

Gerhard Moitzi

Möglichkeiten zur Kraftstoffeinsparung

Richtiger Einsatz von Maschinen und Geräten im Ackerbau

Mit der Motorisierung in der europäischen Landwirtschaft (im Zeitalter der Industriellen Revolution) wurde die menschliche und tierische Arbeitskraft zunehmend durch die „Traktorarbeit“ ersetzt. Der tägliche Energieumsatz (Kraftstoffverbrauch) konnte enorm gesteigert werden, woraus auch die hohen Flächenleistungen realisiert wurden. Jedoch ist der fossile Energieeinsatz in der Außenbewirtschaftung enorm angestiegen. Der motorische Verbrennungsvorgang verlangt einen energiedichten Kraftstoff (Diesel), deren Energiekonzentration um das Zweifache höher ist als das Futter für Zugtiere (34 MJ/l Diesel vs. 17 MJ/kg Trockenmasse).

Der Dieserverbrauch in der österreichischen Land- und Forstwirtschaft beträgt ca. 450.000 t und entspricht 8 % des Gesamtdieserverbrauchs. Im Sektor Landwirtschaft ist der Verbrauch in den letzten 10 Jahren von ca. 248.732 t ziemlich konstant geblieben (Umweltbundesamt, Wien 2004). Bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche betrug der mittlere Dieserverbrauch im Jahr 2003 91 l/ha.

Mehr als 1/3 der Gesamtkosten einer Traktorstunde sind auf die variablen Kraftstoffkosten zurückzuführen. Neben den betriebswirtschaftlichen Effekten des Diesereinsatzes werden in der Öffentlichkeit zunehmend volkswirtschaftliche Auswirkungen des fossilen Diesereinsatzes wie z. B. Emissionen von umwelt- und klimarelevanten Spurengasen diskutiert. Zudem handelt es sich beim fossilen Diesel um ein Produkt welches aus einer begrenzten Ressource hergestellt wird. Es ist daher nahe liegend den Diesereinsatz in der Landwirtschaft effizienter zu gestalten, was auch im EU-Grünbuch über Energieeffizienz (Juli 2005) für alle Akteure der Europäischen Union gefordert wird.

Gerade bei den kraftstoffintensiven Verfahrensgängen im Ackerbau (z. B. Grundbodenbearbeitung, Ernte von Zuckerrüben und Kartoffeln) liegen Diesereinsparungspotenziale, die durch Mobilisierungen von verfahrenstechnischen Reserven erreicht werden können. Nachfolgend werden ausgewählte Aspekte der Kraftstoffeinsparung im Ackerbau erläutert.

1. Energieflussbild beim Traktor

Je nach Arbeitserledigung werden vom Traktor Zugleistung, Drehleistung (Zapfwelle) und hydraulische Leistung bereitgestellt, die unterschiedliche Wirkungsgrade aufweisen. Bei der Zugleistungsübertragung können bei schlechten Traktionsverhältnissen enorme Laufwerkverluste über den Schlupf und Rollwiderstand verloren gehen. So kann z. B. beim Pflügen (siehe Abb. 1) bei einem Dieselverbrauch von 25 Liter/ha nur ca. 5 Liter/ha in effektive Zugleistung umgesetzt werden (Gesamtwirkungsgrad: 20 %).

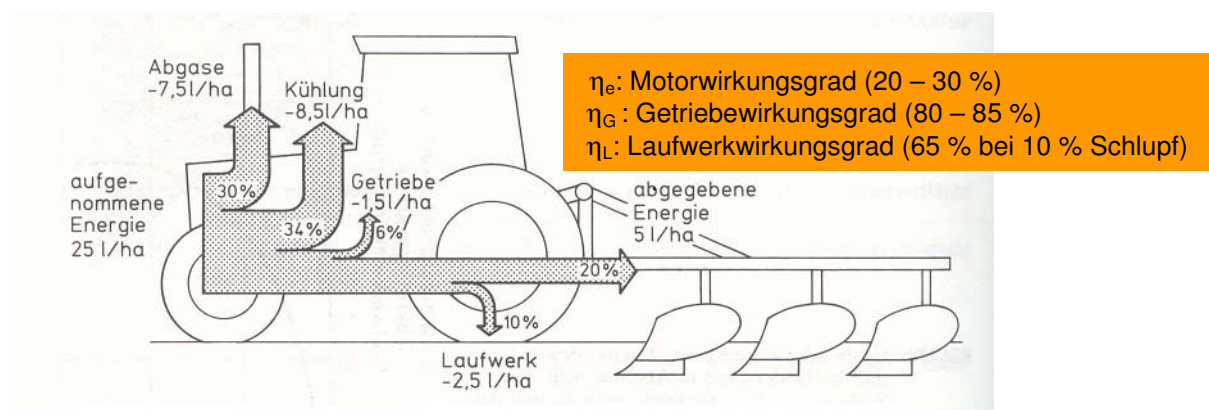


Abbildung 1: Energieflussbild beim Traktor (KUTZBACH, 1989)

Laufwerkverluste können zum überwiegenden Teil bei der Nutzung der Zapfwellenleistung ausgeschaltet. Generell gilt, dass gezogene Bodenbearbeitungsgeräte ca. 50 %, zapfwellengetriebene Geräte ca. 80 % der Motorleistung des Traktors in nutzbare Arbeit umsetzen können (TRAULSEN, 1980)

2. Traktorauswahl und Wartung

Mit der Wahl des Traktors werden die wesentlichen verbrauchsbestimmenden Faktoren festgelegt: mittlerer spezifischer Kraftstoffverbrauch (Motorwirkungsgrad), Zugleistungswirkungsgrad und Zapfwellenwirkungsgrad. Diese können je nach Traktor unterschiedlich stark variieren (Tabelle 1). So schwankt der mittlere spezifische Kraftstoffverbrauch (Durchschnitt von 6 Messpunkten nach der OECD-Norm) von 260 DLG-geprüften Traktoren zwischen 270 und 399 g/kWh.

