

Dieserverbrauch Landwirtschaft

Massnahmen zum Diesel sparen beim Traktoreinsatz

36% des direkten Energieverbrauchs der Landwirtschaft (total 3805 kWh/ha) sind dem Treibstoffverbrauch (jährlich rund 150 Mio. l) zuzuschreiben. Der Verbrauch fällt hauptsächlich bei den landwirtschaftlichen Fahrzeugen an. Der Traktor spielt dabei, neben den Erntemaschinen, eine zentrale Rolle. Mit unterschiedlichen Massnahmen lässt sich der Dieserverbrauch des Traktors um 20 - 30% senken, und die Ausgaben für den Treibstoff, welche 40% der Betriebskosten des Traktors ausmachen, reduzieren. [03] [06] [12]

Mit Unterstützung von:

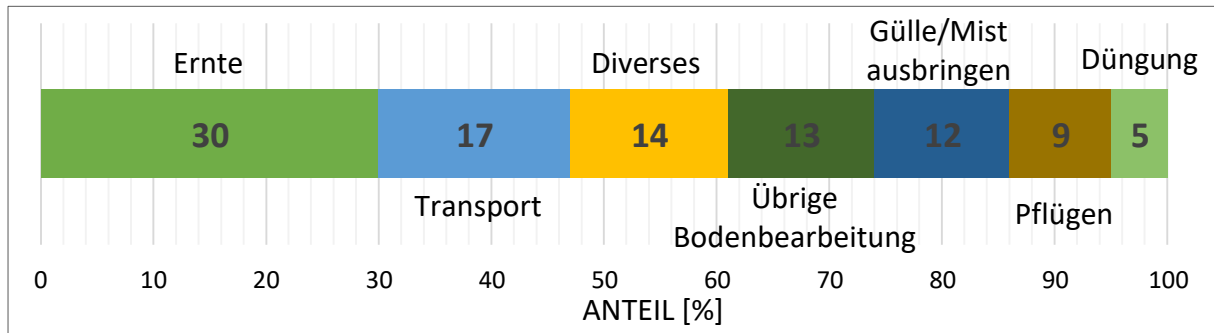


Erstellt von:

AgroCleanTech Verein, Energie- und Klimaagentur für die Landwirtschaft
info@agrocleantech.ch / 056 462 50 15

