

Markus Demmel, Tiemo Schwenke, Hauke Heuwinkel und Felix Locher, Freising sowie Joseph Rottmeier, Erding

Ertragsermittlung von Grünland – erste Ergebnisse

Ein kontinuierlich arbeitendes Durchsatz- und Ertragsmesssystem für ein gezogenes Scheibenmäherwerk mit Aufbereiter und Schwadleger auf Basis der Bandwaage-technik wurde entwickelt und untersucht. Zusammen mit einem DGPS-Empfänger liefert das System georeferenzierte Ertragsdaten. Die Standardabweichungen der relativen Fehler der mit dem Messsystem ermittelten lokalen Ertragsdaten zu 12 m² Referenzparzellen schwanken je nach Schlag und Ertragsniveau zwischen 9% und 12%.

Dr. Markus Demmel ist wissenschaftlicher Assistent, Dr. Tiemo Schwenke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Technik im Pflanzenbau der Technischen Universität München (Leitung Prof. Dr. H. Auernhammer), Am Staudengarten 2, 85354 Freising; e-mail: demmel@tec.agrar.tu-muenchen.de
Dr. Hauke Heuwinkel ist wissenschaftlicher Assistent und Dipl.-Geogr. Felix Locher ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München (Leitung Prof. Dr. U. Schmidhalter) in Freising-Weißenstephan.
Dr. Joseph Rottmeier ist Leiter des Ingenieurbüro Rottmeier für landwirtschaftliche Wiegetechnik in Erding; e-mail: sepp.rottmeier@t-online.de

Schlüsselwörter

Präziser Ackerbau, Ertragsermittlung, Wiegetechnik, Grünland

Keywords

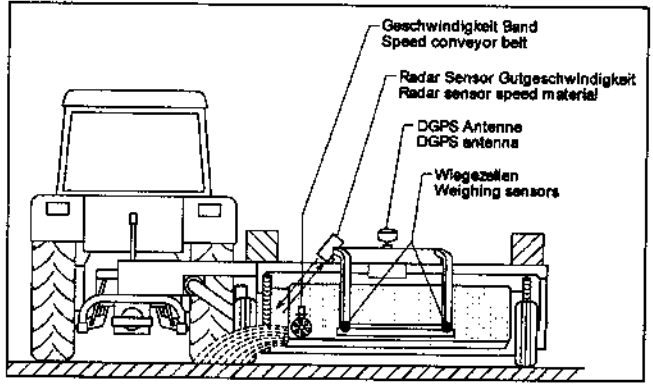
Precision farming, local yield assessment, weighing technology, grassland

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 02315 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/filteratur.htm> abrufbar.

Bild 1: Kontinuierliche Ertragsermittlung in einem Mähwerk mit Aufbereiter

Fig. 1: Continuous yield measurement in a mower conditioner



Die lokale Ertragsermittlung stellt eine wichtige Eingangsgröße für die Teilschlagbewirtschaftung dar. Sie ist jedoch bis heute auf Mähdruschfrüchte und Hackfrüchte beschränkt. Deshalb wurde im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München FAM eine Untersuchung mit dem Ziel durchgeführt, georeferenzierte Ertragsdaten für die Raufuttererwerbung mit einem Scheibenmäherwerk bereitzustellen. Es wurde ein Ertragsmesssystem für ein Scheibenmäherwerk mit Aufbereiter und Schwadleger entwickelt und seine Genauigkeit untersucht.

Problemstellung

Für die kontinuierliche und georeferenzierte Durchsatz- und Ertragsermittlung wurden Messsysteme für Mähdrischer, Feldhäcksler, Zuckerrüben- und Kartoffelvollernter entwickelt. Ertragsmesssysteme für Mähdrischer werden bereits von allen Herstellern angeboten [2]. Erste Messgeräte für Hackfrüchtermaschinen (Kartoffeln und Zuckerrüben) sind ebenfalls am Landmaschinenmarkt verfügbar. Die umfangreichen Entwicklungen zur kontinuierlichen Ertragsermittlung im Feldhäcksler haben zu vielfältigen Veröffentlichungen [3, 5] und Patentanmeldungen geführt, bisher wird jedoch noch kein Messsystem angeboten. Die Ertragsermittlung im Feldhäcksler kann sowohl bei der Ernte von Silomais als auch bei der Bergung von Grassilage eingesetzt werden. Bei der Grassilagebergung weisen die bisher untersuchten Messgeräte jedoch erhöhte Fehlerniveaus auf [1]. Darüber hinaus bereitet die räumliche Zuordnung erhebliche Probleme, da durch Zetten und Schwaden das Gut verschleppt wird und sich keine

