

Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna



Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik



Verfahrenstechnische Untersuchungen zum Onland Pflügen sowie dessen Auswirkungen auf Bodenverdichtungen

Diplomarbeit

an der Universität für Bodenkultur

vorgelegt von

Hans – Werner Eder

betreut und begutachtet von

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Gerhard Moitzi
o.Univ.Prof. Dr. Dr. habil. Josef Christian Walter Boxberger

Wien, 11.05.2010

Danksagung

Ich möchte mich bei allen Personen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit auf verschiedenste Art und Weise unterstützt haben, herzlich bedanken.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Gerhard Moitzi und o. Univ. Prof. Dr. Dr. habil. Josef Christian Walter Boxberger für die Unterstützung und die konstruktive Zusammenarbeit. Vor allem Hr. Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Gerhard Moitzi war immer ein kompetenter und geduldiger Ansprechpartner für verschiedenste Fragen und Probleme.

Bedanken möchte ich mich auch bei Hr. DI Karl Refenner von der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf und der Fa. Pöttinger für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung und die Bereitstellung der dafür notwendigen Maschinen.

Bei meinen Kollegen, hier allen voran bei DI Markus Schüller möchte ich mich für die vielen interessanten Diskussionen und Hilfestellungen bedanken. Bei Christiane Kirchmayer möchte ich mich für die Hilfe bei der Korrektur bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die auf mich vertraut haben und mir dieses Studium ermöglicht haben.

Bei meiner Freundin Sigrid möchte ich mich für die vielen Ermutigungen und positiven Worte während der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Kurzfassung:

Auch wenn der Pflug in den letzten Jahren von manchen Betriebsleitern und Landwirten nur mehr selten verwendet wurde, so ist es unbestritten, dass er immer noch vielfach das bewährte Gerät zur Grundbodenbearbeitung ist.

Neben den Vorteilen der Bewirtschaftung mit dem Pflug gibt es aber auch Nachteile. Hier sind vor allem die Verdichtung und Verschmierung des Furchenbodens an erster Stelle zu nennen. Um diese Problematik zu vermeiden oder zumindest zu vermindern, scheint der Onland Pflug eine geeignete Lösung zu sein. Im Rahmen dieser Arbeit wurden an Hand von zwei Versuchen in Groß Enzersdorf und Raasdorf Unterschiede im Kraftstoffverbrauch, Fahrgeschwindigkeit, Schlupf und Lagerungsdichte zwischen dem konventionellen (fahren in der Furche) und dem Onland Pflügen untersucht. Die Versuche wurden mit einem Allradtraktor (59 kW) und einem Pöttinger Servo 25 Dreischarpflug durchgeführt. Dieser Pflug bietet die Möglichkeit, konventionell wie auch Onland zu pflügen. Beim ersten Versuch im August 2007 in Groß Enzersdorf wurde unter sehr trockenen Bedingungen gepflügt. Es wurden jeweils mehrere Wiederholungen an Messfahrten in nicht festgelegter Reihenfolge für beide Varianten gefahren. Der Unterschied im Kraftstoffverbrauch lag hier im Mittelwert bei 0,1 % und in der Fahrgeschwindigkeit bei 1,2 % jeweils zugunsten der Variante Onland. Bei der Lagerungsdichte konnte trotz der sehr trockenen Bedingungen, ein Anstieg dieser bei der Variante konventionell ab einer Tiefe von 25 cm (Furchenboden) festgestellt werden.

Der zweite Versuch wurde im Oktober 2007 in Raasdorf durchgeführt. Hier wurde zwischen Allradantrieb und ohne Allradantrieb unterschieden. Der Unterschied mit Allradantrieb lag im Kraftstoffverbrauch bei 8,5 %, in der Fahrgeschwindigkeit bei 9,6 % und im Schlupf bei 2 Prozentpunkten, diesmal jeweils zugunsten der Variante konventionelles Pflügen. Für den Teil ohne Allradantrieb ist vor allem interessant, wie sich der Schlupf verändert. Es konnte ein Anstieg von 2,8 Prozentpunkten für konventionelles Pflügen und 3,2 Prozentpunkten für Onland Pflügen gemessen werden. Der Unterschied im Schlupf zwischen Onland und konventionell ist etwa gleich geblieben. Es hat sich herausgestellt, dass es kein Problem ist den Traktor auch über längere Zeit im Onland Modus zuverlässig in der Spur zu führen.

Insgesamt kann durch die erhaltenen Messwerte die Annahme bestätigt werden, dass Onland Pflügen auch mit kleinscharigen Pflügen praxistauglich ist.

Abstract:

Due to several reasons on some farms the plough has been used less in the last years, but it is incontestable that the plough is still in use for the main cultivation purposes on a lot of farms. Besides the advantages of ploughing, there are disadvantages too. Particularly there are problems with soil compaction and smearing on the ground of the furrows. To avoid these problems, the onland (offset) plough seems to be a suitable solution. The study was conducted in Groß Enzersdorf and Raasdorf in the Marchfeld area, in Lower Austria. The aim of this study was to measure parameters like fuel consumption, speed, wheel slip and bulk density. The trials were conducted with a tractor (59 kW) and a Pöttinger Servo 25 three furrow plough. This plough has the opportunity to adjust it for conventional (in furrow) and onland ploughing. The first trial was conducted in August 2007 in Groß Enzersdorf. The two variants of ploughing were repeated and randomized. The difference in average value for fuel consumption was 0,1 % and working speed 1,2 %, each in favour of onland ploughing. For the results of bulk density, an increasing value beginning at the depth of 25 cm (ground of the furrow) for conventional ploughing was proved.

The second trial was conducted in October 2007 in Raasdorf, with the same machinery. There was a differentiation between driving with four wheel drive (4 WD) and driving with two wheel drive (2 WD). The difference for 4 WD in fuel consumption was 8,5 %, for working speed 9,6 % and for wheel slip 2 percentage points, for this trial each in favour of conventional ploughing. For the two wheel drive part, the variation of wheel slip is the most interesting parameter. The wheel slip was increasing 2,8 percentage points for conventional ploughing and 3,2 percentage points for onland ploughing. The difference in wheel slip between the two variants was nearly still the same. It proved, that it is no problem to guide the tractor with the onland plough beside the furrows for a longer time.

In comparison, due to the received facts the hypothesis that onland ploughing with small ploughs is a suitable method for practice can be certified.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	5
1 EINLEITUNG	9
2 PROBLEMSTELLUNG	11
2.1 Geschichte der Grundbodenbearbeitung	11
2.2 Pflügen und pflanzenbauliche Aspekte	12
2.3 Auswirkungen des Pfluges auf den Pflanzenschutz	14
2.4 Der Pflug im Zusammenspiel mit bodenphysikalischen Aspekten	15
2.4.1 Wie Pflugsohlen entstehen.....	15
2.4.2 Auswirkungen von Pflugsohlen auf Boden und Pflanze	17
2.5 Onland – Pflügen – Auswirkungen auf den Boden	18
2.6 Auftretende Kräfte am Pflug.....	22
2.7 Zugkraftbedarf und Kraftstoffverbrauch	23
2.8 Technische Möglichkeiten zur Fahrerentlastung beim Onland Pflug	24
2.9.1 Lemken Furchenscout.....	25
2.9.2 Reichhardt PSR On land	26
2.9.3 Onland – Pflügen mit Global Positioning Systemen	27
3 ZIELSETZUNG	29
4 MATERIAL UND METHODE	30
4.1 Versuchsstandort.....	30
4.1.1 Großraum.....	30
4.1.2 Standort, Klima.....	30
4.2 Versuchsdurchführung.....	31
4.3 Traktor	33
4.4 Pflug.....	37
4.5 Bodentyp der Versuchsflächen	41
4.6 Versuchsanordnung.....	42
4.7 Ermittlung der Lagerungsdichte mittels Stechzylinder	45

4.8	Penetrometer	47
4.9	Statistische Auswertung der Messwerte	48
5	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	49
5.1	Versuch im August 2007 (Groß Enzersdorf)	49
5.1.1	Kraftstoffverbrauch je Arbeitsstunde [l/h].....	50
5.1.2	Tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h].....	51
5.1.3	Kraftstoffverbrauch je bearbeitete Flächeneinheit	52
5.1.4	Theoretische Flächenleistung je Zeiteinheit	53
5.1.5	Lagerungsdichte.....	54
5.2	Versuch im Oktober 2007 (Raasdorf)	55
5.2.1	Messungen mit zugeschaltetem Allradantrieb.....	56
5.2.1.1	Kraftstoffverbrauch je Arbeitsstunde mit Allradantrieb	56
5.2.1.2	Tatsächliche Fahrgeschwindigkeit mit Allradantrieb.....	57
5.2.1.3	Flächenleistung je Stunde mit Allradantrieb	58
5.2.1.4	Schlupf mit Allradantrieb	59
5.2.2	Messungen ohne Allradantrieb.....	60
5.2.2.1	Schlupf ohne Allradantrieb	60
5.2.3	Ermittlung des Eindringwiderstandes mit dem Penetrometer.....	61
5.3	Ökonomische Betrachtung des Onland - Systems	62
5.3.1	Ökonomische Betrachtung anhand eines fiktiven Praxisbetriebes.....	63
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	65
7	WEITERFÜHRENDE ARBEITEN	66
8	ZUSAMMENFASSUNG	67
9	LITERATURVERZEICHNIS	70
10	ANHANG.....	73
10.1	Erfahrungen aus der Praxis	73
10.2	Ergänzende Abbildungen.....	75
10.3	Statistische Tabellen.....	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzip des Zusammenwirkens von Kräften und Lasten	16
Abbildung 2: Relative Durchwurzelungstiefe verschiedener Kulturpflanzen in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte des Bodens [PETELKAU, 2000].....	17
Abbildung 3: Druckverteilungen beim Onland - Pflügen und beim konventionellen Pflügen	18
Abbildung 4: Verteilung der Radlasten [STEINKAMPF ET AL., 1993]	20
Abbildung 5: Radlasten und Zugkraftverteilung [RENIUS, 1987]	20
Abbildung 6: Verlauf der Zuglinien für das Pflügen in und neben der Furche und Kräfteschema am Pflugkörper für das Fahren in der Furche [DOMSCH, 1995] ...	22
Abbildung 7: Furchenscout schematisch [Profi, 2002].....	25
Abbildung 8: Furchenscout in Arbeitsstellung [Profi, 2002]	25
Abbildung 9: Reichhardt PSR On land schematisch [Profi, 2002]	26
Abbildung 10: PSR On land in Arbeitsstellung [Profi, 2002]	26
Abbildung 11: Onland - Pflügen mit GPS Steuerung	27
Abbildung 12: Steuerung der Vorderfurchenbreite über Sensor und Hydraulikzylinder	28
Abbildung 13: Radlasten des Versuchstraktors mit abgesenktem und angehobenem Pflug	34
Abbildung 14: Ermittlung der Rad- und Achslasten	33
Abbildung 15: Aufbau des Kraftstoffmessgerätes.....	35
Abbildung 16: Radarsensor	36
Abbildung 17: Radnabensensor	36
Abbildung 18: Schema Schwenkmechanismus links, Detail rechts.....	37
Abbildung 19: Verstärkte Anlagen für den Onland - Betrieb	38
Abbildung 20: Pflug mit den zu verändernden Parametern links, Drehwerk mit Spindel rechts.....	39
Abbildung 21: Schematische Darstellung der Pflugstellung [Bedienungsanleitung Servo 25].....	40
Abbildung 22: Bodentyp der Versuchsfläche Groß Enzersdorf [verändert nach eBOD, 2008]	41
Abbildung 23: Bodentyp der Versuchsfläche Raasdorf [verändert nach eBOD, 2008]	41

Abbildung 24: Luftfoto der Versuchsflächen Groß Enzersdorf und Raasdorf	42
Abbildung 25: Versuchsfahrt Onland August 2007	42
Abbildung 26: Versuchsanordnung 2. und 3. August 2007.....	43
Abbildung 27: Versuchsanordnung 18. Oktober 2007	44
Abbildung 28: Schema der Probenentnahme	45
Abbildung 29: Probenentnahme	46
Abbildung 30: Werkzeug für die Probenentnahme	46
Abbildung 31: Analoges Penetrometer.....	47
Abbildung 32: Anzeige des analogen Penetrometers [N/cm ²]	47
Abbildung 33: Beispiel Boxplotdarstellung.....	48
Abbildung 34: Boxplotdarstellung für den Kraftstoffverbrauch [l/h]	50
Abbildung 35: Boxplotdarstellung für die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h] ..	51
Abbildung 36: Boxplotdarstellung für den Kraftstoffverbrauch je Hektar [l/ha].....	52
Abbildung 37: Boxplotdarstellung für die Flächenleistung je Arbeitsstunde [ha/h]....	53
Abbildung 38: Vergleich der unterschiedlichen Lagerungsdichten August 2007	54
Abbildung 39: Messfahrt Onland Oktober 2007	55
Abbildung 40: Boxplotdarstellung für den Kraftstoffverbrauch je Stunde.....	56
Abbildung 41: Boxplotdarstellung für die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h] ..	57
Abbildung 42: Boxplotdarstellung für die Flächenleistung je Stunde [ha/h]	58
Abbildung 43: Boxplotdarstellung für den Schlupf + 4 WD [%]	59
Abbildung 44: Boxplotdarstellung für den Schlupf +2 WD [%]	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:Niederschl. u. Relativertrag für Pflug-Kreiselegge-Drillsaat und Frässlensaat (100%) [VOBHENRICH, 1997]	12
Tabelle 2: Sensorgestützte Lenksysteme für Onland – Pflüge,	24
Tabelle 3: Maße für die Pflugeinstellung	40
Tabelle 4: Maximaler Eindringwiderstand Spurfläche Onland	61
Tabelle 5: Maximaler Eindringwiderstand Spurfläche Furchenboden.....	61
Tabelle 6: Mehrkosten Onland – System.....	62
Tabelle 7: Amortisationsrechnung Onland - Pflug	64

1 Einleitung

Der Pflug gilt als eines der ältesten Bodenbearbeitungsgeräte in der Geschichte der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Seit der Mensch verstanden hat, dass sich auch die Bodenfruchtbarkeit durch Bodenbearbeitung verbessern oder zumindest erhalten lässt, hat er ständig versucht, die Verfahren und die Bearbeitungstechnik hinsichtlich des Energie- und Kosteneinsatzes zu optimieren.

Die Entwicklung ist daher in diesem Bereich – wie in der gesamten Landwirtschaft – von einer zunehmenden Mechanisierung geprägt worden. Diese Entwicklung ist verbunden mit einem ständigen Arbeitskräfteabbau.

So werden heute selbst auf landwirtschaftlichen Betrieben mittlerer Größe Maschinenkombinationen eingesetzt, die den sogenannten Ein – Mann – Betrieb ermöglichen.

Die ackerbaulichen Erfordernisse dürfen aber bei all dem Streben nach optimalem Maschineneinsatz nicht in den Hintergrund gelangen, sondern müssen weiterhin einen hohen Stellenwert beibehalten oder wieder erhalten. Gerade in Zeiten wo Maschinen immer größer werden und die Bodenbearbeitung in immer kürzeren Zeitspannen erledigt werden soll.

Der Arbeitseffekt ist den gewünschten Erfordernissen wie Einarbeiten organischer Masse, Unterbrechen der sogenannten grünen Brücke oder Herstellen einer gewünschten Ackeroberfläche anzupassen.

Erfordernissen des Bodenschutzes wie zum Beispiel das Vermeiden der Bildung einer Pflugsohle muss ebenso Sorge getragen werden. Diese entsteht nicht nur, wie in der Praxis vielfach vermutet, durch das Gleiten des Pflugkörpers am Furchenboden, sondern vielmehr auch durch das in der Furche fahrende Traktorrads. Vor allem unter nicht optimalen Bodenzuständen kommt es zu einer Verdichtung und Verschmierung des Furchenbodens bis in tiefere Bodenschichten.

Diese Erschwernisse für das Pflanzenwachstum können später nur durch teure, zeitraubende Maßnahmen, wie zum Beispiel einer Tiefenlockerung wieder behoben oder zumindest gebessert werden.

Die durch solche Bearbeitungsfehler entstehenden Probleme sind nicht immer leicht behebbar, da die Wiederherstellung einer guten, stabilen Bodenstruktur eines längeren Prozesses bedarf.

Die in diesem Prozess enthaltenen Maßnahmen sind im Endeffekt aber teurer und zeitaufwändiger als die wirkungsvollste Maßnahme, nämlich das Vermeiden dieser Fehler.

Aus diesem Grund führte in den 90er Jahren in der Schweiz ein Praktiker einen Onland – oder auch Offset – Pflug genannt, ein.

Über einen Verstellmechanismus ist es möglich, den Pflug parallel zur Traktor - Längsachse seitlich auszuschnellen, dadurch kann man mit dem Traktor außerhalb der Pflugfurche fahren. Die meisten dieser Pflüge können sowohl Onland, als auch in der Furche benützt werden.

Dieses System fand dann vor allem in der Schweiz Verbreitung, in Österreich und Deutschland blieb es mit Ausnahmen aber eher unbeachtet.

In Italien kann man ebenfalls Pflüge in Onland Ausführung im Einsatz beobachten. Dort vor allem auf Grund dessen, dass oftmals relativ tief (50 cm und tiefer) gepflügt wird und die dadurch entstehende Schräglage des Traktors zu einer fast unzumutbaren Belastung des Fahrers führen würde. Des Weiteren würde es durch die Schrägstellung der Zugmaschine zu einer stark verringerten Reifenaufstandsfläche und einer ungleichmäßigen Kraftübertragung kommen.

In Deutschland, insbesondere in den neuen Bundesländern, ist es nicht unbekannt, mit dem Pflug außerhalb der Furche zu fahren. Bedingt durch die vielfach breite Bereifung der damals verwendeten Knicklenker als Zugmaschinen war es eine geeignete Lösung.

Landwirte die Onland Pflügen, haben nach der Wiedervereinigung Deutschlands aber eher ab-, als zugenommen.

Jedoch stößt man auf Großbetrieben immer wieder auf Onland Pflüge, vor allem aus dem Grund, da es sich mit den dort eingesetzten Zugmaschinen wie Knickschlepper und Raupentraktoren schlecht in der Furche fahren lässt [DOMSCH, 1995].

2 Problemstellung

2.1 Geschichte der Grundbodenbearbeitung

Der Mensch betreibt seit über 10.000 Jahren Ackerbau. Seit dieser Zeit musste der Ackerbauer die Erde mit Werkzeugen freiräumen, um die Samen der von ihm gewünschten Pflanzen einzubringen, den Boden zu lockern und die Saat pflegen zu können. Das einfachste Werkzeug dafür war der Grabstock. Verschiedene Handhacken, mit denen unerwünschter Bewuchs beseitigt und offener Boden für die neue Saat vorbereitet wurde, bildeten die nächste Entwicklungsstufe.

Von Menschen und Zugtieren gezogene Haken stellten einen großen technischen Fortschritt dar. Mit diesen durch die Erde gezogenen Haken konnte eine wesentlich größere Flächenleistung erzielt werden. Die Arbeit des Hakens bestand darin, den Boden aufzuritzen, dabei unerwünschten Bewuchs abzuschneiden und eine offene Rinne mit lockerem Boden zu schaffen. In dieser Rinne wurde das Saatgut eingebracht und anschließend meist zugedeckt.

Trotz dieser Fortschritte blieb der Haken ein Gerät mit Problemen. Durch hohen Zugkraftbedarf und schwierige Handhabung konnte auch bei mehreren Arbeitsgängen der Acker nie ausreichend bearbeitet werden. Dies gelang erst mit der Erfindung des germanischen Pfluges vor etwa 2.000 Jahren.

Beim germanischen Pflug war über dem Schneidschar seitlich ein Streichbrett angebracht. Das Streichbrett legte die angehobenen Erdbalken Scholle für Scholle auf die Seite ab. Auf diese Weise wurde der gesamte Acker durchgeschnitten, gelockert und die Pflanzenreste wurden eingearbeitet. Es entstand eine einheitlich gewendete Ackeroberfläche, auf die nun mittels Breitsaat sehr schnell neu eingesät werden konnte. Mit dem germanischen Pflug war somit ein vielseitiges Bodenbearbeitungsgerät entwickelt worden, das mehrere Aufgaben gleichzeitig erfüllen konnte [HAMPL ET AL., 1995].