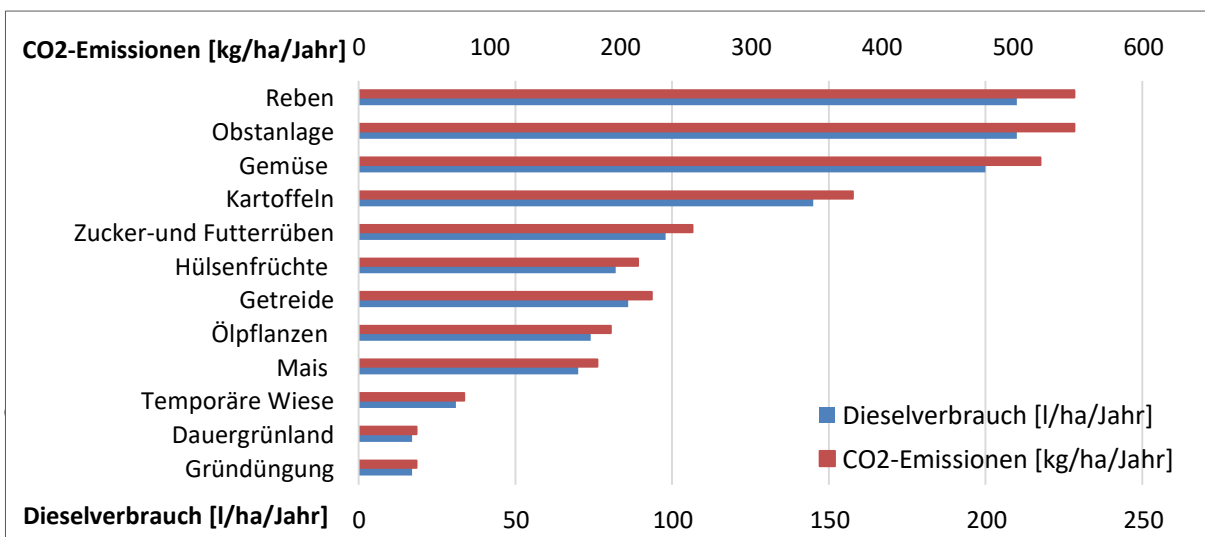
Dieserverbrauch in der Landwirtschaft

Ein Schweizer Durchschnittsbetrieb (berechneter Betrieb, 2001) mit den Produktionszweigen Milchwirtschaft und Ackerbau (23 ha LN, davon 15 ha Acker- und Futterbau und 8 ha Naturwiese; 23 GVE Kühe) verbraucht rund 5'000 l Diesel/Jahr, dies entspricht rund 225 l/ha. Der Verbrauch hängt von den auszuführenden Arbeiten, welche einen unterschiedlichen Leistungsbedarf aufweisen, und von der Menge an Arbeitsstunden ab (Grafik 1). [08]

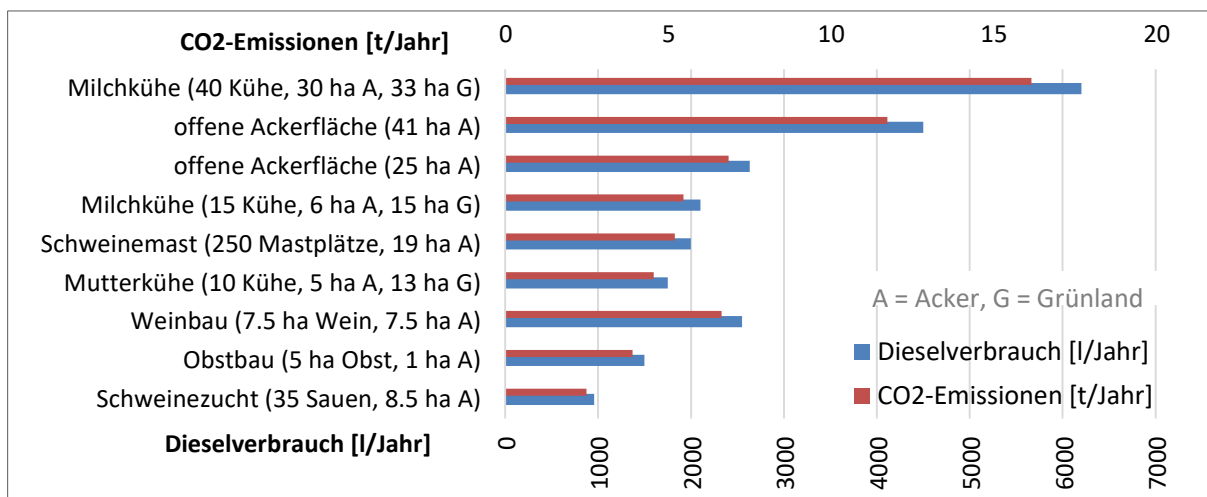


Grafik 1: Prozentualer Anteil der Tätigkeiten am durchschnittlichen Dieserverbrauch eines Durchschnittsbetriebes (in Anlehnung an [08])

Wiederum sind die Faktoren Arbeitszeit und Tätigkeit vom Betriebszweig und -grösse abhängig (Grafik 2). Beim Betriebszweig ist der Verbrauch schlussendlich abhängig von den angebauten Kulturen und deren Fläche (Grafik 3). Die Betriebszweige mit grossen Ackerflächenanteilen und leistungsintensiven Arbeiten (Grafik 1) weisen den höchsten Dieserverbrauch auf.



Grafik 3: Dieserverbrauch pro ha und Jahr für einzelne Kulturen [11]



Grafik 3: Jährlicher Dieserverbrauch für verschiedene Hauptbetriebszweige (in Anlehnung an [07])

Auch der Kraftstoffverbrauch einer spezifischen Arbeit kann sehr unterschiedlich ausfallen aufgrund der verschiedenen Einflussfaktoren wie Bodenart, Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitsintensität, Parzellengröße und -form, Maschinentyp und Fahrweise. Ein Grossteil dieser Faktoren kann beim Traktoreinsatz beeinflusst werden, wodurch sich der Dieserverbrauch senken lässt [07].