festen Arbeitsbreiten ergeben. Um diese Probleme zu umgehen und auch für die Werbung von Heu georeferenzierte Ertragsdaten zu erhalten, bietet sich an, die Ertragsermittlung beim Mähen vorzunehmen. Bisher gibt es jedoch kein Messsystem für die kontinuierliche Durchsatzmessung im Mähwerk. [4] untersuchte die Möglichkeit, die Heterogenität eines Kleeergrasbestandes automatisch und kontinuierlich mit dem „Pendulum Meter“ zu ermitteln. Die festgestellten Zusammenhänge waren sehr gut, eine Verifizierung erfolgte jedoch nur zu einem Schnitzeitpunkt an einem Standort.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes zwischen dem Fachgebiet Technik im Pflanzenbau und dem Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München und dem Ingenieurbüro Rottmeier wurde ein Masse-Fluss Messsystem für ein gezogenes Scheibenmäherwerk mit Aufbereiter und Schwadformer (Querförderband) entwickelt, in das Mähwerk integriert und während der drei Mähperioden im Jahr 2001 in Kleeergras auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern untersucht. Die Entwicklung erfolgte im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Lehrstuhls für Pflanzenernährung zur Untersuchung der räumlichen Heterogenität der Stickstofffixierung von Kleeergrasbeständen [6]. Die Firma John Deere stellte das gezogene Scheibenmäherwerk mit Aufbereiter und Schwadleger vom Typ 1365 zur Verfügung. Das Messsystem basiert auf der Bandwaage-technik (Bild 1).

Der gesamte Rahmen des Querförderbandes ist mit eigens entwickelten Wiegezellen an den Haltearmen des Mähwerkes aufge-

| Feldname | Erntedatum | | Parzellenreferenzmittlung | | Lokale Ertragsmittlung im Scheibenmäher | | | | |
|----------|------------|-------|---------------------------|-----------------|---|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|
| | 1999 | 2001 | Mittlerer Ertrag | Parzellenanzahl | Mittlerer Ertrag | Anzahl Messwerte je Parzelle | Anzahl geladener Parzellen* | Mittlerer relativer Fehler | Standardabweichung der relativen Fehler |
| | | | [t/ha] | | [t/ha] | | | [%] | [%] |
| A03 | 1,5 | 24.07 | 17,26 | 99 | 18,24 | 75 | 21 | 1,31 | 12,63 |
| A11 | 2,0 | 24.07 | 16,99 | 35 | 20,06 | 58 | 3 | 3,61 | 9,62 |
| A12 | 3,4 | 23.07 | 23,7 | 128 | 20,88 | 68 | 17 | -0,83 | 12,32 |
| A02 | 2,5 | 02.10 | 17,59 | 92 | 12,15 | 57 | 25 | 1,96 | 13,63 |
| A17 | 3,4 | 01.10 | 21,34 | 123 | 21,22 | 52 | 13 | -2,13 | 11,24 |

Tab. 1: Genauigkeit der kontinuierlichen Ertragsmittlung im Mähwerk 2001

Table 1: Accuracy of yield measurement in a mower conditioner 2001

* Messwerte von Parzellen mit Fehlern > 25 % wurden gelöscht

hängt. Die Wiegezellen sind in der Lage, die horizontalen Kräfte des vom Aufbereiter nach hinten geworfenen Gutes zu kompensieren. Die mit 50 Hz abgetasteten Rohmesswerte werden von einem Messverstärker aufbereitet. Der Einfluss der mit einem zweiachsigen Neigungssensor erfassten Hangneigung wird ebenfalls kompensiert. Das Gewichtssignal wird zusammen mit der mittels Radarsensor ermittelten Gutgeschwindigkeit zum Durchsatz verrechnet.

Aus dem Durchsatz und der Flächenleistung (Geschwindigkeit • Arbeitsbreite) wird der Flächenertrag berechnet und zusammen mit den vom DGPS Empfänger gesendeten Positionsinformationen mit 1 oder 5 Hz aufgezeichnet.