Tabelle 1: Bewertung von Leistungsdaten von 260 DLG-geprüften Traktoren nach der OECD-Norm (HOLZ, 2002)

Bewertung	sehr gut	gut	mittel	un- befriedigend	sehr schlecht
Ø spez. Kraftstoffverbrauch*) [g/kWh]	270 – 295	296 - 319	320 – 340	341 - 360	361 – 399
Ø Motorwirkungsgrad [%]	30		26		21
Zugleistung in [%] der Nennleistung	> 90	89 - 84	82 - 76	77 - 71	70 - 64
Zapfwellenleistung in [%] der Nennleistung	100 - 95	94 - 90	89 - 85	84 - 80	79 - 74

*) Durchschnitt der 6 Messpunkte auf der Abregelkurve (100 %, 85 %, 63,8 %, 42,5 %, 21,3 % der Nennleistung sowie bei unbelastetem Motor)

Um die gebundene Energie im Dieselkraftstoff möglichst effizient in mechanische Energie umzuwandeln müssen die Verbrennungsbedingungen optimal gestaltet sein. Treibstoffverbrauchs- und Leistungsmessungen (Tabelle 2) haben gezeigt, dass Wartungsmaßnahmen am Motor zu Kraftstoffeinsparungen führen (TRAULSEN, 1980).

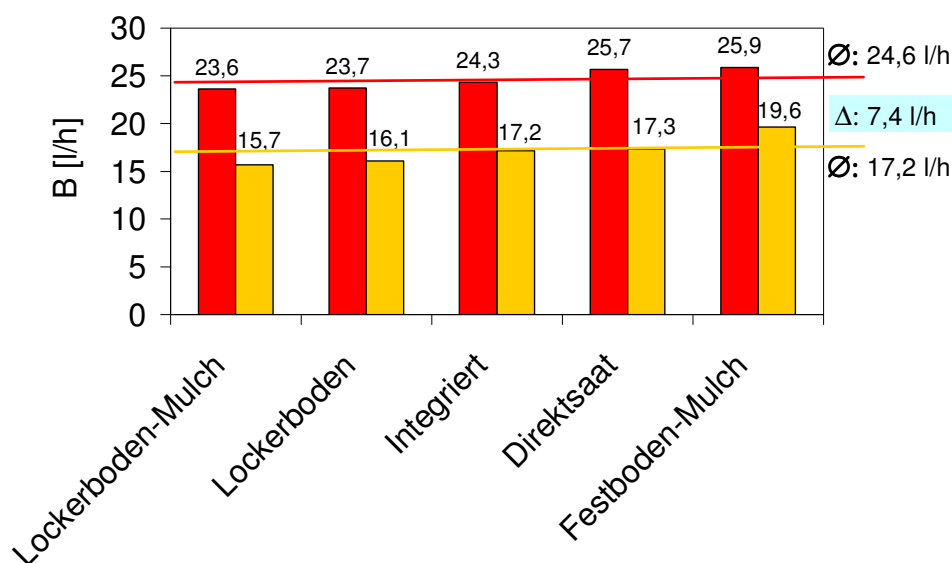
Tabelle 2: Wartungsmaßnahmen und deren Wirkung auf den Kraftstoffverbrauch bei sechs unterschiedlichen Traktoren (TRAULSEN, 1980)

Gemessene Leistung an der Zapfwelle	Einsatz- stunden	Wartungsmaßnahmen	Verbrauch [l/h]		Einsparung [%]
			vor der Wartung	nach der Wartung	
55,2	841	Luftfilter gewartet, Einspritzpumpe reguliert	17,7	17,5	0,85
29,4	2410	Luftfilter erneuert	15,6	15,3	1,92
39,4	6675	Ventile eingestellt, Luftfilter gewartet	13,6	13,3	2,2
31,3	5006	Düsen eingestellt, Luftfilter gewartet	10,8	10,3	4,16
71,4	5000	Einspritzpumpe eingestellt, Luftfilter erneuert	24,0	22,6	5,8

37,9	1564	Luftfilter erneuert	12,6	11,7	5,40
------	------	---------------------	------	------	------

3. Fahrstrategie

Mit der Wahl des Motorbetriebspunktes wird der spezifische Kraftstoffverbrauch [g/kWh] festgelegt. Der verbrauchsoptimale Betrieb eines Motors liegt bei einer angepassten Motorisierung bei ca. 70 % der Nenndrehzahl und Nennleistung. Wird für einen bestimmten Arbeitsgang ein zu großer Traktor gewählt, arbeitet der Motor in einem ungünstigen Betriebspunkt, was hohen Verbrauch mit sich bringt. Ein qualitativer Indikator für eine Kraftstoffnutzung stellt die Rauchgrenze des Traktors dar. Ist das Abgas schwarz gefärbt so deutet dies auf eine unvollständige Verbrennung und damit auch zu hohen Treibstoffverbrauch hin. In der Abb. 2 ist der Einfluss von zwei Fahrweisen und fünf unterschiedlichen Anbausystemen auf den mittleren stündlichen Kraftstoffverbrauch bei der Unterbodenlockerung dargestellt.



Steyr 9125a (92 kW) mit Unterbodenlockerer 4 feste Zinken, 3 m Arbeitsbreite

2 Versuchsfahrten: 1. Gang, 4. Lastschaltstufe, $v_F = 4,7 \text{ km/h}$, $n_M = 2.300 \text{ Upm}$

2 Versuchsfahrten: 2. Gang, 1. Lastschaltstufe, $v_F = 4,5 \text{ km/h}$, $n_M = 1.700 \text{ Upm}$

Abb. 2: Mittlerer Kraftstoffverbrauch während der Untergrundlockerung bei zwei unterschiedlichen Fahrstrategien und Bodenbearbeitungssystemen

Dabei konnte im Mittel festgestellt werden, dass eine reduzierte Drehzahl (bei ca. 70 % der Nenndrehzahl) im Vergleich zur Höchstdrehzahl den Kraftstoffverbrauch um 7,4 l/h verringerte.

4. Laufwerkverluste über den Schlupf

Unter dem Schlupf versteht man einen relativen Zeit- bzw. Wegverlust, der sich in einer verringerten Flächenleistung und somit erhöhten Kraftstoffverbrauch pro Hektar äußert. Gerade in der Grundbodenbearbeitung, wo eine hohe Zugkraft erforderlich ist können hohe Laufwerkverluste über dem Schlupf auftreten. Günstige Bedingungen für Zugleistungsübertragungen sind bei trockenen und tragfähigen Böden gegeben. Laufwerkverluste über den Schlupf können bei Zugarbeiten (z. B. Pflügen) im Herbst bei feuchten Böden enorm sein. Witterung und Bodenverdichtung beeinflussen die Tragfähigkeit und Scherfestigkeit des Bodens, so dass man von jahreszeitlich unterschiedlichen Zugleistungen ausgehen muss. Der Wunsch nach termingerechter Arbeitserledigung unter günstigen Witterungsbedingungen führt u. a. dazu dass neue Traktoren in der Regel um 15 – 20 kW stärker sind als die abzulösenden Traktoren. Eine Verbesserung der Übertragung von Zugleistung (Produkt aus Zugkraft und Fahrgeschwindigkeit) wird durch den Allradantrieb, welcher durch den Multipass-Effekt verstärkt wird, erreicht. Untersuchungen zeigen, dass der Schlupf bei der Ermittlung der Flächenleistung und des Kraftstoffverbrauchs pro Hektar eine nicht zu vernachlässigende Größe ist (siehe Abb. 3 und 4).