Technische Eigenschaften des Traktors

Der Traktor, als Hauptverbraucher von Treibstoff, muss je nach Arbeit Zugleistung, Drehleistung (Zapfwelle) oder hydraulische Leistung zur Verfügung stellen. Der hohe Dieselverbrauch des Traktors hat auch mit seinem tiefen Gesamtwirkungsgrad zu tun. Es bleibt knapp 20% des Energieinputs für den Arbeitsprozess, z.B. Pflügen, übrig. Wird der Prozess von der Zapfwelle angetrieben, ist der Wirkungsgrad bei rund 25%. [07]

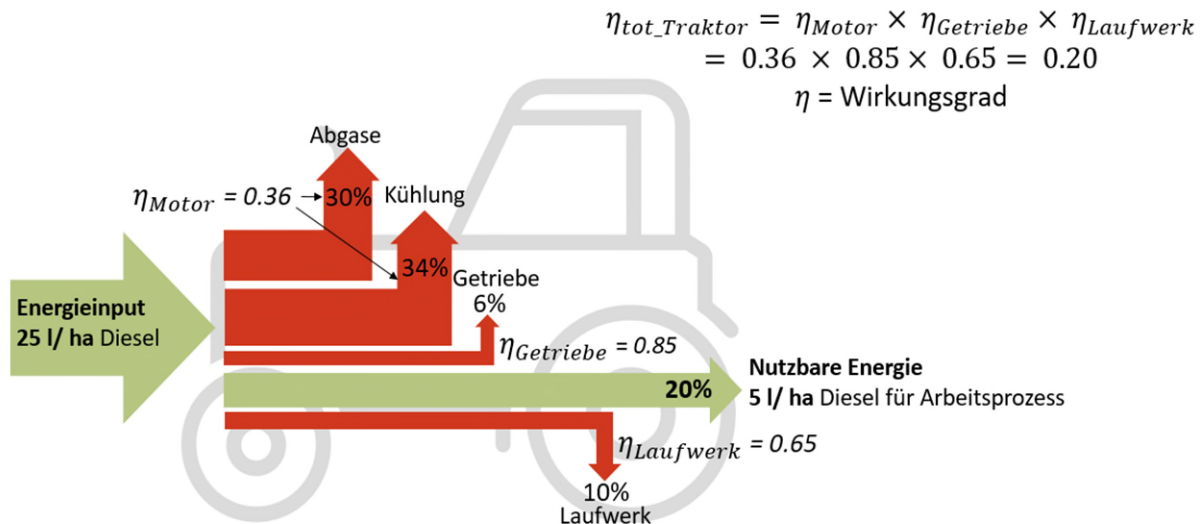


Abbildung 1: Der Energiefluss des Traktors (in Anlehnung an [07])

Mit Hilfe des technischen Verständnisses des Traktors, kann die Umsetzung der Massnahmen für die Reduktion des Dieselverbrauchs stark positiv beeinflusst werden. Der Traktor wird von einem 4-Taktverbrennungsmotor angetrieben, welcher seinen Arbeitszyklus, bestehend aus 4 Schritten, fortlaufend wiederholt (Abbildung 2). Dabei wird, kurz gesagt, in 4 Schritten die Energie, welche durch die Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemischs (chemische Energie) freigesetzt wird, in Antrieb (mechanische Energie) umgesetzt [13]. Für jeden Arbeitsprozess des Traktors, wird eine bestimmte Leistung benötigt. Die Leistung ist die Arbeit, welche in einer bestimmten Zeit verrichtet wird:

Leistung [W] = Drehzahl [min^{-1}] x Drehmoment [Nm] (Geschwindigkeit x Kraft)

