

Bernd Niemöller und Hans-Heinrich Harms, Braunschweig, sowie Nils Erasmy, Bad Saulgau

Leistungsanalyse eines Scheibenmähwerkes

Erläutert wird eine Methode zur Erfassung und Beurteilung des Schnittvorganges sowie der Leistungen eines Scheibenmähwerkes. In Feldversuchen wurden während des Mähvorganges verschiedene Parameter wie Schneidkräfte und Drehmomente gemessen. In einer anschließenden Leistungsanalyse wurden verschiedene Leistungen ermittelt und gegenüber gestellt, um damit Aussagen über Leistungsverluste treffen zu können.

Im Rahmen des von der Firma CLAAS beauftragten und am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der TU Braunschweig durchgeführten Projektes wurde eine messtechnische Analyse der Schnittvorgänge in einem Scheibenmähwerk durchgeführt. Das Ziel dieses Projektes war es, ein Verfahren zu entwickeln, welches es ermöglicht, genauere Erkenntnisse über den Schnittvorgang und den Leistungsbedarf in einem Mähwerk zu gewinnen und mögliche Schwachpunkte des Mähwerkes aufzudecken. Hierbei war von besonderem Interesse, welchen Belastungen einzelne Komponenten während des Mähvorganges ausgesetzt sind und in welchen Bereichen die größten Verlustleistungen entstehen.

kommende Antriebswelle einer Mähscheibe um einige Millimeter verlängert und mit Dehnmessstreifen (DMS) zur Bestimmung des eingebrachten Drehmomentes beklebt (Bild 1). Zur Ermittlung der Klingenkraft wurde eine Klinge der untersuchten Scheibe über einen Messerträger starr mit der Scheibe verbunden (Bild 1). Der Messerträger wurde mit DMS beklebt, so dass damit die Ermittlung der Klingenkraft möglich wurde. Mit der Drehzahl und den geometrischen Abmessungen der Scheibe konnte die Klingengeschwindigkeit und mit Hilfe der Klingenkraft die Schneidleistung an einer Klinge ermittelt werden. Zur Untersuchung des Pendelverhaltens der Klinge während des Mähbetriebes wurde eine Klinge über zwei Lager in der Mähscheibe gelagert. Ein induktiv arbeitender Drehwinkelsensor wurde über der Lagerung der Klinge in der Scheibe verbaut (Bild 1). Mit Hilfe eines in der Lagerung verbauten Magneten konnte der Verschwenkwinkel der Klinge relativ zur Scheibe gemessen werden. Die gemessenen Daten des Drehmomentes an der Mähscheibe, der Klingenkraft und des Verschwenkwinkels der Klinge wurden per Kabel und mit Hilfe eines Schleifringes zu einem Messrechner geführt.

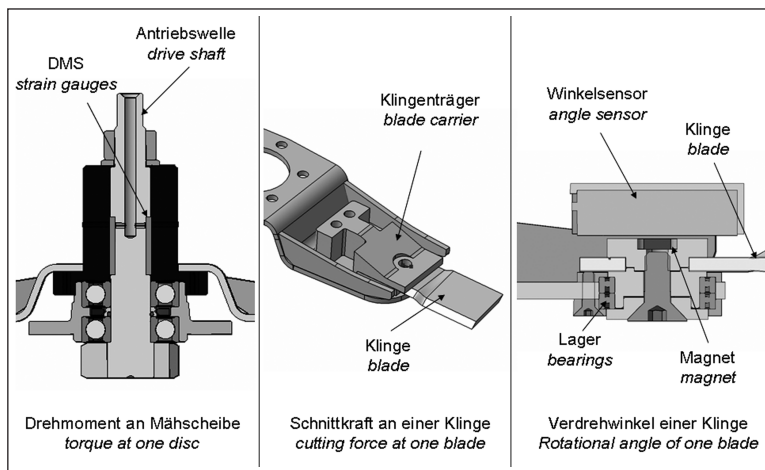


Bild 1: Verwendete Messtechnik

Fig. 1: Measuring technology used

Dipl.-Ing. Bernd Niemöller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; e-mail: b.niemoller@tu-bs.de
 Dipl.-Ing. (FH) Nils Erasmy ist Entwicklungsingenieur in der Vorentwicklung für Futtererntemaschinen der Claas Saulgau GmbH.
 Das vorgestellte Projekt wurde im Rahmen eines Industrieauftrages der Firma CLAAS über einen Zeitraum von zwei Jahren bearbeitet.

