



Merkblatt 339



Diseleinsparung in der Pflanzenproduktion

Dieseleinsparung in der Pflanzenproduktion

DLG-Merkblatt 339

1	Einleitung	3
2	Optimierte Betriebsorganisation	5
	2.1 Schlaggröße und -form anpassen	5
	2.2 Innerbetrieblichen Verkehr optimieren	5
	2.3 Verzicht auf Arbeitsgänge	5
3	Optimierter Geräteinsatz	6
	3.1 Geringere Bearbeitungstiefe	6
	3.2 Geringere Bearbeitungsintensität	8
	3.3 Optimierte Geräteeinstellung	10
	3.4 Kombination von Arbeitsgängen	10
4	Optimierter Schleppereinsatz	11
	4.1 Motorauswahl	11
	4.2 Motorauslastung	12
	4.3 Getriebe	13
	4.4 Zapfwelle	15
	4.5 Hydraulik	15
	4.6 Fahrwerk	15
	4.7 Ballastierung	16
	4.8 Wartung	17
5	Checkliste zum Diesel sparen	19

1 Einleitung

Die Treibstoffkosten sind im landwirtschaftlichen Betrieb zu einem bedeutenden Kostenfaktor geworden. Maßgeblich verantwortlich dafür sind zum einen der gestiegene Rohölpreis und zum anderen die Änderung des Mineralölsteuergesetzes. Seit 1999 ist die Mineralölsteuer um knapp

50 % angestiegen, und gleichzeitig ist der Anteil der Mineralölsteuererstattung für den Landwirt von 66 % auf etwa 46 % gesunken. Hinzu kommt, dass ab dem 1. Januar 2005 die Mineralölsteuererstattung nur bis zu einem jährlichen Dieserverbrauch von 10.000 Litern unter Abzug eines Selbstbehaltes von 350,- € berücksichtigt wird.

Tabelle 1: Entwicklung der Mineralölsteuer

Zeitraum	Verbrauch (l/Jahr)	Mineralölsteuer (Cent/l)	Erstattung (Cent/l)	Mineralölsteuer für Landwirte (Cent/l)
bis 31.03.99	unbegrenzt	31,70	21,04	10,66
ab 01.04.99	unbegrenzt	34,77	21,04	13,73
ab 01.01.00	unbegrenzt	37,84	15,34	22,50
ab 01.01.01	unbegrenzt	40,90	15,34	25,56
ab 01.01.02	unbegrenzt	43,97	18,41	25,56
ab 01.01.03	unbegrenzt	47,04	21,48	25,56
bis 31.12.04	unbegrenzt	47,04	21,48	25,56
ab 01.01.05 (*)	bis 1.862 l	47,04	0,00	47,04
	1.863 bis 10.000 l	47,04	2,69 bis 17,98	44,35 bis 29,06
	Anteil über 10.000 l	47,04	0,00	47,04

(*) Bagatellgrenze: 50,- €; Selbstbehalt: 350,- €

Für große Betriebe mit einem jährlichen Dieserverbrauch von deutlich mehr als 10.000 Litern bedeutet dies einen Anstieg der Treibstoffkosten im Vergleich zum Jahr 2002 von bis zu 60 % (Abb. 1). Wegen des hohen Steueranteils von etwa 60 % am Dieselpreis ist die Möglichkeit

des Verkäufers, Rabatte zu gewähren, stark eingeschränkt. Daraus folgt, dass der Landwirt durch organisatorische Maßnahmen, wie den Bezug großer Chargen durch gemeinsamen Einkauf, die Dieselposten nicht entscheidend verringern kann.

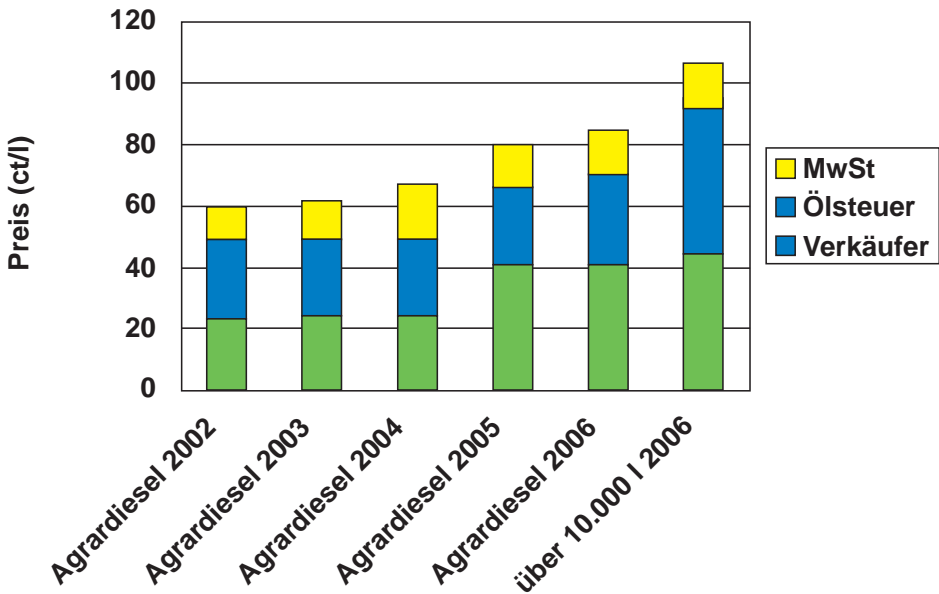


Abbildung 1: Struktur des Dieselpreises im Zeitraum von 2002 bis 2006
 (Datenquelle: Statistisches Bundesamt;
 Preise für Großabnehmer 5.000 l bis 7.000 l)

Die Verwendung von preiswerten alternativen Kraftstoffen, wie Biodiesel (RME, Rapsmethylester) oder Rapsöl, ist nicht für alle Betriebe geeignet. Für den wirtschaftlichen Einsatz muss Biodiesel mindestens 8 Cent pro Liter billiger sein als Diesel, um den Mehrverbrauch auszugleichen. Die Preisdifferenz zwischen Diesel und RME variiert regional sehr stark und reicht in vielen Regionen Deutschlands nicht aus. Der Einsatz von kalt gepresstem Rapsöl und Rapsölraffinat setzt eine geeignete Umrüstung voraus und stellt hohe Anforderungen an das Einsatzgebiet der Maschinen. Maschinen, die häufig gestartet werden und überwiegend im Teillastbereich arbei-

ten, sind für den Einsatz von Rapsöl nicht geeignet.

