

Tiemo Schwenke, München

Drei Jahrzehnte Durchsatz- und Qualitätsermittlung von Erntegut im Feldhäcksler

Die Entwicklungen bei der Durchsatzmessung sowie der Bestimmung der Eigenschaften und Inhaltsstoffe des Erntegutes im Feldhäcksler (Bild 1) werden anhand ausgewählter Patentanmeldungen (Tab. 1) dargestellt. Zur Veranschaulichung der Erfindungen wird auf deren Ausführungsbeispiele zurückgegriffen. Die zitierten Schriften sowie Informationen zum Verfahrensstand oder der Patentfamilie stehen unter [3, 4] zur Verfügung. Schriften mit dem Länderkennzeichen DE gelten für Deutschland. Bei EP- oder WO-Schriften ist Deutschland als Vertragsstaat (DE) benannt.

Dr.-Ing. Tiemo Schwenke war wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Technik im Pflanzenbau der TU München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; e-mail: tiemo.schwenke@gmx.de

Schlüsselwörter

Feldhäcksler, Durchsatzmessung, Inhaltsstoffe, Sensor, Patent

Keywords

Forage harvester, mass flow rate measurement, ingredients, sensor, patent

Bereits in den 70er Jahren fanden Untersuchungen zur Durchsatzmessung am Feldhäcksler statt [1]. In Kenntnis von Durchsatz und Feuchte des Erntegutes ist beispielsweise eine maßgerechte Dosierung von Konservierungsmitteln möglich. Dazu ist in (1) eine kontinuierliche Feuchtemessung mit Elektroden an den Trommelblechen oder den Trommelzinken der Aufsammeleinrichtung (Pickup) vorgesehen. Der Durchsatz wird über die Auslenkung der Niederhalter vor der Pickup-Trommel über Drehpotentiometer gemessen.

Mit einer Fahrgeschwindigkeitsregelung lässt sich die Auslastung eines Häckslers verbessern. Sinkt die Drehzahl der Häckseltrommel unter einen Minimalwert oder steigt das Moment der Antriebseinrichtung über einen Maximalwert, wird die Fahrgeschwindigkeit verringert. Befinden sich beide Parameter in zulässigen Bereichen, wird die Fahrgeschwindigkeit auf einen Sollwert geregelt (2). Neben der Fahrgeschwindigkeit sind auch die Einzugs- und Einzugsgeschwindigkeit des Erntegutes und der Motor, abhängig von der Auslenkung schwenkbarer Einzugswalzen oder der Druckbelastung ortsfester Einzugswalzen, zu regeln. Hierdurch werden Schnittqualität und Wirkungsgrad verbessert. Der Fahrer wird von Überwachungs- und Steuerungsaufgaben entlastet (3).

Zur Durchsatzermittlung eignen sich auch Differenzdruckmessungen an zwei Messebenen im Auswurf-

schacht. Der Abstand der beiden Messebenen ist dabei möglichst groß zu wählen. Als Messaufnehmer kommen Flügelklappen zum Einsatz, die in den Auswurfschacht hineinragen. Kapazitive, optische oder ultraschallbasierte Messaufnehmer sind ebenso einsetzbar. Bei ausbleibendem Gutstromsignal wird ein automatischer Nullabgleich durchgeführt. Die Drehzahl der Häckseltrommel erfasst ein Inkrementalgeber. In Kenntnis des Durchsatzes werden die Steuerung des Häckslers und die Zugabe von Zusatzstoffen verbessert (4).

