

Zugkraftbedarf, Arbeitsgeschwindigkeit, Flächenleistung und Energieverbrauch moderner Pferde gezogener Mähetechnik im Ökologischen Landbau

Herold, P.¹ und Heß, J.²

Keywords: Arbeitspferde, Zugkraft, Arbeitsgeschwindigkeit, Flächenleistung, Energie

Abstract

The use of modern horse-drawn implements is a sustainable alternative to tractor use, especially in organic farming. Field experiments have been conducted to ascertain data about the performance of a hitch-cart in combination with three different double-knife mowers (1.65 m, 1.90 m and 2.40 m working width). Ground-drive of the p.t.o. compared to engine-drive more than doubled the draught load for the 1.65 m-mower and exceeds the ability for enduring draught of two 850 kg-draught horses. Working speed was nearly the same for all horse-drawn variants (~ 4.9 km/h) and output increased with increasing working width from 0.69 ha/h (1.65 m) to 0.78 ha/h (1.90 m) and 1.00 ha/h (2.40 m). The 2.40 m-mower was the most effective of the horse-drawn implements. Using the same mower on a 70 kW tractor lead to significantly higher working speed (7.4 km/h) and output (1.51 ha/h). Total energy consumption per ha in horse-drawn variants was lower compared to tractor. Additionally, 40 % to 100 % of this energy is renewable energy, compared to 0 % for the tractor.

In organic farming other factors than output should further play an important role for the choice of technology, e.g. the quantity and quality of energy consumption. The use of modern horse drawn implements instead of tractors can help saving energy and replacing fossil by renewable energy. Draught horses as a form of sustainable energy use should play a bigger role in the discussion about sustainable organic farming.

Einleitung und Zielsetzung

Nachdem Arbeitspferde in der hiesigen Landwirtschaft ab den 1950er Jahren sehr schnell und nahezu vollständig durch den Einsatz von Schleppern ersetzt wurden, ist – wenn auch auf noch niedrigerem Niveau – seit den 1990er Jahren eine langsame aber kontinuierliche Rückkehr zu beobachten. Der Schwerpunkt des landwirtschaftlichen Arbeitspferdeeinsatzes in Deutschland liegt heute im Ökologischen Landbau (Glover 2010). Arbeitspferde weisen gegenüber Schleppern zahlreiche Vorteile in ökologischer Hinsicht auf (Jackson 1988, Oppermann & Claßen 1998) und stellen eine energieeffiziente Nutzungsform dar (Jackson & Bender 1982). Durch den Einsatz moderner Pferde gezogener Technik anstelle von Schleppern lassen sich große Mengen fossiler (Diesel) durch erneuerbare Energie (Futtermittel) ersetzen (Degreif 2000). Dies wird bisher im Kontext von erneuerbaren Energien und Biomassennutzung allerdings kaum diskutiert. Auch in wirtschaftlicher und arbeitswirtschaftlicher Hinsicht kann der Arbeitspferdeeinsatz eine gleichwertige oder sogar überlegene Alternative zum Schleppereinsatz sein (Kendell 2005). Wissenschaftlich ermittelte Daten zu Anforderungen und Leistungen moderner pferdegezogener Technik als notwendige Voraussetzung sowohl zur vergleichenden Bewertung des Arbeitspferde- und des Schleppereinsatzes, als auch zur landwirtschaftlichen Betriebsplanung, liegen allerdings erst in Ansätzen vor (Herold & Heß 2003, Blumenstein 2008, Soukup et al. 2008).