2.2 Pflügen und pflanzenbauliche Aspekte

EHLERS [1985] bestätigt ohne Zweifel, dass das wichtigste Gerät zur Grundbodenbearbeitung, nämlich der Streichblechpflug ins „Gerede“ gekommen ist. Es fragen sich viele Landwirte, ob es noch richtig ist, was Jahrzehnte als unumstößliche Regel galt: Pflügen schafft günstige Voraussetzungen für hohe Erträge.

In Tabelle 1 wird anschaulich dargestellt, wie das Pflügen und die Witterung den Verfahrenserfolg beeinflussen. Im feuchten Winterhalbjahr (Oktober – März) 1987/88 mit 574 mm Niederschlag in Bredstedt und 464 mm in Gettorf 1 erbrachte die Variante Pflug – Kreiselegge – Drillsaat 37 bzw. 29% mehr Ertrag gegenüber Frässaat (100%).

Im Jahr 1988/89 waren die Niederschläge im selben Zeitraum deutlich geringer. Der Vorteil des Pfluges gegenüber Frässohlensaat verminderte sich sprunghaft auf 8 bzw. 5%.

Als ertragsmindernd bei der Variante Frässohlensaat wirkte sich das feuchte Winterhalbjahr 1987/88 aus. Durch künstlich geschaffene Grobporen auf Arbeitstiefe ist der Pflug in dieser Situation begünstigt gegenüber Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung ohne Bodenlockerung [VOBHENRICH, 1997].

Tabelle 1: Niederschl. u. Relativertrag für Pflug-Kreiselegge-Drillsaat und Frässohlensaat (100%)
[VOBHENRICH, 1997]

Versuchsstandort	Jahr	Niederschlag		Frucht	Ertrag	
		Okt.-März	Juli-Juni		dt/ha	%
Bredstedt (leichte Senke)	87/88	574	957	W-Weizen	91,3	137
	88/89	350	800	W-Weizen	100,8	108
Gettorf 1 (Naßgley)	87/88	464	807	W-Raps	34,1	129
	88/89	335	708	W-Weizen	108,1	105
potentielle Verdunstung Oktober - März: 60 mm						

Bei der Entscheidung ob man den Pflug einsetzt oder nicht, spielen neben den pflanzenbaulichen und ökonomischen Aspekten auch Betriebsgröße und Logistik, Bodenverhältnisse, sowie Fruchtfolgeplanung eine wichtige Rolle.

Der Pflug ist bis heute ein Garant für sichere Erträge bei geringem Planungs- und Managementaufwand. Demgegenüber steht die Mulchsaat als ein Versuch, Bodenfeuchtigkeit zu erhalten und Arbeitszeit zu sparen.

Kosten lassen sich bei diesem Verfahren nur dann einsparen, wenn alle weiteren Arbeitsgänge genau geplant werden. Es ist aber vor allem auch wichtig, unter verschiedenen Bedingungen einsatzbereit zu bleiben [EHNTS, 2008].

Nach KATH – PETERSEN [1997] ist der Pflug das bewährte Gerät zur Primärbodenbearbeitung im landwirtschaftlichen Betrieb. Pflanzenreste und organischer Dünger werden eingemischt und der Boden wird bis auf Krumentiefe gelockert. Dies schafft die Grundlage für eine störungsfreie, exakte Saatgutablage und einen problemlosen Feldaufgang.

Bei den Untersuchungen von HOFMANN und SORGE [1993] wirkt sich das Vermeiden von Krumbasis – Verdichtungen positiv auf den Ertrag von Zuckerrüben aus.

SCHÖNBERGER [2009] berichtet, dass sich durch Verdichtungen im Krumbereich der Ertrag um 10 % (Weizen) bis 20 % (Raps) verringert. Konventionell gepflügte Flächen sind hier durch Furchenbodenverdichtungen benachteiligt.

Techniken der Minimalbodenbearbeitung sind ein wichtiger Beitrag, um den Bodenverlust durch Erosion zu senken. Durch Minimalbodenbearbeitung und Direktsaat kommt es zu einer „Schichtung“ des Bodens, Nährstoffe lagern sich verstärkt in der obersten Bodenschicht ein und sind somit durch Abtrag gefährdet. Betrachtet man den Phosphorgehalt im Wasser dieser Ackerflächen, so können die Werte im Vergleich zu gepflügten Feldern signifikant höher sein. Gefährdet sind vor allem gut drainierte Flächen. Für die Erhaltung der Nährstoffe im Boden ist diese Erkenntnis ein wichtiger Beitrag

[CASTILLON, 2008].

Konservierende Bodenbearbeitung ohne Bodenlockerung stellt sich als nachteilig heraus, wenn sich Böden unter dem Einfluss von Grund – oder Stauwasser befinden. Auf Böden mit geringen Grobporenvolumina und bei hohem Niederschlagsniveau ist nämlich die Sauerstoffversorgung der begrenzende Faktor. [VOßHENRICH, 1997].

2.3 Auswirkungen des Pfluges auf den Pflanzenschutz

Mit dem Pflug kann man in einem Arbeitsgang ein sauberes Saatbett herstellen, dies kann unter Umständen auch günstiger sein als die mehrmalige Bearbeitung mit Spezialgrubbern zur Mulchsaat. Die Pflanzenschutzmaßnahmen können mitunter bei pfluglosen Bearbeitungssystemen aufwändiger sein [EHNTS, 2008].

SCHÖNBERGER [2009] berichtet, dass es sich bei Flächen, die länger pfluglos bearbeitet wurden abzeichnet, dass der Boden kopflastiger wird und die unteren 10cm der Krume an Humus, Phosphat und Spurenelementen verarmen. Die Phosphatgehalte im oberen Krumenbereich steigen dagegen an und dort reichert sich Humus an, was das Puffervermögen der Böden erhöht und somit Bodenherbizide nicht mehr wirken.

Die Menge und Verteilung der Pflanzenrückstände an der Bodenoberfläche wird auch direkt durch die Art der Bodenbearbeitung beeinflusst. Um das Infektionsrisiko zu minimieren, scheint der Einsatz des Pfluges zunächst die einfachste Lösung zu sein [HÖNER, 2005].

BRUNOTTE [2007] beschreibt in seinen Versuchen, dass das DON (Desoxynivalenol) – Befallsrisiko bei Weizen mit Maisvorfrucht nach nichtwendender Bodenbearbeitung um ein 4- bis 5-faches höher ist, als bei einem Pflugeinsatz. Bei anderen Vorfrüchten konnte kein Unterschied zwischen den Varianten wendende und nichtwendende Bodenbearbeitung festgestellt werden.

2.4 Der Pflug im Zusammenspiel mit bodenphysikalischen Aspekten

Der Pflug garantiert einen gleichmäßigeren Feldaufgang, gut durchwurzelbaren Boden, eine geringere Gefährdung der Kulturpflanzen durch Nährstoff- und Lichtkonkurrenz, sowie geringeren Krankheitsdruck. Ein Problem sind aber Verdichtungen, die an der Pflugsohle entstehen.

HAMEDINGER [2004] beschreibt, dass in den meisten Ackerflächen, bei denen für die Grundbodenbearbeitung der Pflug eingesetzt wurde bzw. wird, sich eine verdichtete Grenzfläche (Pflugsohle bzw. Furchenradsohle) ab einer Tiefe von 24 cm gebildet hat.

2.4.1 Wie Pflugsohlen entstehen

Grundsätzlich lassen sich Verdichtungen an der Pflugsohle nach der Entstehung in zwei Komponenten unterteilen, in eine Traktorradsverdichtung und die eigentliche Pflugsohlenverdichtung.

Der Schlupf der Antriebsräder hat dabei negative Auswirkungen, da Bodenmaterial bzw. Bodenaggregate gegeneinander verschoben werden und Verdichtungs Vorgänge unvermeidbar sind. Neben der Verdichtungswirkung, die durch den Schlepper hervorgerufen wird, ist beim Pflügen der Pflug unmittelbar als Bodenbearbeitungsgerät an der Ausbildung der Pflugsohle beteiligt und zwar dadurch, dass jedes einzelne Pflugschar den zu bearbeitenden Boden vom unbearbeiteten Unterboden abtrennt.

Wenn man die Auswirkungen von Schlepperrad und Pflugschar miteinander vergleicht, ist davon auszugehen, dass von den in der Pflugfurche laufenden Schlepperrädern die größere Verdichtungsgefahr ausgeht [DUMBECK, 1989].

Die Pflugsohle wurde vor Einführung der Regelhydraulik im Wesentlichen durch Abstützung des Pfluggewichts, dem zusätzlichen Unterzug (Einzugskräfte des Pfluges) und eben dem Furchenrad belastet. Durch die Einführung der Regelhydraulik werden die Einzugskräfte und das Pfluggewicht auf die Traktorhinterachse übertragen (Abbildung 1). Zusätzliche negative Auswirkungen hat die Schräglage des Traktors, dadurch wird das Furchenrad stärker mit Gewicht belastet als das Landrad.

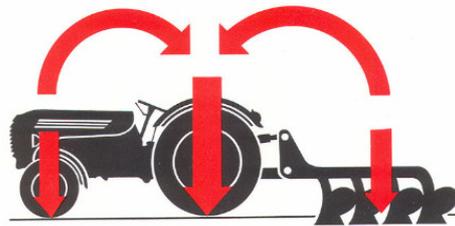


Abbildung 1: Prinzip des Zusammenwirkens von Kräften und Lasten durch den Einsatz der Regelhydraulik [www.zuckerfabrik24.de]

Im gegensätzlichen Zusammenspiel der Entlastung der Vorderachse und Pfluggewicht sowie Einzugskraft wird Gewicht auf die Hinterachse übertragen.

Bodenphysikalische Untersuchungen haben immer wieder belegt, dass die Pflugsohlenbildung praktisch auf allen ackerbaulich genutzten Standorten zu beobachten ist. Die Ausprägung dieser hängt in der Regel von der Bodenart (schluffreiche Böden sind besonders gefährdet) und der Bewirtschaftung ab.

Immer leistungsfähigere Schlepper erhöhen zwangsläufig auch die Gesamtmasse, die auf den landwirtschaftlich zu nutzenden Böden abgestützt werden muss. Eine Folge davon ist die Dichtlagerung im Pflugsohlenbereich, die um die Mächtigkeit der verdichteten Schicht zunahm [DUMBECK, 1989].

2.4.2 Auswirkungen von Pflugsohlen auf Boden und Pflanze

Untersuchungen beweisen, dass der Ertrag anspruchsvoller Kulturpflanzen weniger von der Oberbodendurchwurzelung, als von der Durchwurzelung des Unterbodens abhängt [DUMBECK, 1989].

Gerade die Durchwurzelung des Unterbodens kann durch eine stark ausgeprägte Pflug- und Furchenradsohle beeinträchtigt werden.

Bei gepflügten Flächen wurde im Pflugsohlenbereich ein sprunghafter Anstieg der Lagerungsdichte, sowie eine Veränderung des Bodengefüges hin zum Klumpen- bzw. Plattengefüge festgestellt [HOLZ UND TRAUlsen, 2010].

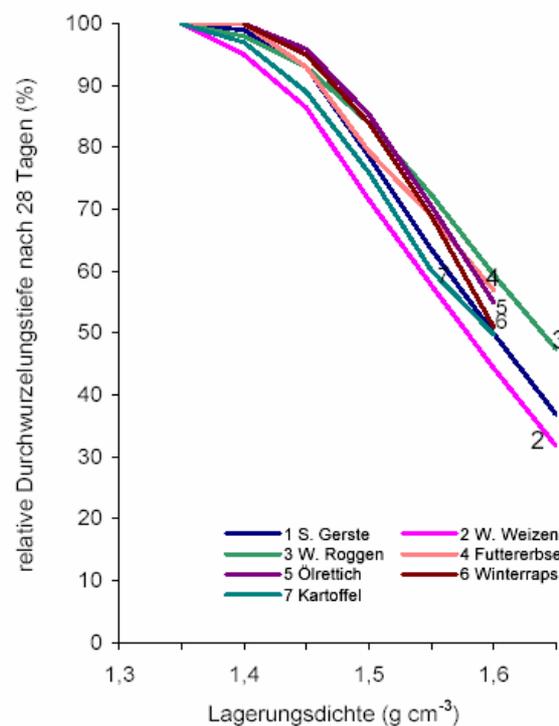


Abbildung 2: Relative Durchwurzelungstiefe verschiedener Kulturpflanzen in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte des Bodens [PETELKAU, 2000]

Im Hinblick auf die Wurzelentwicklung ist die Korrelation zur Lagerungsdichte für viele Fruchtarten abgesichert (Abbildung 2) [PETELKAU ET AL., 2000].

2.5 Onland – Pflügen – Auswirkungen auf den Boden

Der Onland Pflug bietet die Möglichkeit, mit dem Traktorrads außerhalb der Furche zu fahren. Dadurch werden die schädlichen Verdichtungen und Verschmierungen des Furchenbodens weitgehend vermieden. Zusätzlich wird durch die heutige Regelhydraulik der Pflug vom Traktor getragen. Die Einzugskräfte stützen sich auf den außerhalb der Furche fahrenden Rädern ab und nicht mehr so stark mit den Pflugscharen auf dem Furchenboden.

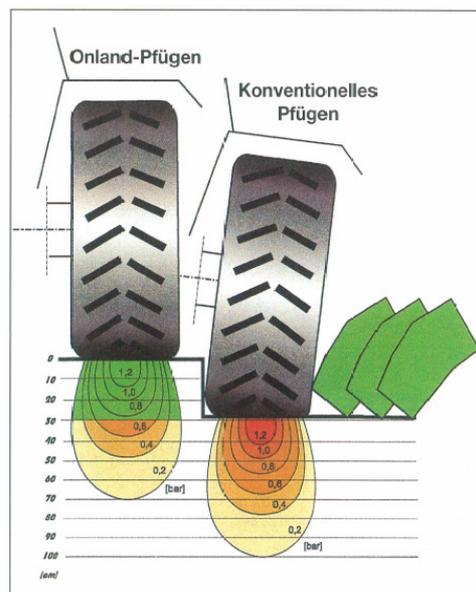


Abbildung 3: Druckverteilungen beim Onland - Pflügen und beim konventionellen Pflügen
[NADLINGER, 1997]

Beim Onland - Pflügen werden Zonen hoher Verdichtung von 0 – 30 cm Tiefe durch die normale Bodenbearbeitung wieder gelockert (grüner Bereich). Fährt man mit dem Rad in der Furche (Abbildung 3), wird der Druck der Räder am Furchenboden eingeleitet. Diese Verdichtungen und Verschmierungen können nur mit einer Untergrund- oder Tiefenlockerung wieder behoben werden [NADLINGER, 1997].

Pflügen mit den Traktorrädern außerhalb der Furche reduziert das Auftreten von Unterbodenverdichtungen. Kein Radschlupf verschmiert die Bodenporen auf dem Furchengrund, was für die ungehinderte Zirkulation von Wasser und Luft entscheidend ist. Weiter besteht im Gegensatz zum konventionellen Verfahren die Möglichkeit, Doppelräder und Breitreifen zu verwenden [ANKEN UND NADLINGER, 1996].

MUNKHOLM ET AL. [2005] beschreibt, dass das Onland - Pflügen die Rückverdichtung eines mechanisch gelockerten Bodens im Vergleich zum traditionellen Pflugverfahren verringert.

Verringerte Wasseraufnahmekapazität ist einer der Effekte, die durch das Verschmieren des Furchenbodens über den Schlupf der Antriebsräder auftreten. Onland - Pflügen vermindert die Furchenbodenverdichtung und reduziert das Risiko der Unterbodenverdichtung merkbar [WEISSKOPF ET AL., 2000].

SCHÖNBERGER [2009] beschreibt, dass durch GPS und Hangsteuerung das Onland - Pflügen interessant wird. Dabei können auch Zwillingsreifen benutzt werden und somit auf beiden Achsen Schlupf- und Druckschäden vermieden werden. Aus seiner Sicht müssen diese Pflüge nicht zwangsläufig teurer sein.

Der Onland – Pflug ist ein wesentlicher Beitrag zum Bodenschutz [HEIER, 2009].

Zunehmend halten Traktoren mit mehr als 200 PS Einzug auf Ackerbaubetrieben. Vielfach werden Reifen mit 700, 800 mm Breite und mehr auf diese Traktoren montiert, um den Bodendruck der schweren Maschinen gering zu halten und die Zugkraft besser zu übertragen. Um die teuren Maschinen auch mit der breiten Bereifung, die meist nicht mehr in die Pflugfurche passt, vor dem Pflug zu nutzen, ist Onland – Pflügen eine willkommene Lösung [KREBBERS, 2009].

Im Interesse der Bodenschonung ist deshalb eine Umorientierung in der Flächenbewirtschaftung auf pfluglose Verfahren oder auf Verfahren, bei denen keine hohen Radlasten auf dem Furchenboden abgestützt werden, zu empfehlen [STEINKAMPF ET AL., 1993].

Die unter dem Landrad in 40 cm Tiefe gemessenen Werte (Abbildung 4) lagen im Mittel unter 0,2, meistens nur um 0,1 bar, somit in einer Größenordnung die den meisten anderen Arbeitsgängen entspricht [STEINKAMPF ET AL., 1993].

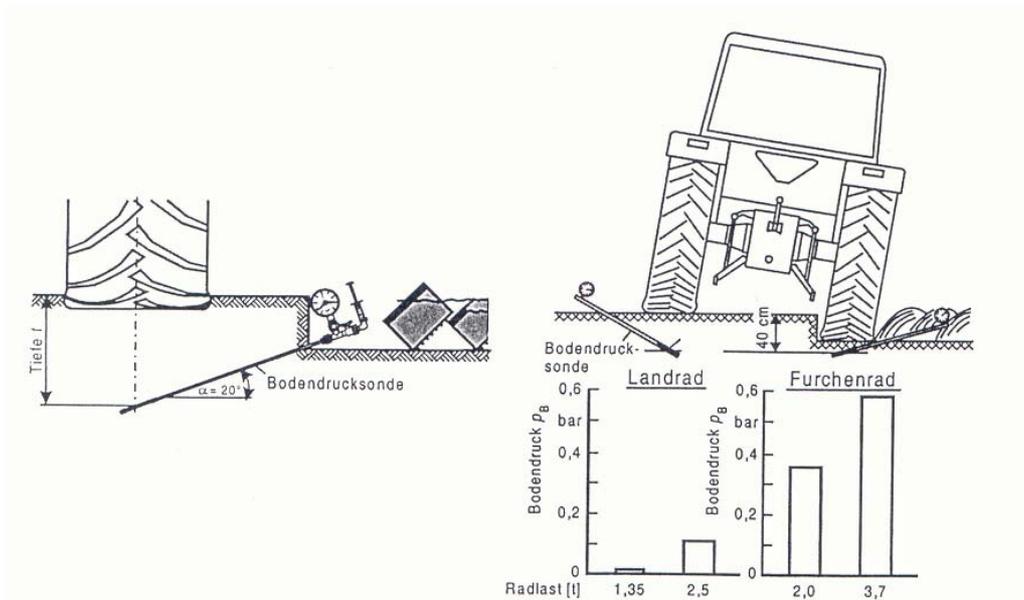


Abbildung 4: Verteilung der Radlasten [STEINKAMPF ET AL., 1993]

RENIUS [1987] beschreibt, dass sich beim Pflügen in der Furche 45 % des Traktorgewichts und annähernd 50 % der Zugleistung auf dem hinteren, furchenfahrenden Rad abstützen (Abbildung 5).

