



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



*Einfluss
unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme
auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe
im semiariden Produktionsgebiet*



Diplomarbeit

zur Erlangung des Diplomingenieurs
der Universität für Bodenkultur

eingereicht von

Johannes Refenner

Betreuer

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Liebhard

Wien, August 2012

Danksagung

Bei allen, die mich bei meiner Diplom-Masterarbeit unterstützt haben, bedanke ich mich.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Liebhard für die Betreuung während der Durchführung und Erstellung meiner Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Dipl.-Ing. Herbert Eigner und Herrn Dipl.-Ing. Gerhard Sigl für die Unterstützung bei der Durchführung der praktischen Erhebungsarbeiten, sowie der Hilfe bei der Auswertung der Ergebnisse. Bedanken möchte ich mich auch bei der AGRANA Zucker GmbH, Rohstoff Tulln und Leopoldsdorf, für die Qualitätsuntersuchung der zahlreichen Zuckerrübenproben.

Ich danke vor allem auch meinem Onkel Dipl.-Ing. Karl Refenner, der mir diese Arbeit ermöglicht hat, für die Beantwortung vieler fachlicher Fragen. Herzlichen Dank auch für die tatkräftige Unterstützung bei den Probenahmen, der Ernte und den Analysen.

Bei den Mitarbeitern der Versuchswirtschaft der Boku Wien in Groß Enzersdorf möchte ich mich für die Hilfe während der Durchführung des Feldversuches bedanken.

Danken möchte ich auch Herrn Dipl.-Ing. Markus Panzenböck für die Hilfestellung und die motivierenden Gespräche während der Erstellung meiner Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt meiner Freundin Sabine Leichtfried, die mir den nötigen Freiraum für mein Studium gegeben hat.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, die mir dieses Studium ermöglicht haben und mich in jeder Phase meines Lebens unterstützt haben. Sie förderten meine Entfaltung und ließen mich Erfahrungen sammeln und einen eigenständigen Weg gehen.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung	1
2 Ausgewählte Literatur	3
2.1 Die Zuckerrübe	3
2.2 Zuckerrübenanbau in Österreich	4
2.3 Bodenbearbeitungssysteme.....	5
3 Material und Methoden	10
3.1 Standort.....	10
3.1.1 <i>Geografische Lage</i>	10
3.1.2 <i>Boden</i>	10
3.1.3 <i>Klima und Witterung 2011</i>	11
3.2 Versuchsanlage und -faktoren	13
3.2.1 <i>Konventionelle Bodenbearbeitung (Pflug)</i>	14
3.2.2 <i>Direktsaat (Direkt)</i>	15
3.2.3 <i>Reduzierte Bodenbearbeitung (Red)</i>	15
3.2.4 <i>Minimalbodenbearbeitung (Min)</i>	15
3.2.5 <i>Integrierte Bodenbearbeitung (Int) (Liebhard, 1997)</i>	16
3.3 Bestandesführung	16
3.4 Methoden.....	17
3.4.1 <i>Ermittlung der Bestandesdichte</i>	17
3.4.2 <i>Wurzelkapazitätsmessung</i>	17
3.4.3 <i>Messung der stomatären Leitfähigkeit</i>	18
3.4.4 <i>Bonitur von Trockenschäden</i>	20
3.4.5 <i>Eindringwiderstandsmessung</i>	21
3.4.6 <i>Erhebung von Blattertrag und Blattqualität</i>	22
3.4.7 <i>Rübenenertrag und Rübenqualität</i>	24
3.5 Statistische Auswertung.....	26

4	Ergebnisse	28
4.1	Bodenchemische, bodenphysikalische und pflanzenphysiologische Parameter	28
4.1.1	<i>Wurzelkapazität und stomatäre Leitfähigkeit</i>	28
4.1.2	<i>Eindringwiderstand</i>	29
4.1.3	<i>Bonitur der Trockenschäden</i>	36
4.2	Bestandesdichte	37
4.3	Blattertrag und Blattqualität	38
4.4	Rübenenertrag und Zuckergehalt	40
4.5	Ausgewählte Verarbeitungs- und Qualitätskriterien	42
5	Diskussion	47
5.1	Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf bodenphysikalische und pflanzenphysiologische Parameter	47
5.1.1	<i>Wurzelkapazität</i>	47
5.1.2	<i>Stomatäre Leitfähigkeit</i>	47
5.1.3	<i>Eindringwiderstand</i>	48
5.2	Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf die Bestandesdichte	49
5.3	Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf den Blattertrag	51
5.4	Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf den Rübenenertrag.....	52
5.5	Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf ausgewählte Qualitätsparameter.....	54
6	Zusammenfassung	56
7	Literaturverzeichnis	58
8	Abbildungsverzeichnis	62
9	Tabellenverzeichnis	63

