

Sandro Ruhland, Karl Wild und Gerd Bernhardt, Dresden

Prüfstandsuntersuchungen zur Ertragsermittlung im Mähwerk

Die erreichbare Genauigkeit eines Messsystems zur Ertragsermittlung von Gras sowie eine Reihe möglicher Einflussgrößen wurden in einem Prüfstand untersucht, um die Leistungsfähigkeit des Messsystems bewerten zu können.

Zur Ertragsermittlung von Gras wurden in den letzten Jahren verschiedene Verfahren untersucht. Einer der an der AG Landtechnik der HTW Dresden verfolgten Ansätze beruht auf einem Schwadversetzer, der an einem Mähauflbereiter eingesetzt wird und das Mähgut auf einem kurzen Förderband transportiert. Die Antriebsleistung dieses Förderbandes soll zur Ertragsermittlung genutzt werden.

Neben bereits durchgeführten Untersuchungen zu grundlegenden Eigenschaften des Förderbandes und den Einflussgrößen, die sich auf die Antriebsleistung auswirken [1, 2], wurde ein Prüfstand aufgebaut, in dem sich Masseströme realisieren lassen. Auf diese Weise sollten die erreichbaren Genauigkeiten sowie die in Kalibrierfunktionen zu berücksichtigenden Größen untersucht werden.

Material und Methoden

Wie bereits in den vorhergehenden Versuchen wurde ein Schwadversetzerförderband verwendet. Dieses rund 1,7 m lange und 0,73 m breite Förderband war mit verschiedenen Sensoren ausgestattet. Zur Erfassung der benötigten Antriebsleistung diente eine zwischen Hydraulikmotor und Antriebstrommel installierte Drehmomentmesswelle. Die Geschwindigkeit des Förderbandes wurde mit Reflexionslichtschranke und Reflexionsmarke auf dem Fördergurt bestimmt. Darüber hinaus wurde durch eine

Einweglichtschranke angezeigt, ob sich Material auf dem Förderband befand. Über einen Neigungssensor wurde die Neigung des Messförderbandes bestimmt.

Zur Erzeugung eines Massestroms im aufgebauten Prüfstand wurde ein 8 m langes Zuführförderband eingesetzt. Es wurde vor Beginn der einzelnen Messungen beladen und gab das Material in jeweils rund 6 s an das Messförderband ab. Mess- und Zuführförderband konnten in ihrer Position zueinander verändert werden, so dass mögliche Einflussgrößen variiert werden konnten. Dies waren die Länge des Transportweges auf dem Messförderband, die Höhe aus der das Fördergut auf das Messförderband fiel und die Transportrichtungen der beiden Förderbänder zueinander. Durch Letzteres wurde die Anfangsgeschwindigkeit des Förderguts bezogen auf das Messförderband beeinflusst. Bei Anordnung beider Förderbänder im rechten Winkel zueinander hat das Fördergut eine Anfangsgeschwindigkeit von 0 m/s. Fördern beide Förderbänder dagegen das Material in die gleiche Richtung, entspricht die Anfangsgeschwindigkeit annähernd der Zuführbandgeschwindigkeit (Bild 1).

Weitere variierte Parameter waren die Bandspannung, die über zwei Schraubendruckfedern eingestellt wurde, und die Bandgeschwindigkeit, die über die Drehzahl des Förderbandmotors gesteuert wurde. Durch einseitiges Anheben ließ sich die Neigung des Messförderbandes verändern.

Dipl.-Ing (FH) Sandro Ruhland ist Doktorand in der AG Landtechnik der HTW Dresden, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden; e-mail: ruhland@pillnitz.htw-dresden.de.

Er wird gemeinsam betreut von Prof. Dr. Karl Wild (AG-Leiter; e-mail: wild@pillnitz.htw-dresden.de) und Prof. Dr.-Ing. Gerd Bernhardt, Leiter des Lehrstuhls Landmaschinen an der TU Dresden, 01062 Dresden.

Schlüsselwörter

Ertragsermittlung, Mähauflbereiter, Leistungsbedarf, Gras, Schwadversetzer

Keywords

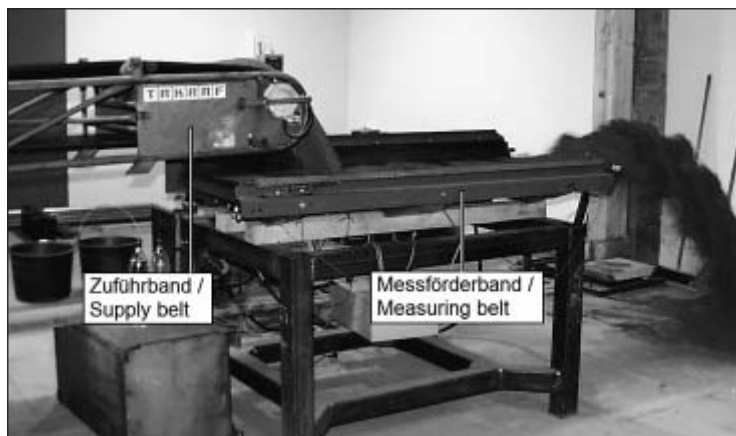
Yield determination, mower conditioner, power requirement, grass, windrowing device