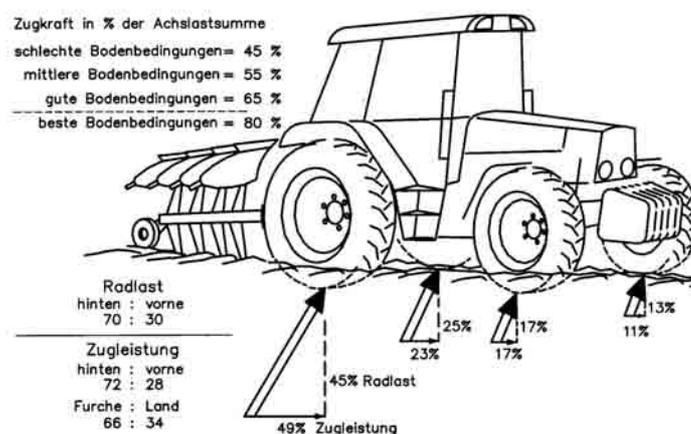


Abbildung 5: Radlasten und Zugkraftverteilung [RENIUS, 1987]

Die Fahrzeugseiten werden beim Onland – Pflügen nahezu gleich belastet, was wiederum in der Furche nicht der Fall ist. Hier wird das Furchenrad wesentlich stärker belastet als das Landrad und die Last wird um die Arbeitstiefe unterhalb der Bodenoberfläche aufgebracht [VDI – Richtlinie 6101, 2006].

Die Kräfte wirken direkt auf den ungeschützten, krumennahen Unterboden, dadurch kann es vor allem bei nassen Bodenbedingungen zu einer zusätzlichen Verdichtung des Unterbodens in diesem Bereich führen. Auf Grund dessen, dass dieser Bereich üblicherweise bei der jährlichen Bodenbearbeitung nicht zusätzlich gelockert wird, ist mit einer Beeinträchtigung der Bodenfunktion und des Pflanzenwachstums zu rechnen [GEISCHEDER UND DEMMEL, 2006].

Beim Onland – Pflügen kommt es zu einer gleichmäßigen Belastung der Hinterräder. Die Last wird dabei in der Krume abgestützt, die aber anschließend wieder intensiv gelockert wird [BRANDHUBER ET AL., 2008].

Schädliche Wirkungen der Krumbasisverdichtungen auf Pflanzenertrag und Regenverdaulichkeit des Bodens sind eindeutig vorhanden. Diese lassen Landwirte, die sich um ihre Böden Sorgen machen, nach Alternativen zu dem herkömmlichen Pflügen suchen. Der Landwirt, der auf den Pflug nicht verzichten will, ist mit der Herausnahme des Traktors aus der Furche gut beraten [DOMSCH, 1995].

Es verhilft einem Landwirt nicht sofort zu einem zusätzlichen Gewinn, wenn dieser den Onland – Pflug einsetzt. Erst muss investiert werden, auch um den eventuellen Mehrpreis dieser Ausstattung auszugleichen. Wenn aber in Folge die Wirkung von mechanischen Lockerungsmaßnahmen oder ein durch bewusst angebaute Pflanzen gelockerter Boden länger anhält und Wasserschäden auf Grund einer erhöhten Durchlässigkeit der Krumbasis abnehmen, dann kommt man in den Genuss dieser Vorteile. Prinzipiell ist nicht der vorhandene Stand der Technik entscheidend für den Einsatz des Onland – Pfluges, sondern der Wille, die Belastung des Bodens zu verringern. Landwirte sollen die Schonung des Bodens trotz aller ökonomischen Zwänge als Gegenwarts- und nicht als Zukunftsaufgaben verstehen [DOMSCH, 1995].

2.6 Auftretende Kräfte am Pflug

Beim Pflug erstreckt sich die Zuglinie als eine Gerade, die durch den Punkt des Pfluges läuft, an dem die Summe der Körperkräfte angreift und durch den Schnittpunkt, der durch die Verlängerung der Unterlenker entsteht. Je nachdem, wie sich die Stellung der Unterlenker verändert, verschiebt sich dieser Punkt auf der Bahn A – B – C. Das ermöglicht es, die Zuglinie so zu legen, dass sie auch durch den Mittelpunkt der Hinterachse verlaufen kann, was einer optimalen Einstellung entspricht. Fährt der Traktor mit einem Fünfscharpflug in der Furche, dann verläuft die Zuglinie unter diesen Bedingungen in Richtung des gepflügten Bodens (Abbildung 6a und Abbildung 6c). Wird jetzt ein Dreischarpflug angebaut, so verläuft die Zuglinie schon geringfügig zum ungepflügten Boden hin (Abbildung 6a und Abbildung 6d). Das bewirkt, dass die Anlagenkraft ansteigt. Der gleiche Effekt, nur stärker ausgeprägt, tritt ein, wenn der Traktor außerhalb der Furche, also Onland fährt (Abbildung 6b). Je mehr sich ein Traktor von der Furchenkante entfernt und je kleiner die Arbeitsbreite des Pfluges ist, umso stärker steigen die Anlagenkräfte an. Pflüge ab 5 Schare können aber aus dem Gesichtspunkt der wirkenden Kräfte auf Pflug und Traktor ohne Einschränkungen für den Onland – Betrieb empfohlen werden [DOMSCH, 1995].

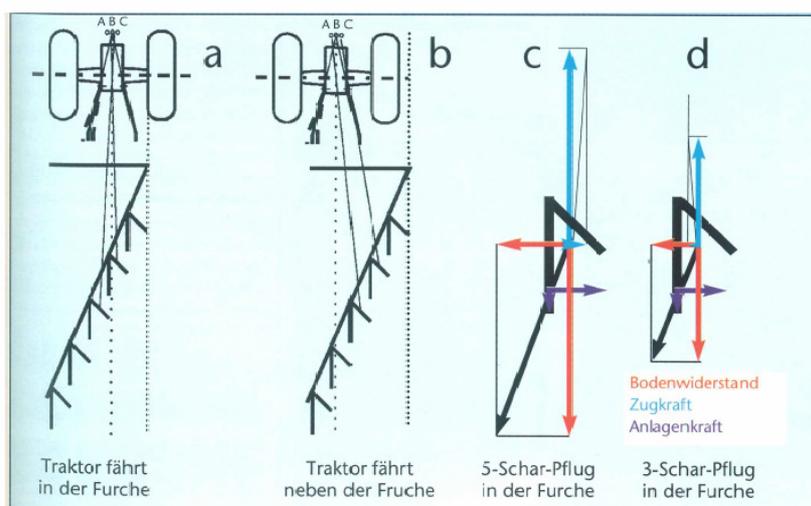


Abbildung 6: Verlauf der Zuglinien für das Pflügen in und neben der Furche und Kräfteschema am Pflugkörper für das Fahren in und neben der Furche [DOMSCH, 1995]

2.7 Zugkraftbedarf und Kraftstoffverbrauch

Der erhöhte Reibungswiderstand der Anlagen an der Furchenwand ergibt sich bei kleinscharigen Pflügen durch die schräg verlaufende Zuglinie. Beim kleinscharigen Onland Pflug wird durch die seitliche Auslenkung zum gepflügten hin dieser Effekt noch verstärkt. Bei Pflügen, die eine Schnittbreite aufweisen, die höher ist als die Traktorbreite, kehrt sich dieser Effekt um. Die Zuglinie verläuft dann schräg in die entgegengesetzte Richtung und der Druck auf die Furchenwand wird geringer, was auch die Reibung der Anlagen verringert. Dieser Effekt wirkt sich auch auf die Gesamtzugkraft und somit auf den Kraftstoffverbrauch aus [DOMSCH ET AL, 1997].

Messungen von ANKEN [1993] ergaben bei optimaler Einstellung des dreischarigen Onland – Pfluges einen Mehrbedarf von 6 % Zugkraft im Vergleich zum konventionellen Pflugverfahren. Unter Umständen kann es nämlich durch eine suboptimale Einstellung bei konventionellen Pflügen ebenso zu einer Steigerung des Zugkraftbedarfs von bis zu 30 % kommen.

SCHOLTE-REH UND HÖFLINGER [2007] berichten aus ihren Untersuchungen, dass mit den Furchenrädern zwar eine höhere Zugkraft erreicht wird, dieser Vorteil wird aber mehr als aufgezehrt durch den in der Furche wesentlich höheren Rollwiderstand der Reifen. Als Schlussfolgerung aus den Messungen konnte man aufzeigen, dass Onland fahren bei ungünstigen Witterungsbedingungen nicht ganz so hohe Zugkräfte wie in der Furche erreicht.

2.8 Technische Möglichkeiten zur Fahrerentlastung beim Onland Pflug

Beim Onland - Pflügen fährt man mit dem Traktor neben der Furche. Was aber für den Boden schonend ist, fordert den Fahrer mehr. Andererseits ist es nicht schwieriger als das Lenken des Traktors bei der Bodenbearbeitung mit einem Grubber oder ähnlichem.

Mittlerweile gibt es technische Lösungen der Hersteller, die es dem Fahrer erleichtern sollen, die Vorderfurchenbreite konstant zu halten (Tabelle 2).

Tabelle 2: Sensorgestützte Lenksysteme für Onland – Pflüge, ohne automatische Spurführung des Traktors [HAHN, 2006]

Produkt	Furchenscout	Pilot System R On-Land
Hersteller	Fa. Lemken	Fa. Reichhardt
Sensorik	Ultraschall-Laufzeitmessung 2 Sensoren	Ultraschall-Laufzeitmessung 1 Sensor
Steuerung	Vorderfurchenschnittbreite hydraulisch	Vorderfurchenschnittbreite, hydraulisch
Für Pflüge von	Lemken	universell anpassbar (bisher Gregoire Besson, Kuhn und Vogel & Noot)
Messtakte je Sekunde (Empfindlichkeit einstellbar)	50	100
Messwertbearbeitung	Mittelwertglättung und statistischer Filter	Mittelwertglättung und statistischer Filter
Bedieneinheit	integriert in Lemken-Pflugcomputer	gesondert
Warnsignal bei max. Zylinderauslenkung	ja	nein
Preis ca.	2500.- Euro	2500.- Euro

In Tabelle 2 werden die Systeme mit automatischer Spurführung für den Traktor nicht mit berücksichtigt, da es wahrscheinlicher ist, dass diese genutzt werden, wenn sie bereits auf dem Betrieb vorhanden sind.

Da mittlerweile verbesserte Lenkhilfen zur Verfügung stehen und zukünftig noch weiterentwickelt werden, wird eine Verbreitung in der Praxis durch Beratung und Förderung angestrebt [STAHL ET AL., 2001].

2.9.1 Lemken Furchenscout

Lemken verwendet 2 Ultraschallsensoren (Abbildung 7/Abbildung 8), die senkrecht auf die Bodenoberfläche gerichtet sind. Einer der beiden (der „Furchen – Sensor“) tastet die Furchensohle und der andere (der „Land – Sensor“) die Bodenoberfläche des noch unbearbeiteten Landes ab. Die Differenz der beiden Schallkeulen entspricht der Arbeitstiefe.

Abweichungen von der Fahrtrichtung erkennt das System, wenn der „Furchen – Sensor“ einen zu kleinen oder der „Land – Sensor“ einen zu großen Wert liefert. Entscheidend ist also der Höhenunterschied, den die Sensoren messen. Je nachdem, welcher der beiden Sensoren einen Fahrfehler registriert, richtet das System den Pflug mehr zum Land oder zur Furche hin aus [BÖHRNSEN, 2002].



Abbildung 7: Furchenscout schematisch [Profi, 2002]



Abbildung 8: Furchenscout in Arbeitsstellung [Profi, 2002]

Die Firma Lemken bietet zwar den Furchenscout als Steuerung für Onland – Pflüge nach wie vor an, jedoch hat dieser aufgrund sehr geringer Nachfrage keine Bedeutung [HEIER, 2009].

2.9.2 Reichhardt PSR On land

Der Ultraschallsensor schaut von schräg oben auf den Furchendamm (Abbildung 9/Abbildung 10). Einhundert mal pro Sekunde sendet der Keramikschwingkörper des Sensors eine Ultraschallwelle mit einer Frequenz von 20 kHz. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist abhängig von der Umgebungstemperatur. Diese Einflussgröße gleicht Reichhardt über den Temperaturfühler im Prozessrechner des Sensors aus. Trifft die Welle auf ein Hindernis, gibt es ein Echo. Jedes Mal, wenn der Keramikkörper zum Schwingen angeregt wurde, ist er danach sofort wieder still und wartet das Echo ab. Das System von Reichhardt fasst je nach eingestellter Empfindlichkeit rund 100 Messwerte pro Sekunde zu einem gleitenden Mittelwert zusammen. Ein so genannter „statistischer Filter“ wirft dabei vorher Ausreißer raus, die einzelne Erdbrocken oder Pflanzenreste verursachen können [BÖHRNSEN, 2002].

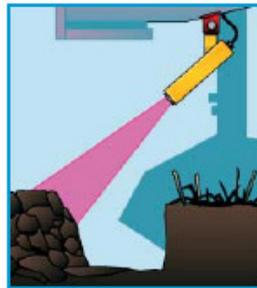


Abbildung 9: Reichhardt PSR On land schematisch [Profi, 2002]



Abbildung 10: PSR On land in Arbeitsstellung [Profi, 2002]

Das Steuerungssystem für Onland – Pflüge wird zwar noch angeboten, es befindet sich momentan aber aufgrund zu geringer Nachfrage nicht in der aktuellen Preisliste [HIRTLER, 2009].

2.9.3 Onland – Pflügen mit Global Positioning Systemen

Mittlerweile ist die Entwicklung von Global Positioning Systemen (GPS) auch für den landwirtschaftlichen Bereich sehr weit fortgeschritten und es gibt eine Menge verschiedener Anbieter unterschiedlichster Systeme.

GPS Lenksysteme findet man vor allem auf größeren Ackerbaubetrieben, genauso wie man Onland – Pflüge eher auf diesen findet. Daher ist es nur sinnvoll, beides miteinander zu kombinieren.

Bei sehr genauen Korrekturdiensten (± 5 bis 10 cm) ist kein zusätzliches korrigieren der Vorderfurchenbreite während der Fahrt mehr nötig.

Werden Korrekturdienste mit geringerer Genauigkeit (± 20 – 30 cm) verwendet, so kann der Fahrer, sollte es nötig sein, hydraulisch während der Fahrt die Vorderfurchenbreite anpassen. Die hydraulische Verstellung der Vorderfurchenbreite muss natürlich möglich sein.

Als ein gutes Beispiel kann die Entwicklung der Firma MCS (Mechanik Zentrum Flakkee, Niederlande) gesehen werden. Hier wird der Traktor mit einer GPS – Lenkautomatik gesteuert und zusätzlich wurde ein GPS System in Verbindung mit einer automatischen Anpassung der Vorderfurchenbreite durch einen Hydraulikzylinder und einen Sensor für den Pflug entwickelt (Abbildung 11).



Abbildung 11: Onland - Pflügen mit GPS Steuerung
[Landbouw Mechanisatie, 2009]

Der Computer gibt ein Signal, woraus der Steuerungsassistent ein Korrektursignal für den Pflug erstellt (Abbildung 12). Das wiederum setzt aber voraus, dass der Pflug über eine hydraulische Verstellung der Vorderfurchenbreite verfügt. Praktiker, die an dem Test mitgewirkt haben, bescheinigen dem System eine einfache Anwendung und eine gute Zuverlässigkeit [SLEUTEL, 2009].



Abbildung 12: Steuerung der Vorderfurchenbreite über Sensor und Hydraulikzylinder
[Landbouw Mechanisatie, 2009]

3 Zielsetzung

Das Hauptziel dieser Diplomarbeit ist es, eine verfahrenstechnische Untersuchung zum Onland Pflug sowie dessen Effekt auf Bodenverdichtungen durchzuführen. An 2 verschiedenen Einsatzterminen wurde versucht, folgende Fragestellungen zu klären:

1. Gibt es Unterschiede im Kraftstoffverbrauch zwischen dem Modus Furchenfahrt und dem Modus Onland?
2. Sind Unterschiede im Traktionsverhalten der Zugmaschine (Schlupf) festzustellen?
3. Kann man Unterschiede in der Bodenverdichtung zwischen den beiden Fahrmodi feststellen?
4. Ist die Handhabung und Einstellung des Onland – Pfluges schwieriger zu bewerkstelligen?
5. Welches Ergebnis bringt eine einfache Amortisationsrechnung?

Im Versuchsteil konzentriert sich diese Arbeit speziell auf den von der Firma Pöttinger zur Verfügung gestellten 3 - Scharpflug Servo 25 Onland.

Die Versuchsdurchführung erfolgt an beiden Terminen mit demselben Traktor – Pflug – Gespann.

Die zwei unterschiedlichen Betriebsmöglichkeiten (Onland, Furche) sollen auf den Kraftstoffverbrauch B [l/h], [l/ha], die Fahrgeschwindigkeit v [km/h], den Schlupf S [%] und die damit verbundene Flächenleistung [ha/h] vergleichend untersucht werden. Auswirkungen der unterschiedlichen Systeme auf Bodenverdichtungen sollen ebenfalls untersucht werden.

4 Material und Methode

4.1 Versuchsstandort

4.1.1 Großraum

Als eine der größten Ebenen Österreichs bildet das Marchfeld den nördlichen Teil des Wiener Beckens. Nordöstlich der Bundeshauptstadt Wien gelegen, wird es im Süden von der Donau, im Osten von der March, im Norden vom Hügelland und im Westen vom Bisamberg begrenzt. Es erstreckt sich über eine Gesamtfläche von etwa 930 km². Das gesamte Marchfeld liegt auf einer Seehöhe von 137 m bis 165 m. In west – östlicher Richtung beträgt die größte Ausdehnung rund 26 km [WWW.BOKU.AC.AT].

4.1.2 Standort, Klima

Groß Enzersdorf liegt an der östlichen Stadtgrenze von Wien und im gemäßigten Klimabereich. Dieser bedeutende landwirtschaftliche Produktionsraum wird vorwiegend vom kontinentalen Klima Osteuropas geprägt, in einzelnen Witterungsabschnitten macht sich auch der maritime Einfluss vom Atlantischen Ozean her bemerkbar. Die vorherrschenden Boden- und Klimaverhältnisse sind für das landwirtschaftliche pannonische Produktionsgebiet repräsentativ und ermöglichen eine praxisnahe Versuchsarbeit.

Die Versuchsfelder liegen ungeschützt in offener windiger Lage. Daher ist das Klima besonders im Sommer durch geringe Luftfeuchtigkeit und wenig Taubildung gekennzeichnet.

Groß Enzersdorf liegt 153 m über NN. Dieser Klimaraum ist geprägt durch heiße, trockene Sommer und kalte, schneearme Winter.

Die langjährige mittlere Jahrestemperatur beträgt im 50 jährigen Durchschnitt von 1901 bis 1960 9,6° Celsius.

Der tiefgründige, mittelschwere Boden besteht aus schluffigem Lehm, der Schluffgehalt nimmt aber im Unterboden zu. Er wird als Tschernosem der Praterterasse bezeichnet. Die schollig bis blockig fallende Krume neigt bei Starkregenereignissen zu Verschlämmung. Schotter findet man erst ab ca. 1 – 1,5 m Tiefe. Stellenweise reicht er jedoch unter Bildung von Trockenstellen bis nahe an die Oberfläche heran. Das Relief ist wie für den Standort Marchfeld zu erwarten, eben. Die Bodenart wird als „sandiger Lehm“ eingestuft. Die Durchwurzelung ist schwach [LIEBHARD, 2007].

4.2 Versuchsdurchführung

Für die Grundeinstellung des Pfluges half ein Versuchstechniker der Firma Pöttinger, um die Abweichungen möglichst gering zu halten und den Arbeitseffekt zu verbessern.

Die Arbeitstiefe wurde standortüblich auf 25 cm für beide Varianten mit möglichst geringen Abweichungen eingestellt. Die Vorderfurchenbreite wurde an die Schnittbreite des 2. und 3. Schares von 33 cm angepasst.

Bei den Messfahrten wurden jeweils 3 Wiederholungen (Hin- und Rückfahrt) im Furchenmodus und nach der Umstellung drei Wiederholungen Onland gefahren.

Für die Messfahrten wurde das Handgas auf 1750 U/min eingestellt und der 1. Gang (Gruppe Hase) mit langsamer Lastschaltstufe eingelegt.

Die Frontballastierung erfolgte durch 11 Gewichtsplatten mit jeweils 33 kg (363 kg). Das erwies sich als guter Wert, da der Traktor bei ausgehobenem Pflug gut steuerbar war, bei der Arbeit ohne viel sichtbaren Schlupf vorankam und Lenkbewegungen gut umgesetzt hat.

Die Kontrolle des Reifenluftdrucks ergab 1,0 bar hinten und 1,0 bar vorne, dies wurde als angemessener Wert angesehen und so belassen.