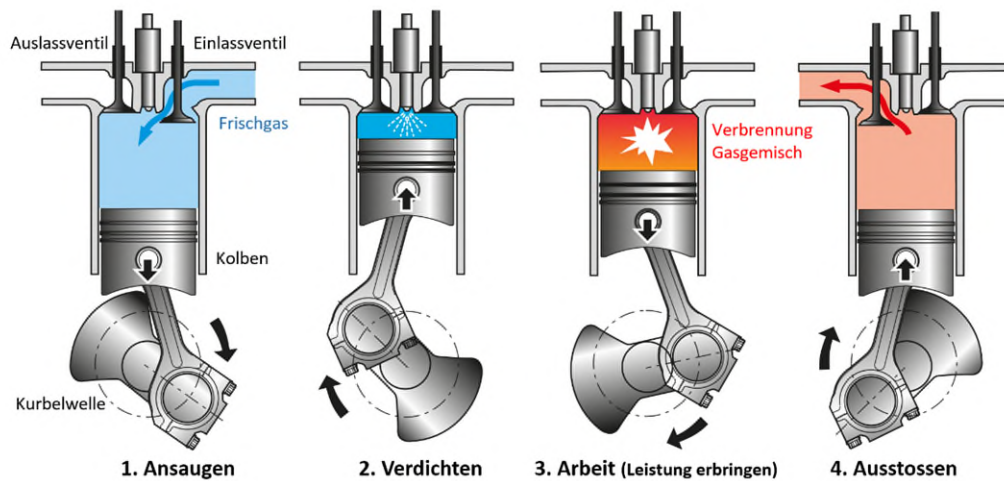
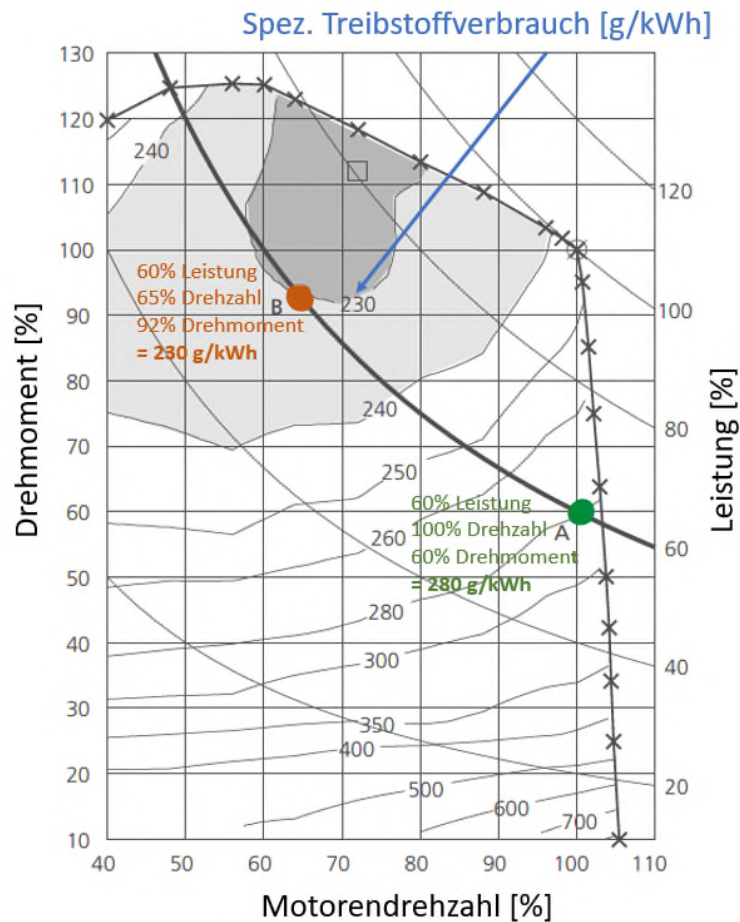


Abbildung 2: Arbeitszyklus eines Verbrennungsmotors [14]

Somit bestimmen die Drehzahl und das Drehmoment (Betriebszustand) neben der Motorentechnik (Einspritzsystem etc.) den Treibstoffverbrauch bei einer bestimmten Leistung. Dieser Verbrauch wird spezifischer Treibstoffverbrauch [g/kWh] genannt und beschreibt die Effizienz des Motors. Der Zusammenhang von spez. Treibstoff und dem Betriebszustand wird in Motorenkennfeldern (Grafik 4) - auch Muscheldiagramme genannt - abgebildet. Im Muscheldiagramm (Grafik 4) wird ersichtlich, in welchem Bereich (oben mittig) am wenigsten Treibstoff verbraucht wird. Fall A und B im Vergleich zeigen, dass bei geringer Drehzahl und konstanter Leistung Sprit gespart wird.

