

Sandro Ruhland, Karl Wild und Gerd Bernhardt, Dresden

Einflussgrößen bei der Ertragsermittlung im Mähwerk

Zur Steigerung der Genauigkeit bei der Grasertragsmessung im Mähwerk wurde untersucht, wie stark sich bestimmte Einflussfaktoren auf die Messungen auswirken.

In den vergangenen Jahren wurden an der LAG Landtechnik der HTW Dresden eine Reihe von Verfahren zur Ertragsermittlung von Gras untersucht, wobei ein Ansatz auf einem Schwadversetzer beruht, der an einem Mähauflbereiter eingesetzt wird. Dieser Schwadversetzer transportiert das Mähgut mit einem kurzen Förderband, das von einem Hydraulikmotor angetrieben wird. Zur Ermittlung des Massenflusses (Grasertrages) wurde die für das Förderband erforderliche Antriebsleistung genutzt, welche sowohl über eine Drehmomentmesswelle als auch über die Druckdifferenz am Hydraulikmotor erfasst wurde [1]. Ein induktiver Näherungsschalter und Metallmarken auf dem Band dienten zur Feststellung der Bandgeschwindigkeit. Die Ergebnisse der Labor- und Felduntersuchungen zeigten, dass sowohl über die Drehmoment- als auch über die Druckdifferenzmessung eine Ertragsermittlung möglich ist [2]. Die erzielten Genauigkeiten entsprachen aber nicht immer den Anforderungen. Deshalb wurden weitere Tests durchgeführt, um Einflussgrößen genauer bestimmen zu können.

Durch die Untersuchungen sollte die Zusammensetzung der benötigten Antriebsleistung entsprechend der auftretenden Bewegungswiderstände ermittelt werden. Diese wurden zunächst in drei Ursachenbereiche aufgliedert. Der für die Ertragsermittlung wichtigste Anteil geht auf den Beschleunigungswiderstand des Fördergutes zurück, der bei konstanter Geschwindigkeitsdifferenz dem Massestrom proportional ist. Weitere Bewegungswiderstände werden vom Fördergurt verursacht. Zu diesen zählen der

Biege- und Rollwiderstand an der Antriebs- und der Umlenktrummel sowie die Reibung zwischen Fördergurt und Förderbandgestell, die an den Gurtführungsschienen zwischen den Trommeln auftritt. Außerdem verursachen auch die Lager der Antriebs- und Umlenktrummel, die den Fördergurt tragen, Bewegungswiderstände.

Material und Methoden

Der Schwadversetzer wurde für die weiteren Untersuchungen vom Mähauflbereiter abgenommen und in einen Prüfstand integriert [1]. Gegenüber den vorhergehenden Labor- und Felduntersuchungen wurden zusätzliche Temperatursensoren an den Lagern der Antriebs- und der Umlenktrummel des Schwadversetzerförderbandes installiert.

Um die Bewegungswiderstände entsprechend ihrer Ursachen analysieren zu können, wurden verschiedene Fördergurte eingesetzt. Der im ~ 1700 mm langen Schwadversetzer am Mähauflbereiter eingesetzte Originalfördergurt ist 730 mm breit und weist quer zur Transportrichtung aufgebrauchte Querstege auf („Band 1“). Diese sollen der besseren Materialmitnahme dienen, verursachen aber einen größeren Biege- und Rollwiderstand an den Trommeln. Zum Vergleich dazu wurde ein ebenfalls 730 mm breiter Fördergurt ohne Querstege eingesetzt, dessen Oberflächenprofil für eine günstige Materialmitnahme kleine Noppen (Durchmesser 1 mm) aufwies, die sich gleichmäßig über den gesamten Gurt erstreckten („Band 2“). Um den Anteil der Bewegungswiderstände der Lager in guter Näherung bestimmen zu können,

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 durch 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; e-mail: bernhardt@landmaschinen.tu-dresden.de

Schlüsselwörter

Ertragsermittlung, Mähauflbereiter, Leistungsbedarf, Gras, Schwadversetzer

Keywords

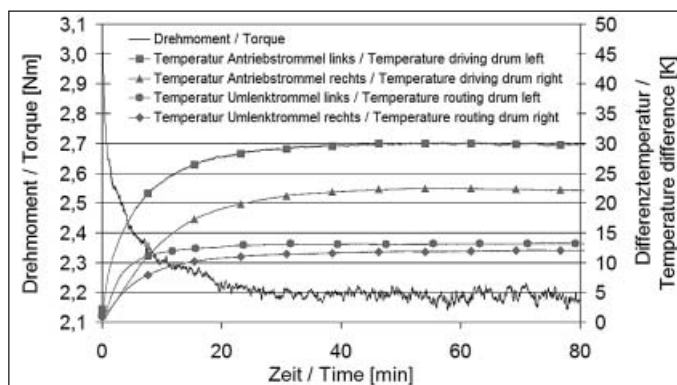
Yield determination, mower conditioner, power requirement, grass, wind rowing device