Optimierte Durchsatz- und Feuchtemessung zur Ertragsermittlung

Der Einsatz von GPS zur Ortung von Erntemaschinen ermöglicht die Ermittlung lokaler Ertragsmesswerte, aus denen teilflächenspezifische, pflanzenbauliche Maßnahmen abgeleitet werden. Dafür ist eine kontinuierliche Aufzeichnung von Positi-

Tab. 1: Offenlegungsschriften (A) und Patentschriften (C)

Table 1: Publications of patent applications (A) and patents (C)

Nr.	Offenlegungsschrift / Patentschrift	Anmeldetag / Prioritätstag	Offenlegungstag / Patenterteilung
(1)	DE 32 32 746 A1	3. 9.1982	8. 3.1984
(2)	DE 35 05 887 A1	20. 2.1985	5. 9.1985
(3)	DE 37 02 192 A1	26. 1.1987	4. 8.1988
(4)	DE 40 41 995 A1	27.12.1990	2. 7.1992
(5)	DE 195 24 752 A1	7. 7.1995	9. 1.1997
(6)	EP 0 753 720 A1	14. 7.1995	15. 1.1997
(7)	DE 196 48 126 A1	21.11.1996	28. 5.1998
(8)	EP 0 887 008 A1	27. 6.1997	30.12.1998
(9)	EP 0 931 446 A1	16. 1.1998	28. 7.1999
(10)	DE 199 03 471 C1	29. 1.1999	8. 6.2000
(11)	DE 199 22 867 A1	19. 5.1999	23.11.2000
(12)	WO 01/000005 A2	30. 6.1999	4. 1.2001
(13)	DE 100 30 505 A1	21. 6.2000	3. 1.2002
(14)	DE 101 54 874 A1	8.11.2001	28. 5.2003
(15)	DE 102 11 800 A1	16. 3.2002	2.10.2003
(16)	DE 102 20 699 A1	10. 5.2002	24.12.2003
(17)	DE 102 30 474 A1	6. 7.2002	15. 1.2004
(18)	DE 102 30 475 A1	6. 7.2002	15. 1.2004
(19)	DE 102 36 515 C1	9. 8.2002	25. 9.2003
(20)	DE 102 41 788 A1	6. 9.2002	1. 4.2004
(21)	DE 103 06 725 A1	17. 2.2003	16. 9.2004
(22)	DE 103 48 040 A1	15.10.2003	19. 5.2005
(23)	DE 10 2004 010 772 A1	5. 3.2004	6.10.2005
(24)	DE 10 2004 038 404 A1	7. 8.2004	23. 2.2006
(25)	DE 10 2004 038 408 A1	7. 8.2004	23. 2.2006
(26)	DE 10 2004 048 103 A1	30. 9.2004	20. 4.2006
(27)	DE 10 2004 052 446 A1	30.10.2004	18. 1.2007
(28)	DE 10 2005 017 121 A1	14. 4.2005	19.10.2006

onsdaten der Erntemaschine zusammen mit den Messwerten für Durchsatz und Eigenschaften des Erntegutes notwendig. An die Durchsatzmessung werden dabei höhere Genauigkeitsanforderungen gestellt. Hierzu erfolgte die Erprobung eines radiometrischen Messsystems im Auswurfbogen [2].

Darüber hinaus besteht auch für das bekannte Verfahren zur Bestimmung der Presswalzenauslenkung über Potentiometer durch Erhöhung der Abtastrate Optimierungspotenzial. Zusätzlich wird das Drehmoment an der Häckseltrommel, am Vorsatzgerät oder am Motor gemessen. Diese Drehmomentmesswerte werden an die sich verändernde Schärfe der Schneidmesser angepasst. Nähert sich die ausgelenkte Presswalze ihren oberen oder unteren Anschlägen oder berührt diese, werden die Durchsatzmesswerte mit den Drehmomentmesswerten korrigiert. Im Bereich des unteren Anschlags würde sonst ein zu hoher Durchsatz und im Bereich des oberen Anschlags ein zu geringer Durchsatz ermittelt werden (5).

Die Abstände zwischen den Vorpresswalzen lassen sich auch mit einem Seilpotentiometer messen. Zur Korrektur im maximalen Auslenkungsbereich der federbelasteten oberen Vorpresswalze sind an dieser Stelle Kraftaufnehmer angeordnet, um die zusätz-