Generell gilt: Ein Traktormotor arbeitet bei einer Auslastung von 60-80% (der Leistung) und bei 60-70% der Nenndrehzahl am effektivsten. [07][09]



Grafik 4: Motorenkennfeld (Muscheldiagramm) eines Traktors (in Anlehnung an [09])

Drehmoment: Drehwirkung einer Kraft auf einen Körper. D.h. die Kraft, die durch den Verbrennungsdruck auf den Kolben wirkt und schliesslich die Kurbelwelle des Motors in Bewegung versetzt (Abbildung 2).

Drehzahl: Anzahl der Umdrehungen, die die Kurbelwelle pro Minute durchläuft. D.h. das Drehmoment und die Leistung steigen mit zunehmender Drehzahl. Das Max. des Drehmoments wird vor dem Max. der Drehzahl erreicht, weil bei steigender Drehzahl die Strömungswiderstände zunehmen und die Ventilöffnungszeit kürzer wird.

Nenn Drehzahl: Die Drehzahl, die für das Erreichen der max. Leistung des Traktors bei Vollast nötig ist.

Vollast: Bei gegebener Drehzahl maximal mögliches Drehmoment

Teillast: Wird der Energieinput gedrosselt, wird der Motor in Teillast betrieben. Dies ist bei Kraftfahrzeugen meistens der Fall, ausser bei der vorübergehenden Beschleunigung.

Tipps und Tricks zum Treibstoff sparen

Das Beobachten und Notieren des Verbrauchs und somit die Motivation des Fahrens, ist die Grundlage für die Umsetzung der Einspartipps (Tabelle 1).

ANSCHAFFUNG TRAKTOR UND MASCHINEN
Kein zu leistungsstarken Traktor wählen
Traktor mit niedrigem Dieserverbrauch wählen
Leichte Maschinen wählen
Traktor mit feiner Getriebestufung wählen (Lastschaltgetriebe oder stufenlose Getriebe)
Traktor mit einer Sparpfanne wählen (540E oder 1000E)
Alternative Antriebe wählen, falls möglich (Erdgas und Biogas)
VOR DER ARBEIT
Traktor regelmässig warten (Luftfilter und Kühler)
Geräte regelmässig warten
Reifendruck der Arbeit anpassen
Nur nötiges Gewicht ballastieren
Arbeitsgänge kombinieren und auf Arbeitsgänge verzichten
Arbeitsbreite, Fahrgeschwindigkeit und Leistung optimal abstimmen
Anbaugeräte optimal einstellen
WÄHREND DER ARBEIT
Angepasst fahren
Handgas benutzen
Klimaanlage ausschalten
Feldarbeit und Transport trennen
Kleine Arbeiten um den Hof ohne Traktor – optimalere Maschinen nutzen (z.B. Elektro-Hoflader)
Arbeitstiefe anpassen bei Bodenbearbeitung
Bodenverdichtung vermeiden
Zerkleinerungsintensität bei Erntemaschinen anpassen
BETRIEBSSTRUKTUR
Parzellengrösse- und form optimieren

Tabelle 1: Tipps für das Treibstoffsparen beim Traktor kaufen, vor der Arbeit, während der Arbeit und bei der Betriebsstruktur [05] [07] [01]

Die Einsparpotentiale der Tipps der Kategorien «vor und während der Arbeit» liegen zw. 10 - 30%. Grundsätzlich kann durch das Umsetzen dieser Massnahmen der Dieserverbrauch um **20 - 30%** gesenkt werden [01]. So könnten z.B. bei einem Verbrauch von 5'000 l pro Jahr (Durchschnittsbetrieb, Grafik 1) **rund 1'000 – 1'500 l/Jahr** eingespart werden. Dies entspricht **2'108 – 3'163 CHF/Jahr** (Dieselpreis 2.1 CHF/l - Durchschnitt 1. Halbjahr 2022).