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, pp. 317 - 324
- [2] Wild, K., and S. Ruhland: Yield determination in a mower conditioner by means of hydraulic pressure measurements. In: Precision Agriculture. Ed.: John V. Stafford, Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2005, pp. 409 - 413

Bild 1: Drehmomentbedarf und Lagertemperatur als Funktion der Zeit (Einlaufphase)

Fig. 1: Torque and bearing temperature depending on time (at the beginning)



wurden außerdem Untersuchungen mit einem lediglich 70 mm breiten Gurt durchgeführt („Band 3“). Dieser hatte eine glatte Oberfläche und war so installiert, dass keine Reibung zwischen Gurt und Förderbandrahmen möglich war.

Weitere variierte Parameter waren die Gurtgeschwindigkeit und die Bandspannung, die über Schraubendruckfedern verändert werden konnte.

Ergebnisse und Diskussion

Die Messungen erfolgten ohne Last. Dabei war zu beobachten, dass nach Inbetriebnahme des Förderbandes mit dem Originalfördergurt das Drehmoment absinkt, bevor es nach etwa 30 Minuten einen relativ konstanten Wert annimmt. Parallel dazu stiegen die Temperaturen in den Lagern der beiden Trommeln gegenüber der Umgebungstemperatur an (Bild 1).

Diese Wärmeentwicklung ist durch die Reibung in den Lagern bedingt und bewirkt, dass die Schmiermittelviskosität abnimmt. Dadurch sinkt bei steigender Lagertemperatur der Bewegungswiderstand und damit auch das aufzubringende Drehmoment.

Ursache der unterschiedlichen Temperaturanstiege in den einzelnen Lagern ist ihr unterschiedlicher Aufbau. Der stärkste Temperaturanstieg ist in dem Lager zu beobachten, dass den Antriebsmotor mit der Antriebstrommel verbindet. Dieses weist auch die vergleichsweise größte Reibfläche auf.

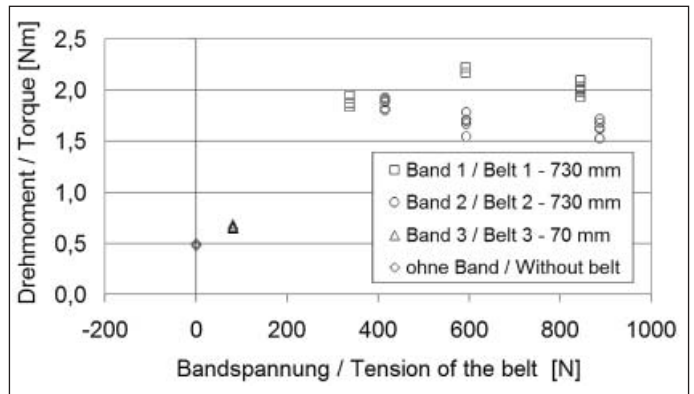
Um zu überprüfen, ob allein die sich ändernden Bewegungswiderstände der Lager für das abfallende Drehmoment in der Einlaufphase verantwortlich sind, erfolgte ein Vergleich mit dem lediglich 70 mm breiten Fördergurt. Trotz der sich nach der Einlaufphase einstellenden konstanten Drehmomentwerte, 2,2 Nm gegenüber 0,6 Nm, ist der Rückgang des Drehmomentes innerhalb der Einlaufphase bei beiden Gurten mit 0,6 Nm und 0,5 Nm vergleichbar.

Im Vergleich der beiden Bänder ist weiterhin festzustellen, dass sich bei gleicher Geschwindigkeit auch gleiche Temperaturwerte einstellen. Die Spannkraft des 70 mm breiten Gurtes mit ~ 100 N ist jedoch wesentlich kleiner als die Spannkraft beim Originalfördergurt mit ~ 600 N. Daraus resultiert, dass der Bewegungswiderstand der Lager im betrachteten Bereich unabhängig von der Belastung der Lager ist. Damit ist er auch unabhängig von der Bandbelastung bei der Massestrommessung.

Werden nur die sich einstellenden stationären Drehmomentwerte betrachtet, sind auch Aussagen zum Anteil der Fördergurte an den Bewegungswiderständen möglich (Bild 2).