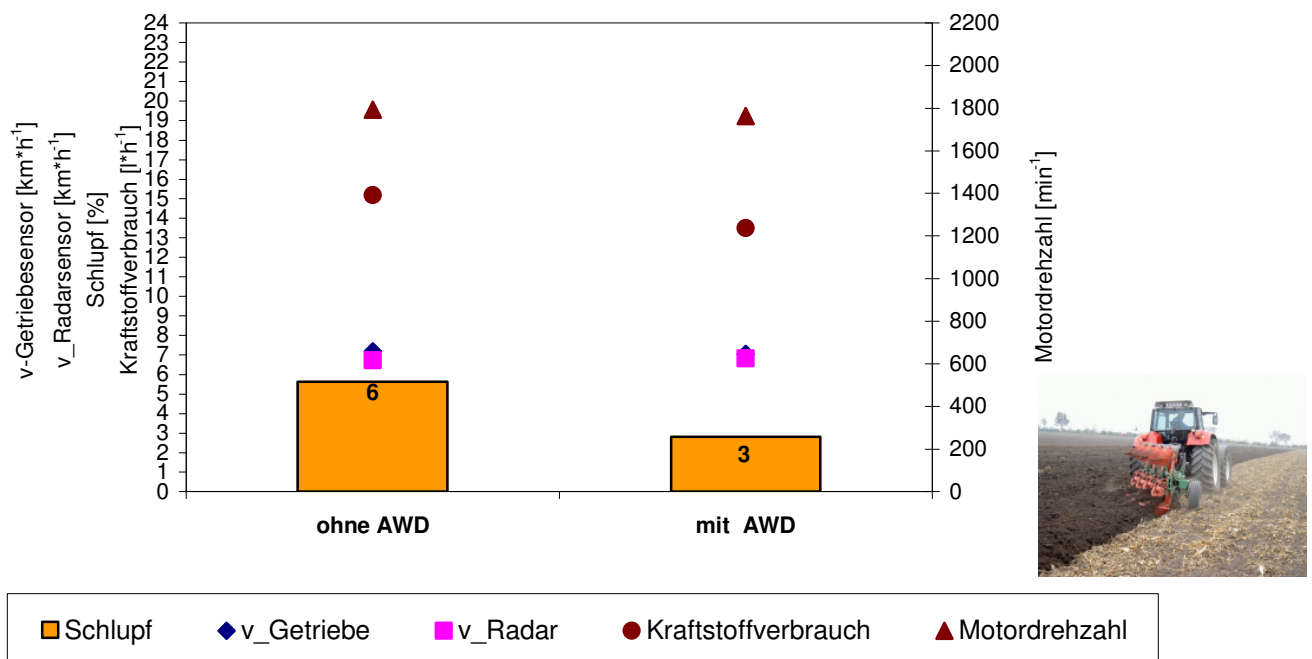


Abb. 3: Wirkung des Allradantriebes (AWD) auf den Schlupf [%] und anderen Traktorparametern beim **Pflügen** (4-Scharwendepflug – 1,70 m Arbeitsbreite, 20 cm Arbeitstiefe). Herbstackerung 2005 von Maisstopplern und –stroh; Bodenart: sandiger Lehm bei 14 % Feuchte

Die Halbierung des Schlupfes von 6 % auf 3 % bewirkte beim Pflügen eine **Kraftstoffeinsparung von ca. 2 l/ha**. Dies ist einerseits auf die gestiegene Flächenleistung und auf den reduzierten stündlichen Kraftstoffverbrauch zurückzuführen. Beim Grubbern war der Schlupf um einiges höher – hier führte der Allradantrieb zu einer Schlupfreduktion von 15 % auf 5 %, was eine **Kraftstoffeinsparung von ca. 2 l/ha** bewirkte.

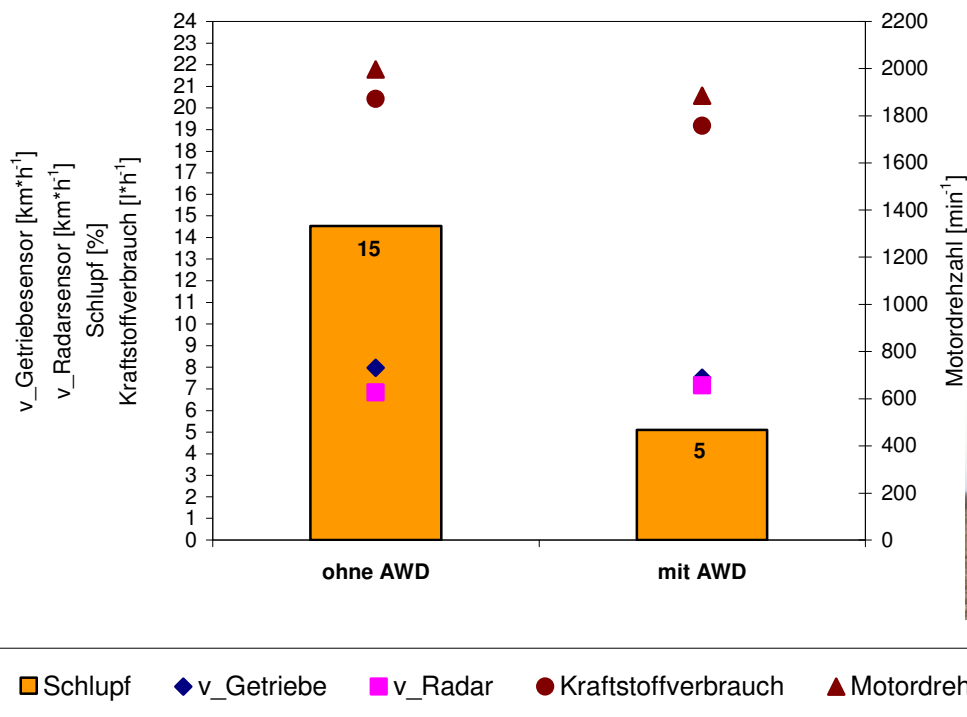


Abb. 4: Wirkung des Allradantriebes (AWD) auf den Schlupf [%] und anderen Traktorparametern beim **Grubbern** (2-balkiger Flügelscharrgrubber; 3 m Arbeitsbreite, 15 cm Arbeitstiefe). Herbst 2005; Maisstoppeln und –stroh; Bodenart: sandiger Lehm bei 14 % Feuchte