Zwei Massnahmen im Detail

Reifendruck anpassen

Durch die Anpassung des Reifendrucks kann Treibstoff eingespart, und der Reifenverschleiss gesenkt werden. Dazu sollte für die Strasse ein erhöhter Druck von ca. 1.6 bar gewählt werden, damit die Auflagefläche gering ist. Für das Feld hingegen sollte ein Druck von 0.8 bar eingestellt werden, damit die Auflagefläche der Reifen grösser ist. [07]

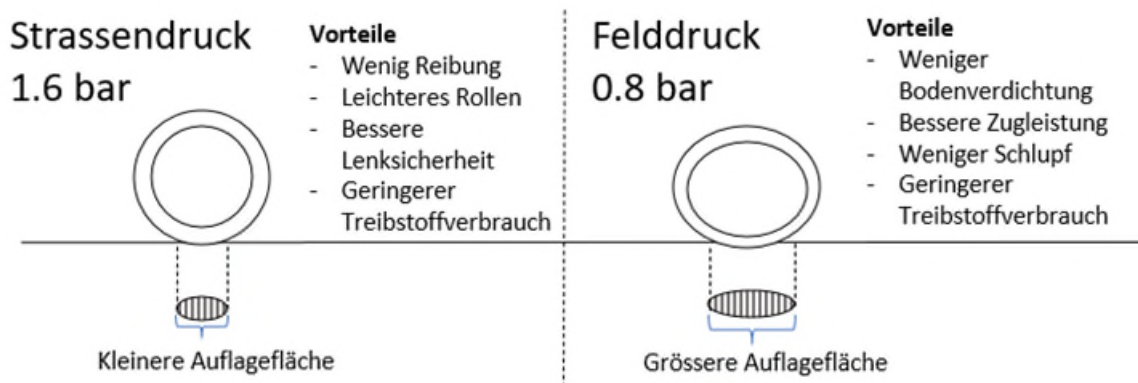


Abbildung 3: Idealer Reifendruck des Traktors für die Strasse und das Feld und deren Vorteile (in Anlehnung an [15])

Der Reifendruck kann einerseits manuell vor jeder Fahrt, oder automatisch während der Fahrt, angepasst werden (Abbildung 3). Für Landwirte, welche wenig zwischen Strasse und Feld wechseln müssen, ist ein manueller Regler, wie die Traktionsbox für CHF 250 (Abbildung 4, rechts), für das Befüllen der Reifen ausreichend. Dabei werden Schnellkupplerventile auf die bestehenden Ventile der Felgen geschraubt, damit die Luftzufuhr mit dem Kompressor schneller erfolgen kann. Dieser Vorgang nimmt jeweils 10 - 15 min Zeit in Anspruch für alle 4 Reifen (mit normalem Kompressor).

Bei der automatischen Anlage (Abbildung 4, links) wird die Luft des Bremskompressors, oder eines zusätzlichen Kompressors, innerhalb von 5 - 10 min über eine Luftleitung oberhalb der Kotflügel in die Reifen geleitet. Der Landwirt kann dieses Vorgehen mit einer digitalen Steuerung in der Fahrerkabine bedienen. Für die Installation muss mit Kosten von CHF 9'000 gerechnet werden. [07] [16] [17]



Abbildung 4: Automatische (links), manuelle (rechts) Regelung [17]

Durch das Einhalten des idealen Luftdrucks anstelle einer Kompromisslösung, kann ca. **10%** des Dieserverbrauchs auf dem Feld, und ca. **15%** auf der Strasse, eingespart werden. Zusätzlich wird für die anschliessende Bodenbearbeitung weniger Treibstoff gebraucht, weil der Boden weniger verdichtet wurde [07]. Ausgehend von einem Dieserverbrauch von 5'000 l/ Jahr (Grafik 1) könnten, wie in Tabelle 2 aufgezeigt, jährlich **563 l Diesel, CHF 1'186 und 1.5 t CO₂-Emissionen** eingespart werden. Unter der Annahme, dass der Reifendruck für alle Traktorarbeiten berücksichtigt werden muss und der Traktor 1/4 auf der Strasse und 3/4 auf dem Feld unterwegs ist.