Die Möglichkeiten, den Preis für den Kraftstoff zu verringern, sind also begrenzt. Es gibt allerdings effektive Maßnahmen, über einen geringeren Verbrauch die Kraftstoffkosten zu senken. Neben der richtigen Schlepperausrüstung hat der Fahrer beim täglichen Einsatz einen entscheidenden Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch. Das Ziel des vorliegenden Merkblattes ist es daher, die Einsparpotentiale im landwirtschaftlichen Betrieb aufzuzeigen, die sich auch ohne großen technischen Aufwand realisieren lassen.

2 Optimierte Betriebsorganisation

2.1 Schlaggröße und Schlagform anpassen

Große, regelmäßig geformte Schläge verringern die unproduktiven Nebenzeiten und senken den Dieserverbrauch durch die geringere Anzahl an Wendungen und durch den geringeren Zeitaufwand beim Wenden. Größere Einzelschläge senken darüber hinaus die Anzahl der Fahrten zwischen Feld und Hofstelle. Die Auswir-

kungen unterschiedlicher Schlaggrößen auf den Dieserverbrauch sind in Tabelle 2 für Arbeiten mit hohem bzw. geringem Leistungsbedarf und für einen Beispielbetrieb mit 20 ha Silomais, 10 ha Raps, 60 ha Wintergetreide und 10 ha Brache dargestellt (Silomaisernte durch Lohnunternehmer).

Tabelle 2: Einfluss der Schlaggröße auf den Dieserverbrauch (Quelle: Fröba)

Dieselbedarf bei Arbeiten	Schlaggröße				
	1 ha	2 ha	5 ha	10 ha	20 ha
mit hohem Leistungsbedarf	100 %	94 %	90 %	89 %	88 %
mit geringem Leistungsbedarf	100 %	77 %	64 %	58 %	55 %
im Beispielbetrieb	100 %	91 %	85 %	82 %	81 %
im Beispielbetrieb (l/Jahr)	7658	6965	6489	6297	6173

Der Dieserverbrauch wird auch durch die Schlagform beeinflusst. Ideal sind rechteckige Schläge. Wie abweichende Schlag-

formen den Dieserverbrauch verändern, zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Einfluss der Schlagform auf den Dieserverbrauch (Quelle: Bernhardt)

Schlagform (Rechteck = 100 %)	Schlaggröße				
	1 ha	2 ha	5 ha	10 ha	20 ha
Quadrat	118 %	116 %	112 %	109 %	107 %
Gleichschenkliges Dreieck	115 %	114 %	113 %	110 %	108 %
Spitzwinkeliges Dreieck	124 %	123 %	119 %	116 %	113 %

2.2 Innerbetrieblichen Verkehr optimieren

Insbesondere in klein strukturierten Gebieten müssen eine große Anzahl an Schlägen auch über weite Entfernungen vom Betriebsstandort aus angefahren werden. Über den Tausch von Eigentums- und Pachtflächen kann mitunter die Feld-Hof-Entfernung deutlich reduziert werden, so dass nicht nur Arbeitszeit, sondern auch in erheblichem Umfang Treibstoff eingespart werden können.

2.3 Verzicht auf Arbeitsgänge

Während die unter Punkt 2.1 und Punkt 2.2 aufgezeigten Möglichkeiten zur Dieseleinsparung nur mittel- und langfristig realisiert werden können, kann durch den Verzicht auf einzelne Arbeitsgänge kurzfristig in erheblichem Umfang Diesel eingespart werden. Aus Tabelle 4 wird deutlich, dass in Abhängigkeit vom jeweiligen Arbeitsgang gerade bei der Bodenbearbeitung, zum Beispiel durch den Verzicht auf

das Pflügen als energieaufwändigste Maßnahme in der Bodenbearbeitung, je nach Bodenart 10 bis 30 Liter pro ha und bei einem Dieselpreis von 1,0 € pro Liter entsprechend 10,- € bis 30,- € pro ha eingespart werden können. Selbst wenn als Ersatz für das Pflügen ein zusätzlicher Arbeitsgang mit dem Grubber notwendig ist, kann der Dieselverbrauch deutlich reduziert werden. Auf sehr schweren Böden kommt

hinzu, dass bei dauerhaft pflugloser Wirtschaftsweise die Sekundärbodenbearbeitung in ihrem Umfang deutlich reduziert werden kann. Beim Verzicht auf den Pflug sind neben technischen auch in großem Umfang pflanzenbauliche Fragen zu klären. Mit steigenden Treibstoffpreisen gewinnt allerdings der Verzicht auf den Pflug deutlich an Bedeutung.

Tabelle 4: Einsparpotenzial durch Verzicht auf Bodenbearbeitungsgänge (Quelle: Fröba)

Arbeitsgang	Dieseinsparung in l/ha
Pflügen	10 bis 30
Tiefgrubbern	10 bis 20
Saatbettbereitung	6 bis 10
Stoppelbearbeitung	6 bis 12

3 Optimierter Geräteeinsatz

3.1 Geringere Bearbeitungstiefe

Bei den meisten Bodenbearbeitungsverfahren steigt mit zunehmender Bearbeitungstiefe der Dieselverbrauch in etwa

gleichem Maße an (Abb. 2). Daher gilt auch hier der Grundsatz: So flach wie möglich, so tief wie nötig arbeiten.