5. Unsachgemäßer Maschineneinsatz mit Folgewirkungen

Verfahrenstechnischbedingte Bodenverdichtungen sind eine Folge von hohen Radlasten bei nicht tragfähigen Böden. Spurrillen können die Folge sein, die bei den nachfolgenden Arbeitsgängen zu verminderten Fahrgeschwindigkeiten führen, wodurch der Dieselaufwand über die verringerte Flächenleistung ansteigt. Das Konzept „high-speed-farming“, bei dem man über die sehr hohen Fahrgeschwindigkeiten hohe Flächenleistungen realisieren möchte, kann beim Vorhandensein von **verfahrensbedingten Spurrillen** an Grenzen stoßen. Das haben auch Untersuchungen an der Universität für Bodenkultur, Institut für Landtechnik gezeigt.

Bodenverdichtungen führen bei Bodenbearbeitungsmaßnahmen zu einem erhöhten Zugkraftbedarf, der sich in einem höheren Dieserverbrauch niederschlägt (Abb. 5).

Man sieht deutlich welche Auswirkungen ein verdichteter Boden auf den Kraftstoffverbrauch [l/h] hat. Der Kraftstoffverbrauch steigt von durchschnittlich 15,3 l/h auf 16,7 l/h an. Auch der Schlupf nimmt zu und zwar von 3,6 % auf 5,4 %.

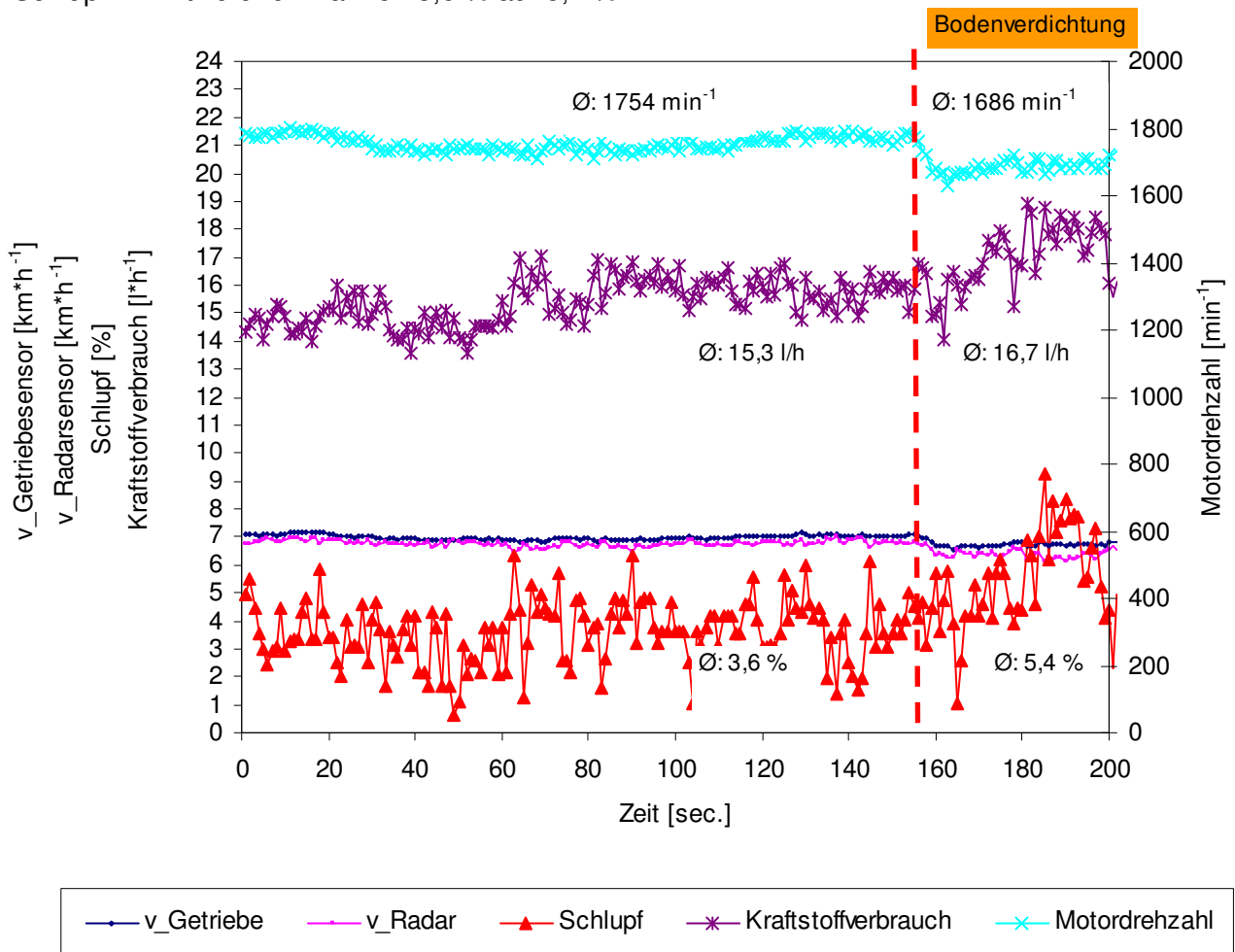


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf von verschiedenen Traktorparametern beim **Pflügen** (4-Scharwendepflug – 1,70 m Arbeitsbreite, 20 cm Arbeitstiefe). Herbstackerung 2005 von Maisstoppeln und –stroh; Bodenart: sandiger Lehm bei 14 % Feuchte

Im Sinne des physikalischen Bodenschutzes und der Kraftstoffeinsparung ist deswegen auf einen sachgemäßen Maschineneinsatz zu achten.