Literatur

- [1] Ruhland, S., S. Haedicke and K. Wild: A measurement technique for yield determination of grass. In: Tagung Landtechnik 2004, VDI Verlag, Düsseldorf, 2004, S. 317 - 324
- [2] Ruhland, S., K. Wild und G. Bernhardt: Einflussgrößen bei der Ertragsermittlung im Mähwerk. Landtechnik 61 (2006), H. 3, S. 138 - 139

Bild 1: Aufbau des Prüfstandes

Fig. 1: Design of the test rig



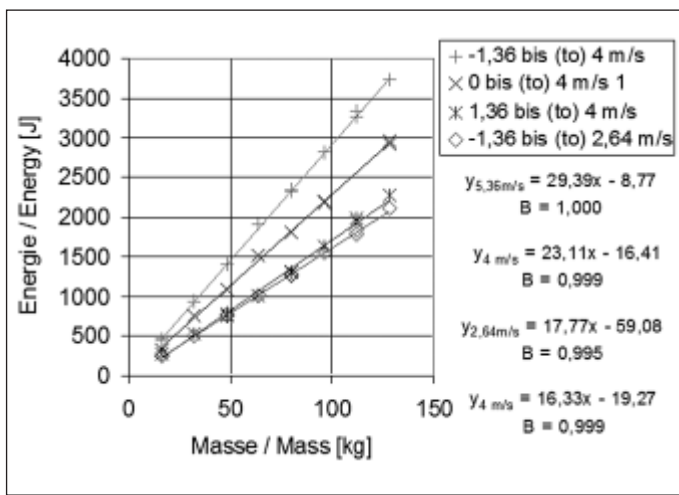


Bild 2: Energiebedarf des Messförderbandes für verschiedene Anfangs- und Endgeschwindigkeiten als Funktion der Masse

Fig. 2: Power requirement of the measurement belt for several initial and final speeds as a function of mass

Bei der Durchführung der Versuche fanden zum einen Gras und zum anderen aufgrund besserer Handhabung Sand Verwendung. Zur Erstellung von Kalibrierfunktionen wurden die verwendeten Massen gewogen. Sie betragen bis zu 128 kg pro Versuch. Dies entsprach einem Massestrom von maximal 21,7 kg/s. Bezogen auf die Anwendung in einem Mähwerk mit 3 m Arbeitsbreite und einer Arbeitsgeschwindigkeit von 10 km/h ist dies vergleichbar mit einem Frischmasseertrag von bis zu 26 t/ha.

Die gemessenen Werte wurden über jeweils ganze Bandumdrehungen gemittelt. Vom gemessenen Drehmoment wurde das Lehrlaufdrehmoment subtrahiert. Der verbleibende Anteil wurde unter Einbeziehung des Drehwinkels in die benötigte Energie zur Materialförderung umgerechnet. Im Vergleich mit den per Wägung ermittelten Referenzwerten ließ sich dann eine Kalibrierung durchführen. Für die Erstellung der Kalibrierfunktionen wurden bei gleichen Einstellungen jeweils mindestens zehn Versuche mit Massen zwischen 10 und 130 kg durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Zu Beginn der Untersuchungen wurde die Abhängigkeit von der Bandgeschwindigkeit und dem Fördergut ermittelt. Dabei ergaben sich bei den einzelnen Versuchsreihen lineare Zusammenhänge zwischen geförderter Masse und benötigter Energie. Die Bestimmtheitsmaße der Regressionsgeraden erreichten bei den meisten Versuchen Werte von über 0,99. Dabei zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der Messergebnisse von der Bandgeschwindigkeit. Die Materialabhängigkeit war im Vergleich von Gras und Sand nur gering.

Bei den ersten Versuchen war die Anfangsgeschwindigkeit des Förderguts in Bezug auf die Bewegungsrichtung des Messförderbandes gleich Null. In weiteren Versuchen mit Sand wurde die Anfangsgeschwindigkeit des Förderguts verändert (Bild 2).

Bei Anhebung der Anfangsgeschwindigkeit von 0 m/s auf die Zuführbandgeschwin-

digkeit (~ 1,36 m/s) sank die erforderliche Energie um etwa 25 %. Bei entgegengesetzter Anfangsgeschwindigkeit nahm sie um 25 % zu. Erfolgt eine Beschleunigung des Förderguts nicht von 0 auf 4 m/s, sondern von -1,36 auf 2,64 m/s, also bei gleicher Differenzgeschwindigkeit von 4 m/s, ergaben sich bei niedrigerer Bandgeschwindigkeit deutlich geringere erforderliche Energien. Damit ist bei der Kalibrierung nicht nur die Anfangs- und Endgeschwindigkeit des Förderguts, sondern auch die dazu erforderliche Bandgeschwindigkeit zu berücksichtigen.