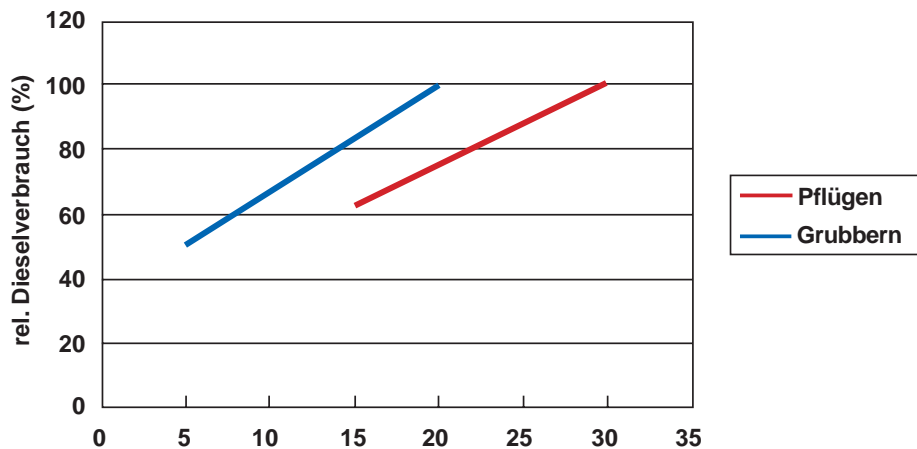


Abbildung 2: Einfluss der Arbeitstiefe auf den Dieselverbrauch (Quelle: Fröba, DLG-Prüfberichte)

Bei der Frage nach möglichen Einsparpotentialen sind in erster Linie energieaufwändige Bodenbearbeitungsverfahren kritisch zu betrachten. Gerade beim Pflügen wird in der Praxis überwiegend mit einer betriebsspezifisch festgelegten einheitlichen Bearbeitungstiefe gearbeitet. Aus energetischer, aber auch aus pflanzenbau-

licher Sicht ist jedoch eine fruchtspezifisch variierte Bearbeitungstiefe vorzuziehen. In Tabelle 5 sind die Auswirkungen einer angepassten Arbeitstiefe in der Fruchtfolge Wintergerste-Mais-Weizen auf den Dieselverbrauch und den Arbeitszeitbedarf im Vergleich zu einer konstanten Arbeitstiefe von 30 cm dargestellt

Tabelle 5: Auswirkungen einer angepassten Arbeitstiefe beim Pflügen

	Pflugtiefe (cm)	Dieserverbrauch (l/ha)	Geschwindigkeit (km/h)
Konstant	30	30	4,00
Angepasst			
vor Wintergerste	30	30	4,00
vor Mais	25	26	4,80
vor Weizen	20	23	6,00
Mittel der FF	25	26,3	4,93
Änderung	-5	-3,7	0,93

Bei der angepassten Variante wird die größte Arbeitstiefe von 30 cm nur zur vergleichsweise empfindlichen Frucht Wintergerste im Sommer durchgeführt. Das hat den Vorteil, dass in der Regel unter relativ trockenen Bodenverhältnissen etwaige Verdichtungszonen erfasst werden können ohne die Gefahr, dass durch die tiefe Bearbeitung zusätzliche Schäden im Boden hergestellt werden. Zu Mais wird im Frühjahr mit einer mittleren Arbeitstiefe von 25 cm gearbeitet. Der Weizen nach Mais wird nach einer Pflugfurche von nur 20 cm Tiefe eingebracht. Durch die Variation der Arbeitstiefe wird gleichzeitig die Gefahr einer Schlepperradsohle vermindert, insbesondere wenn bei der Weizensaat nach dem Mais in einem sehr engen Zeitfenster, unter Umständen auch bei nassen Bodenverhältnissen, gearbeitet werden muss. Gegenüber der konstant tiefen Bear-

beitung verringert sich dadurch die mittlere Pflugtiefe über die gesamte Fruchtfolge gesehen auf 25 cm, so dass bei sehr schwerem Boden im Durchschnitt über die gesamte Fruchtfolge 3,7 Liter pro ha eingespart werden können.

Geringere Bearbeitungstiefen lassen sich in der Praxis auch häufig beim Einsatz von Drillkombinationen realisieren, wenn auf einem abgesetzten Boden oder nach dem Einsatz eines Packers bei geringem Luftdruck im Schlepperreifen die Bildung von tiefen Spuren verringert wird. Häufig wird das Sekundärbodenbearbeitungsgerät in der Arbeitstiefe so eingestellt, dass die Schlepperspuren eingeebnet werden und nicht danach, wie tief der Boden im Hinblick auf eine geordnete Saatgutablage bearbeitet werden muss.

Die positiven Effekte einer angepassten Arbeitstiefe betreffen jedoch nicht nur das Pflügen. In einer Untersuchung der FAL Braunschweig wurden die Auswirkungen einer variierten Arbeitstiefe beim Grubbern auf den Dieserverbrauch untersucht. Bei wechselnden Böden wird in der Praxis die Arbeitstiefe des Grubbers auf die größte notwendige Tiefe eingestellt. Während eine derart tiefe Lockerung bei Sandböden durchaus sinnvoll ist, kann bei tonreichen Teilstücken die Arbeitstiefe deutlich redu-

ziert werden. Je größer der Anteil der schweren Böden im Schlag ist, desto höher ist auch das Einsparpotential an Diesel, wenn diese Teilflächen nur so tief bearbeitet werden, wie sie müssen. Aus Abbildung 3 geht hervor, dass auch bei überwiegend sandigem Boden durch die Anpassung der Arbeitstiefe des Grubbers 20 % Diesel eingespart werden können. Beträgt der Anteil leichter Böden nur 20 %, kann über die Hälfte des Treibstoffs eingespart werden.

