- [8] Frick, R.; Ammann, H. (2000): Futterwerbung mit dem Schwadwender. FAT Berichte 545, Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon
- [9] Frick, R. (2002): Gezogene Auflbereiter im Vergleich. FAT Berichte 584, Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon
- [10] Sauter, G. J.; Kirchmeier, H.; Neuhauser, H. (2002): Ernte von Luzernenheu mittels Schwadwenderverfahren. Landtechnik 57 (4), S. 202–203
- [11] Sauter, J. (2008): Verluste bei der Futterbergung – Vom Schwader bis zur Ballenpresse. Tagung Landtechnik im Alpenraum, 14.–15. Mai 2008, Feldkirch, Österreich, S. 29–33
- [12] Frick, R.; Rühlmann, M. (1991): Witterung und Nutzung entscheiden über Erfolg. FAT-Berichte 408, Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon
- [13] Manns, C. (2007): Optimierung der Grünfütterbergung im ökologischen Landbau. Diplomarbeit, Universität Kassel
- [14] Manns, C.; Hensel, O. (2009): Bestimmung der Bröckelverluste bei der Luzernebergung unter Prüfstandbedingungen. Landtechnik 64 (5), S. 360–362
- [15] Lucas, L. (2009): Vergleich verschiedener Heuwendemaschinen hinsichtlich der Bröckelverluste. Bachelorarbeit, Universität Kassel

## Autoren

**Dr. Joachim Sauter** und **Dr. Roy Latsch** sind wissenschaftliche Mitarbeiter an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen, E-Mail: joachim.sauter@art.admin.ch

**Prof. Dr. Oliver Hensel** ist Leiter des Fachgebiets Agrartechnik am Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel, 37213 Witzenhausen.