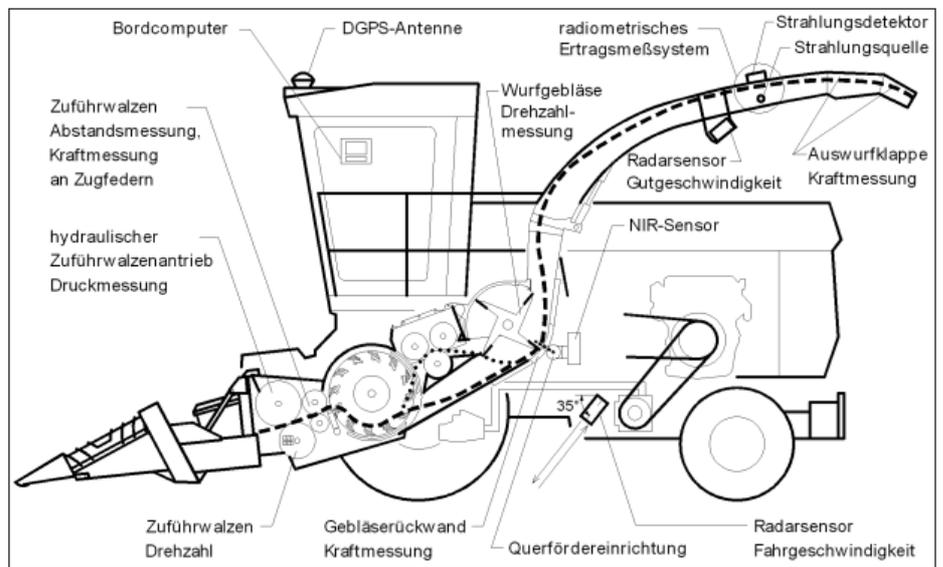


Bild 1: Beispiele für Messverfahren zur Durchsatz- und Qualitätsermittlung (Quelle: TU München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik)

Fig. 1: Examples for measuring methods for mass flow rate and quality (Source: TU Munich, Chair of Agricultural Systems Engineering)

liche Verdichtungskraft im Grenzbereich zu messen. Eine Lichtschranke erfasst den Erntegutstrom im Auswurfkrümmer und wird zur Korrektur bei geringem Erntegutfluss mit minimaler Auslenkung der Vorpresswalze herangezogen. Die Abstandsmessung wird zusätzlich mit der Kennlinie der Zugfedern an der Vorpresswalze korrigiert. Bei zunehmender Auslenkung erhöhen sich die Fe-

derkraft und damit die Dichte des Erntegutstromes (10). Die Geschwindigkeit des Erntegutes wird aus der Drehzahl der ortsfesten Vorpresswalze bestimmt.

Anstelle der Lichtschranke zur Erkennung des Erntegutstroms sind auch die vom Gutstrom verursachten Vibrationen mit einem Mikrofon, einem Körperschallsensor (an der Gegenschneide) oder durch optische Mes-

Die neuen Generationen - die wirtschaftlichste Entscheidung!

ROPA

innovative Technik für die Rübenerte

euro-Tiger V8-3

Verstopfungsfreies PR-Rodeaggregat 6-, 8- und 9-reihig!
PR-XL Straßentransportkonzept



ROPA

Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH

Sittelsdorf 24 · D-84097 Herrngiersdorf
Tel. +49 (0)87 85/96 01-0 · Fax +49 (0)87 85/96 01-42

vertrieb@ropa-maschinenbau.de · www.ropa-maschinenbau.de

euro-Maus 3

Komfortable Bedienung, hervorragende Reinigung, höchste Überladeleistungen, effiziente Load-Sensing-Hydraulik

sungen (Laserstrahl) an vibrierenden Elementen zu ermitteln. Ohne gemessene Vibrationen wird der Durchsatz auf Null gesetzt (15).

Zur Durchsatzmessung bietet sich weiterhin die Oberseite des Auswurfbogens zur Erfassung der durch den Erntegutstrom aufgebracht Kraft an. Diese Kraft wird durch eine schwenkbar gelagerte, gekrümmte Platte auf eine Lastzelle übertragen. Wirkende Reibungskräfte des Erntegutstromes werden bei dieser Anordnung nicht mit erfasst. Die Gutgeschwindigkeit wird an der offenen Unterseite oder durch einen transparenten Abschnitt an der geschlossenen Oberseite des Auswurfbogens gemessen (6, 8).