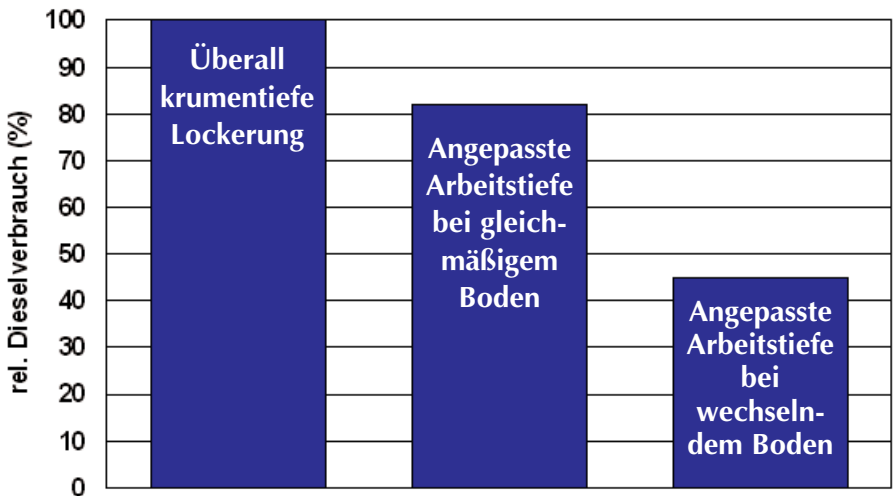


Abbildung 3: Mögliche Dieseleinsparung durch angepasste Bearbeitungstiefe bei der Lockerung (Quelle: Dr. Voßhenrich, FAL Braunschweig)

3.2 Geringere Bearbeitungsintensität

Zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte können über die Variation der Zapfwelldrehzahl und/oder durch Schaltgetriebe am Gerät in ihrer Arbeitsintensität eingestellt werden (Abb. 4). Je höher die Werkzeuggeschwindigkeit ist, desto höher ist auch der Antriebsbedarf (Abb. 5). Gerade bei wechselnden Bodenverhältnissen ist

daher eine schnelle Anpassung der Werkzeugdrehzahl an die vom Boden vorgegebenen Anforderungen notwendig. Auch aus pflanzenbaulicher Sicht sind zu hohe Drehzahlen nachteilig, da zum Beispiel auf schluffreichen Böden die Gefahr von Verschlammungen und Verkrustungen deutlich ansteigt.



Abbildung 4: Schaltgetriebe an einer Kreiselegge

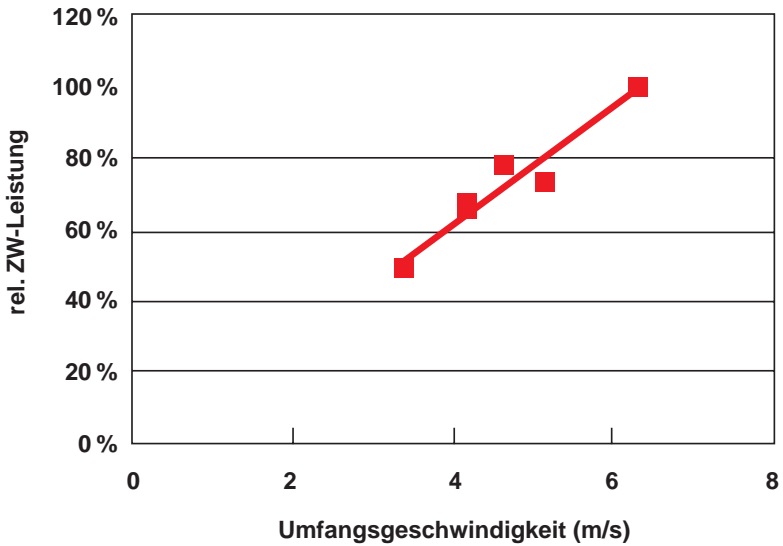


Abbildung 5: Einfluss der Kreisel-Umfangsgeschwindigkeit auf den Leistungsbedarf (Vergleich mehrerer Kreiseleggen bei der Bodenbearbeitung im Frühjahr) (Quelle: Demmel)

3.3 Optimierte Geräteeinstellung

Neben den "Basiseinstellungen", wie Arbeitstiefe und Werkzeuggeschwindigkeit, lassen sich bei vielen Geräten auch noch andere Parameter variieren. Diese können einen mehr oder weniger großen Einfluss auf den Dieserverbrauch haben. Aus Abbildung 6 werden am Beispiel des Pflügens diese Einflüsse deutlich. In einem Test wurde der Zugkraftbedarf beim Pflügen mit falscher Pflugeinstellung im Vergleich zur optimalen Pflugeinstellung gemessen. Zugpunkt, Seitenneigung und Vorderfurchen wurden dabei nur soweit verändert, dass optisch keine Veränderung des Pflugbildes zu erkennen war. Trotzdem wurde durch

eine falsche Zugpunkteinstellung ein um etwa 18 % höherer Zugkraftbedarf gemessen. Wurde zusätzlich auch die Seitenneigung des Pfluges falsch eingestellt, erhöhte sich der Zugkraftbedarf gegenüber der optimalen Einstellung um insgesamt 33 %. Die Einstellung der Vorderfurchenbreite hatte keinen wesentlichen Einfluss auf den Zugkraftbedarf. Die Tiefeneinstellung des Dungeinlegers zeigte nur dann einen Effekt, wenn die Dungeinleger ganz aus dem Boden herausgehoben wurden. Dadurch verringerte sich die "Schnittlänge" im Boden, und es konnte ein um 15 % geringerer Zugkraftbedarf festgestellt werden.