6. Zugkraft- und Kraftstoffbedarf bei der Grundbodenbearbeitung

Der Zugkraftbedarf bei der Grundbodenbearbeitung wird im Wesentlichen durch die Form des Arbeitswerkzeuges und durch die zu bewegende Bodenmasse bestimmt. Im spezifischen Zugwiderstand des Bodens [kN/m^2 bearbeitete Querschnittsfläche] kommen die Einflussfaktoren Fahrgeschwindigkeit und der spezifische Bodenwiderstand (Bodenart, Lagerungsdichte) zum Ausdruck. Nach GORJATSCHKIN (zitiert in KALK & BOSSE, 1981) nimmt der Zugkraftbedarf beim Pflügen mit dem Quadrat der Fahrgeschwindigkeit zu.

Untersuchungen aus Kanada haben nachgewiesen, dass eine mehrjährige **organische Düngung** mit Stallmist bzw. Rottemist im Vergleich zur mineralischen Düngung den Zugkraftbedarf beim Pflügen um bis zu 38 % verringert (MCLAUGHLIN ET AL. 2002). Der kraftstoffsparende Effekt war auf den verringerten spezifischen Bodenwiderstand zurückzuführen, welcher durch die bodenstrukturverbessernde Wirkung des festen Wirtschaftsdüngers hervorgerufen wurde.

Durch **Veränderungen am Pflugkörper** werden die Reibungsverhältnisse zwischen Stahl und Boden verändert, der sich in einem höheren Zugkraftbedarf äußern kann (Abb. 6).

Aufgeschweißte Scharspitze



Spez. Zugkraftbedarf: $48,9 \text{ kN/m}^2$
+ 34 % gegenüber Referenz ($36,4 \text{ kN/m}^2$)
+ **6,8 l/ha Mehrverbrauch***

**Aufgeschweißte Stahlplatte im hinteren Bereich der Anlage**

Spez. Zugkraftbedarf: 51,4 kN/m²
+ 41 % gegenüber Referenz (36,4 kN/m²)
+ 8,2 l/ha Mehrverbrauch*

Abb. 6: Veränderungen an Verschleißteilen des Pflugkörpers und deren Wirkung auf deren spezifischen Zugkraftbedarf. (Vierscharpflug; 50 % Wirkungsgrad bei 5 % Schlupf; 233 g/kWh; 8 km/h, Arbeitstiefe 28 cm); Quelle: WEIß 2003

Um den Zugkraftbedarf gering zu halten ist bei Ausbesserungen an Verschleißteilen auf optimale Übergänge zu achten.

Die Bodenbearbeitung stellt im Marktfruchtbetriebe eine energieintensive Maßnahme dar. Pro 1 cm Bearbeitungstiefe müssen ca. 100 m³ Boden/ha bzw. 150 t Boden/ha bewegt werden. Der alleinige Kraftstoffaufwand auf die Fläche bezogen [l/ha] ist eine relative Größe. Eine objektive Beurteilung des Kraftstoffaufwandes in der Bodenbearbeitung hinsichtlich der Arbeitsintensität erfordert deswegen die Mitberücksichtigung der Arbeitstiefe. In der Abb. 7 sind Untersuchungsergebnisse zum flächenbezogenen Kraftstoffaufwand und zum bodenmassebezogenen Energieaufwand bei unterschiedlichen Pflugbearbeitungstiefen dargestellt. Eine Verringerung der Bearbeitungstiefe von 30 cm auf 20 cm reduzierte den Dieselaufwand von 17,5 l/ha auf 13,2 l/ha. Stattdessen stieg der bodenmassebezogene Energieaufwand von 480 Wh/t auf 544 Wh/t an.

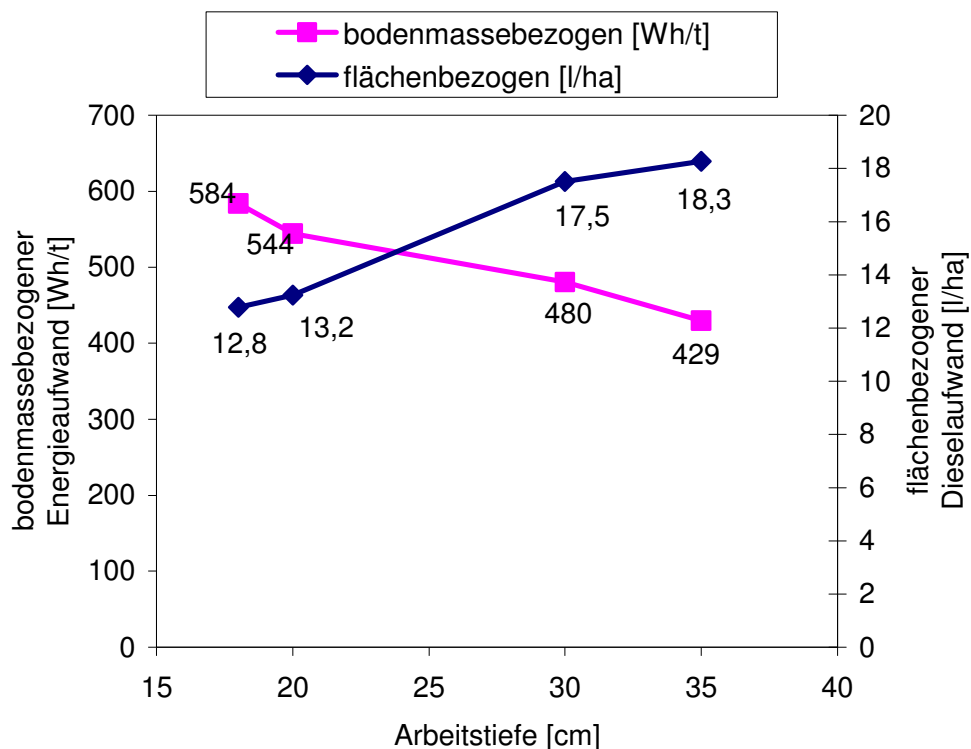


Abb. 7: Bodenmassebezogener Energieaufwand sowie flächenbezogener Dieselaufwand beim Pflügen in Abhängigkeit der Arbeitstiefe (Steyr 9125a Heger 4-Scharwendepflug, 1,70 m; Bodenart: sandiger Lehm bei 14 % Feuchte)

Je nach Bodenart nimmt beim Pflügen der Kraftstoffverbrauch pro Zentimeter Arbeitstiefe zwischen 0,5 und 1,5 l/ha zu (MOITZI, 2005).