Abstract

Dry periods and water erosion have been increasing in recent years. A reduction in the intensity of soil tilling should minimise these effects, and also reduce production costs. A long-term field trial with five different soil tilling systems - started in 1996 - was analysed. In 2011, the growth, yield and quality of sugar beets were measured. It was found that the most plants per hectare were achieved with the 'reduced soil tilling system,' and the highest leaf dry matter weight was reached with the 'no till system,' with approximately 4.500 kg/ha. The best results in sugar beet yield were also reached with the 'no till system'. Due to the higher sugar amount (19 %), the 'integrated system' could reach the highest sugar yield with 14,7 t/ha. Different soils and precipitation patterns have a high influence on yield and quality in different years, so the field trails must be continued and analysed for several more years to accurately confirm these results.

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Die Landwirte in Österreich, aber auch in Europa, werden täglich mit neuen Herausforderungen konfrontiert. Kostenminimierung, umweltgerechte Produktion, sich ändernde politische Rahmenbedingungen und Marktentwicklungen sind nur ein Teil der Entscheidungskriterien, die zu berücksichtigen sind.

Auch der Klimawandel und Witterungsextreme beeinflussen die österreichische Pflanzenproduktion. Ein möglicher Ansatzpunkt zur Reduktion hieraus erwachsener Probleme, wie Trockenperioden und darauf folgende Starkregenereignisse, ist der Einsatz eines wassersparenden Bodenbearbeitungssystems. Die Minimalbodenbearbeitungssysteme werden häufig mit Mindererträgen verbunden, es sollen jedoch die Kostenreduktion und die verminderte Erosion bei der pfluglosen Bearbeitung berücksichtigt werden. Auch ein optimierter Wasserhaushalt zeichnet diese Systeme aus (WEGENER, 2001).

Das Ziel der pflanzlichen Produktion soll eine umweltverträgliche Produktion sein, welche bei geringen Kosten nachhaltig optimale Erträge, sowie ausreichend hohe Verarbeitungsqualitäten liefert. Gleichzeitig muss die Erosion durch Wasser und Wind minimiert und der Unkraut- und Krankheitsdruck reduziert werden. Umsetzbar wird dies nur, wenn geeignete technische Ausstattung und erforderliche Qualifikation des Betriebsführers vorliegen.

Diese Arbeit soll den Einfluss der einzelnen Bodenbearbeitungssysteme auf ausgewählte Kriterien bei Zuckerrüben bewerten. Die Beurteilung erfolgt anhand des Langzeitversuches in Raasdorf, an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien, in Groß Enzersdorf, und basiert auf Ertrags- und Qualitätsparametern, sowie bodenphysikalischen und pflanzenphysiologischen Messwerten, welche nachfolgend aufgelistet und beschrieben sind. Vergleichend beurteilt werden fünf verschiedene Bodenbearbeitungssysteme. Seit 1996 werden auf dieser Fläche Unterschiede zwischen Konventioneller Bodenbearbeitung, Reduzierter Bodenbearbeitung, Minimalbodenbearbeitung, Direktsaat und einem Integrierten System untersucht.

Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Die Ergebnisse bei Zuckerrübe sollen mit früheren Versuchsjahren verglichen werden, um die Jahreseinflüsse gering zu halten. Vor allem die Witterung verursacht bei mehreren Fruchtarten einen hohen Einfluss. Daher müssen diese Versuche langjährig geführt werden.