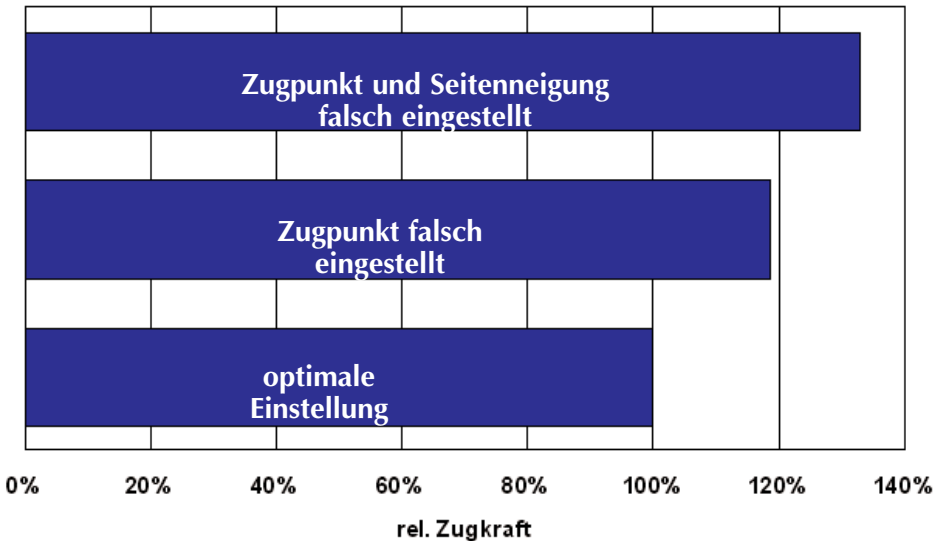


Abbildung 6: Veränderung des Zugkraftbedarfes durch falsche Pflugeinstellung (Quelle: top agrar, 10/2004)

3.4 Kombination von Arbeitsgängen

Auch durch die gleichzeitige Ausführung von Arbeitsgängen kann Diesel eingespart werden. Voraussetzung ist allerdings, dass

Zeitpunkt und Arbeitsgeschwindigkeit zueinander passen. Beispiele sinnvoller Kombinationen und die dazugehörigen Einsparpotentiale zeigt Tabelle 6.

Tabelle 6: Dieseleinsparung durch die Kombination von Arbeitsgängen (Quelle: Fröba)

Kombinationen von Arbeitsgängen	Einsparpotential
Pflanzenschutz und Flüssigdüngung	1 bis 2 l/ha
Mähen und Zetten (Aufbereiter und Breitstreueinrichtung)	1 bis 2 l/ha
Saatbettbereitung und Saat	2 bis 3 l/ha
Press-Wickel-Kombination	0,5 bis 2 l/ha

4 Optimierter Schleppereinsatz

4.1 Motorauswahl

Der Kraftstoffverbrauch ist zu einem sehr wichtigen Verkaufsargument bei den Herstellern geworden. In den Prospekten werden allerdings häufig nur Bestwerte angegeben, die nur für einen bestimmten Be-

triebspunkt des Motors gelten. Wie gering die Aussagekraft üblicher Prospektangaben ist, zeigt Abbildung 7: Zwei Schlepper mit identischer Nennleistung und annähernd gleichem optimalen spezifischen Kraftstoffverbrauch erscheinen auf den ersten Blick als gleichwertig. Schlepper A hat allerdings beim Betrieb mit der Zapfwellen-Norm-

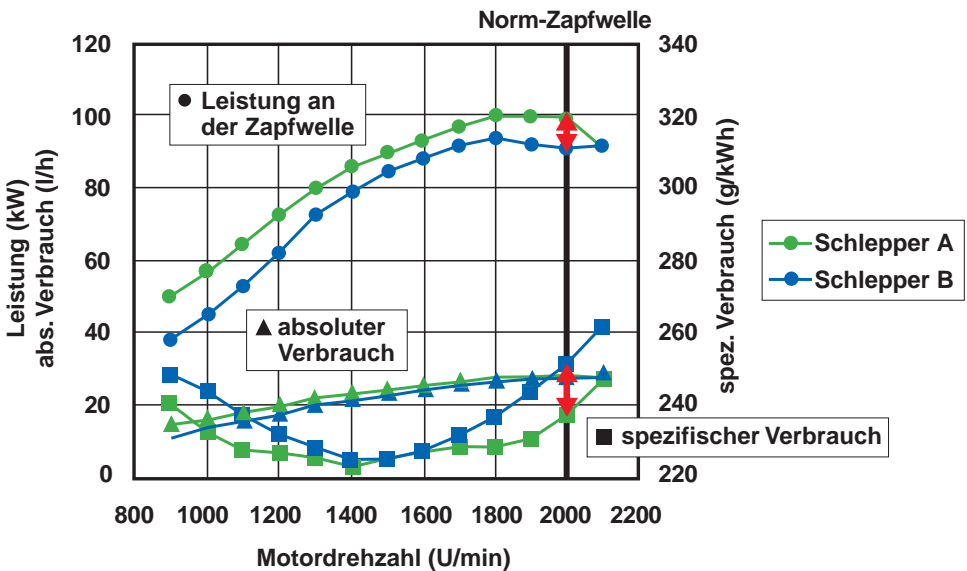


Abbildung 7: Vergleich der Motorkennlinien von zwei Schleppern mit gleicher Nennleistung

drehzahl 7,6 kW mehr Leistung als Schlepper B und weist im gesamten Konstantleistungsbereich eine deutlich höhere Leistung auf als Schlepper B. Diese Mehrleistung verursacht keinen nennenswert höheren Dieselverbrauch, da der spezifische Verbrauch in diesem wichtigen Drehzahlbereich um knapp 10 % geringer ist. Dieser Vorteil von Schlepper A gegenüber Schlepper B wird nur bei Kenntnis der Motorkennlinien deutlich, nicht jedoch aus den Prospektangaben.

Deshalb sind die Verbrauchsmessungen des DLG-Testzentrums, bei denen an der Zapfwellenbremse und bei der Zugarbeit die spezifischen Kraftstoffverbräuche in mehreren Betriebspunkten des Motors gemessen werden, für die Beurteilung eines Schleppers notwendig. Der dabei ermittelte "6-Punkte-Wert" ist ein deutlich praxisnäherer Verbrauchswert, der auch den wichtigen Teillastbereich in die Bewertung mit einbezieht. Ein weiterer Vorteil dieser Messungen ist, dass die Verluste im Antriebsstrang zur Zapfwelle bzw. zu den Rädern mit berücksichtigt werden. Wenn auch aus den Messergebnissen kein Rückschluss auf den jährlichen Kraftstoffverbrauch im landwirtschaftlichen Betrieb gezogen werden kann, so können doch Vergleiche zwischen unterschiedlichen Fabrikaten hergestellt werden, und die Testwerte können als Vergleichswert bei der Überprüfung des Kraftstoffverbrauchs des eigenen Schleppers in der Werkstatt vor Ort herangezogen werden. Zu hohe Verbräuche in der Praxis aufgrund einer falschen Motoreinstellung können so korrigiert werden.