Mulchsaat- bzw. Direktsaatverfahren können den Dieselaufwand beim Anbau gegenüber dem konventionellen Anbauverfahren mit Pflug um das 3- bis 4-fache reduzieren. Solche Anbausysteme sind nach einer notwendigen Übergangsphase auf eine sehr gute Bodenstruktur angewiesen. Sie kann als „Hohe Schule der Anbautechnik“ bezeichnet werden, die auf eine „biologische Bodenlockerung“ durch die Bodenfauna (ca. 5 t/ha entspricht ca. 9 GVE/ha!!) angewiesen ist. Jedoch darf die singuläre Betrachtung des Kraftstoffverbrauchs in der Bodenbearbeitung die Arbeitsqualität nicht vernachlässigen. Zudem sind Mulchsaat- bzw. Direktsaatverfahren in der Praxis auf einen höheren indirekten Energieeinsatz in Form von Pflanzenschutzmitteln angewiesen. Standortspezifische Energiebilanzen unter Berücksichtigung des indirekten Energieeinsatzes sind deswegen für die energetische Beurteilung eines Mulchsaat- bzw. Direktsaat-Anbausystems unerlässlich.

7. Angepasste Motorisierung

Der durchschnittliche Kraftstoffaufwand [l/ha] für einen Feldarbeitsgang ist das Produkt auf den beiden Hauptfaktoren:

mittlerer Kraftstoffverbrauch [l/h] x Arbeitszeitaufwand [h/ha]



- Nennleistung [kW]
- Motorauslastung [%]
- spez. Kraftstoffverbrauch [l/kWh]

- Arbeitsbreite [m]
- Fahrgeschwindigkeit [km/h]
- Nutzungskoeffizient

Der **mittlere Kraftstoffverbrauch** lässt sich aus dem Produkt von Nennleistung [kW], mittlere spez. Kraftstoffverbrauch [l/kWh] und der Auslastung berechnen. In der Tabelle 3 sind für unterschiedliche Auslastungsstufen bei unterschiedlichen Motornennleistungen der mittlere stündliche Kraftstoffverbrauch berechnet. Der mittlere spezifische Kraftstoffverbrauch wird mit 0,31 l/kWh angenommen (ÖKL, 2006).

Tabelle 3: Mittlerer Kraftstoffverbrauch [l/h] in Abhängigkeit der Motornennleistung und der Auslastung; unterstellter spezifischer Kraftstoffverbrauch: 0,31 l/kWh

Motorleistung [kW] / [PS]	Auslastung des Motors		
	Gering (20 %)	Mittel (40 %)	Hoch (70 %)
20 / 27	1,2	2,5	4,3
25 / 34	1,6	3,1	5,4
30 / 41	1,9	3,7	6,5
35 / 47	2,2	4,3	7,6
40 / 54	2,5	5,0	8,7
45 / 61	2,8	5,6	9,8
50 / 68	3,1	6,2	10,9

55 / 75	3,4	6,8	11,9
60 / 82	3,7	7,4	13,0
65 / 88	4,0	8,1	14,1
70 / 95	4,3	8,7	15,2
75 / 102	4,7	9,3	16,3
80 / 109	5,0	9,9	17,4
85 / 116	5,3	10,5	18,4
90 / 122	5,6	11,2	19,5
100 / 136	6,2	12,4	21,7
110 / 150	6,8	13,6	23,9
120 / 136	7,4	14,9	26,0
130 / 177	8,1	16,1	28,2
140 / 190	8,7	17,4	30,4
150 / 204	9,3	18,6	32,6
160 / 218	9,9	19,8	34,7
170 / 231	10,5	21,1	36,9
180 / 245	11,2	22,3	39,1
190 / 258	11,8	23,6	41,2

Der **Arbeitszeitaufwand** (entspricht dem reziproken Wert der Flächenleistung) für einen Feldarbeitsgang wird im Wesentlichen durch die Faktoren *Arbeitsbreite*, *Fahrgeschwindigkeit* und *Nutzungskoeffizient* (abhängig von der Flächengröße, Form, Neigung etc.) bestimmt. Die technische Flächenleistung A (Flächenleistung ohne Berücksichtigung des Nutzungskoeffizienten) berechnet sich folgt:

$$A = b \cdot v \cdot 0,1$$

b: Arbeitsbreite [m]

v: Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]

Unter Berücksichtigung des Nutzungskoeffizienten kommt man zur landwirtschaftlichen Flächenleistung. Gerade die Feldform und Feldgröße sind wesentliche Bestimmungsfaktoren des Nutzungskoeffizienten. Die Abb. 8 ist ein Beispiel dargestellt, bei der Nutzungskoeffizient – hier ausgedrückt als „Feldeffizienz“ = reine Feldarbeitszeit/(reine Feldarbeitszeit + Wendezeit) mit der Schlaggröße zunimmt.

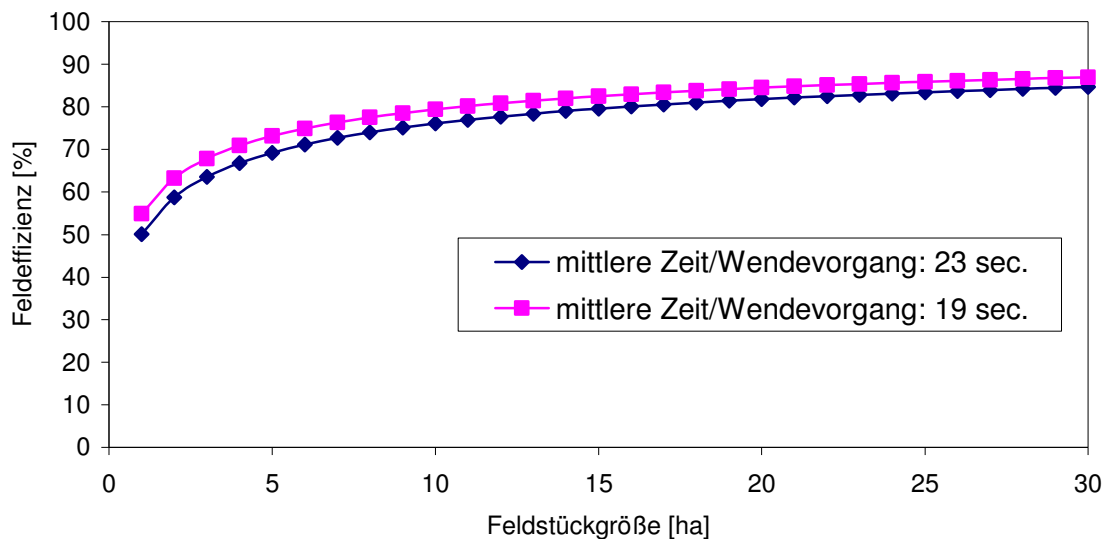


Abb. 8: Feldeffizienz und deren Abhängigkeit von der Feldstückgröße und mittleren Zeitaufwand pro Wendevorgang. (Annahmen: Rechteck mit einem Seitenverhältnis 1:2; Arbeitsbreite: 4 m; Fahrgeschwindigkeit: 11 km/h)