Im Vergleich mit der berechneten zuzuführenden kinetischen Energie ist die tatsächlich benötigte Energie deutlich größer. Damit sind in der benötigten Gesamtenergie noch weitere Anteile enthalten, deren Abhängigkeit von den möglichen Einstellungen im Folgenden untersucht wurde. Die Bandgeschwindigkeit betrug dabei 4 m/s und die Anfangsgeschwindigkeit des Förderguts war gleich Null.

Muss das Fördergut entlang der Transportstrecke angehoben werden, steigt der Energiebedarf und umgekehrt sinkt er bei einem Gefälle. Die untersuchten Winkel betragen zwischen -7,5 und +7,5 ° gegenüber der Waagerechten. Dabei zeigte sich, dass eine Änderung um 5 ° im untersuchten Bereich eine Änderung der erforderlichen Energie um 10 % bedingt. Dies gilt sowohl für die Energieabnahme bei einem Gefälle als auch für die Energiezunahme bei einer Steigung entlang des Transportweges. Eine Abhängigkeit der Ergebnisse vom Fördergut war nicht zu erkennen.

Weiterhin wurde die Anordnung des Zuführ- zum Messförderband verändert, um den Transportweg von 120 auf 80 cm verkürzen zu können. Dies führte bei Sand zu einem Rückgang der benötigten Energie von rund 7 %. Bei Gras waren es dagegen etwa 20 %. Mögliche Erklärungen hierfür sind, dass bei gleicher Masse eine stärkere Reibung zwischen Fördergut und Rahmen des Messförderbandes auftrat und das Gras bei sehr kurzer Transportstrecke nicht vollständig auf die Geschwindigkeit des Messförderbandes beschleunigt werden konnte. Bei Sand trat dieser Effekt nicht in diesem Maße

auf, weil er nahezu vollständig auf dem Fördergurt auflag.

Die Fallhöhe des Förderguts wurde in zwei Stufen, 45 cm und 65 cm, variiert. Bei der Verwendung von Gras zeigten sich keine Unterschiede zwischen beiden Messreihen. Bei Sand führte die Erhöhung der Fallhöhe um 20 cm jedoch zu einem Anstieg der erforderlichen Energie um etwa 20 %. Die Sandbestandteile können sich vergleichsweise unabhängig voneinander bewegen. Dadurch erreichen sie im Gegensatz zu Gras im freien Fall bei unterschiedlichen Höhen deutlich verschiedene Geschwindigkeiten. Gras bildet ein stärker zusammenhängendes Haufwerk, wodurch die einzelnen Bestandteile nicht frei fallen können. Dadurch wirken sich geringfügige Änderungen der Fallhöhe kaum auf die Ergebnisse aus.

Nahezu keinen Einfluss auf die Messergebnisse hatte die Variation der Bandspannung.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die erreichbaren Genauigkeiten bei der Bestimmung des Massestroms sind in den einzelnen Versuchsreihen sehr hoch. Bei konstanten Bedingungen unterschritten die Bestimmtheitsmaße 0,99 nur in wenigen Fällen.

Verschiedene Änderungen von Umgebungsbedingungen wirken sich jedoch deutlich auf die Messergebnisse aus. Besonders stark ist der Einfluss der Geschwindigkeit des Messförderbandes. Daher sollte während der Messung die Geschwindigkeit konstant gehalten oder erfasst und in der Kalibrierfunktion berücksichtigt werden. Für den Einsatz auf einer fahrenden Maschine ist es zudem erforderlich, den Neigungswinkel des Messförderbandes zu erfassen und in die Kalibrierung einzubeziehen.

Die Länge des Transportweges wirkt sich bei der Verwendung von Gras stärker als bei Sand aus. Nur bei Sand hat dagegen die Fallhöhe einen Einfluss. Die Bewegungsrichtung des Förderguts vor dem Auftreffen auf das Messförderband beeinflusst auch die erforderliche Antriebsleistung. Durch einen geeigneten konstruktiven Aufbau der Ertragsmessenrichtung können diese Einflussgrößen jedoch konstant gehalten werden. Dadurch ist eine Berücksichtigung in den Kalibrierfunktionen nicht erforderlich.

Nachdem mit diesem indirekten Massestrommessverfahren in einem stationären Prüfstand hinreichend genaue Ergebnisse erzielt wurden, sind im Weiteren darauf aufbauende Feldversuche durchzuführen. Aufgrund der erzielten Ergebnisse ist auch eine Anwendung in weiteren landwirtschaftlichen Maschinen mit vergleichbaren Förderbändern denkbar.