Das Messsystem wurde auf der Versuchstation Klostergut Scheyern zu drei Schnitzeitpunkten in Klee gras untersucht. Das Mähwerk wurde bei den Untersuchungen immer mit aktivem Schwadformer (Querförderband) eingesetzt. Als Referenz zur Ermittlung der Genauigkeit der Ertragsdaten wurden auf drei Schlägen genaue Gegenwägungen von 820 georeferenzierten Parzellen mit jeweils 11,6 m² (2,9 • 4 m) vorgenommen. Die Messergebnisse wurden mit dem Mittelwert der Ertragsmesswerte des Messsystems im Mähwerk auf den Referenzparzellen verglichen. Dieser ungewöhnliche, da sehr arbeitsaufwändige Ansatz bot sich an, da die Pflanzenernährung für die Bestimmung der Trockenmassegehalte und Bestandeszusammensetzungen die Parzellen auf jeden Fall beprobt hätte. Zudem bietet dieser Ansatz, der nur beim Mähwerk möglich ist, die Möglichkeit eines direkten Vergleiches zwischen den „Ertragsschätzwerten“ auf Basis eines Ertragsmesssystems und den „realen“ Flächenerträgen (Referenz) am gleichen Ort [7].

Ergebnisse

Nachdem fünf unterschiedliche Direktapplikationen von Dehnungsmessstreifen auf den Tragarmen des Querförderbandes keine Unabhängigkeit von Lastverlagerungen auf dem Band und Horizontalkräften aufwiesen, zeigten die speziell angefertigten Wiegezellen zwischen Tragarmen und Bandrahmen ein sehr günstiges Verhalten. Während des ersten Schnittes traten niederfrequente

Schwingungen des Gewichtssignals auf, die nicht herausgefiltert werden konnten. Eine Veränderung der Härte des den Schwadleger abstützenden Schwingmetalls konnte diese Störung beseitigen. Im zweiten und dritten Schnitt arbeitete das System störungsfrei. Insgesamt konnten Ertragsmesswerte von 35 ha Klee gras gewonnen werden.

Der Vergleich der Erträge der Referenzparzellen mit den gemittelten Ertragsmesswerten des Messsystems im Mähwerk der Parzellen (n = 50 bis 80 Messwerte/Parzelle) führte zu mittleren Fehlern bei fünf Einzelschlägen zwischen -1 und +3 % (Tab. 1).

Die Standardabweichungen der relativen Fehler der lokalen Erträge zu den 477 Referenzmessungen schwankte je nach Schlag zwischen 9 und 12 %. Es wird deutlich, dass bei niedrigen Ertragsniveaus die relativen Fehler die höchsten Werte erreichen.

Zu diskutieren ist bei dieser Art der Gegenüberstellung der Messergebnisse sowohl die Genauigkeit der Referenz wie auch die Fehlereinflüsse, die neben der Genauigkeit des Ertragsmittlungssystems in die Ertragsmesswerte eingehen.

Frischmasseerträgen von 10 bis 20 t/ha stehen Referenzgewichte von 12 bis 25 kg pro 12 m² Parzelle gegenüber. Obwohl die verwendete Wiege zelle (Hängewaage) eine Auflösung von 100 g (entspricht etwa 1 % bei 10 t/ha) besitzt, dürfte der Fehler bei der Referenzwägung des Klee gras in einer 1 • 1 • 1,5 m großen Kiste allein durch den möglichen Windeinfluss bis zu 500 g betragen (entspricht etwa 5 % bei 10 t/ha).

Auf der Seite der Ertragsmittlung im Mähwerk gehen zusätzlich zur Genauigkeit der Wiegeeinrichtung die Güte der Ermittlung der Gutgeschwindigkeit, der Arbeitsbreite und der Arbeitsgeschwindigkeit mit ein. Die eigentliche Genauigkeit des Wiegesystems konnte im Jahr 2001 nicht isoliert untersucht werden, wird jedoch in der Erntesaison 2002 mit weiteren Untersuchungen geklärt werden. Es hat sich gezeigt, dass die Ermittlung der Gutgeschwindigkeit mittels Radarsensor dann fehlerhaft sein kann, wenn aufgrund eines niedrigen Ertragsniveaus die Beladung des Bandes sehr gering ist und damit die Mikrowellenstrahlung bis auf das Band dringen kann. Inwieweit bei sehr hohem Ertragsniveau die einzelnen Materialschichten auf dem Band unterschiedliche