Die Versuche wurden auf zwei unterschiedlichen Flächen zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt.

Der erste Versuch am 2. und 3. August 2007 wurde auf einem etwa 6 ha großen Feld direkt neben der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf unter sehr trockenen Bedingungen gepflügt. Die durchschnittliche Feuchtigkeit im Oberboden betrug etwa 10 %.

Für den zweiten Versuch am 18. Oktober 2007 wurde uns dankenswerterweise von einem Landwirt ein frisch abgeerntetes Zuckerrübenfeld bei Raasdorf in etwa 6 km Entfernung vom Standort Groß Enzersdorf zur Verfügung gestellt. Die Zuckerrüben wurden mit einem selbstfahrenden 6-reihigen Vollernter gerodet. Diese Fläche war im Unterschied zur Fläche in Groß Enzersdorf mit etwa 20 ha deutlich größer. Die Bodenbedingungen waren mit 15 % Feuchtigkeit im Oberboden etwas feuchter aber für Bodenbearbeitung gut geeignet.

Das Relief der beiden Versuchsfelder war, wie für den Standort Marchfeld zu erwarten, mit Ausnahme einer kleinen Vertiefung eben.

Für den Versuch am 18. Oktober wurden jeweils die Hinfahrt mit Allradantrieb und die Rückfahrt ohne Allradantrieb gefahren, um herauszufinden, ob dadurch die Lenkfähigkeit und die Spurhaltung negativ beeinflusst werden.

4.3 Traktor

Der Versuchstraktor, ein Steyr 8090 SK II stammt von der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur in Groß Enzersdorf. Er ist mit einem 4-Zylinder Motor mit 3456 cm³ Hubraum und 59 KW, 80 PS ausgestattet.

Das Getriebe besitzt eine Lastschaltstufe, was eine bessere Anpassung der Geschwindigkeit und auch der Motorauslastung ermöglicht.

Die Bereifung vom Hersteller Pirelli ist mit den Dimensionen TM700 520/70R34 hinten und TM700 380/70R24 vorne für eine angepasste Zugkraftübertragung in dieser Leistungsklasse ausgelegt.



Abbildung 13: Ermittlung der Rad- und Achslasten

Die Achslastwaage (Abbildung 13) wurde verwendet, um die einzelnen Radlasten bei angehobenem und abgesenktem Pflug zu ermitteln. Dies erfolgte bereits während der Versuchsvorbereitung.

Auf Abbildung 14 sind die einzelnen Radlasten dargestellt.



Abbildung 14: Radlasten des Versuchstraktors mit abgesenktem und angehobenem Pflug

Die Werte zeigen, dass der Traktor auch mit ausgehobenem Pflug noch ausreichend Gewicht auf der Vorderachse hat.

Zur volumenstrombasierten Kraftstoffmessung wurde ein Durchflussmessgerät (PLU 116 H) in die Kraftstoffanlage des Versuchstraktors Steyr 8090 SK II integriert (Abbildung 15). Die Fahrgeschwindigkeit wurde mit einem Radarsensor (tats. Fahrgeschwindigkeit) gemessen. Alle Daten wurden mit einem Datalogger (Squirrel 2020) sekundlich aufgezeichnet.

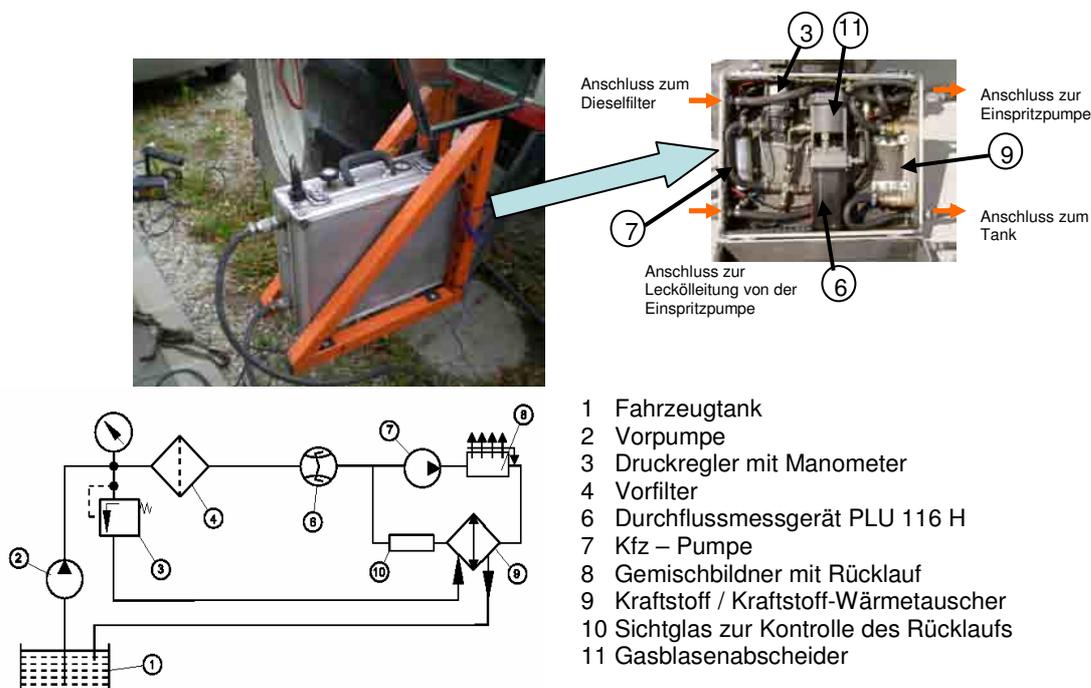


Abbildung 15: Aufbau des Kraftstoffmessgerätes

Der Kraftstoffverbrauch [l/h] und die theoretische sowie tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h] wurden für die Hauptzeit (d. h. ohne Berücksichtigung der Wendezeit) aufgezeichnet.

Daraus wurden Parameter wie Schlupf [%], Flächenleistung [ha/h] und Kraftstoffverbrauch [l/ha] errechnet.

$$\text{Schlupf [\%]} = (v_{\text{Radnabe}} - v_{\text{Radar}}) / (v_{\text{Radnabe}} * 100)$$

$$\text{Flächenleistung [ha/h]} = (v_{\text{Radar}} * \text{Arbeitsbreite}) / 10$$

$$\text{Kraftstoffverbrauch [l/ha]} = \text{Kraftstoffverbrauch je Stunde} / \text{Flächenleistung}$$

Der aufgebaute Radarsensor für die tats. Fahrgeschwindigkeit (Abbildung 16).

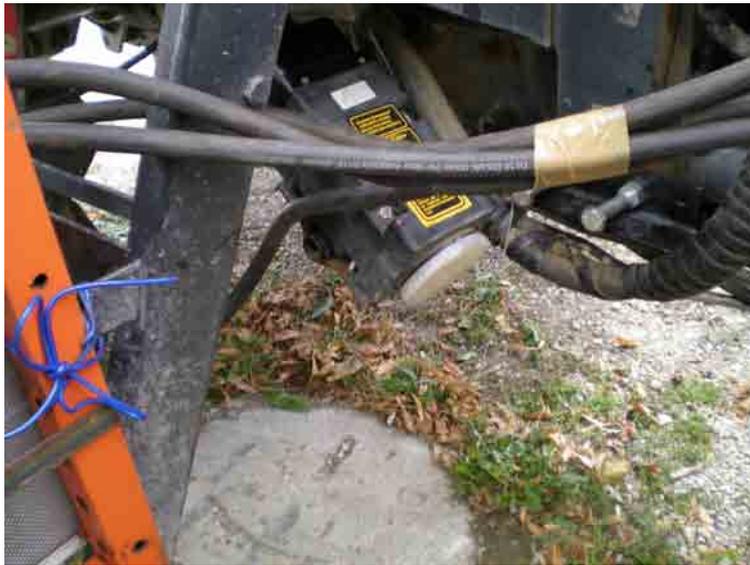


Abbildung 16: Radarsensor

Das Messsystem für die theoretische Geschwindigkeit (Abbildung 17) wurde bei einer Kalibrierfahrt mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,9536 über den Radarsensor kalibriert.

Die erhobenen Daten wurden alle mit einem Datalogger mit einer Taktfrequenz von einem Hz aufgezeichnet.



Abbildung 17: Radnabensensor

4.4 Pflug

Für den Versuch stellte uns die Firma Pöttinger einen Pflug aus der Modellreihe Servo 25 Onland zur Verfügung. Dieser Pflug hat im Vergleich zu vielen anderen Pflügen die Besonderheit, dass er sowohl in der Furche als auch Onland betrieben werden kann.

Die Umstellung von Onland auf Furchenfahrt erfolgt relativ einfach über einen Schwenkmechanismus und durch umstecken eines Bolzen. Der Zugpunkt ist mittels einem Hydraulikzylinder, sowie der Sturz und die Oberlenkerlänge an den jeweils gewünschten Fahrmodus anzupassen.

Hat man den Pflug einmal für beide Varianten eingestellt und sich die Abmessungen notiert, ist die Umstellung relativ einfach und schnell von einer Person zu bewältigen.

Der 3 – Scharpflug war mit der WSS Pflugkörperperform ausgerüstet. Der Pflugkörperabstand beträgt 95 cm, dadurch sollte es auch zu keinen Verstopfungen durch Ernterückstände kommen.

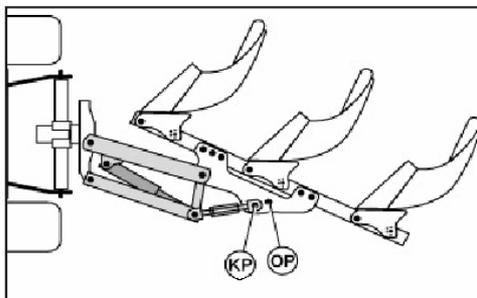


Abbildung 18: Schema Schwenkmechanismus links, Detail rechts

[BEDIENUNGSANLEITUNG SERVO 25, 2007]

KP – Konventionelles Pflügen

OP – Onland Pflügen

Umstellen auf Onland:

1. Pflug ein kleines Stück hochheben
2. Spindel in Position (OP) abstecken
3. Zugpunkt (ZP) neu einstellen

Sicherheitshinweise laut Bedienungsanleitung:

Das Umstellen nur auf ebenen, festen Boden durchführen.

Nicht in den Bereich des angehobenen Pfluges treten.

Beim Umstellen außerhalb des angehobenen Pfluges bleiben.

[Bedienungsanleitung Servo 25]

Die Anlagen wurden durch geschraubte Anlagenschoner verstärkt (Abbildung 19), da man im Onland Betrieb davon ausgeht, dass die Furchenwandreibung der Anlagen etwas stärker ist. Die verstärkte Furchenwandreibung wird vor allem bei kleinscharigen Onland Pflügen angenommen, da die Zuglinie etwas ungünstiger verläuft



Abbildung 19: Verstärkte Anlagen für den Onland - Betrieb

Für die Einstellung des Pfluges wurde von der Firma Pöttinger ein Servicetechniker geschickt. Dadurch konnten die Einstellarbeiten relativ zügig durchgeführt werden. Sehr hilfreich war die Anwesenheit des Servicetechnikers auch für eine möglichst gleichmäßige Einstellung des Pfluges in beiden Betriebszuständen, um Messergebnisse zu erhalten, die aussagekräftig sind.

Der Pflug wurde erst für den Modus konventionelles Pflügen eingestellt. Danach wurden die wichtigsten Abmessungen wie zum Beispiel Spindelmaß für die Pflugneigungseinstellung, Oberlenkerlänge usw. dokumentiert.

Im nächsten Schritt wurde der Pflug für den Modus Onland Pflügen optimiert. Auch hier wurden die Abmessungen der wichtigsten Verstellmechanismen notiert.

Dies soll den Sinn haben, dass man bei einem Wechsel der Betriebsart des Pfluges relativ schnell wieder weiterarbeiten kann. Ein von vielen Praktikern befürchtetes Problem ist eben dieses, das eine umständliche Umstellung zu erfolgen hat, sofern diese überhaupt möglich ist.

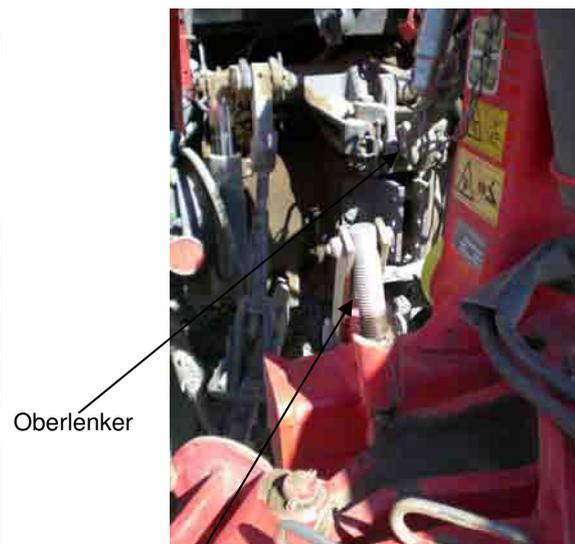
Die Umstellung kann bei dieser Ausführung von einer Person ohne großen Kraftaufwand in weniger als 10 min durchgeführt werden.

Für die Einstellung des Sturzes gibt es auf beiden Seiten jeweils eine verstellbare Spindel, die als Anschlag dient. Das Stütz- oder Tastrad ist als Pendeltastrad ausgeführt (Abbildung 20).



Zugpunktzylinder
(Servozyylinder)

Spindel zur
Verstellung der
Vorderfurchenbreite



Oberlenker

Spindel zur Einstellung
der Pflugneigung (Sturz)

Abbildung 20: Pflug mit den zu verändernden Parametern links, Drehwerk mit Spindel rechts

In Abbildung 21 ist von oben gesehen dargestellt, wie sich die Pflugstellung und somit auch die Zuglinie bei den zwei verschiedenen Betriebsmöglichkeiten verändert.

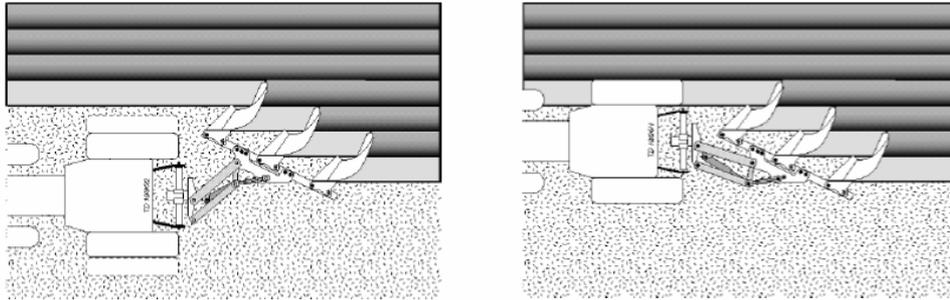


Abbildung 21: Schematische Darstellung der Pflugstellung [BEDIENUNGSANLEITUNG SERVO 25]

Die in Tabelle 3 dargestellten Abmessungen sind selbst ermittelte Werte. Diese ermöglichen eine Reproduzierbarkeit der gewünschten Einstellung und somit eine schnelle Umstellung des Pfluges.

Tabelle 3: Maße für die Pflugeinstellung

	Furche	Onland
Spindel rechts	83 mm	100 mm
Spindel links	83 mm	100 mm
Zugpunktzyylinder	Max. Länge	80 mm
Vorfurcheneinstellung	359 mm	359 mm
Oberlenker	495 mm	480 mm

Für eine sichere Anwendung dieser Werte ist es unerlässlich, sich die Messpunkte zu merken, besser aber noch, diese zu markieren. Ansonsten kann es zu Einstellfehlern kommen, da von falschen Ausgangspunkten die Werte aufgetragen werden.

4.5 Bodentyp der Versuchsflächen

Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen einen großteils homogenen Bodentyp der beiden Versuchsflächen.



Abbildung 22: Bodentyp der Versuchsfläche Groß Enzersdorf [VERÄNDERT NACH EBOD, 2008]



Abbildung 23: Bodentyp der Versuchsfläche Raasdorf [VERÄNDERT NACH EBOD, 2008]

4.6 Versuchsanordnung



Abbildung 24: Luftfoto der Versuchsfächen Groß Enzersdorf links und Raasdorf rechts
[VERÄNDERT NACH GEOLAND, 2008]

Die Versuchsfäche in Groß Enzersdorf befindet sich direkt hinter der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf. Das Stroh, das nach der Weizenernte in kurz gehäckseltem Zustand auf dem Feld verblieben ist, war bereits mit der Scheibenegge flach eingearbeitet worden.

Zu Beginn des Versuchs wurden die Einstellarbeiten am Pflug durchgeführt, dazu wurde einfach am Feldweg entlang begonnen zu pflügen. Ab dem Zeitpunkt, wo der Pflug für beide Varianten richtig eingestellt war, wurden gleich anschließend die Messversuche durchgeführt.



Abbildung 25: Versuchsfahrt Onland August 2007

Inmitten der Abfolge der Wiederholungen für die Versuchvarianten wurde ein Strommast erreicht. Damit dieser die Messergebnisse und den Messvorgang nicht beeinträchtigt, wurden die Messungen kurz unterbrochen und der Mast ausgepflügt. Nachdem wieder eine gerade Furche vorhanden war, wurden die Messvorgänge weitergeführt. Die Feldlänge betrug 540 m.

Groß Enzersdorf

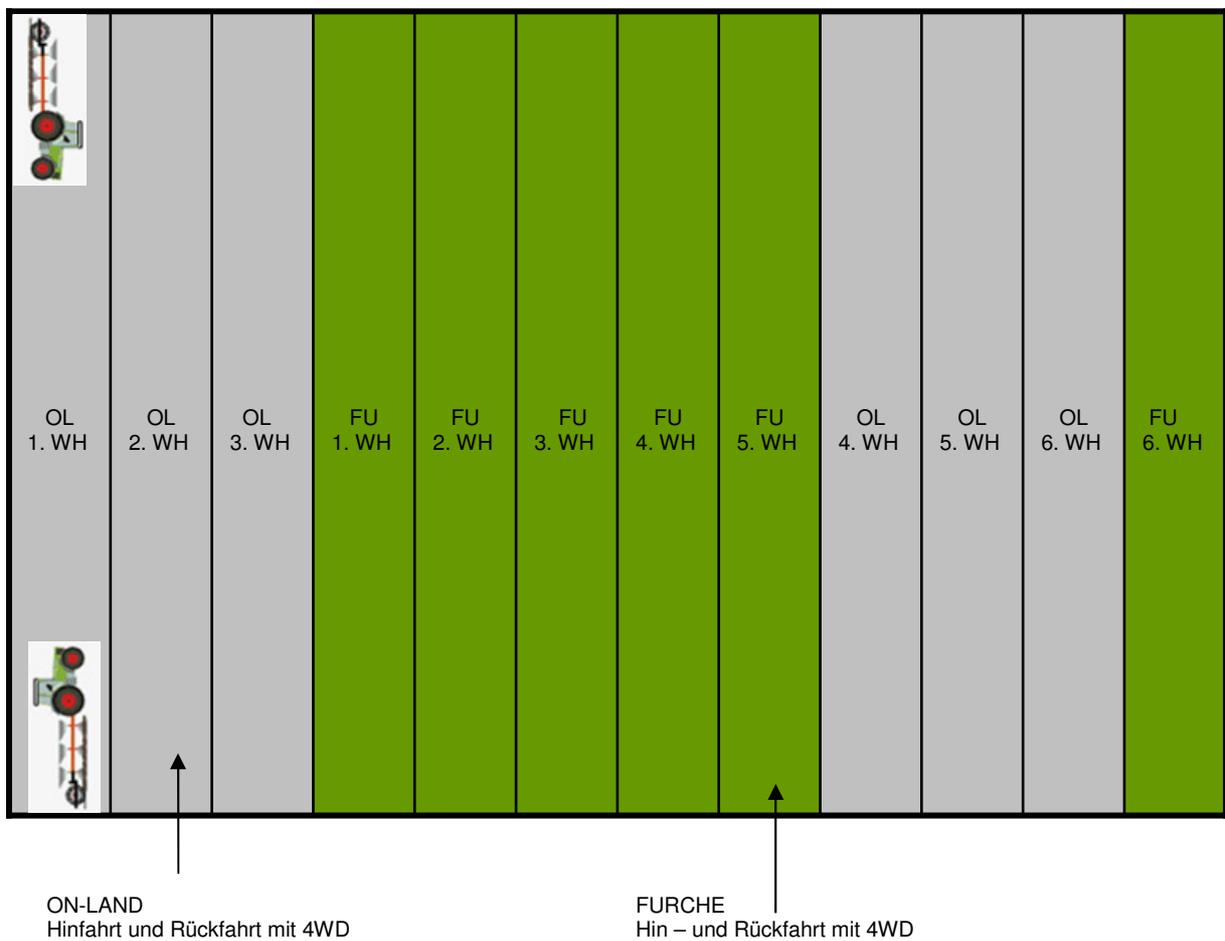


Abbildung 26: Versuchsanordnung 2. und 3. August 2007 Groß Enzersdorf

Die Randomisierung der Messfahrten in der Versuchsabfolge kann man in Abbildung 26 erkennen.