Mit dem Einsatz eines Mikrowellensensors im Auswurfbogen sollen insbesondere Verschleißprobleme mechanischer Durchsatzmessungen vermieden werden. Der Sensor arbeitet mit dem Transmissions-, Reflexions-, Doppler-Radar- oder Puls-Radar-Verfahren. Das Transmissionsverfahren eignet sich zur getrennten Bestimmung von Durchsatz und Gutfeuchte. Reflexionsmessungen dienen der Feuchtemessung. Die Geschwindigkeit und die Schichtdicke des durchströmenden Erntegutes lassen sich mit dem Doppler-Radar-Verfahren messen. Die Signale des Mikrowellensensors werden mit Temperaturwerten des Erntegutes korrigiert und als Gutfeuchte, Durchsatz und Guttemperatur ausgegeben. Alternativ kann die Oberflächenfeuchte mit Infrarotsensoren bestimmt werden (7).

Feuchtesensoren zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Erntegutstrom unterliegen Verschleiß und Verschmutzung. Zu deren Vermeidung sowie zur Erzielung zuverlässiger Messergebnisse haben sich die Messorte direkt nach der Häckseltrommel, direkt nach dem Auswurfgebläse oder im Abstand des Ein- bis Zweifachen des Auswurfgebläsedurchmessers vom Auswurfgebläse als vorteilhaft erwiesen (9).

Alternativ ist auch die Entnahme einer Erntegutprobe aus der Häckseltrommel möglich. Diese Probe wird in einer Probenkammer verdichtet, um Lufteinschlüsse zu vermeiden. Aus der Position des Verdichtungskolbens wird das Volumen der Probe bestimmt. Über einen Drucksensor wird die Verdichtung der Probe gemessen und gesteuert. Das Verhältnis von Volumen und Verdichtungskraft der Probe lässt sich zu Korrektur der Durchsatzmessung an den Vorpress- und Einzugswalzen heranziehen. Weiterhin werden Feuchte und Masse der Probe bestimmt (21).

Bei hydraulisch angetriebenen Einzugswalzen wird der Hydraulikdruck in der Hochdruckleitung gemessen. Zusammen mit der erfassten Drehzahl der Einzugswalzen wird daraus der Durchsatz berechnet.

Damit wird das Problem umgangen, dass niedrige Durchsätze zu keiner Auslenkung und hohe Durchsätze zu einer maximalen Auslenkung der Einzugswalzen führen, wodurch die Durchsatzmesswerte verfälscht werden (14).

Zur Durchsatzmessung kann auch die Rückwand des Wurfgebläses auf mikroskopische Bewegungen durch aufprallendes Erntegut mit einem Laserinterferometer abgetastet werden. Die Messfläche wird zwischen zwei quer zur Förderrichtung verlaufenden Festkörpergelenken mit verringertem Materialquerschnitt gebildet (27). Hierzu ist auch eine Kraftmessung an der Rückwand des Wurfgebläses bekannt (12).

Bestandteile und Eigenschaften von Erntegut

Für die Weiterverarbeitung des gehäckselten Erntegutes sind neben dessen Masse und Feuchtigkeit auch organische und nichtorganische Bestandteile von Interesse. Zur Messung von Bestandteilen im Erntegutstrom eignen sich optische Spektrometer, die zusammen mit einem Feuchtesensor im Auswurfbogen montiert werden (11). In diesem Zusammenhang ist die Probenentnahme für Referenzmessungen von besonderer Bedeutung. Dazu kann ein im Auswurfbogen motorisch schwenkbares Leitelement vorgesehen sein. Dieses wird in den Auswurfbogen geschwenkt, öffnet diesen damit und leitet einen Teil des Erntegutstroms in einen Probenbehälter (18).