Schlüsselwörter

Scheibenmähwerk, Leistungsanalyse

Keywords

Disc mower, power analysis

Verwendete Messtechnik

Zur Untersuchung des Schnittvorgangs und des Leistungsbedarfs eines Mähwerkes wurden neben dem Antriebsdrehmoment an der Gelenkwelle das Drehmoment an einer Mähscheibe, die Schnittkraft an einer Mähklinge und der Verschwenkwinkel einer Mähklinge ermittelt. Die Ermittlung der Antriebsdrehzahl und des Antriebsmomentes an der Gelenkwelle erfolgt über eine Drehmomentenmessnabe der Firma Walterscheid. Sie wurde zwischen der Gelenkwelle des Mähwerkes und dem Zapfwellenstummel des Traktors montiert. Zur Bestimmung der in eine Mähscheibe eingebrachten Leistung wurde die aus dem Mähbalken

Ergebnisse der Feldversuche

Die Feldversuche zeigen sehr gute Ergebnisse. In Bild 2 ist ein Beispiel für die an der Klinge gemessene Schnittkraft über der Zeit dargestellt. Es ist zu erkennen, dass es aufgrund einer sehr hohen messtechnischen Auflösung von 5000 Hz möglich ist, jeden einzelnen Schnitt zu untersuchen. Weiterhin ist zu sehen, dass während eines Schnittes die gemessene Kraft an der Klinge deutlich ansteigt. Zwischen den einzelnen Schnitten sinkt die Kraft an der Klinge auf null ab.

Als ein weiteres Beispiel für die gemessenen Werte ist der Verschwenkwinkel der Klinge relativ zur Mähscheibe während des Mähvorgangs aufgeführt. In Bild 3 ist der Verschwenkwinkel über der Zeit dargestellt. Es ist zu erkennen, dass während des Schnittes die Klinge leicht in negative Richtung ausgelenkt wird. Nach dem Ende des Schnittes schwenkt die Klinge wieder in die Aus-

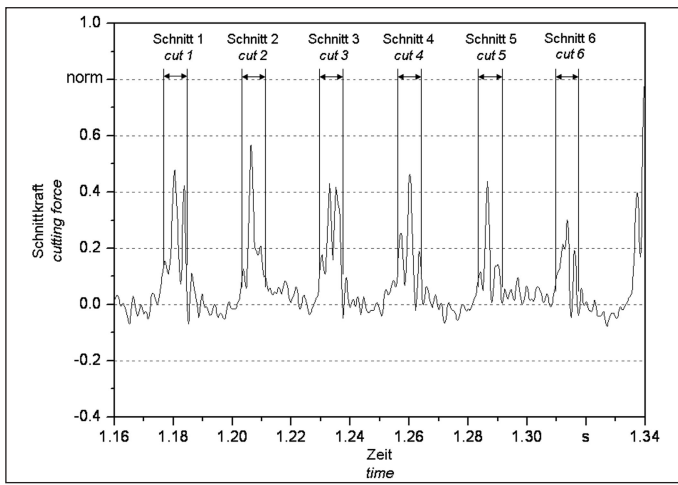


Bild 2: Schnittkraft

Fig. 2: Cutting force

gangposition zurück (Schnitt 1). Je nach Auslenkung der Klinge kann es während des Zurückschwenkens zu einem Überschwingen der Klinge kommen (Schnitt 2). Dieses Überschwingen hat ein Ausschlagen der Klinge zur Folge, welches je nach Ausschwingdauer bis zum nächsten Schnitt noch nicht beendet sein kann (Schnitt 2).

Leistungsanalyse des Scheibenmäherkes

Für eine Leistungsbetrachtung wurden mit Hilfe der gemessenen Drehmomente und Drehzahlen sowie mit Hilfe der gemessenen Klingenkraft und Klingengeschwindigkeiten verschiedene Leistungen berechnet. Es ergaben sich die Gesamtantriebsleistung an der Gelenkwelle, die Antriebsleistung an einer Mähscheibe und die Schnittleistung an einer Mähklinge. Um eine bessere Vergleichbarkeit der ermittelten Leistungen zu erreichen, wurde die Antriebsleistung einer Mähscheibe auf die Gesamtanzahl der Mähscheiben im verwendeten Mähwerk (hier: sieben) und die Schnittleistung an einer Mähklinge auf die Gesamtanzahl der Mähklingen im verwendeten Mähwerk (hier: vierzehn) extrapoliert. Um bei der Leistungsanalyse den Windwiderstand der Mähscheiben berücksichtigen zu können, wurde dieser in separaten Versuchen ermittelt. Hierzu wurde das Mähwerk sowohl mit als auch ohne Mähscheiben stationär betrieben und dabei jeweils die Gesamtantriebsleistung ermittelt. Die Differenz der beiden gemessenen Leistungen ergibt die Leistung für den Windwiderstand der Mähscheiben. In Bild 4 ist in einem Beispiel ein Vergleich der verschiedenen Leistungen über der Zeit dargestellt bei einer Scheibendrehzahl von 3200 min^{-1} und einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h .