Die Versuchsfläche in Raasdorf befindet sich etwa 2 km östlich der Ortschaft an einem Gehöft gelegen. Auf dem Feldstück standen als Kultur Zuckerrüben, die wenige Tage zuvor abgeerntet wurden.

Hier wurde einfach in der Mitte eine passende Stelle ausgesucht, wo mit dem Pflügen begonnen werden konnte. Nachdem der Pflug wieder auf die richtigen Maße eingestellt war und eine saubere, gerade Furche vorhanden war, konnte mit den Messfahrten begonnen werden.

Die Feldlänge betrug auf diesem Feldstück 430 m. Eine Wiederholung besteht in diesem Fall immer aus Hinfahrt ohne Allradantrieb und Rückfahrt mit Allradantrieb.

Die Werte wurden dann bei der Auswertung getrennt verarbeitet.

Raasdorf

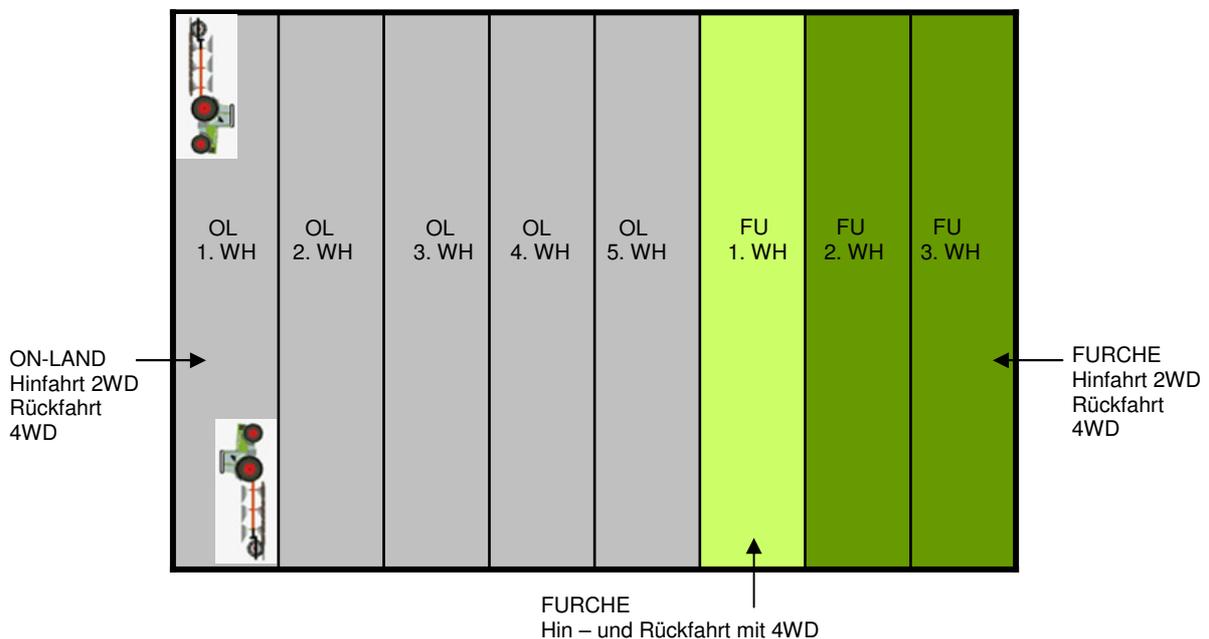


Abbildung 27: Versuchsanordnung 18. Oktober 2007 Raasdorf

4.7 Ermittlung der Lagerungsdichte mittels Stechzylinder

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte wurden Stechzylinder mit einem Volumen von 173 cm^3 in den Boden eingeschlagen. Es wurden Messungen für Spurfläche Onland, Spurfläche Furche, unbearbeiteter Boden und locker gepflügter Boden untersucht. Alle diese Messungen wurden in 5 cm Schritten bis auf 40 cm Tiefe untersucht, mit jeweils 3 Wiederholungen. Lediglich bei dem locker gepflügten Boden wurden 3 Wiederholungen an der Oberfläche eingeschlagen. Dies soll einen Vergleich ermöglichen, wie weit sich die Lagerungsdichte unterscheidet, nachdem gepflügt wurde.

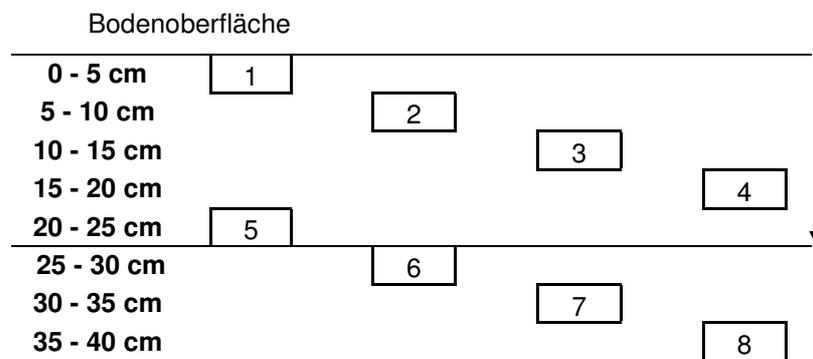


Abbildung 28: Schema der Probenentnahme

Die Proben wurden nach einem gewissen Schema entnommen (Abbildung 28). Die Stechzylinder werden bei dieser Methode mit einem Gummihammer in den Boden eingeschlagen und dann mit der Probe ausgestochen. Die nächste Probe wird dann seitlich versetzt entnommen, um nicht den durch den Einschlagvorgang eventuell verdichteten Boden direkt unter der letzten Entnahmestelle zu verwenden. Der Pfeil in Abbildung 28 soll die Arbeitstiefe markieren, da für die Lagerungsdichte in der Furche erst ab der Arbeitstiefe von 25 cm gemessen wurde.

In Abbildung 29 und Abbildung 30 sind die Stechzylinder mit den zusätzlich verwendeten Werkzeugen sowie das Probenentnahmeschema nochmals dargestellt.



Abbildung 29: Stechzylinder für die Probenentnahme



Abbildung 30: Werkzeug für die Probenentnahme

4.8 Penetrometer

Ursprünglich war es geplant, mit dem Penetrologger den Eindringwiderstand automatisch für die Varianten in mehreren Wiederholungen zu messen.

Der Penetrologger war aber zum Versuchszeitpunkt nicht verfügbar, da er gerade in Reparatur bei der Herstellerfirma war. Aus diesem Grund wurden mit dem analogen Penetrometer mehrere Einstiche vorgenommen und jeweils der Maximalwert aufnotiert. Der Maximalwert ist auf eine Einstichtiefe von 45 cm bezogen.



Abbildung 31: Analoges Penetrometer



Abbildung 32: Anzeige des analogen Penetrometers [N/cm²]

4.9 Statistische Auswertung der Messwerte

Zur statistischen Auswertung der durch die Messfahrten erhaltenen Daten wurde das Computerprogramm SPSS verwendet. Mit diesem Programm können auch gleichzeitig Tabellen und Diagramme erstellt werden.

Die erhaltenen Messwerte und die in weiterer Folge daraus errechneten Werte wurden in Excel Tabellen aufbereitet, um diese in SPSS übertragen zu können.

Aus den Werten wurde die beschreibende Statistik errechnet und eine Varianzanalyse durchgeführt. Des Weiteren wurde ein Mittelwertvergleich mit T - Test durchgeführt

Die Ergebnisse werden in einer Boxplotdarstellung veranschaulicht (Abbildung 33).

Der Buchstabe neben der Box bedeutet kein signifikanter Unterschied (A-A) oder signifikanter Unterschied (A-B).

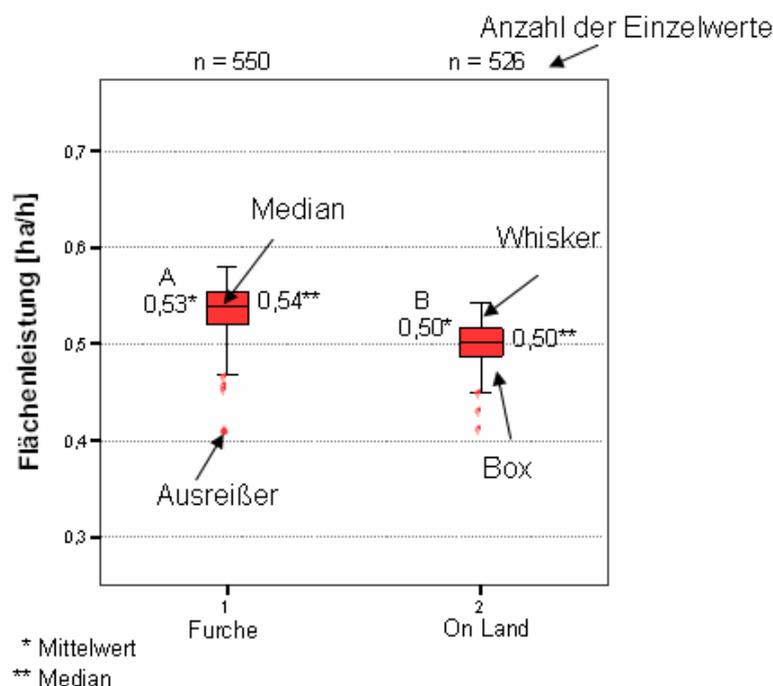


Abbildung 33: Beispiel Boxplotdarstellung

Die beiden Quartile bilden die Box, diese wird durch den Median geteilt. Die Whisker haben jeweils eine maximale Länge vom 1,5-Fachen des Interquartilabstandes. Diese enden aber in jedem Fall bei einem beobachtetem Wert [STRELEC, 2003].

5 Ergebnisse und Diskussion

Da an zwei verschiedenen Terminen Messungen durchgeführt wurden, werden in diesem Kapitel die Ergebnisse vorerst getrennt behandelt.

Kapitel 5.1 dient der Veranschaulichung und Erklärung der Ergebnisse des Versuchs im August 2007. In Kapitel 5.2 werden die Versuchsergebnisse vom Oktober 2007 dargestellt und diskutiert.

5.1 Versuch im August 2007 (Groß Enzersdorf)

Der Versuch fand an zwei aufeinanderfolgenden Tagen mit sehr warmer Witterung auf einem Feldstück direkt hinter der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf statt.

Am ersten Tag (Nachmittag) wurde der Pflug mit einem Servicetechniker der Fa. Pöttinger fachgerecht für beide Versuchsvarianten eingestellt. Des Weiteren wurde die Traktor – Pflug Abstimmung optimiert und mehrere Testfahrten durchgeführt, um die richtige Gangwahl zu treffen und weitere Einstellungen vorzunehmen. Wichtig waren die Testfahrten auch, um ein „Gefühl“ für die Onland Fahrt zu bekommen und den richtigen Abstand zur Furchenwand zu halten. Es stellte sich heraus, dass man sich relativ schnell daran gewöhnt und die Spur nach wenigen Versuchen gut halten kann. Alle gemessenen und daraus errechneten Werte enthalten keine Wendezeiten.

5.1.1 Kraftstoffverbrauch je Arbeitsstunde [l/h]

Die große Anzahl von Werten, die statistisch ausgewertet wurde, bildet eine gute Basis für Vergleiche (Abbildung 34).

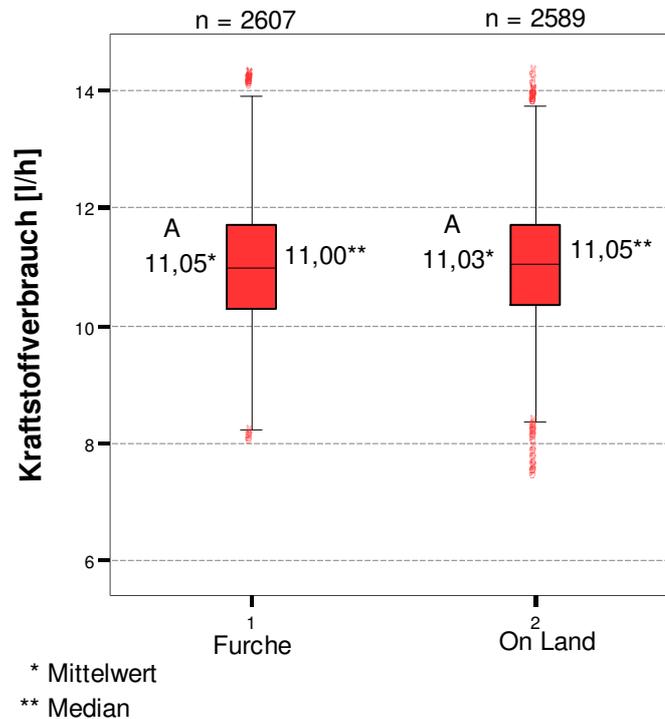


Abbildung 34: Boxplotdarstellung für den Kraftstoffverbrauch [l/h] beim Furchen und Onland Modus

Für den Kraftstoffverbrauch je Arbeitsstunde ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Varianten, weder im Mittelwert noch als Median ausgedrückt. Das Ergebnis bestätigen auch Messungen von der BLT – Wieselburg in Bezug auf den Zugkraftbedarf der sich im weiteren Verlauf ja auch auf den Kraftstoffverbrauch niederschlagen würde. Der Unterschied im Mittelwert liegt im Bereich von 0,1 %.

Beim Onland – Pflügen entsteht kein erhöhter Zugkraftbedarf im Vergleich zum konventionellen Pflügen. Die Unterschiede sind gering und nicht signifikant, was auch andere Messungen belegen [ANKEN UND NADLINGER, 1996].

5.1.2 Tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h]

Wie der Kraftstoffverbrauch je Arbeitsstunde wurde auch die tatsächliche Vorfahrtsgeschwindigkeit sekundlich für beide Versuchsvarianten gemessen (Abbildung 35).

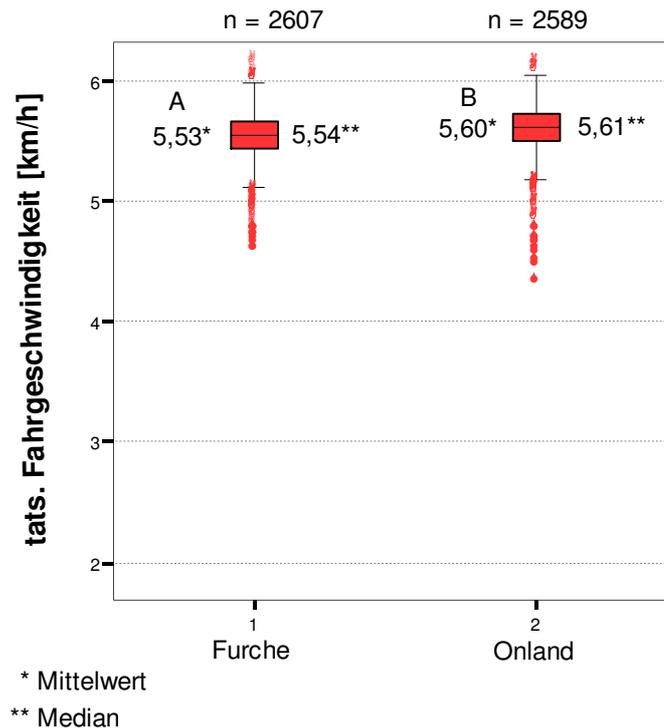


Abbildung 35: Boxplotdarstellung für die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h] beim Furchen und Onland Modus

Für die mittels Radarsensor tatsächlich gemessene Geschwindigkeit ergibt sich ein signifikanter Unterschied. Der Mittelwert für den Modus Furche beträgt 5,53 km/h und für den Modus Onland 5,60 km/h.

Der Vorteil der Variante Onland lässt sich mit dem besseren Fahrwerkswirkungsgrad begründen, der unter trockenen Bedingungen zum tragen kommt.

Beim Onland Pflügen unter günstigen Bedingungen wird ein höherer Laufwerkswirkungsgrad und damit eine höhere Flächenleistung bei gleichzeitig geringerem Kraftstoffverbrauch je Hektar erreicht [SCHOLTE – REH UND HÖFLINGER, 2007].

5.1.3 Kraftstoffverbrauch je bearbeitete Flächeneinheit

Der Kraftstoffverbrauch, berechnet auf einen Hektar bearbeitete Fläche [l/ha], wird aus dem gemessenen Wert für Kraftstoffverbrauch je Stunde und Vorfahrtsgeschwindigkeit, sowie der Arbeitsbreite des Pfluges ermittelt. Vormals geringe Unterschiede in den einzelnen Varianten können sich durch das aufmultiplizieren der oben genannten Messwerte verdeutlichen (Abbildung 36).

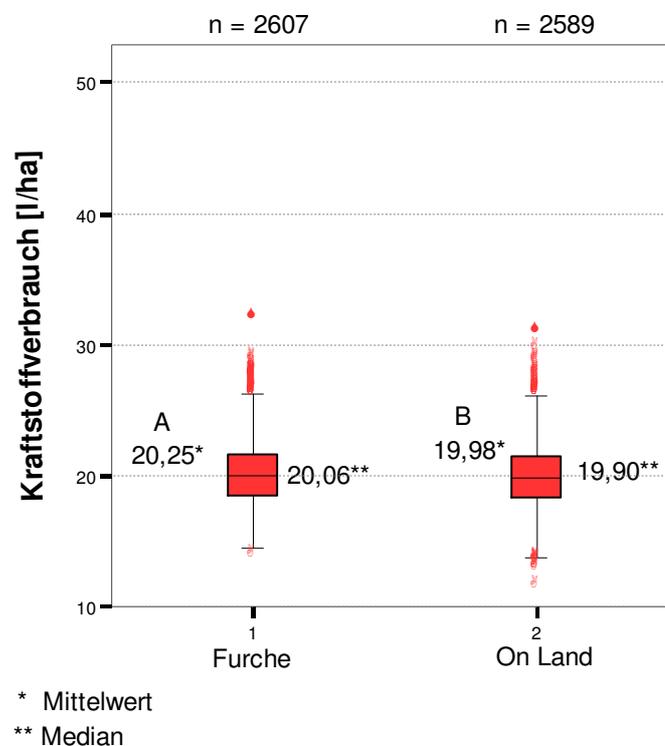


Abbildung 36: Boxplotdarstellung für den Kraftstoffverbrauch je Hektar [l/ha] beim Furchen und Onland Modus

Auch für den Kraftstoffverbrauch je Hektar ergibt sich in diesem Fall ein signifikanter Unterschied. Für den Modus Furche ergibt sich ein Mittelwert von 20,25 l/ha, für den Modus Onland 19,98 l/ha.

Das Ergebnis kommt durch die begünstigten Werte für die Variante Onland beim Kraftstoffverbrauch je Stunde und die Fahrgeschwindigkeit zustande.

5.1.4 Theoretische Flächenleistung je Zeiteinheit

Wie der Kraftstoffverbrauch je Hektar, so ist auch die theoretische Flächenleistung [ha/h] ein aus den gemessenen Parametern errechneter Wert. Hier werden die Fahrgeschwindigkeit und die Arbeitsbreite des Pfluges miteinander verrechnet (Abbildung 37).