4.2 Motorauslastung

Die Motorcharakteristik eines typischen Schleppermotors hat sich in den letzten 20 Jahren deutlich verändert. Durch die fast standardmäßige Nutzung von Turboladern und den zunehmenden Einbau von elektronisch gesteuerten Einspritzpumpen können die Motorkernlinien in einem sehr viel weiteren Bereich verändert werden als bei älteren Saugmotoren. Heutige Motoren weisen einen Konstantleistungsbereich von 20 % bis über 30 % auf, in dem mindestens die Nennleistung, häufig sogar einige kW mehr (Überleistung) zur Verfügung stehen (Abbildung 8). Dadurch ist es mit einem modernen Motor sehr viel einfacher, Kraftstoff sparend zu fahren als mit einem alten Saugmotor. Da die gleiche Leistung auch bei niedrigeren Motordrehzahlen erreicht wird, kann häufiger im Bereich des günstigsten spezifischen Kraftstoffverbrauches gefahren werden. Dies gilt insbesondere für Transportarbeiten (siehe Tab. 9) und für Zapfwellenarbeiten (siehe Tab. 10), wenn der Schlepper mit entsprechenden "Spargängen" und Sparzapfwellen ausgerüstet ist. Dann kann der günstigste Verbrauchsbereich von etwa 70 % bis 80 % der Nenndrehzahl ausgenutzt werden. Dies gilt insbesondere für den Teillastbereich, in dem durch die Reduzierung der Motordrehzahl der Kraftstoffverbrauch deutlich reduziert werden kann (Tabelle 7).

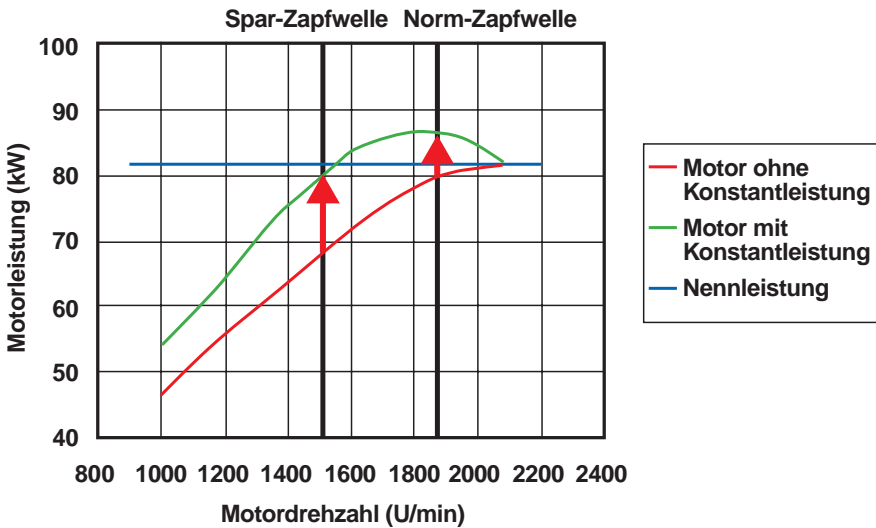


Abbildung 8: Vergleich der Leistung von Motoren mit und ohne Konstantleistung bei gleicher Nennleistung

Tabelle 7: Kraftstoffverbrauch (l/h) eines 100-kW-Schleppers im Teillastbereich bei unterschiedlichen Drehzahlen im Vergleich zum Fahren mit Vollgas.

Abgeforderte Leistung (kW)	Drehzahl (U/min)						Vollgas
	1100	1300	1500	1700	1900	2100	
20	6,2	6,1	6,4	7,0	8,0	9,5	10,5
40	11,2	11,0	11,2	11,8	12,8	14,2	15,0
60	16,4	16,0	16,1	16,7	17,6	19,0	19,5
80		21,1	21,1	21,6	22,5	23,8	24,0
100				26,5	27,4	28,6	

Um Kraftstoff zehrende Drehzahlschwankungen zu minimieren und auch an langen Arbeitstagen die optimale Drehzahl einzuhalten, bietet sich das Handgas an. Bereits beim Schlepperkauf sollte darauf geachtet werden, dass sich die gewünschte

Drehzahl schnell und unkompliziert einstellen lässt. Bei modernen Schleppern mit elektronischem Handgas können mehrere Drehzahlen eingestellt und per Knopfdruck abgerufen werden.

4.3 Getriebe

Die Abstimmung von notwendiger Motorleistung, Motordrehzahl und Fahrgeschwindigkeit erfordert ein fein abgestuftes Getriebe, um den optimalen Betriebspunkt

des Motors mit dem entsprechend geringen Kraftstoffverbrauch auch realisieren zu können. Bei stark wechselnden Bodenverhältnissen innerhalb eines Schlages kommt die Forderung hinzu, die Geschwindigkeit

einfach und schnell den sich ändernden Bodenverhältnissen anzupassen. Hierzu sind schon seit Jahren Lastschaltgetriebe im Einsatz. Der Vorteil gegenüber dem Synchrongetriebe ist, dass zum Gangwechsel nicht angehalten werden muss. Neben der damit verbundenen Zeiteinsparung bewirken Lastschaltgetriebe, dass bei wechselnden Bodenverhältnissen überhaupt geschaltet wird. In der Praxis wird nämlich bei Synchrongetrieben in der Regel der niedrigste Gang eingelegt, um sicherzustellen, dass auch ohne Schalten die Furche zu Ende gepflügt werden kann. Der daraus resultierende Effekt ist, dass bei Abschnitten

mit leichtem Boden der Motor im Teillastbereich fährt, während bei einem Lastschaltgetriebe durch die Wahl des nächsthöheren Ganges die Motorauslastung deutlich verbessert würde. Automatisch schaltende Lastschaltgetriebe stellen sicher, dass bei wechselnden Bodenverhältnissen auch tatsächlich geschaltet wird. Die beste Anpassung an wechselnde Bodenverhältnisse wird mit einem stufenlosen Getriebe erreicht, insbesondere wenn eine Motor-Getriebe-Steuerung vorhanden ist. Grundsätzlich gilt auch hier, dass die Einspar-effekte um so größer sind, je höher der Anteil des Teillastbetriebes ist.