Umsetzung Massnahme	Reifendruck vor jeder Fahrt den Gegebenheiten anpassen. Strassenfahrt 1.6 bar und Feldfahrt 0.8 bar. Dies ist mit einer manuellen oder automatischen Regelung möglich.	
Einsparung (Verbrauch 5'000 l Diesel/Jahr)	Diesel	563 l/Jahr
	Kosten	1'186 CHF/Jahr
	CO ₂ -Emissionen	1.5 t/Jahr
Investitionskosten	Manuelle Regelung	250 CHF
	Automatische Anlage	9'000 CHF

Tabelle 2: Eckdaten «Reifendruck anpassen»

Anbaugeräte optimal einstellen

Für die Arbeiten mit dem Pflug sollten folgende Parameter angepasst werden: Spurbreite der Vorder- und Hinterräder, Unterlenkerstellung, Oberlenkerstellung, Vorschäler, Stellung Pflugbaum, Vorderfurchenbreite, Zugpunkte und Neigung. Den grössten Einfluss auf den Dieserverbrauch haben die Einstellung des Zugpunkts und der Neigung (Sturz). [04][02]

Der Zugpunkt sollte generell so eingestellt werden, dass gegen die bereits gepflügte Fläche ein leichter Seitenzug entsteht (Oberlenker zeigt gegen ungepflügt), ohne dass mit den Vorderrädern stark gegengelenkt werden muss. Auf diese Weise ist der Zugkraftbedarf minimal. Die Zuglinie (ZL) läuft zwischen M (Mittelpunkt) und gepflügter Seite (Abbildung 5, links). Die genaue Einstellung für den Zugpunkt, welche an der Spindel vorgenommen wird, kann der Betriebsanleitung des Traktors entnommen werden. [02] [04]

Die Einstellung kann auch über das Dreipunktgestänge kontrolliert werden. Die Unterlenker sollten die gleiche Distanz zum jeweiligen Hinterrad haben und der Oberlenker parallel zur Fahrtrichtung ausgerichtet sein. Es sollte ein gleichschenkliges Dreieck zwischen den beiden Unterlenker und der Tragachse gebildet werden [10].

Die Neigung des Pfluges sollte so eingestellt werden, dass der Pflug im Idealfall rechtwinklig zur Bodenoberfläche steht (Abbildung 5, rechts). Dazu muss in den meisten Fällen der linke und der rechte Drehanschlag am Pflug gleich eingestellt werden. [02]

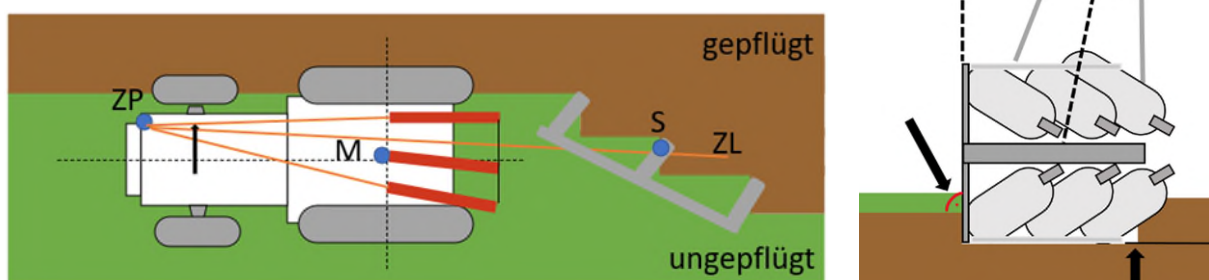


Abbildung 5: Links: Richtige Einstellung Zugpunkt, ZP=Zugpunkt, M=Mittelpunkt, S=Schwerpunkt, ZL=Zuglinie. Rechts: Richtige Einstellung Neigung des Pflugs (in Anlehnung an [02])