Unabhängig vom Nutzungskoeffizienten können für die Flächenleistungssteigerung einerseits die Arbeitsbreite und andererseits die Fahrgeschwindigkeit als Einflussfaktoren variiert werden. Untersuchungen zum Kraftstoffverbrauch bei der Bodenbearbeitung zeigen, dass es kraftstoffsparender ist die **Flächenleistung über die Arbeitsbreite zu steigern als über die Fahrgeschwindigkeit** (Abb.8). Dies lässt sich aus dem physikalischen Zusammenhang erklären, dass der Zugkraftbedarf bei der Bodenbearbeitung mit dem Quadrat der Fahrgeschwindigkeit zunimmt.

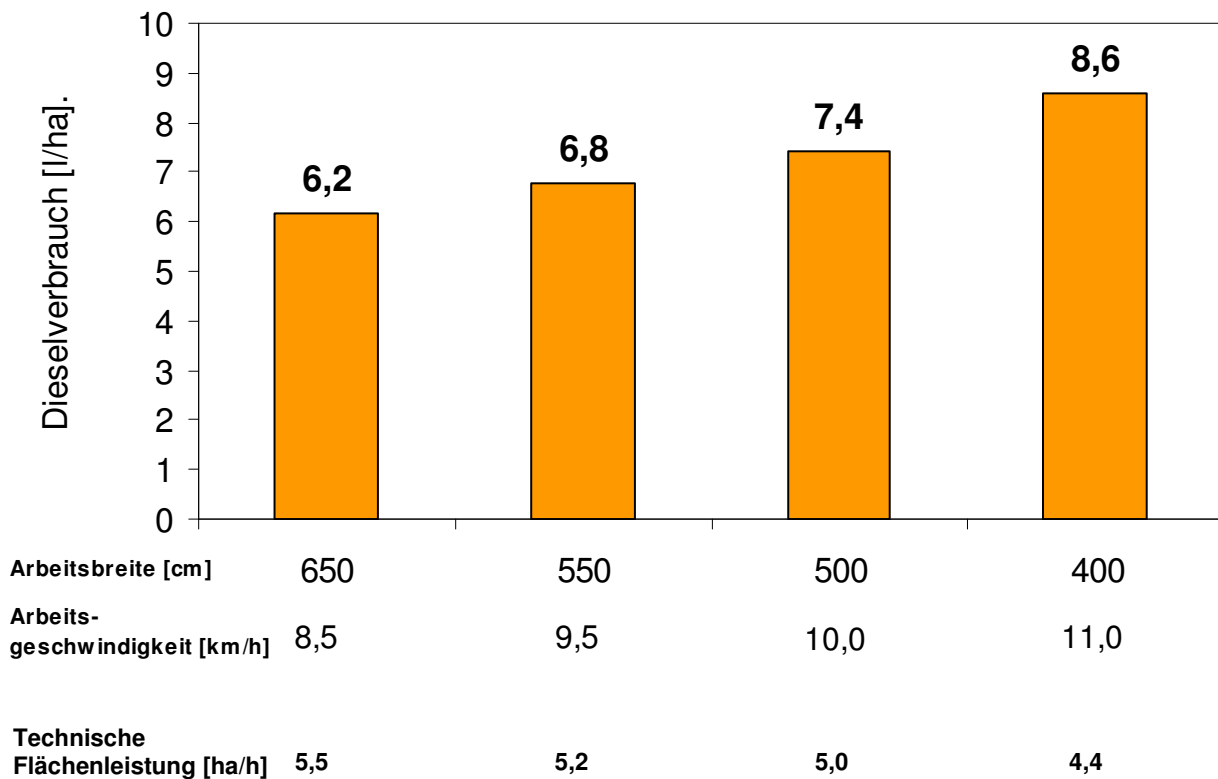


Abb. 8: Dieserverbrauch [l/ha] sowie technische Flächenleistung [ha/h] bei einer Stoppelbearbeitung mit einer Scheibenegge unterschiedlicher Breite. Bodenart: Ton, Allradtraktor mit 101,5 kW (FILIPOVIC ET AL. 2004)

Eine hohe Fahrgeschwindigkeit bewirkt zwar einen geringeren Arbeitszeitaufwand pro Hektar, aber der Kraftstoffaufwand nimmt zu (Abb. 8 und 9).