Tabelle 8: Diesel-Einsparpotential in % beim Fahren mit verringerter Motordrehzahl und durch eine Motor-Getriebebesteuerung mit automatischer Drehzahlanpassung in Abhängigkeit von der Motorauslastung im Vergleich zum Fahren bei Vollgas.

	Motorauslastung			
	20 %	40 %	60 %	80 %
80 % der Nenndrehzahl	31,4 %	15,7 %	11,2 %	7,7 %
Motor-Getriebe-Steuerung	45,5 %	24,3 %	14,5 %	8,1 %

Insbesondere bei Transportarbeiten wird häufig im Teillastbereich gefahren, da die volle Motorleistung nur bei Beschleunigungen und bei Bergauffahrt abverlangt wird. Daher ist gerade in diesem Bereich das Fahren mit reduzierter Motordrehzahl eine sehr effektive Methode, den Diesel-

verbrauch zu reduzieren. Die Traktorenhersteller bieten serienmäßig oder auf Wunsch entsprechend ausgelegte Getriebe an, die die Höchstgeschwindigkeit im größten Gang bei etwa 1.600 bis 1.800 Umdrehungen pro Minute erreichen.

Tabelle 9: Auswirkungen unterschiedlicher Fahrweisen und Getriebeausstattung auf den Verbrauch beim Transport.

Fahren mit...	Drehzahl (U/min)	Geschw. (km/h)	Verbrauch (l/h)	Zeit für 100 km (h)	Verbrauch (l/100 km)
Vollgas	2460	43	10,1	2,3	23,5
Nenndrehzahl	2300	40	9,4	2,5	23,4
50 km/h - Getriebe	1840	40	8,1	2,5	20,2
65 km/h - Getriebe	1415	40	7,5	2,5	18,7

4.4 Zapfwelle

Insbesondere bei Pflegearbeiten werden zapfwellengetriebene Geräte eingesetzt, die nur selten die volle Motorleistung erfordern. Über Sparzapfwellen, die bereits bei 1.500 bis 1.600 Umdrehungen pro Minute die Normdrehzahl an der Zapfwelle bereitstellen, kann auch hier im Bereich des minimalen spezifischen Kraftstoffverbrauchs gearbeitet werden. Ist keine spezielle Sparzapfwelle vorhanden,

kann bei Geräten mit einer Normdrehzahl von 540 Umdrehungen pro Minute unter Umständen auch mit der 1.000er Zapfwelle gefahren werden. Dann ist allerdings die Motordrehzahl auf etwa 1.200 Umdrehungen pro Minute begrenzt und die verfügbare Motorleistung damit deutlich eingeschränkt. Moderne Motoren können allerdings auch bei dieser niedrigen Motordrehzahl bis zu 50 % der Nennleistung zur Verfügung stellen.

Tabelle 10: Diesel-Einsparpotential in % beim Einsatz der Sparzapfwelle oder der 1000er Zapfwelle in Abhängigkeit von der Motorauslastung im Vergleich zum Einsatz der 540er Normzapfwelle.

	Motorauslastung			
	20 %	40 %	60 %	80 %
Sparzapfwelle (750 U/min)	18,8 %	11,8 %	7,6 %	3,5 %
Zapfwelle (1000 U/min)	29,4 %	16,9 %	2,2 %	

4.5 Hydraulik

Mit zunehmender Motorleistung steigt auch der Anspruch an die verfügbare hydraulische Leistung für externe Verbraucher. Die höhere Leistung wird dabei nicht durch einen höheren Systemdruck, sondern durch ein größeres Fördervolumen erreicht. Beim bisher üblichen Konstantstrom-Hydrauliksystem kann die Fördermenge nicht aktiv geregelt werden, und es muss auch im Leerlauf die gesamte, von der Pumpe geförderte Menge durch die Leitungen geleitet werden. Bei heute geforderten Volumen-

strömen von mehr als 100 l/min steigt auch die Verlustleistung im Hydrauliksystem deutlich an. Deshalb werden in Schleppern der mittleren und hohen Leistungsklasse heute vermehrt Load-Sensing-Hydrauliksysteme eingebaut, die über eine Verstellpumpe verfügen, die in Abhängigkeit von der erforderlichen Hydraulikleistung nur so viel Öl fördert, wie tatsächlich benötigt wird. Dadurch kann die Verlustleistung deutlich reduziert werden, so dass etwa 3 bis 4 kW mehr Motorleistung zur Verfügung steht.

4.6 Fahrwerk

Das Fahrwerk ist das zentrale Bindeglied zwischen Schlepper und Boden. Bei Zugarbeiten ist ein hoher Wirkungsgrad der Kraftübertragung von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Arbeit. Der Zugwirkungsgrad wird in ent-

scheidendem Maße vom Reifeninnendruck beeinflusst. Mit abnehmendem Reifeninnendruck steigt die mögliche Zugkraft, bzw. bei konstanter Zugkraft sinkt der Schlupf. Wie Messungen der Fachhochschule Südwestfalen in Soest zeigen, kann durch eine Verringerung des Reifeninnen-

druckes von 1,6 bar auf 1,0 bar der Schlupf beim Grubbern von 18 % auf 10 % und beim Pflügen von 25 % auf 15 % reduziert werden. Dadurch können etwa 9 % beim Grubbern und 12 % beim Pflügen am Dieselverbrauch eingespart werden. Durch Bandlaufwerke können bei trockenen Bodenverhältnissen große Zugkräfte Kraftstoff sparend mit geringem Schlupf übertragen werden. Bei sehr feuchtem Boden verringert die große Auflagefläche des Bandlaufwerkes die Spurtiefe und damit den Aufwand für die nachfolgende Bodenbearbeitung. Die Spurtiefe kann bei Reifen durch einen geringen Reifennendruck verringert werden. Neben der Senkung des Rollwiderstandes bewirkt die geringere Spurtiefe, gerade bei der Sekundärbodenbearbeitung, unter Umständen