Es ist zu erkennen, dass eine große Differenz zwischen den ermittelten Leistungen besteht. Die Differenz zwischen der Gesamtantriebsleistung und der Leistung an den Mähscheiben liegt in den Leistungsverlusten des Antriebs begründet. Diese Leis-

tungsverluste machen $\sim 20\%$ der Gesamtleistung aus. Die Differenz zwischen der Leistung an den Mähscheiben und der Leistung an den Mähklingen addiert zu der Windwiderstandsleistung der Mähscheiben liegt in dem Leistungsverlust aufgrund der Reibung des Schnittgutes auf den Mähscheiben begründet. Diese Leistungsverluste machen $\sim 25\%$ der Gesamtleistung aus. Die Windwiderstandsleistung der Mähscheiben liegt bei $\sim 20\%$.

Die für die Mähklingen ermittelte Schnittleistung beträgt $\sim 35\%$ der Gesamtleistung und ist als eigentliche für das Mähen erforderliche Leistung zu sehen. Somit lässt sich sagen, dass in diesem Betriebspunkt $\sim 65\%$ der in das Mähwerk eingebrachten Leistung als Verlustleistung zu sehen sind und $\sim 35\%$ der Leistung für das Mähen benötigt werden.

In weiteren Versuchen wurden verschiedene Parameter wie die Drehzahl der Scheiben oder die Fahrgeschwindigkeit variiert. Hier wurden ebenfalls die Gesamtantriebsleistung sowie die Verlustleistung ermittelt.

Als Fazit der Feldversuche lässt sich sagen, dass es möglich ist, unter Variation der oben beschriebenen Parameter für verschiedene Betriebspunkte des Mähwerkes sowohl die Gesamtleistung des Mähwerkes als auch die verschiedenen Verlustleistungen zu ermitteln. Damit ist es möglich, den besten Betriebspunkt für den Mähvorgang ausfindig zu machen. Darüber hinaus lassen sich mit

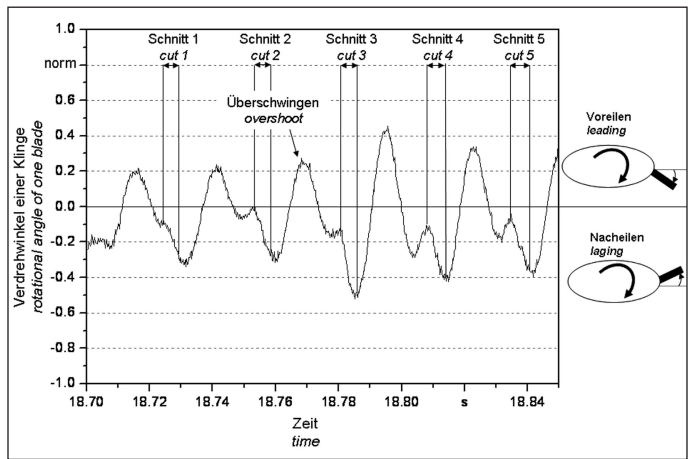


Bild 3: Verdrehwinkel einer Klinge

Fig. 3: Rotational angle of one blade

Hilfe der Ergebnisse dieser Versuche Tendenzen für die Optimierung des Scheibenmäherkes ableiten.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des beschriebenen Projektes ist ein messtechnisches Verfahren entwickelt worden, mit welchem es möglich ist, den Schnittvorgang in einem Scheibenmäherwerk näher zu untersuchen und damit eine Leistungsanalyse durchzuführen. Hierzu wurde ein Scheibenmäherwerk mit Sensoren ausgerüstet, die das Antriebsmoment an der Gelenkwelle, das Drehmoment an einer Mähscheibe, die Schnittkraft an einer Mähklinge und den Verschwenkwinkel einer Mähklinge erfassen. In Feldversuchen wurden erste Untersuchungen durchgeführt. Es zeigte sich, dass Verlustleistungen während des Mähbetriebes ermittelt werden können, die als Leistungsverluste im Antrieb und Leistungsverluste durch Wind- und Grasreibung näher quantifiziert werden konnten. In einer Variation von Parametern wie Scheibendrehzahlen und Fahrgeschwindigkeiten konnten Tendenzen zur Verbesserung des Schnittvorgangs in einem Scheibenmäherwerk erarbeitet werden. Diese sollen für die zukünftige Verbesserung und Optimierung des Scheibenmäherkes im Speziellen und für die Weiterentwicklung des Mähvorganges im Allgemeinen genutzt werden.

Bild 4: Vergleich verschiedener Leistungen

Fig. 4: Comparison of the different power requirements