Bild 2: Drehmomentbedarf als Funktion der Bandspannung für verschiedene Fördergurte

Fig. 2: Torque depending on the time for several conveyor belts



Wird das Förderband ohne Gurt betrieben, es dreht sich also nur noch die Antriebstrommel, ergeben sich Werte, die nur geringfügig kleiner als beim Betrieb mit dem 70 mm breiten Fördergurt sind. Dies zeigt zum einen, dass die Bewegungswiderstände der Umlenktrummellager deutlich geringer als die der Antriebstrommel sind, und zum anderen, dass der 70 mm breite Fördergurt ebenfalls nahezu keinen zusätzlichen Bewegungswiderstand verursacht.

Wird einer der 730 mm breiten Fördergurte eingesetzt, steigt das erforderliche Drehmoment von ~ 0,6 auf etwa 1,6 bis 2,2 Nm. Damit übersteigt der Anteil des Fördergurtes am Gesamtbewegungswiderstand im Leerlauf den Anteil der Lagerbewegungswiderstände deutlich. Eine signifikante und systematische Abhängigkeit der benötigten Leistung von Bandspannung ist jedoch nicht erkennbar. Dabei überlagern sich allerdings mehrere Effekte, die nicht einzeln betrachtet werden können. So nimmt der Biege- und Bewegungswiderstand des Fördergurtes an den Trommeln mit der Bandspannung zu. Die Reibung zwischen Gurt und Förderbandrahmen nimmt aufgrund des geringeren Durchhangs zwischen den tragenden Trommeln aber ab.

Variiert wurde neben der Fördergurtspannung auch die Gurtgeschwindigkeit. Auch dabei konnte, abgesehen von der Einlaufphase, keine signifikante Veränderung des Drehmomentes mit der Gurtgeschwindigkeit festgestellt werden. Das Drehmoment bleibt weitestgehend konstant. Demgegenüber ist jedoch mit zunehmender Gurtgeschwindigkeit beim Materialtransport eine größere Beschleunigung erforderlich, so dass der Massestrom gegenüber anderen Einflussgrößen an Bedeutung gewinnt.

Erschwert wird die Bestimmung der Abhängigkeit des Drehmomentes von Gurtspannung und -geschwindigkeit auch durch die starke Variation des Leerlaufdrehmomentes, ohne dass ein Betriebsparameter verändert wird. Die Breite dieses Bereiches erstreckte sich bei den Versuchen zwischen 0,2 und 0,3 Nm.

Als Ursache für diese Schwankungen sind Veränderungen in der Maschine zu vermuten. Dies können geringfügige seitliche Ver-

schiebungen des Fördergurtes während des Betriebs, Variationen der Schmiermittelverteilung innerhalb der Lager oder ähnliche zufällige Veränderungen sein.

Schlussfolgerung

Der Drehmomentrückgang in der Einlaufphase wird fast ausschließlich durch die temperaturabhängigen Bewegungswiderstände der Lager in den Trommeln verursacht. Daher müsste bei den Messungen zur Massestrombestimmung ein Zeitraum von mindestens 20 bis 30 Minuten zwischen Inbetriebnahme des Förderbandes und dem Beginn der Messung vergehen oder die Lagertemperatur wird direkt in die Massestrombestimmung einbezogen. Aufgrund der Belastungsunabhängigkeit des Lagerbewegungswiderstandes kann dieser dann bei Massefluss vom gemessenen Drehmoment subtrahiert werden und muss nicht weiter berücksichtigt werden.

Bei der Variation der Bandspannung ist im untersuchten Bereich keine signifikante Änderung des Leerlaufdrehmomentes festzustellen, so dass auch der Bewegungswiderstand des Fördergurtes im betrachteten Bereich nahezu belastungsunabhängig ist. Allerdings führt die Steigerung der Bandspannung durch das Aufliegen von Fördergurt zu einer größeren Reibung zwischen Fördergurt und den Gurtführungsschienen.

Aufgrund der Variationen des Leerlaufdrehmomentes, die beim Feldeinsatz noch weiter zunehmen können, ist bei Massestrommessungen deshalb das Leerlaufdrehmoment regelmäßig zu überprüfen und mit dem aktuellen Wert in die Massestrombestimmung einzubeziehen.

Für den Einsatz in der Praxis bedeutet dies, dass der Schwadversetzer regelmäßig in kürzeren zeitlichen Abständen ohne Materialfluss arbeiten muss (etwa beim Wenden), so dass eine Ermittlung des Leerlaufdrehmomentes möglich ist. Um eine Verkürzung der unzumutbar langen Einlaufphase nach Inbetriebnahme des Förderbandes zu erreichen, ist die Verwendung anderer Lager zu überprüfen.