Eine kontinuierliche Probenentnahme am Wurfgebläse zur Bestimmung von Inhaltsstoffen und Eigenschaften des Erntegutes ist aus (19) bekannt. Mit einer Förderschnecke wird das abgezweigte Erntegut verdichtet und einem optischen Sensor (NIR- oder NIT-Sensor) zur Spektralanalyse zugeführt. Die Wellenlängenspektren werden im Bordcomputer mit gespeicherten Spektren verglichen. Die zu den gespeicherten Spektren hinterlegten Daten für Inhaltsstoffe und Eigenschaften des Erntegutes werden ausgegeben und mit Positionsdaten des Feldhäckslers teilflächenspezifisch kartiert.

Die Feuchte oder die Bestandteile des Erntegutes sind geeignete Parameter für die Einstellung des Abstands und der Anpresskraft der Walzen einer Nachzerkleinerungseinrichtung. Damit werden die Körner im Erntegut angeschlagen. Bei relativ hoher Feuchte wird der Walzenabstand verringert und die Anpresskraft erhöht. Anhand der Daten eines Feuchtesensors lassen sich die Walzen automatisch einstellen (13). Ebenso kann die Schnittlänge beim Häckseln gesteuert werden. Dazu werden die Zuführgeschwindigkeit des Erntegutes über die Drehzahl der Vorpresswalzen oder die Drehzahl der Häck-

seltrommel variiert. Die Schnittlänge steigt mit der Feuchte an (16).

Neben der Feuchte ist auch die Art der Futterpflanze bei der Einstellung der Häcksellänge zu berücksichtigen. Beide Parameter haben einen erheblichen Einfluss auf die Verdichtung des Häckselguts. Der Erntevorsatz wird anhand eines Sensors detektiert. Daraus wird die Art des Erntegutes bestimmt. Ein Feuchtesensor (Mikrowellensensor) hinter dem Häckselwerk erfasst die Feuchte im zerkleinerten, relativ homogenen Erntegutstrom. Aus den Sensordaten wird die optimale Häcksellänge bestimmt und die Förderleistung des Wurfgebläses geregelt. Mit steigendem Feuchtegehalt wird die Drehzahl des Wurfgebläses erhöht (20).

Auch die Schnitthöhe des Erntevorsatzes lässt sich, abhängig von Verschmutzungen oder gemessenen Bestandteilen eines stängelartigen Erntegutes im Gutstrom, steuern. Dazu wird der Gutstrom mit einem Spektrometer im Auswurfbogen analysiert (24).

Die Messstelle für ein Spektrometer im Auswurfbogen bedarf einer speziellen Gestaltung (22, 23, 28). Zur notwendigen Reinigung der Messstelle wird die Messeinrichtung in den Auswurfbogen geschwenkt, um vom Erntegutstrom gereinigt zu werden (25). Das Spektrometer muss im Betrieb rekaliбриert werden. Dazu werden Schwarz- und Weißstandards verwendet, die automatisch oder manuell in den Strahlengang geschwenkt werden (26).

Weitere Verwertung der Messergebnisse

Neben den bisher betrachteten Aspekten liefern kontinuierlich aufgezeichnete Betriebsdaten (Durchsatz, Arbeitsstellung des Erntevorsatzes, Ortungsdaten) auch für die Diagnose, Wartung und die Bewertung eines Feldhäckslers und seiner Erntevorsätze sowie für Abrechnungen von Lohnunternehmern wichtige Informationen. Aus diesen Daten lassen sich etwa Betriebsstunden, bearbeitete Fläche, Informationen zum Einsatzort (Ortungsdaten), Art des Erntegutes, Betriebsgeschwindigkeit, Durchsatz oder mechanische Belastungen bestimmen (17).

Literatur

- [1] Ihle, G., und W. Dorniß: Untersuchungen zur Mechanischen Messung des Durchsatzes am selbstfahrenden Feldhäckslers. Agrartechnik 27 (1977), H. 6, S. 265 – 266
- [2] Auernhammer, H., M. Demmel and P.J.M. Pirro: Yield Measurement on Self Propelled Forage Harvesters. ASAE St. Joseph, 1995, Paper No. 95 1757
- [3] Deutsches Patent- und Markenamt, <http://depatisnet.dpma.de>, Menüpunkt Recherche
- [4] Europäisches Patentamt, <http://www.epoline.org>, Menüpunkt Register Plus