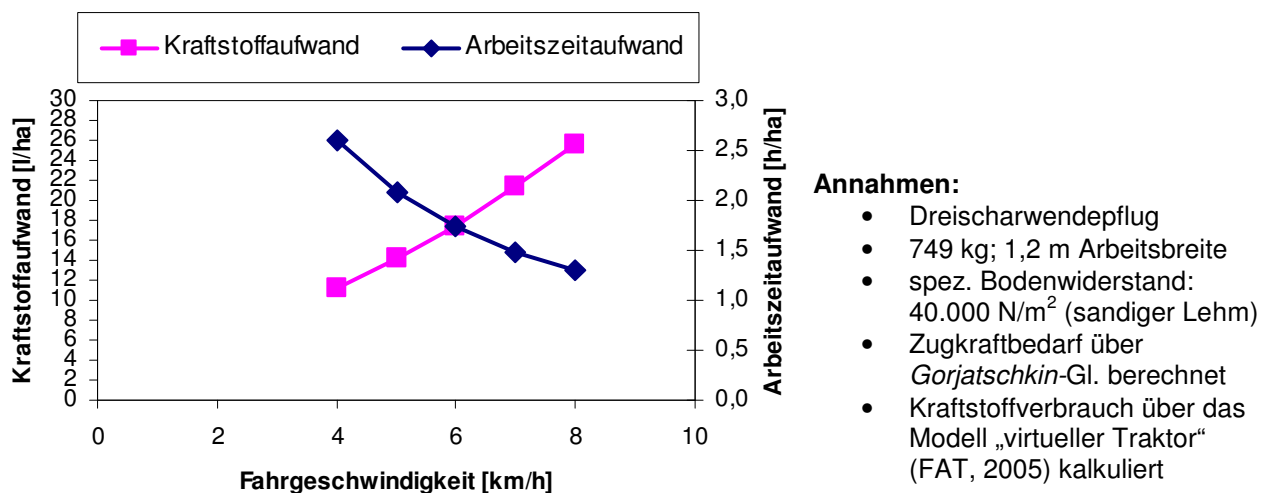
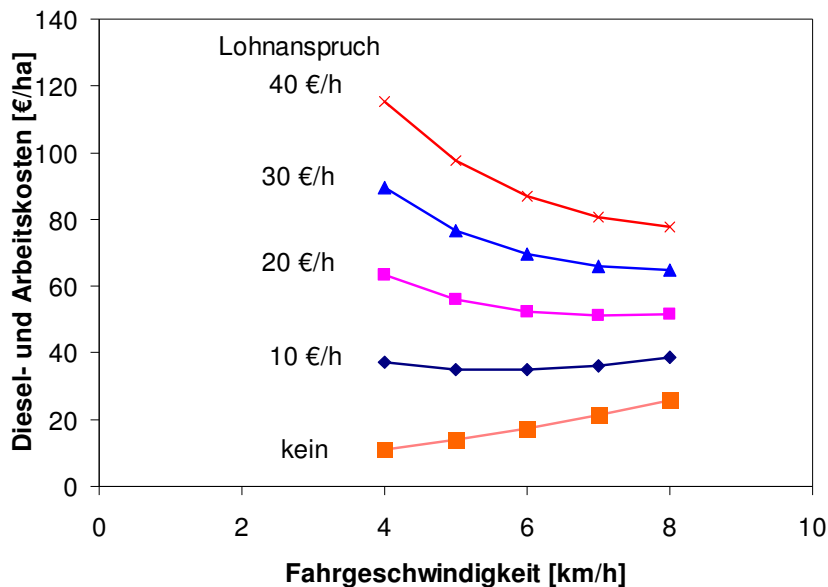


Abb. 9: Einfluss der Fahrgeschwindigkeit beim Pflügen auf den Kraftstoff- und Arbeitszeitaufwand

Die optimale Fahrgeschwindigkeit für einen Feldarbeitsgang hängt somit von der monetären Bewertung der Arbeitszeit ab (Abb.9).



Annahmen:

- Dreischarwendepflug
- 749 kg; 1,2 m Arbeitsbreite
- spez. Bodenwiderstand: 40.000 N/m² (sandiger Lehm)
- Zugkraftbedarf über *Gorjatschkin*-Gl. berechnet
- Kraftstoffverbrauch über das Modell „virtueller Traktor“ (FAT, 2005) kalkuliert
- Dieselkosten 1€/l

Abb. 9: Diesel- und Arbeitskosten beim Pflügen in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit und des angesetzten Lohnanspruchs

Ist die Arbeitskraft im Betrieb frei verfügbar so ist z. B. beim Pflügen eine geringere Fahrgeschwindigkeit wirtschaftlicher als eine höhere.

8. Ausblick

Der Kraftstoffeinsatz in der pflanzlichen Produktion stellt eine bedeutende Kostenvariable dar. Während bei der Bewirtschaftung von Grünland, Wein- und Obstbau die Anzahl der Arbeitsgänge im Wesentlichen den Gesamtdieserverbrauch pro Hektar bestimmt, ist im Ackerbau die Eingriffsintensität in den Boden einer der verbrauchsbestimmenden Faktoren.

Zukünftig müssen noch gezielter die verfahrenstechnischen Möglichkeiten genutzt werden um die Kraftstoffeffizienz in der Landwirtschaft zu erhöhen. Auch im EU - Grünbuch über Energieeffizienz – Weniger ist mehr – mit seinen ambitionierten Zielvorgaben (Verringerung des prognostizierten EU-Energieverbrauchs für 2020 um 20 % gegenüber 1990) wird auf die Bedeutung der effizienten Kraftstoffnutzung hingewiesen.

Literatur:

- EUROPÄISCHE KOMMISSION: Grünbuch über Energieeffizienz oder Weniger ist mehr, 22. Juni 2005
- FAT: FAT-Schriftenreihe Nr. 65: Treibstoffverbrauch und Emissionen von Traktoren bei landwirtschaftlichen Arbeiten, 2005
- FILIPOVIC, D., S. KOSUTIC & Z. GOSPODARIC: Energy Efficiency in Conventional Tillage of Clay Soil. In: Energy Efficiency and Agricultural Engineering; Conference proceedings, Rouse, Bulgaria, 2004
- HOLZ, W.: Kraftstoffverbrauch und Leistungen von Ackerschleppern II: Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft; April 2002
- KALK, W. - D. & O. BOSSE: Betrachtungen zu optimalen Geschwindigkeiten beim Pflügen. In: Agrartechnik. 31. Jg. Heft 8, 1981
- KUTZBACH H.-D.: Lehrbuch Agrartechnik Band 1: Allgemeine Grundlagen – Ackerschlepper – Fördertechnik; Verlag Paul Pary 1989
- MCLAUGHLIN ET AL.: Effect of organic and inorganic soil nitrogen amendemnts on mouldboard plow draft, Soil & Tillage Research, 2002
- MOITZI G.: Kraftstoffeinsatz in der Pflanzenproduktion. In: Kraftstoffkostensparen in der Landwirtschaft. ÖKL-Kolloquium 2005
- ÖKL: ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten 2006
- TRAUlsen, H.: Energiesparen in der Feldwirtschaft. In: Energie sparen – Energieproduzieren, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 1980
- UMWELTBUNDESAMT WIEN: Datenbank zur Österreichischen Luftschadstoffinventur, 2004
- WEIß, J.: Zugkraftbedarf bei verschiedenen Pflugscharen und gängigen Abwandlung an Verschleißteilen. Bachelorarbeit am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität Kiel, 2003

Autor:**Dr. Gerhard Moitzi****Institut für Landtechnik**

Department für Nachhaltige Agrarsysteme

Universität für Bodenkultur, Wien

Peter-Jordan-Straße 82

A-1190 Wien

e-mail: gerhard.moitzi@boku.ac.at