¹ Dipl.-Biol. Peter Herold, Uferstr. 29, 73660 Urbach, Deutschland, herold-peter@arcor.de

² Universität Kassel, FB Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Ökologischer Land- & Pflanzenbau, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, Deutschland, jh@uni-kassel.de, www.agrar.uni-kassel.de/foel

Methoden

Im Rahmen eines zweijährigen Parzellenversuches auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen, dem Versuchsbetrieb für Ökologischen Landbau der Universität Kassel, wurden u.a. Daten zu Zugkraftbedarf, Arbeitsgeschwindigkeit, Flächenleistung und Energieverbrauch moderner Pferde gezogener Mähtechnik im Ökologischen Landbau erhoben. Untersucht wurde ein von zwei Ardenner-Kaltblutpferden (Körpermasse je 850 kg) gezogener Vorderwagen vom Typ *Pintow Power Cart* der Fa. *Cart Horse Machinery* in Kombination mit einem Doppelmesser-Mähwerk der Firma *Mörtl* mit drei verschiedenen Arbeitsbreiten (1,65 m, 1,90 m, 2,40 m). Der Antrieb der Zapfwelle erfolgte mittels Bodenantrieb über die Hinterräder des Vorderwagens (1,65 m) sowie durch einen 13 kW-Aufbaumotor (1,65 m, 1,90 m, 2,40 m). Das Mähwerk mit 2,40 m Arbeitsbreite wurde zum Vergleich auch an einem Schlepper *Fendt 309 C* mit 70 kW eingesetzt; hierbei wurde kein Zugkraftbedarf gemessen. Die sich ergebenden Varianten sind in Tab. 1 beschrieben.

Tabelle 1: Beschreibung der untersuchten Varianten

Variante	Beschreibung
P1	Vorderwagen mit Doppelmesser, Arbeitsbreite 1,65 m, Bodenantrieb der Zapfwelle
P2	Vorderwagen mit Doppelmesser, Arbeitsbreite 1,65 m, Motorantrieb der Zapfwelle
P3	Vorderwagen mit Doppelmesser, Arbeitsbreite 1,90 m, Motorantrieb der Zapfwelle
P4	Vorderwagen mit Doppelmesser, Arbeitsbreite 2,40 m, Motorantrieb der Zapfwelle
S	Schlepper mit Doppelmesser, Arbeitsbreite 2,40 m

Die Zugkraftdaten wurden mit einer Kraftmessdose gemessen (*Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH*, Typ *U 1*, Nennlast: 50 kN, Messfrequenz: 1 Hz), von einem Datenlogger gespeichert (*Delphin*, Typ *MinMessage*) und anschließend am PC ausgewertet. Die Arbeitsgeschwindigkeit wurde aus der mit einer Stoppuhr gemessenen Arbeitszeit und der dabei zurückgelegten Wegstrecke berechnet. Die Flächenleistung wurde anhand der Bearbeitungszeit und der Größe der bearbeiteten Fläche ermittelt und auf 1 ha Fläche umgerechnet. Der tatsächliche Treibstoffverbrauch pro Parzelle wurde gemessen und auf 1 ha Fläche umgerechnet, der Energiegehalt des verbrauchten Treibstoffs anhand von Literaturwerten berechnet. Der Energieverbrauch der Pferde für die Arbeitsleistung wurde anhand der geleisteten Zugarbeit berechnet, ihr Erhaltungsenergieverbrauch anhand von Literaturwerten ermittelt und dem Energieverbrauch für die Arbeitsleistung hinzugefügt.

Der Parzellenversuch war als Blockversuch mit vierfacher Wiederholung angelegt, die Varianten waren innerhalb der Wiederholungen vollständig randomisiert. Der Versuch wurde im August und im September 2000 auf einer Fläche sowie im Juni und im Juli 2001 auf einer anderen Fläche je einmal durchgeführt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels Varianzanalyse mit der Prozedur *Mixed* des Statistikpaketes *SAS* in der Version 9.1.

Ergebnisse

Der mittlere Zugkraftbedarf der Variante P1 mit bodengetriebener Zapfwelle ist mit 2.355 N im Vergleich zu den Varianten mit motorgetriebener Zapfwelle (P2–P4) signifikant höher (s. Tab. 2). Der Vergleich von P1 (2.355 N) und P2 (1.154 N) mit gleicher Arbeitsbreite zeigt, dass der mittlere Zugkraftbedarf bei bodengetriebener Zapfwelle mehr als doppelt so hoch ist. Bei den Varianten mit motorgetriebener Zapfwelle steigt der mittlere Zugkraftbedarf mit zunehmender Arbeitsbreite von 1.154 N (1,65 m) über 1.157 N (1,90 m) zu 1.300 N (2,40 m).