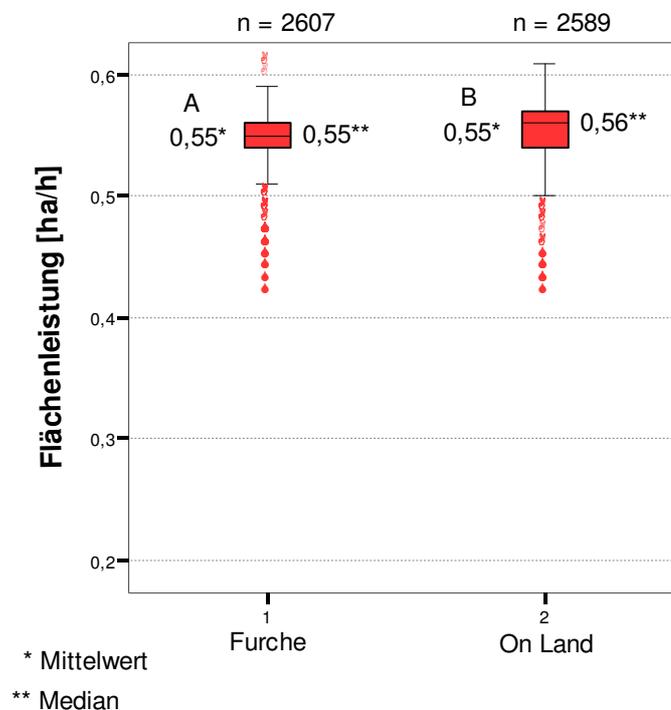


Abbildung 37: Boxplotdarstellung für die Flächenleistung je Arbeitsstunde [ha/h] beim Furchen und Onland Modus

Für die Flächenleistung je Stunde ergibt sich mit jeweils 0,55 ha/h ein sehr geringer Unterschied, der aber durch die Statistik abgesichert als signifikant bezeichnet werden kann.

Da die Arbeitsbreite des Pfluges nicht verändert wurde, ist bei diesem errechneten Wert die Fahrgeschwindigkeit für das begünstigte Ergebnis der Variante Onland verantwortlich.

5.1.5 Lagerungsdichte

Für die Lagerungsdichte wurden jeweils drei Wiederholungen über eine maximale Tiefe von 40 cm für die Variante Spurfläche Onland, sowie unbefahrener Boden zum Vergleich ausgewertet. Für die Spurfläche Furche wurden drei Wiederholungen ab 25 cm beprobt. Als zusätzlichen Vergleich wurden drei Proben von locker gepflügtem Boden genommen.

Alle in Abbildung 38 dargestellten Werte sind Mittelwerte aus drei Wiederholungen.

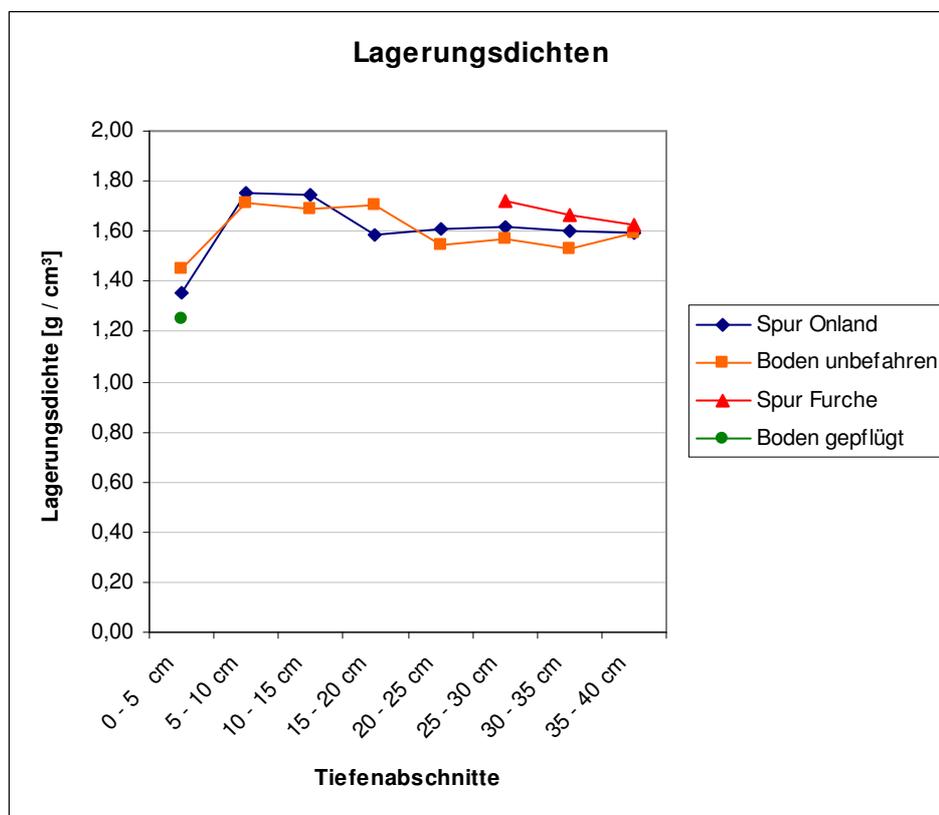


Abbildung 38: Vergleich der unterschiedlichen Lagerungsdichten August 2007

Aufgrund der sehr trockenen Witterung in den Tagen und Wochen vor der Versuchsdurchführung sind die Ergebnisse nur bedingt aussagekräftig. Am Tag der Versuchsdurchführung hatte der Boden einen durchschnittlichen Wassergehalt von etwa 9 – 10 %. Der Boden war somit verhältnismäßig unempfindlich gegen Druckbelastung.

Man kann aber doch den Trend erkennen, dass die Lagerungsdichte ab 25 cm Tiefe bei der Variante Furche im Vergleich zur Variante Onland zugenommen hat.

5.2 Versuch im Oktober 2007 (Raasdorf)

Der zweite Versuchsdurchgang erfolgte am 18. Oktober 2007 auf einem abgeernteten Zuckerrübenfeld des Betriebes Negerl. Die Zuckerrüben wurden mit einem 6 – reihigen Vollernter einen Tag zuvor geerntet. Die Versuchsfläche war in diesem Fall um einiges größer und es wurde einfach an einer zufällig ausgewählten Stelle im Feldstück damit begonnen, zu pflügen.

Der zweite Versuch wurde durchgeführt, um zu untersuchen, wie sich die Ergebnisse unter anderen Bedingungen darstellen. Dabei kann veranschaulicht werden, dass der Onland – Pflug sehr unterschiedlich auf Bodenzustände und Bodenarten reagiert. In Abbildung 39 ist die Messfahrt Onland im Oktober 2007 in Raasdorf dargestellt.



Abbildung 39: Messfahrt Onland Oktober 2007

5.2.1 Messungen mit zugeschaltetem Allradantrieb

Es wurden jeweils Hin- und Rückfahrt getrennt ausgewertet, da die Hinfahrt immer ohne Allradantrieb und die Rückfahrt mit zugeschaltetem Allradantrieb erfolgte.

5.2.1.1 Kraftstoffverbrauch je Arbeitsstunde mit Allradantrieb

Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Varianten (Abbildung 40). In diesem Fall ist die Variante Furche mit 11,47 l/h gegenüber 12,45 l/h bei der Variante Onland im Vorteil. Die Ergebnisse unterscheiden sich im Mittelwert um 8,5 %.

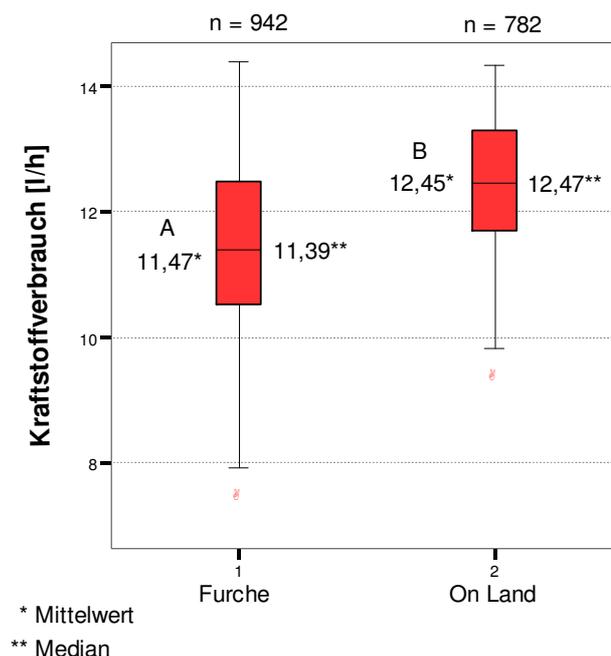


Abbildung 40: Boxplotdarstellung für den Kraftstoffverbrauch je Stunde beim Furchen und Onland Modus

Bei den Untersuchungen von DOMSCH ET AL. [1997] an einem dreischarigen Pflug stellte man fest, dass auf lehmigen Sand der Traktor in Stellung Onland 16,76 l/ha Dieselkraftstoff benötigte. Unter den gleichen Bedingungen waren in der Stellung Furche 19,5 l/ha erforderlich.

Auf schwach schluffigem Sand kehren sich die Verhältnisse um. Hier stehen 15,41 l/ha in der Stellung Furche 18,11 l/ha in der Stellung Onland gegenüber. Die Ursache hierfür sieht man in dem größeren Reibungswiderstand der Anlagen bei kleinscharigen Onland – Pflügen.

5.2.1.2 Tatsächliche Fahrgeschwindigkeit mit Allradantrieb

Der Unterschied zwischen den beiden Varianten ist signifikant. Die Variante Furche ist gegenüber der Variante Onland begünstigt (Abbildung 41).

Die geringere Fahrgeschwindigkeit im Onland Modus ist auf den erhöhten Schlupf zurückzuführen (siehe Abbildung 43).

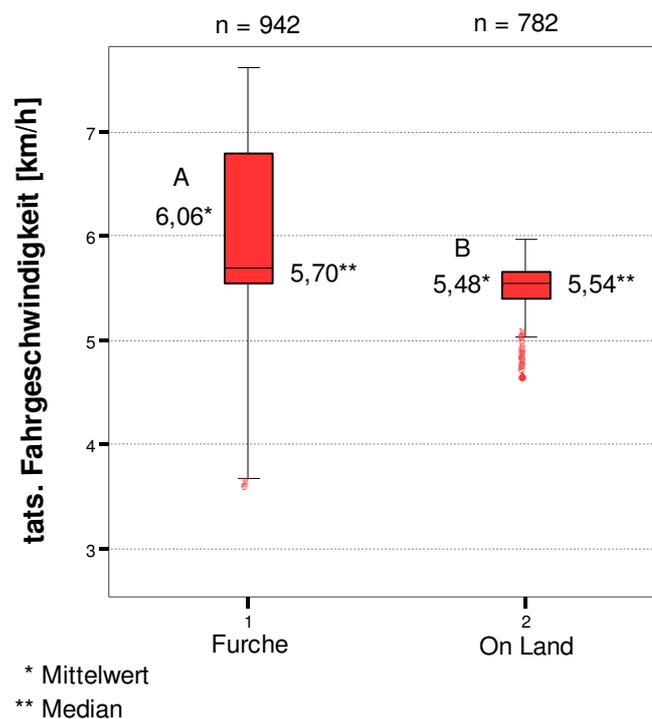


Abbildung 41: Boxplotdarstellung für die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h] beim Furchen und Onland Modus

5.2.1.3 Flächenleistung je Stunde mit Allradantrieb

Der Unterschied in der Flächenleistung ist statistisch abgesichert signifikant. Die Unterschiede in der Fahrgeschwindigkeit wirken sich auf die Flächenleistung (Abbildung 42), die aus diesen hervorgeht aus.

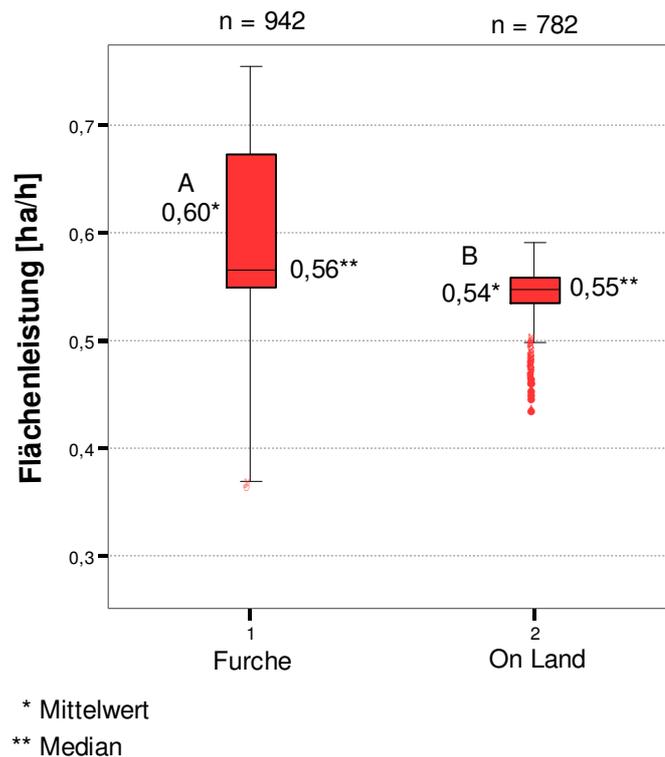


Abbildung 42: Boxplotdarstellung für die Flächenleistung je Stunde [ha/h] beim Furchen und Onland Modus

5.2.1.4 Schlupf mit Allradantrieb

Die signifikanten Unterschiede im Schlupf mit 4,5 % im Modus Furche und 6,5 % im Modus Onland sind auf den lockeren Oberboden und die unter Umständen höhere Reibung der Anlagen an der Furchenwand zurückzuführen.

Obwohl man bei der Variante Onland von einem besserem Fahrwerkswirkungsgrad ausgehen kann, ist diese hier im Schlupf benachteiligt (Abbildung 43).

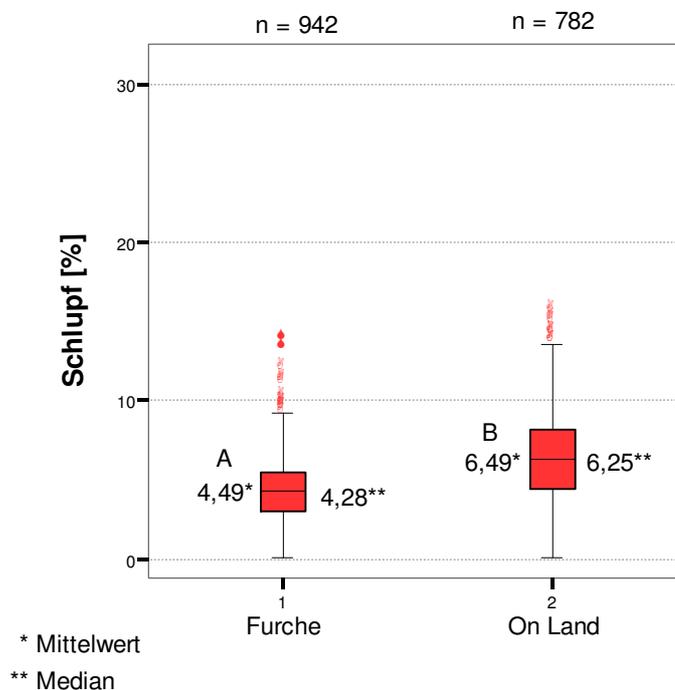


Abbildung 43: Boxplotdarstellung für den Schlupf + 4 WD [%] beim Furchen und Onland Modus

Die Variante Onland bietet aber zusätzlich die Möglichkeit, auf den Traktor Breitreifen oder Zwillingsbereifung zu verwenden. Dies würde den Schlupf und zusätzlich die Belastung des Bodens und somit schädliche Bodenverdichtungen verringern.

5.2.2 Messungen ohne Allradantrieb

Grundsätzlich wurde aus dem Grund ohne Allradantrieb gefahren, damit man die Lenkbarkeit und die Spurführung des Traktors besser beurteilen kann. Rein subjektiv konnte keine wirkliche Verschlechterung ohne Allradantrieb festgestellt werden. Des Weiteren ist hier vor allem interessant, wie sich der Schlupf [%] im Vergleich zu der Variante mit Allradantrieb verhält.

5.2.2.1 Schlupf ohne Allradantrieb

Die Ergebnisse für den gemessenen Schlupf (Abbildung 44) in der Variante ohne Allrad sind signifikant unterschiedlich. Man kann hier etwa einen Unterschied von 2,3 % mehr Schlupf zu Lasten der Variante Onland feststellen.

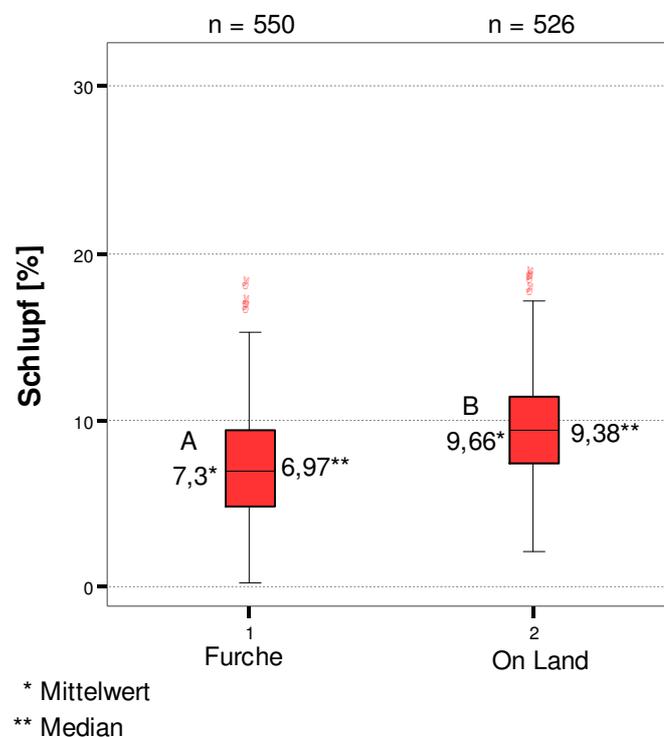


Abbildung 44: Boxplotdarstellung für den Schlupf +2 WD [%] beim Furchen und Onland Modus

Wenn man nun den Unterschied im Schlupf zwischen beiden Varianten für die Fahrt mit Allrad von 2 % nimmt und vergleicht, so stellt sich heraus, dass ohne Allradantrieb der Schlupfunterschied nicht wesentlich zugenommen hat. Der Schlupf absolut jedoch schon.

5.2.3 Ermittlung des Eindringwiderstandes mit dem Penetrometer

Da der elektronische Penetrologger nicht zur Verfügung stand wurde mit dem analogen Penetrometer gemessen.

Dafür wurden jeweils für die Spurfläche Onland (Tabelle 4) und für die Spurfläche Furche (Tabelle 5) 10 Wiederholungen gemessen und ein Mittelwert daraus ermittelt. Die Werte sind Maximalwerte auf 45 cm Tiefe.

Tabelle 4: Maximaler Eindringwiderstand Spurfläche Onland

Spurfläche Onland
300 N/cm ²
380 N/cm ²
320 N/cm ²
200 N/cm ²
280 N/cm ²
280 N/cm ²
260 N/cm ²
240 N/cm ²
380 N/cm ²
260 N/cm ²
2900
290 N/cm ² Mittelwert

Tabelle 5: Maximaler Eindringwiderstand Spurfläche Furchenboden

Spurfläche Furche
340 N/cm ²
320 N/cm ²
240 N/cm ²
320 N/cm ²
240 N/cm ²
360 N/cm ²
280 N/cm ²
260 N/cm ²
380 N/cm ²
280 N/cm ²
3020
302 N/cm ² Mittelwert

Aufgrund der Mittelwerte kann man davon ausgehen, dass das Furchenrad etwas mehr verdichtet als das Onland – Rad. Erschwerend kommt noch hinzu, dass die Verdichtung um die Arbeitstiefe nach unten versetzt eingebracht wird.

5.3 Ökonomische Betrachtung des Onland - Systems

Die ökonomische Betrachtung von Systemen ist wichtig, um eine Größenordnung der zu erwartenden Kosten zu erlangen.

In Tabelle 6 sind die Listenpreise der Hersteller (Stand November 2009) zusammengefasst.