Durch die korrekte Einstellung des Zugpunktes und der Neigung können gegenüber falschen Einstellungen bis zu **33%** Diesel (rund 20% beim Zugpunkt und 13% bei der Neigung) eingespart werden. Bei einem jährlichen Dieserverbrauch (Grafik 1), bei welchem das Pflügen etwa 9% (450 l) ausmacht, könnten so **jährlich rund 149 l Diesel, CHF 313 Kosten und 0.4 t CO₂-Emissionen** eingespart werden (Tabelle 3). Zusätzlich wirken die Massnahmen dem Verschleiss entgegen und bringen keine Kosten mit sich, aber der Zeitaufwand ist leicht höher.

Umsetzung Massnahme	Zugpunkt und Neigung beim Pflug korrekt einstellen	
Einsparung (5'000 l Diesel/Jahr, Pflügen 9% davon)	Diesel	149 l/Jahr
	Kosten	313 CHF/Jahr
	CO ₂ -Emissionen	0.4 t/Jahr
Investitionskosten	-	keine

Tabelle 3: Eckpunkte «Anbaugeräte optimal einstellen»

Quellen und weitere Informationen:

- [01]: Agridea (2014): Eco-Drive in der Landwirtschaft.
Eigene Webseite: <https://www.agri-ecodrive.ch/de/>
- [02]: T. Anken (2006): Pflugeinstellung leicht gemacht. Merkblatt. Herausgeber Agridea
- [03]: A. Latsch und T. Anken (2015): Landwirtschaftlicher Energieverbrauch in der Schweiz.
Agroscope Transfer Nr. 56/2015
- [04]: Dr. N. Uppenkamp: Dieseleinsparung in der Pflanzenproduktion. Merkblatt 339.
Herausgeber DLG e.V
- [05]: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Österreich: Spritsparen mit Traktoren - die wichtigsten Tipps zu effizientem Spritsparen mit Traktoren. Gehört zum Programm «Spritspar-Initiative»
- [06]: C. Gazzarin und Markus Lips (2013): Maschinenkosten 2013. ART-Bericht 767.
Agroscope
- [07]: Lebensministerium und FJ-BLT Wieselburg Österreich (2009): Spritsparen mit Traktoren – Trainierhandbuch «Traktoren». Gehört zum Programm «Spritspar-Initiative»
- [08]: J.-L. Hersener und U. Meier (2001): Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft (REAL). Unter Berücksichtigung vermehrten Einsatzes erneuerbarer Energieträger.
Im Auftrag des Bundesamtes für Energie.
- [09]: E. Stadler und I. Schiess (2000): Geprüfte Traktoren, Zweiachsmäher und Transporter.
«ECO-Drive»-Fahrweise senkt den Treibstoffverbrauch. FAT-Bericht Nr. 552.
Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT)
- [10]: H. Altmann und Ing. J. Paar (2002): Pflugeinstellung leicht gemacht! Der fortschrittliche Landwirt: «Landwirt Technik». Heft 13.
- [11]: AgroCleanTech: Projekt CEPAR (Conseil énergétique pour l’agriculture romande)
- [12]: Agrarbericht 2019:
<https://2019.agrarbericht.ch/de/umwelt/energie/energiebedarf-der-landwirtschaft>
(Stand August 2022)
- [13]: https://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/grundlagen/motor_funktion.htm
(Stand Juni 2022)
- [14]: Gabathuler Thomas:
http://www.tgabathuler.ch/WebQuest/Motorgrundlagen/Vier_Takt_Verfahren.html
(Juni 2022)
- [15]: PTG Reifendruckregelsystem: www.ptg.info (Juli 2022)
- [16]: Funktionsweise der Reifendruckregelanlage:
<https://www.terrasmart.at/reifendruckregler/funktionsweise/> (Juli 2022)
- [17]: Steuerungstechnik STG und Arni Agrarprodukte:
<http://www.reifendruckregelanlage.ch> (Juni 2022)