Hinsichtlich der mittleren Arbeitsgeschwindigkeit der Pferde gezogenen Varianten gibt es nur marginale, nicht signifikante Unterschiede (s. Tab. 2). Die Werte liegen zwischen 4,8 km/h und 5,0 km/h. Bei den Varianten mit motorgetriebener Zapfwelle sinkt die Arbeitsgeschwindigkeit mit zunehmender Arbeitsbreite geringfügig. Die Schleppervariante erzielt mit 7,4 km/h eine signifikant höhere Arbeitsgeschwindigkeit als die Pferdevarianten.

Die erzielten Flächenleistungen der Pferdevarianten nehmen mit zunehmender Arbeitsbreite von 0,69 ha/h (P1, P2) über 0,78 ha/h (P3) auf 1,00 ha/h (P4) zu, der Unterschied zwischen P4 und P1-P3 ist signifikant (s. Tab. 2). Die Schleppervariante (S) hat mit 1,51 ha/h einen signifikant höheren Wert als die Pferdevarianten.

Tabelle 2: Durchschnittlicher Zugkraftbedarf (N), Arbeitsgeschwindigkeit (km/h), Flächenleistung (ha/h), Treibstoffverbrauch (l/ha), Energieverbrauch Treibstoff (MJ/ha_t), Energieverbrauch Pferde (MJ/ha_p), Gesamtenergieverbrauch (MJ/ha_e) sowie Anteil erneuerbarer Energie am Gesamtenergieverbrauch (% EE) der untersuchten Varianten; unterschiedliche Indices symbolisieren signifikante Unterschiede (p<0,05)

Variante	N	km/h	ha/h	l/ha	MJ/ha _t	MJ/ha _p	MJ/ha _e	% EE
P1	2.355 ^b	4,9 ^a	0,69 ^a	0,00	0,00	115,57	115,57	100
P2	1.154 ^a	5,0 ^a	0,69 ^a	3,80	115,90	76,92	192,82	40
P3	1.157 ^a	4,9 ^a	0,78 ^a	3,49	106,45	70,57	177,02	40
P4	1.300 ^a	4,8 ^a	1,00 ^b	2,84	86,62	57,39	144,01	40
S	-	7,4 ^b	1,51 ^c	5,44	194,21	0,00	194,21	0

Der Gesamtenergieverbrauch der Pferdevarianten mit motorgetriebener Zapfwelle (P2 – P4) sinkt mit zunehmender Arbeitsbreite von 192,82 MJ/ha (P2) über 177,02 MJ/ha (P3) auf 144,01 MJ/ha (P4) und ist geringer als der der Schleppervariante (S) mit 194,21 MJ/ha. Der Vergleich von P1 mit P2 ergibt bei gleicher Arbeitsbreite einen um 40 % geringeren Gesamtenergieverbrauch bei bodengetriebener (P1, 115,57 MJ/ha) anstelle motorgetriebener Zapfwelle (P2, 192,82 MJ/ha). Die Schleppervariante (S) hat gegenüber der Pferdevariante mit gleicher Arbeitsbreite (P4) einen um 35 % höheren Gesamtenergieverbrauch (194,21 MJ/ha vs. 144,01 MJ/ha). Der Anteil des Energieverbrauchs der Pferde (= erneuerbare Energie) am Gesamtenergieverbrauch beträgt bei den Pferdevarianten 100 % bei bodengetriebener (P1) bzw. 40 % bei motorgetriebener Zapfwelle (P2–P4), beim Schlepper beträgt er 0 %.