Tabelle 6: Mehrkosten Onland – System

	Hersteller	Baureihe	mögl. Scharanzahl	Mehrpreis OL Ausführung	Bemerkungen
Aufsatteldrehpflüge	Regent	Taurus	5 bis 9	5750.-	
	Kuhn	Challenger NSH	7 bis 12	7305.-	Ausf. f. Traktor
				10035.-	Ausf. f. Raupenschl.
	Rabe	Marabu	7 bis 10	5790.-	
	V & N	Heros OL	7 bis 12	5170.-	
Pöttinger	Servo 65	6 bis 9	6340.-		
Anbau-drehpflüge	V & N	XM	3 bis 5	750.-	mech. Verstellung
				1615.-	hydr. Verstellung
Pöttinger	Servo 25	2 bis 4	2415.-	nicht mehr im Lieferprogramm	

jeweils Listenpreise in Euro exkl. MwSt.

Bis auf einzelne Preise liegen die Hersteller in etwa im selben Kostenbereich. Der Mehrpreis für Aufsattelpflüge beginnt bei 5170.- und reicht bis 7305.- Euro exkl. MwSt. für Traktorpflüge (10 035.- für Raupentraktoren). Bei einem 6 – Schar Traktor Aufsattelpflug kommt man somit auf Mehrkosten von 861.- bis 1217.- Euro exkl. MwSt. je Schar. Bei den Anbaupflügen mit 3 Pflugkörpern kommt man auf Mehrkosten von 538.- bis 805.- Euro exkl. MwSt. je Pflugkörper (hydr. Verstellung).

5.3.1 Ökonomische Betrachtung anhand eines fiktiven Praxisbetriebes

Anhand eines fiktiven Ackerbaubetriebes soll in diesem Beispiel durch eine einfache Amortisationsrechnung erhoben werden, ab wann man mit dem System Onland – Pflug im Vergleich zum System konventioneller Pflug + Untergrundlockerer günstiger liegt.

Es werden 2 Varianten mit einer Untergrundlockerung der Gesamtfläche in 4 Jahren oder in 10 Jahren unterstellt. Bei einem 40 ha Betrieb ergibt sich damit für jedes Jahr eine zu lockernde Fläche von 10 bzw. 4 ha, wenn man jährlich einen Teil der Flächen lockert.

<u>Annahme:</u>	Ackerbaubetrieb	40 ha
	Traktor	125 PS/92 KW
	Pflug 1	4 – Schar Drehpflug
	Untergrundlockerer	4 Zinken (über MR)
	Pflug Onland	4 – Schar Drehpflug
	Untergrundlockerer	15 Euro/h (Maschinenringleihsatz, Stand 2009)
	Onland – Pflug	2000 Euro einmalig (durchschn. Mehrpreis)
	Kraftstoff	1 Euro/l
	Arbeitskraftstunde	10 Euro/h
	Untergrundlockerer	1 ha/h
		21 l/ ha Kraftstoffverbr. (ÖKL – Richtwerte 2009)

Untergrundlockerer sind üblicherweise auf Betrieben dieser Größenordnung nicht vorhanden. Es wird angenommen, dass dieser über den Maschinenring gemietet werden kann. Die zusätzliche Ausstattung für eine automatische Anpassung der Vorderfurchenbreite oder eine Steuerung des Traktor – Pflug Gespanns wurde in die Berechnungen nicht miteinbezogen. Nach eigenen Erfahrungen bei der Versuchsdurchführung ist es möglich über längere Zeit das Gespann ausreichend genau zu steuern, wie es eben auch bei der Arbeit mit Grubber oder Scheibenegge notwendig ist.

Es werden nur die zusätzlichen Anschaffungskosten für die Onland Ausführung berücksichtigt, da der 4- Schar Pflug ohnehin vorhanden ist.

Die Nutzungsdauer wird, wie betriebswirtschaftlich üblich, für Maschinen mit 16 Jahren angenommen. Für die Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals werden 4 % angesetzt. Es werden jeweils nur die Kosten für die zusätzliche Untergrundlockerung mit den Anschaffungskosten für die Onland Ausführung verglichen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Amortisationsrechnung Onland - Pflug

Variante		1	2	Onland - Pflug
		Pflug + Untergrundlockerer 10 ha / Jahr	4 ha / Jahr	
Anschaffungskosten	€			2000
Nutzungsdauer ND	Jahre			16
Verzinsung	%			4
Kosten/Jahr	€			109
Kosten Arbeitszeit	€	100	40	
MR - Mietsatz	€	150	60	
Kraftstoffkosten 21l/ha	€	210	84	
Kostensumme/Jahr	€	460	184	109
Kostensumme/ND	€	7360	2944	1744
Ersparnis/Jahr für System OL	€	295	19	
Ersparnis/ND für System OL	€	5616	1200	
Amortisationsdauer System OL	Jahre	0,3	1,5	

Die Variante 1 zeigt, dass sich der Onland Pflug bereits innerhalb des ersten Jahres amortisieren würde. Dieses Ergebnis scheint ein wenig überspitzt und würde in der Praxis so wahrscheinlich nicht eintreten. Die Variante 2 kann als praxisnäheres Beispiel angesehen werden.

Bei Variante 2 ergibt sich eine Amortisation innerhalb des 2. Jahres nach der Anschaffung für den Onland Pflug. Somit würden sich die zusätzlichen Kosten für die Onland Ausführung innerhalb kurzer Zeit amortisieren. Prinzipiell zeigt das Beispiel, dass es sich schnell rechnet Furchenbodenverdichtungen zu vermeiden. Die Kosten für ein automatisches Lenksystem wurden nicht berücksichtigt. Diese würden das Ergebnis natürlich verändern. Sollte bereits eines vorhanden sein, so ist es natürlich sinnvoll, dieses auch mit dem Onland Pflug einzusetzen.

6 Schlussfolgerungen

Die Versuche haben die Erwartungen, dass sich der Kraftstoffverbrauch nicht oder nur gering unterscheidet erfüllt. Die Unterschiede in den gemessenen Parametern waren gering.

Das Traktionsverhalten kann als gut eingestuft werden, auch wenn die Variante Onland hier etwas empfindlicher auf unterschiedliche Bedingungen reagiert. Dies ist jedoch durch die ungünstigere Zuglinie des kleinscharigen Pfluges zu erklären.

Die Ergebnisse der Auswirkungen des Fahrmodus auf den Boden sind durch die sehr trockene Witterung leider nicht so aussagekräftig wie zuvor erwartet. Jedoch kann man erkennen, dass die Lagerungsdichte am Furchenboden bei der Variante Furche trotz der trockenen Bedingungen nochmals zugenommen hat.

Die Amortisationsrechnung stellt auf einfache, aber anschauliche Weise dar, wie sich die Anschaffung einer Onland Ausrüstung im Vergleich zur Variante Pflug mit inkludierter Tiefenlockerung kostenmäßig verhält.

Auch wenn nicht alle Faktoren mit einbezogen wurden, kann durch die wichtigsten Kennwerte gezeigt werden, wie schnell sich die Zusatzkosten des Onland – Pfluges amortisieren können.

Die Handhabung und Einstellung eines Onland – Pfluges ist grundsätzlich nicht schwieriger als die eines anderen Pfluges. Einstellungsfehler wirken sich aber schneller und deutlicher auf den Zugkraftbedarf und den Kraftstoffverbrauch aus.

Von der Handhabung her ist die Umstellung von Furche auf Onland und umgekehrt gut von einer Person in kurzer Zeit zu bewerkstelligen. Man sollte, nachdem der Pflug für beide Varianten einmal gut eingestellt wurde, die wichtigsten Maße notieren. Mit diesen Anhaltswerten findet man die richtige Einstellung schnell und zuverlässig.

7 Weiterführende Arbeiten

Grundsätzlich sollte auch einmal ein Vergleich mit größeren Pflügen (5 – Schare und mehr) angestellt werden, um zu erheben, wie sich diese unter verschiedenen Umständen im Vergleich Onland und Furche verhalten.

Sehr wichtig wäre es, die Möglichkeiten des Onland – Pfluges in Bezug auf den Bodenschutz noch besser zu erarbeiten. Hier wäre eine Messung mit Bodendrucksonden zu empfehlen.

Um die verdichteten Stellen besser darstellen zu können, wäre ein Infiltrationsversuch mit Lebensmittelfarbe sehr gut. Damit kann man die Problematik sehr gut optisch veranschaulichen.

Die Möglichkeiten der verschiedenen Pflugeinstellungen in Bezug auf Zugpunkt und Zuglinie sind vielfältig. Die Auswirkungen durch Änderung dieser auf den Zugkraftbedarf sind ein sehr interessanter Bereich, der noch genügend Raum für Fragestellungen und Versuche öffnet.

Ein interessanter Teilbereich wäre auch, die verschiedenen Möglichkeiten der Pflugsteuerung im Onland – Betrieb sowie der kompletten Steuerung des Traktor – Pflug – Gespanns mit Global Positioning Systemen zu vergleichen. Vor allem in Funktionsweise und Praktikabilität, sowie der ökonomische Bewertung.

8 Zusammenfassung

Als eines der ältesten Bodenbearbeitungsgeräte gilt der Pflug. Bald hat man erkannt, dass sich Fruchtbarkeit und Ertrag durch Bodenbearbeitung verbessern oder zumindest erhalten lassen. So durchlief auch der Pflug in der langen Zeit seines Bestehens eine Entwicklung vom mehr oder weniger wühlenden „Haken“ bis zum heutigen Streichblechpflug mit einer Fülle an verschiedenen Ausstattungsmöglichkeiten. Parallel dazu verliefen auch die Entwicklungen vom Zugtier bis zur Zugmaschine und somit zum heutigen Traktor. Die Traktoren wurden immer größer und somit auch schwerer.

Auch wenn der Pflug in den letzten Jahren immer weniger verwendet wurde, ist er immer noch sehr verbreitet und bietet eine gute Möglichkeit, die Grundbodenbearbeitung durchzuführen. Er bietet den Vorteil der guten Einarbeitung von Ernterückständen und somit den Krankheitsdruck zu minimieren und einen besseren Feldaufgang zu ermöglichen. Des Weiteren verhindert er eine Nährstoffverlagerung durch die wendende Bodenbearbeitung und Mischung in obere Bodenschichten und somit den Abtrag dieser.

Bei vielen Vorteilen, die der Pflug bietet, sind aber auch die Nachteile nicht zu vernachlässigen. Vor allem durch das Pflügen unter feuchten Bodenbedingungen kommen diese zum tragen. Die Tatsache, dass sich ein Großteil des Traktorgewichts auf den Furchenrädern abstützt und diese auch mehr an Zugkraft übertragen, verstärkt die Problematik noch. Hier ist, wie bereits erwähnt, der Onland Pflug eine Möglichkeit, die für Bodenstruktur und Pflanzenwachstum so schädlichen Verdichtungen und Verschmierungen zu mindern. Vor allem bei kleinscharigen Onland Pflügen gibt aber die Pfluggeometrie Rahmenbedingungen vor, die eine gute Einstellung des Verlaufs der Zuglinie erfordern.

Man hat heute Möglichkeiten die Schnittbreite der Vorderfurche automatisch und unabhängig von der Traktorspur anzupassen, um das Anschlussfahren zu erleichtern. Mittlerweile ist es sogar möglich, das Traktor – Pflug – Gespann mit GPS – Systemen zur automatischen Spurführung auszustatten.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Versuche im August 2007 in Groß Enzersdorf und im Oktober 2007 in Raasdorf durchgeführt. Untersucht wurden jeweils die Fragestellungen auf Unterschiede im Kraftstoffverbrauch, im Schlupf und in der Bodenverdichtung beider Systeme. Weitere Fragestellungen wie Einstellung, Handhabung des Onland Pfluges und eine ökonomische Betrachtung wurden ebenfalls behandelt.

Beide Versuche wurden mit einem Steyr 8090 SK II (59 kW) der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf und einem Dreischarpflug der Fa. Pöttinger durchgeführt. Der Pflug Servo 25 bietet in dieser Ausstattungsvariante die Möglichkeit zwischen der Fahrt in der Furche und Onland zu wechseln. Hat man die wichtigsten Abmessungen einmal aufnotiert, so ist es nicht sonderlich schwierig, in kurzer Zeit den Pflug umzustellen. Es wurden jeweils mehrere Wiederholungen durchgeführt, die Abfolge der Varianten war randomisiert und somit rein zufällig. Die Lagerungsdichte wurde mit Stechzylindern in mehreren Wiederholungen bis zu einer Tiefe von 40 cm ermittelt. Der Eindringwiderstand wurde mit dem Penetrometer gemessen.

Beim **ersten** Versuch im August 2007 wurden der Kraftstoffverbrauch [l/h], sowie mit einem Radarsensor die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit [km/h] sekundlich aufgezeichnet. Um die theoretische Fahrgeschwindigkeit zu messen und somit den Schlupf zu errechnen, stand zu diesem Zeitpunkt leider kein Radnabensensor zur Verfügung. Die Ergebnisse zeigen bei diesem Versuch sehr geringe Unterschiede in den gemessenen, sowie in den daraus errechneten Parametern. Der Unterschied im Kraftstoffverbrauch je Stunde liegt beispielsweise bei etwa 0,1%. Die Unterschiede in diesem Versuch sind zwar statistisch abgesichert signifikant, aber sehr gering.

Bei der Erhebung der unterschiedlichen Lagerungsdichten in den Spuren zwischen den beiden Varianten ist das Ergebnis aufgrund der sehr trockenen Bedingungen nicht deutlich, aber es ist erkennbar, dass sich auf dem hinteren Furchenrad mehr Gewicht abstützt und vor allen dieses um die Arbeitstiefe nach unten versetzt aufgebracht wird. Dies geschieht in einem Bereich, der mit der herkömmlichen Bodenbearbeitung nicht gelockert wird.

Für den **zweiten** Versuch im Oktober 2007 konnte ein Radnabensensor aufgebaut werden und somit durch die theoretische Fahrgeschwindigkeit zusätzlich auch der Schlupf errechnet werden.

Zusätzlich wurde auf Teilstücken ohne Allradantrieb gefahren um zumindest subjektiv bewerten zu können, ob dies die Lenkfähigkeit beeinflusst. Kleineren Onland – Pflügen wird immer ein verstärkter Seitenzug nachgesagt, dies konnte hier, zumindest subjektiv bewertet, für die Lenkbarkeit nicht nachgewiesen werden. Vielfach wird befürchtet, dass Onland Pflüge auch schwieriger oder zumindest anspruchsvoller zu fahren sind, da man relativ genau Anschluss fahren muss. Auch wenn nur subjektiv empfunden, kann diese Befürchtung nicht bestätigt werden.

Der Traktor lies sich auch ohne Allrad zuverlässig steuern.

Die Messwerte des zweiten Versuches erbringen etwas veränderte Ergebnisse als beim ersten. Es wurden Unterschiede im Kraftstoffverbrauch von etwa 8 % zu Gunsten der Variante Furche ermittelt. Diese Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass Onland – Pflüge nicht schwieriger einzustellen sind, jedoch sich kleine Einstellfehler vor allem bei Ausführungen geringerer Arbeitsbreite schwerwiegender auswirken.

Die ökonomische Betrachtung erfolgte an Hand eines fiktiven Beispielbetriebes mit 40 ha Ackerfläche. Es wurden hier zwei Varianten (Pflug mit integrierter Tiefenlockerung) mit der Variante Onland Pflug verglichen. Einmal die Variante 2 mit 4 ha zusätzliche, jährliche tiefe Lockerung mit einem Spezialgerät und einmal Variante 1 mit 10 ha zusätzliche, jährliche tiefe Lockerung. Die Variante 2 mit 4 ha kann als praxistauglich betrachtet werden. Die Berechnungen erfolgten auf Basis von ÖKL – Richtwerten und Maschinenringsätzen. Bei der Variante 2 konnte eine Amortisation der zusätzlichen Kosten für die Onland Ausführung bereits im 2. Jahr nach der Anschaffung ermittelt werden.

Die Verwendung des Onland Pfluges kann für die Praxis nur empfohlen werden. Selbst bei kleinscharigen Onland Pflügen gibt es wenige, geringe Nachteile die unter günstigen Bedingungen und guter Einstellung ohnehin wegfallen. Von allem am meisten aber, profitiert der Boden von dieser schonenden Pflugarbeit.

Diese Erfahrungen bestätigen auch Berichte aus dem praktischen Einsatz bei Landwirten (siehe 10.1 Erfahrungen aus der Praxis).

9 Literaturverzeichnis

ANKEN, T., [1993]: Kein Rad in der Furche, Landfreund, Fachzeitschrift 04/1993

ANKEN, T. [1996]: Onland – Pflüge schonen den Unterboden, Agrarforschung, Fachzeitschrift Nr. 03/1996

ANKEN, T., NADLINGER, M. [1996]: Onland – Pflüge: Aufschwung durch Bodenschutz, Landtechnik, Fachzeitschrift 1/1996,

BOEHRNSEN, A. [2002]: Onland Pflügen mit Ultraschall, Profi, Fachzeitschrift 07/2002

BOKU [2009]: Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf,
Quelle: <http://www.dapp.boku.ac.at/5823.html>

BRANDHUBER, R., BRUNOTTE, J., DEMMEL, M., KOCH, H.-J. [2008]: Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen, DLG – Merkblatt 344, Stand 8 / 2008

Brunotte, J., [2007]: Konservierende Bodenbearbeitung als Beitrag zur Minderung von Bodenschadverdichtungen, Bodenerosion, Run Off und Mykotoxinbildung in Getreide, in Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 305

CASTILLON, P., [2008]: Min-till finds its limitations, ARVALIS – institut du vegetal

DOMSCH, H., [1995]: OnLand – Pflügen im Aufwind, Neue Landwirtschaft, Fachzeitschrift 08/1995

DOMSCH, H., ADAMEK, R., SCHMIDT, H. [1997]: Onlandpflügen mit einem Dreischarpflug, Landtechnik, Fachzeitschrift 1/1997, 52. Jahrgang,

DUMBECK, G. [1989]: Pflügen ohne Pflugsohle, DLG – Mitteilungen, Fachzeitschrift 13/1989

eBOD [2008]: Digitale Bodenkarte des BMLFUW, www.ebod.at,
Zugriff: Oktober 2008

EHLERS, W. [1985]: Was spricht für, was wider die Pflugarbeit? , DLG – Mitteilungen, Fachzeitschrift 15/1985

EHNTS, A. [2008]: Der Pflugmarkt boomt, Lohnunternehmen, Fachzeitschrift 06/2008

GEISCHEDER, R., DEMMEL, M. [2006]: Landtechnische Möglichkeiten zur Vermeidung von schädigenden Bodenbelastungen im Ackerbau, in: Ackerbau vor neuen Herausforderungen, LfL Schrift 21 / 2006

GEOLAND [2009]: Geodatenportal der österreichischen Länder, www.geoland.at
Zugriff: Oktober 2008

HOLZ W., TRAULSEN H., [2010]: Bodenbearbeitung mit und ohne Pflug, RKL Veröffentlichung 4.1.1.0

HAMEDINGER, P. [2004]: Beurteilung der Druckbelastung auf den Boden durch unterschiedliche Ernteverfahren bei der Zuckerrübenernte, Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur 2004

HAMPL, U. [1995]: Ökologische Bodenbearbeitung und Beikrautregulierung, SÖL – Sonderausgabe 56, Gesellschaft für Boden, Technik und Qualität, Bad Dürkheim 1995

HEIER, L. [2009]: Pflug oder Grubber – gegenseitig ersetzbar? , Fa. Lemken, Vortrag auf der World Soil and Water Show, Agritechnica 2009

HIRTLER, J. [2009]: Fa. V & N, schriftliche Mitteilung per e – Mail, November 2009

HOFMANN, B., SORGE, B. [1993]: Offset – Pflügen schont den Boden, DLG – Mitteilungen, Fachzeitschrift 09/1993

HÖNER, G. [2005]: Reiner Tisch mit flachen Furchen, in Top Agrar, Fachzeitschrift 5/2005

KATH – PETERSEN, W. [1997]: On – Land Pflügen bei großen Gesamtarbeitsbreiten, in KTBL Sonderveröffentlichung Nr. 19, Umweltschonend und kostengünstig pflügen, Münster 1997