Geschwindigkeiten aufweisen können, ist noch nicht geklärt. Die Schwankung der tatsächlichen Arbeitsbreite hat ebenfalls einen Fehlereinfluss, der in Hanglagen bis zu 10 % betragen kann. Messungen (n = 122) haben ergeben, dass das Mähwerk (technische Arbeitsbreite 3,0 m) in den Versuchen im Mittel mit 2,9 m gearbeitet hat (Rechenwert für die Ertragsmittlung). In starken Seitenhanglagen ergab sich jedoch eine Ungleichverteilung mit minimalen Arbeitsbreiten (Mähwerk steht gegenüber dem Traktor hangaufwärts) von 2,75 m (-5,2%) und maximalen Arbeitsbreiten von 2,94 m (+1,3%). Die Standardabweichung der Arbeitsbreite bei geringen Seitenhangneigungen betrug 0,11 m (n = 51), bei stärkeren Seitenhangneigungen 0,17 m (n = 71).

Zusammenfassung und Ausblick

Ein kontinuierlich arbeitendes Durchsatz- und Ertragsmesssystem für ein gezogenes Scheibenmäherwerk mit Aufbereiter und Schwadleger auf Basis der Bandwaage-technik wurde entwickelt und untersucht. Zusammen mit einem DGPS-Empfänger liefert das System georeferenzierte Ertragsdaten. Die Standardabweichungen der relativen Fehler der mit dem Messsystem ermittelten lokalen Ertragsdaten zu 12 m² Referenzparzellen schwanken je nach Schlag und Ertragsniveau zwischen 9 % und 12 %. Zur Feststellung der Basisgenauigkeit der Durchsatzmessung sollen in der Ernteperiode 2002 weitere Untersuchungen angestellt werden, bei denen 50, 100 und 200 Meter lange Schwaden des Mähwerkes mit dem Ladewagen aufgenommen, komplett gegenwogen und die Ergebnisse mit den akkumulierten Gewichtswerten des Ertragsmesssystems (ohne den Fehlereinfluss von Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit) verglichen werden.

Zur Ermittlung des eigentlich interessanten Trockenmasseertrages ist wie bei der Ertragsmittlung im Mährescher oder im Feldhäcksler die kontinuierliche Feuchteermittlung notwendig. Weltweite Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf dem Gebiet der kontinuierlich Messung hoher Gutfeuchten (überwiegend mit NIR) könnten in Zukunft nicht nur die notwendigen Informationen über den Feuchtegehalt, sondern auch über Inhaltsstoffe liefern.

Literatur

Bücher sind mit * gekennzeichnet

- [1] Barnett, N.G and K.J. Shinnars: Analysis of systems to measure mass-flow and moisture on a forage chopper. ASAE paper No. 981118, ASAE, St.Joseph, MI, USA, 1998
- [2] Demmel, M.: Ertragsermittlung im Mähdrescher - Ertragsmessgeräte für die lokale Ertragsermittlung. DLG Merkblatt 303. Hrsg.: DLG-Fachbereich Landtechnik, Ausschuss für Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Frankfurt, 2001, 20 S.
- [3] Demmel, M., H. Auernhammer und P.J.M. Pirro: Durchsatz- und Ertragsermittlung im selbstfahrenden Feldhäcksler. Tagung Landtechnik 1997; VDI-Verlag, 1997, VDI-Berichte 1356, S.127-130
- [4] Hammen, V.C. und D. Ehlert: Online-Ertragsmessung in Klee gras mit dem Pendulum Meter. Landtechnik 54 (1999), H. 3, S.156-157
- [5] Ehlert, D.: Ertragskartierung in selbstfahrenden Feldhäckslern. Landtechnik 54 (1999), H. 2, S.84-85
- [6] Locher, F. und E. Heuwinkel: Differenzierung der N₂-Bindung von Klee gras in bodenkundlich heterogenen Schlägen: Intensität und Ursachen. In: Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau. Hrsg.: H. J. Reents, Berlin, 2001, S. 187-190
- [7] Searcy, S.W.: Evaluation of weighing and flow-based cotton yield mapping techniques. In: Proceedings of the 4th International Conference on Precision Agriculture, 1998. Eds.: P.C. Roberts, R.H. Rust and W.E. Larson. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, pp. 1165-1177
- [8] Schmittmann, O., A.M. Osman und K.-H. Kromer: Durchsatzmessung bei Feldhäckslern. Landtechnik 55 (2000), H. 4, S. 286-287