Diskussion

Das Mähwerk mit 2,40 m Arbeitsbreite (P4) erzielt die höchste Flächenleistung der Pferde gezogenen Varianten. Der durchschnittliche Zugkraftbedarf ist dabei nur unwesentlich höher als bei den übrigen Varianten mit motorgetriebener Zapfwelle (P2, P3) und liegt deutlich im Bereich der Dauerzugleistungsfähigkeit der eingesetzten Pferde. Diese liegt bei 12 % bis 14 % des Körpergewichts (z.B. Inns 1996) abzüglich 7 % für unvermeidliche Spannverluste (Herrmann 1991), somit bei den hier eingesetzten Pferden bei 1.861 N bis 2.172 N. Der Zugkraftbedarf des 1,65 m-Mähwerks mit bodengetriebener Zapfwelle übersteigt dagegen deutlich die Dauerzugleistungsfähigkeit der eingesetzten Pferde. Der Einsatz des Mähwerks mit 2,40 m Arbeitsbreite am Schlepper führt zu einer signifikant höheren Flächenleistung. Demgegenüber sind die Pferdevarianten nicht nur durch einen geringeren Gesamtenergieverbrauch, sondern auch durch einen 40–100%igen Ersatz fossiler durch erneuerbare Energie gekennzeichnet.

Schlussfolgerungen

Gerade im Ökologischen Landbau sollten bei der Technikwahl neben der Flächenleistung auch andere Faktoren eine wichtige Rolle spielen, z.B. Quantität und Qualität des Energieverbrauchs. Moderne Pferde gezogene Geräte ermöglichen – selbst bei Einsatz von Hilfsmotoren – gegenüber dem Schleppereinsatz eine deutliche Energieeinsparung. Durch die Verwendung betriebseigenen Futters als „Treibstoff“ ist zudem ein teilweiser Ersatz fossiler durch erneuerbare Energie möglich. Der Einsatz von Arbeitspferden als Form nachhaltiger Energienutzung sollte deshalb in der Diskussion über die nachhaltige und zukunftsfähige Gestaltung des Ökologischen Landbaus deutlich stärker als bisher berücksichtigt werden.

Literatur

- Blumenstein, B. (2008): Arbeitswirtschaftliche Erhebungen beim Arbeitspferdeeinsatz als Kalkulationsgrundlage der Produktionsplanung. Diplomarbeit. Universität Kassel, FB Ökologische Agrarwissenschaften, Witzenhausen, 148 S.
- Degreif, E. (2000): Auf dem Weg zum energieautarken Betrieb: 150 ha mit Pferdebespannung. *Ökologie & Landbau* 116: 18-21
- Glover, V. (2010): Der derzeitige Stand der Zugpferdenutzung in der Landwirtschaft in Deutschland. Bachelorarbeit, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, FB Landschaftsnutzung und Naturschutz, Eberswalde, 72 S.
- Herold, P., Heß, J. (2003): Einsatz moderner Arbeitspferdetechnik im Grünlandmanagement – Eine umweltschonende Alternative in Landwirtschaft und Naturschutz. In: Büchs, W. (Hrsg.): Grünlandmanagement nach Umsetzung der Agenda 2000 – Probleme und Perspektiven für Landwirtschaft und Naturschutz, Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. 393: 76-80
- Herrmann, K. (1991): Historische Überlegungen zur Zugleistung der Pferde. *Das Zugpferd* 4/91: 9-14
- Inns, F. (1996): Matching tillage implements to draught animal potential. *World Animal Review* 86: 40-49
- Jackson, M. (1988): Amish agriculture and no-till: The hazards of applying the USLE to unusual farms. *Journal of Soil and Water Conservation* 43 (6): 483-486
- Jackson, W., Bender, M. (1982): Horses or Horsepower?. *Soft Energy Notes* July/August 1982: 70-87
- Kendell, C. (2005): Economics of Horse Farming. *Rural Heritage* 30 (3): 71-74
- Oppermann, R., Claßen, A. (1998): Naturverträgliche Mähtechnik. *Moderne Mähgeräte im Vergleich*. Naturschutzbund NABU, Landesverband Baden-Württemberg e.V. (Hrsg.), Stuttgart, 48 S.
- Soukup, B., Hoffmann, H., Herold, P. (2008): Arbeitspferde im Gemüsebau. Untersuchungen zum Zeitbedarf von Hackarbeiten. *Landtechnik* 63 (5): 296-297