KREBBERS, H. [2009]: Zuinig op de bodem met bovenover ploegen, Landbouw Mechanisatie, Fachzeitschrift 09/2009, Niederlande

KUHN [2009]: Auszug aus Preisliste Deutschland, Stand November 2009

LIEBHARD, P. [2007]: Unterlagen für die Übung Spezieller Pflanzenbau, Groß Enzersdorf 2007

MR – VERRECHNUNGSSÄTZE [2009]: Maschinenring Österreich, Stand 2009

MUNKHOLM, L., SCHJONNING, P., RÜEGG, K. [2005]: Mitigation of subsoil recompaction by light traffic and on – land ploughing, Soil and Tillage Research, Quelle: www.sciencedirect.com, Zugriff: Oktober 2008

NADLINGER, M. [1997]: Untersuchung an Onland – Pflügen, Forschungsprojekt LT C/95, BLT Wieselburg 1997

OEKL – RICHTWERTE [2009]: ÖKL – Richtwerte für Maschinenselbstkosten, Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung, www.oekl.at, Zugriff: Dez. 2009

PETELKAU, H., SEIDEL, K., FRIELINGHAUS, M. [2000]: Ermittlung des Verdichtungswiderstandes von Böden des Landes Brandenburg und Bewertung von Landmaschinen und landwirtschaftlichen Anbauverfahren hinsichtlich der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch die Verursachung von schwer regenerierbaren Schadverdichtungen, ZALF Müncheberg, 2000

POETTINGER [2007]: Bedienungsanleitung Servo 25 Onland
RABE (2009): Auszug aus der Preisliste, Agritechnica 2009

REGENT [2009]: Preisliste, Stand November 2009

RENIUS, K. T.[1987]: Traktoren Technik und ihre Anwendung, München, BLV

SCHOLTE – REH, F., HÖFLINGER, W. [2007]: Onland oder Furche, Rad oder Raupe? , Eilbote, Fachzeitschrift 22/2007

SCHÖNBERGER, H – G. [2009]: 14t Getreide und 9t Raps sind keine Utopie! , Top Agrar, Fachzeitschrift 11/2009

SLEUTEL, R. (2009): Keurig bovenover ploegen met gps, Landbouw Mechanisatie, Fachzeitschrift 10/2009, Niederlande

STAHL, H., SCHMIDT, W., GIERKE, U. [2001]: Beratung zur guten fachlichen Praxis zum Schutz des Bodengefüges – Ansätze, Strategien, offene Fragen, auf der Konferenz an der Universität Bonn für Schadverdichtung in Ackerböden – Entstehung, Folgen, Gegenmaßnahmen

STEINKAMPF, H., BARTELS, J., OLFE, G., ZACH, M. [1993]: Ermittlung des Bodendrucks bei unterschiedlicher Belastung – Anlage und Durchführung des mehrjährigen Feldversuchs, in: Bodenverdichtung, KTBL – Schrift 362

STRELEC, HARALD [2003]: Einführung in die Statistik, Universität für Bodenkultur Wien

VDI – RICHTLINIE 6101 [2006]: Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden, Max – Eyth – Gesellschaft Agrartechnik im VDI

VOßHENRICH, H-H. [1997]: Rahmenbedingungen für den Einsatz des Pfluges unter Berücksichtigung von Boden und Klima, in KTBL Sonderveröffentlichung Nr. 19, Umweltschonend und kostengünstig pflügen, Münster 1997

WEISSKOPF, P., ZIHLMANN, U., WIERMANN, C., HORN, R., ANKEN, T., DISERENS, E. [2000]: Influences on conventional and onland ploughing on soil structure, Adv. GeoEcol. , Fachzeitschrift 32/2000

www.zuckerfabrik24.de; Zugriff: April 2010

10 Anhang

10.1 Erfahrungen aus der Praxis

Ing. Hubert Gobly-Heigl Landwirt Hart 11 8410 Wildon

Bericht – On-land-Pflug

Folgende Vorteile und Nachteile möchte ich anführen:

1. Verdichtungen:

Es entsteht keine Verdichtung der Pflugfurche. Es gibt nur mehr Bodenverdichtungen wie beispielsweise mit dem Grubbern. Dies merke ich ganz besonders beim Körnermais. Der Mais ist im Jugendstadium sehr empfindlich auf Bodenverdichtungen, welche auf die Bodenbearbeitung zurückzuführen sind. Solche Verdichtungsmerkmale kenne ich seit dem On-land-Pflügen einfach nicht mehr.

2. Fahrkomfort:

Der Fahrkomfort ist wesentlich besser. Sie müssen sich vorstellen, dass ich alleine die gesamte Fläche pflüge. Ich sitze ca. 35 Tage lang jeden Tag von 5 Uhr morgens bis ca. 21 Uhr abends auf dem Traktor. Da ist es für den Traktorfahrer um einiges angenehmer, wenn er ständig eben sitzen kann.

3. Komfort:

Aber auch der „Komfort“ für die Maschine ist besser. Wenn man nie in die Furche fahren muss, gibt es viel weniger Vibrationen, etc.

4. Arbeitsgänge:

Ich kann einen Arbeitsgang mit dem Pflügen verbinden.
Aus dem beiliegenden Foto können sie entnehmen, wie ich meine Winterbegrünung aussäe.

Ich habe einen Fronttank der Firma Accord, welche ich mit den wesentlichen Bestandteilen von der Firma Horsch bestückt habe.

Eigentlich benutze ich diesen Fronttank, um mittels Luft (Gebläse) beim Mais Unterfußdüngung zu machen. Für die Aussaat der Begrünung ist meinem Vater und mir folgende Idee gekommen: Anstatt einem Frontgewicht haben wir den Fronttank am Traktor angehängt. Dieser Tank ist mit dem Saatgut befüllt. Mittels Schlauch (über dem Traktor) und einem Polokalrohr (Pflugrahmen) wird das Saatgut per Luft transportiert bis ein am Ende des Pfluges montierter Prallteller eines alten Güllefassens dieses Saatgut verteilt. So breit ich gerade pflüge, so breit wird auch gesät.

5. Grenzpfügen:

Weil ich sechs Scharen habe, ist meine breiteste Gesamtschnittbreite 3,00 Meter (6 x 50 cm).

Das heißt, dass ich bei der breitesten Schnittbreite genau so breit pflüge, wie mein Traktor ist.

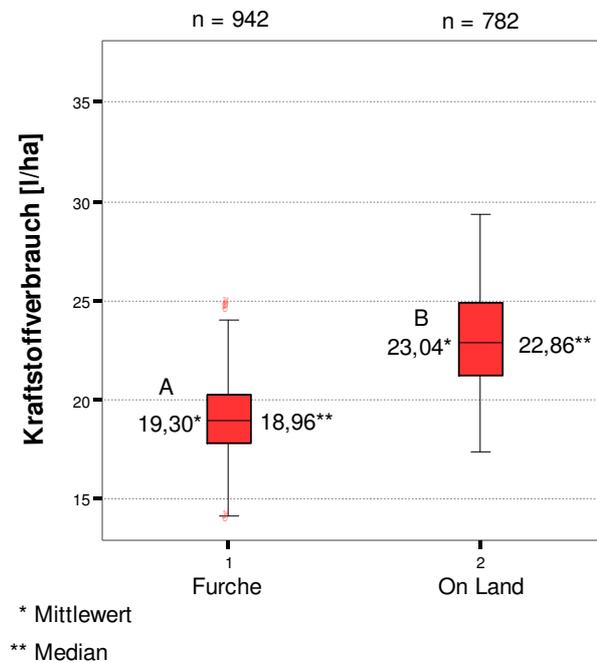
Dies hat einen Vorteil beim Auspflügen der Grenze. Man bekommt mit der Zeit ein Augenmaß dafür, dass man für die letzte Furche ca. 3,0 Meter übrig lässt und kann ganz bequem die Grenzfurche ziehen.

6. Nasse Bedingungen:

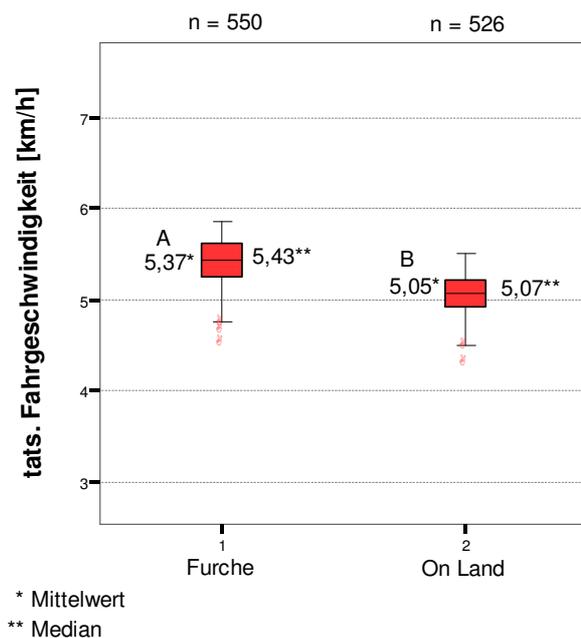
Der einzige Nachteil ist, dass bei nassen Bedingungen der Traktor schnell den Griff bekommt. Wenn man versucht, in solch einer Situation in der Furche zu fahren, funktioniert es besser. Aber ich habe da ein eigenes Sprichwort für mich: "Wenn ich mit On-land-Pflug nicht mehr richtig fahren kann, dann gebe ich es auf. Denn dann kann dies nichts mehr Gutes für den Boden sein. Schön und trocken ist es ja immer noch geworden".

10.2 Ergänzende Abbildungen

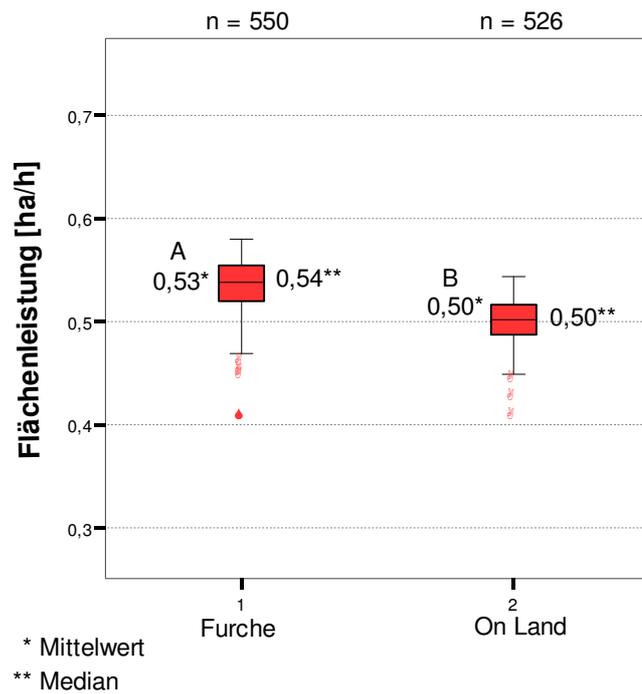
Die Boxplotdarstellungen sind ergänzende Darstellungen zum zweiten Versuchstermin Oktober 2007 in Raasdorf.



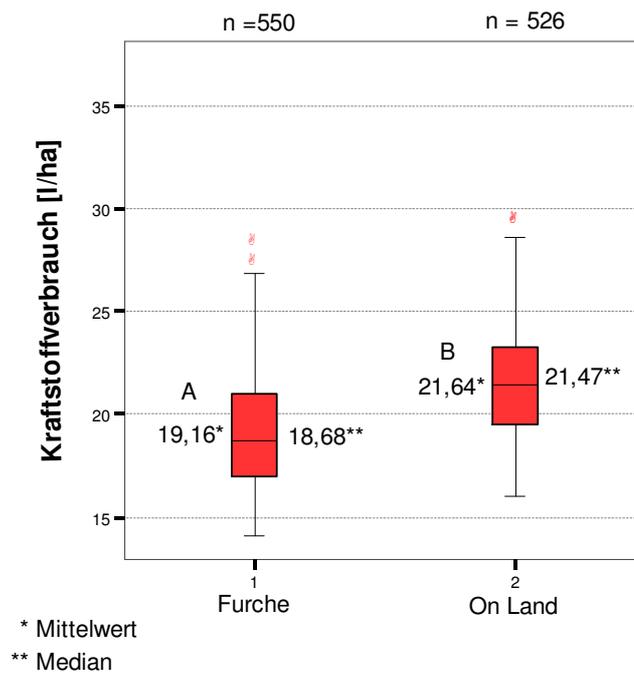
Anhangabb. 1: Vergleich Kraftstoffverbrauch je Hektar + 4WD



Anhangabb. 2: Tats. Fahrgeschwindigkeit + 2WD



Anhangabb. 3: Flächenleistung / Stunde + 2WD



Anhangabb. 4: Kraftstoffverbrauch [l/ha] + 2WD

10.3 Statistische Tabellen

Anhangtabelle 1: Anzahl der statistisch verarbeiteten Fälle zum Versuchstermin 1

Verarbeitete Fälle

		Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Kraftstoffverbrauch [l / h]	FU	2607	100,0%	0	,0%	2607	100,0%
	OL	2589	100,0%	0	,0%	2589	100,0%
Kraftstoffverbrauch [l / ha]	FU	2607	100,0%	0	,0%	2607	100,0%
	OL	2589	100,0%	0	,0%	2589	100,0%
tats. Fahrgeschwindigkeit [km / h]	FU	2607	100,0%	0	,0%	2607	100,0%
	OL	2589	100,0%	0	,0%	2589	100,0%
Flächenleistung [ha / h]	FU	2607	100,0%	0	,0%	2607	100,0%
	OL	2589	100,0%	0	,0%	2589	100,0%

Anhangtabelle 2: Varianzanalyse Kraftstoffverbrauch [l/h] Termin 1

Test der Homogenität der Varianzen

diesel l_h

Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
1,744	1	5194	,187

ONEWAY ANOVA

diesel l_h

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	,519	1	,519	,444	,505
Innerhalb der Gruppen	6067,010	5194	1,168		
Gesamt	6067,529	5195			

Anhangtabelle 3: Varianzanalyse Kraftstoffverbrauch [l/ha] Termin 1

Test der Homogenität der Varianzen

diesel_l_ha

Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
1,504	1	5194	,220

ONEWAY ANOVA

diesel_l_ha

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	98,103	1	98,103	15,895	,000
Innerhalb der Gruppen	32056,482	5194	6,172		
Gesamt	32154,585	5195			

Anhangtabelle 4: Varianzanalyse Tats. Geschwindigkeit [km/h] Termin 1

Test der Homogenität der Varianzen

v_radar

Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
2,780	1	5194	,096

ONEWAY ANOVA

v_radar

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	6,540	1	6,540	123,087	,000
Innerhalb der Gruppen	275,986	5194	,053		
Gesamt	282,526	5195			

Anhangtabelle 5: Varianzanalyse Flächenleistung [ha/h] Termin 1

Test der Homogenität der Varianzen

flächenleistung_ha_h

Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
5,553	1	5194	,018

ONEWAY ANOVA

flächenleistung_ha_h

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	,064	1	,064	120,947	,000
Innerhalb der Gruppen	2,747	5194	,001		
Gesamt	2,811	5195			

Anhangtabelle 6: Anzahl der statistisch verarbeiteten Fälle vom 2. Termin + 4WD

Verarbeitete Fälle

	Var.	Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Kraftstoffverbrauch [l/h]	1,00	942	100,0%	0	,0%	942	100,0%
	2,00	782	100,0%	0	,0%	782	100,0%
Kraftstoffverbrauch [l/ha]	1,00	942	100,0%	0	,0%	942	100,0%
	2,00	782	100,0%	0	,0%	782	100,0%
Fahrgeschwindigkeit Radar [km/h]	1,00	942	100,0%	0	,0%	942	100,0%
	2,00	782	100,0%	0	,0%	782	100,0%
Fahrgeschwindigkeit Radnabe [km/h]	1,00	942	100,0%	0	,0%	942	100,0%
	2,00	782	100,0%	0	,0%	782	100,0%
Schlupf [%]	1,00	942	100,0%	0	,0%	942	100,0%
	2,00	782	100,0%	0	,0%	782	100,0%
Flächenleistung [ha/h]	1,00	942	100,0%	0	,0%	942	100,0%
	2,00	782	100,0%	0	,0%	782	100,0%

Anhangtabelle 7: Anzahl der statistisch verarbeiteten Fälle vom 2. Termin + 2WD

	var	Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
diesel_l_h	1,00	550	100,0%	0	,0%	550	100,0%
	2,00	526	100,0%	0	,0%	526	100,0%
diesel_l_ha	1,00	550	100,0%	0	,0%	550	100,0%
	2,00	526	100,0%	0	,0%	526	100,0%
v_radar	1,00	550	100,0%	0	,0%	550	100,0%
	2,00	526	100,0%	0	,0%	526	100,0%
v_radnabe	1,00	550	100,0%	0	,0%	550	100,0%
	2,00	526	100,0%	0	,0%	526	100,0%
schlupf	1,00	550	100,0%	0	,0%	550	100,0%
	2,00	526	100,0%	0	,0%	526	100,0%
flächenleistung_ha_h	1,00	550	100,0%	0	,0%	550	100,0%
	2,00	526	100,0%	0	,0%	526	100,0%

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Obere	Untere
schlupf	Varianzen sind gleich	70,520	,000	-25,823	2798	,000	-3,05944	,11848	-3,29176	-2,82713
	Varianzen sind nicht gleich			-24,318	1853,874	,000	-3,05944	,12581	-3,30618	-2,81270
diesel_l_h	Varianzen sind gleich	60,192	,000	32,365	2798	,000	1,48031	,04574	1,39063	1,56999
	Varianzen sind nicht gleich			33,765	2580,598	,000	1,48031	,04384	1,39434	1,56628
diesel_l_ha	Varianzen sind gleich	1,406	,236	5,167	2798	,000	,62077	,12014	,38521	,85634
	Varianzen sind nicht gleich			5,182	2303,165	,000	,62077	,11978	,38588	,85567
v_radar	Varianzen sind gleich	267,274	,000	27,402	2798	,000	,58108	,02121	,53950	,62266
	Varianzen sind nicht gleich			31,402	2707,984	,000	,58108	,01850	,54480	,61737
v_radnabe	Varianzen sind gleich	521,228	,000	22,209	2798	,000	,42632	,01920	,38868	,46396
	Varianzen sind nicht gleich			26,325	2452,897	,000	,42632	,01619	,39456	,45808
flächenleistung_ha_h	Varianzen sind gleich	266,578	,000	27,342	2798	,000	,05748	,00210	,05336	,06161
	Varianzen sind nicht gleich			31,342	2706,615	,000	,05748	,00183	,05389	,06108

Anhangabb. 5: T-Test Termin 2 +4WD

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
		Untere	Obere	Untere	Obere	Untere	Obere	Untere	Obere	Untere
diesel_l_h	Varianzen sind gleich	2,935	,087	-15,864	2798	,000	-,79437	,05007	-,89256	-,69619
	Varianzen sind nicht gleich			-15,925	2783,036	,000	-,79437	,04988	-,89218	-,69656
diesel_l_ha	Varianzen sind gleich	11,162	,001	-32,118	2798	,000	-3,23092	,10059	-3,42816	-3,03367
	Varianzen sind nicht gleich			-32,084	2737,985	,000	-3,23092	,10070	-3,42838	-3,03346
v_radar	Varianzen sind gleich	429,267	,000	23,568	2798	,000	,50126	,02127	,46955	,54296
	Varianzen sind nicht gleich			24,537	2228,349	,000	,50126	,02043	,46120	,54132
v_radnabe	Varianzen sind gleich	828,648	,000	20,531	2798	,000	,38850	,01892	,35140	,42561
	Varianzen sind nicht gleich			21,517	2030,172	,000	,38850	,01806	,35309	,42391
schlupf	Varianzen sind gleich	7,850	,005	-18,437	2798	,000	-2,23789	,12138	-2,47590	-1,99989
	Varianzen sind nicht gleich			-18,394	2721,729	,000	-2,23789	,12167	-2,47646	-1,99933
flächenleistung_ha_h	Varianzen sind gleich	428,112	,000	23,512	2798	,000	,04957	,00211	,04644	,05371
	Varianzen sind nicht gleich			24,481	2226,346	,000	,04957	,00203	,04560	,05355

Anhangabb. 6: T-Test +2WD