auch eine deutlich geringere notwendige Arbeitstiefe der nachfolgenden Geräte. Über den Effekt der geringeren Arbeitstiefe kann also zusätzlich Treibstoff eingespart werden (siehe Kapitel 3.1). Beim Fahren auf der Straße ergeben sich genau gegensätzliche Anforderungen an den Reifennendruck. Hier sollte der Reifennendruck möglichst hoch sein, um den Rollwiderstand zu minimieren. Dies gilt nicht nur für den Schlepper, sondern insbesondere auch für schwere Transportfahrzeuge. Wenn der Reifennendruck für die Straßenfahrt auf den laut Reifentabelle maximalen Wert erhöht wird, kann mit einer Dieseleinsparung von etwa 15 % gegenüber dem laut Reifentabelle minimalen Druck gerechnet werden.



Abbildung 9: Reifendruckregelanlagen erlauben eine Anpassung des Reifennendrucks vom Schleppersitz aus. Die Luft wird über außenliegende Leitungen (links) oder durch die Radnabe zu den Reifen geleitet.

4.7 Ballastierung

Grundsätzlich gilt: Der Schlepper sollte so leicht wie möglich und so schwer wie nötig sein. Wenn 1 t Ballast zuviel bewegt werden muss, erhöht sich der Dieselverbrauch um etwa 1 l/h. Schlepper mit einem hohen Leergewicht haben den Nachteil, dass häufig, zum Beispiel bei Zapfwellen-

arbeiten und leichten Zugarbeiten, unnötig viel Masse bewegt werden muss. Leichte Schlepper können durch Zusatzgewichte an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden, um sicherzustellen, dass bei Zugarbeiten auf dem Acker die notwendige Auflagekraft vorhanden ist, die die Motorleistung mit möglichst wenig Schlupf in Zug-

leistung umsetzt. Bei Zapfwellenarbeiten und auf der Straße erhöht eine Ballastierung den Leistungsbedarf und damit den Dieselverbrauch. Daher sind schnell und

bequem an- und abbaubare Zusatzgewichte den fest angebauten Radgewichten und der Wasserfüllung der Reifen vorzuziehen.



Abbildung 10: Zusatzgewichte müssen sich schnell und bequem an- und abbauen lassen. Frontpacker nutzen das Gewicht zur zusätzlichen Bodenbearbeitung.

Bei schweren Heck-Anbaugeräten wird der Frontballast nur auf der Straße und am Vorgewende benötigt. Frontpacker haben

den Vorteil, dass das Ballastgewicht während der Arbeit auf dem Feld sinnvoll zur Bodenbearbeitung genutzt werden kann.

4.8 Wartung

Ein Motor kann nur dann effizient arbeiten, wenn die Voraussetzungen dafür gegeben sind. Über die sorgfältige Wartung kann sichergestellt werden, dass die Lager gut geschmiert werden und der Motor ausreichend Dieselkraftstoff und Luft erhält, um den Dieselkraftstoff möglichst effizient zu verbrennen. Insbesondere Luftfilter und Kühlsysteme unterliegen einer fortlaufenden Verschmutzung, die in regelmäßigen Abständen rechtzeitig beseitigt werden muss. Deshalb sollte bereits beim Kauf des

Schleppers darauf geachtet werden, dass diese Wartungsarbeiten einfach und problemlos durchgeführt werden können. Bei Maschinen, die häufig in sehr staubiger Umgebung arbeiten, können selbstreinigende Vorabscheider oder Kühlerventilatoren mit verstellbaren Flügeln, die zur Reinigung des Kühlers die Windrichtung umkehren können, sinnvoll sein. Durch die regelmäßige Reinigung von Kühler und Filtern kann der Dieselverbrauch um 5 % oder mehr gesenkt werden.



Abbildung 11: Wartungsfreundliche Anordnung der Kühler

5 Checkliste zum Diesel sparen

	Überprüfen	
Vor der Arbeit	Kühler sauber?	
	Luftfilter sauber?	
	Unnötiger Ballast abgebaut?	
	Bei schweren Zugarbeiten ausreichend Ballast?	
	Richtiger Reifeninnendruck?	
	Arbeitsgänge kombinieren?	
	Gerätewerkzeuge in einwandfreiem Zustand?	
Während der Arbeit	Arbeitstiefe nur so tief wie nötig?	
	Werkzeugdrehzahl der Geräte so gering wie möglich?	
	Geräteeinstellung optimal?	
	Motordrehzahl so gering wie möglich?	
	Angepasster Reifeninnendruck?	
Vor dem Schlepperkauf	Geringer spezifischer Kraftstoffverbrauch im unteren Konstantleistungsbereich?	
	Geringer spezifischer Kraftstoffverbrauch bei Motordrehzahlen für Zapfwellenarbeiten?	
	Sparzapfwellen vorhanden?	
	Konstantleistungsbereich größer als Gangsprung der Lastschaltstufen?	
	Getriebeabstufung im Haupt-Geschwindigkeitsbereich ausreichend eng?	
	Liegt die mittlere Arbeitsgeschwindigkeit in der Mitte der Lastschaltstufen?	
	Höchstgeschwindigkeit bei abgesenkter Motordrehzahl?	
	Geringes Leergewicht bei ausreichender Zuladung?	
	Kraftstoffverbrauchsanzeige vorhanden?	

Herausgegeben von der DLG e.V.,
 Testzentrum Technik und Betriebsmittel,
 Ausschuss für Technik in der Pflanzlichen Produktion.
 Bearbeitet von Dr. Norbert Uppenkamp,
 Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Münster



*Impulse für
den Fortschritt*

DLG e.V. (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft)
 Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Deutschland
 Tel.: 069 / 24788-0, Fax: 069 / 24788-110
 E-Mail: Info@dlg.org, Internet: www.dlg.org