2 Ausgewählte Literatur

2.1 Die Zuckerrübe

Die Zuckerrübe, *Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Döll, gehört zu den Gänsefußgewächsen, den Chenopodiaceen. Diese Art stammt aus der Region zwischen dem Kaspischen Meer und dem Kaukasus. Danach erfolgte die Ausbreitung im Mittelmeergebiet und nach Nordeuropa (KELLER, 1999).

1747 fand A. S. Marggraf, dass in der Runkelrübe ein dem Rohrzucker ähnlicher Zucker enthalten ist. Sein Schüler F. K. Achard führte anschließend Selektionen durch und errichtete 1802 die erste Zuckerfabrik im schlesischen Cunern.

Ein großer produktionstechnischer Meilenstein gelang 1934 in Russland, als monokarpes Saatgut entdeckt wurde. 1942 entdeckte man männlich sterile Samenträger, welche den Grundstein für die anschließende Hybridzüchtung legten.

Die Zuckerrübe ist eine zweijährige Langtagpflanze und erreicht unter Langtagbedingungen den höchsten Trockensubstanzertrag. Entscheidend für eine optimale Zuckerbildung sind die Sonnenscheindauer in den Monaten August bis Oktober, sowie eine ausreichende Wasserversorgung. Die optimale Wärmesumme, vom Aufgang bis zur Ernte, liegt bei 2.500 bis 2.900°C. Die Keimtemperatur liegt bei 5°C. Kühle Nächte im August begünstigen ebenfalls die Zuckereinlagerung in die Rübe. Der Evaporationskoeffizient der Zuckerrübe liegt zwischen 180 und 300 l/kg TM, daher sollten die Jahresniederschläge über 500 mm betragen. Der größte Wasserbedarf liegt in den Hauptwachstumsmonaten Juli und August vor (KELLER, 1999).

Ausgewählte Literatur

Die Zuckerrübe stellt an den Standort und Boden hohe Ansprüche, sowie an die Nährstoffversorgung und an den Wasserhaushalt. Tiefgründige, humusreiche, steinarme und ausreichend mit Nährstoffen und Wasser versorgte Böden liefern optimale Voraussetzungen für den Tiefwurzler. Verschlammung Verkrustung und stauende Nässe sollten vermieden werden, um einen optimalen Feldaufgang zu erreichen (KELLER, 1999).

2.2 Zuckerrübenanbau in Österreich

Weltweit werden rund 25 Prozent der Zuckermenge aus Rübenzucker erzeugt. Die Hauptanbaugebiete der Zuckerrübe liegen in Zentraleuropa, wobei Deutschland, Frankreich und Polen jene Länder mit den größten Zuckerrübenflächen darstellen. In Deutschland liegt die Anbaufläche bei rund 400.000 ha.

Dem gegenüber stehen ca. 50.000 ha Zuckerrübenanbaufläche in Österreich. Es wird ausschließlich in den Bundesländern Niederösterreich, Wien, Oberösterreich, dem Burgenland und der Steiermark, bei einem durchschnittlichen Ertrag von 65 bis 75 t/ha, produziert (Rübenbauern, 2012).

Seit mehr als 200 Jahren wird in Österreich Zucker aus Zuckerrüben produziert. Der Schwerpunkt der Produktion liegt im Osten des Landes, wie Abbildung 1 zeigt. Die Rübenbauern in Österreich sind durch vier regionale Rübenbauernverbände organisiert.

- ✓ Niederösterreich und Wien 75 % des Zuckerrübenanbaus
- ✓ Oberösterreich 14 % des Zuckerrübenanbaus
- ✓ Burgenland 10,5 % des Zuckerrübenanbaus
- ✓ Steiermark mit 0,5 % des Zuckerrübenanbaus

Ausgewählte Literatur

In der Vereinigung der österreichischen Rübenbauernorganisationen werden diese Verbände zusammengeführt. Seit der Reform der Zuckermarktordnung 2008 beträgt die österreichische Zuckerquote 351.027,7 t. In den vergangenen Jahren wurden auf rund 9.000 Betrieben in Österreich Zuckerrüben produziert. Die Anbaufläche beträgt 2012 rund 50.000 ha, wobei die durchschnittliche Anbaufläche pro Betrieb bei 5,5 ha liegt (RÜBENBAUERN, 2012)

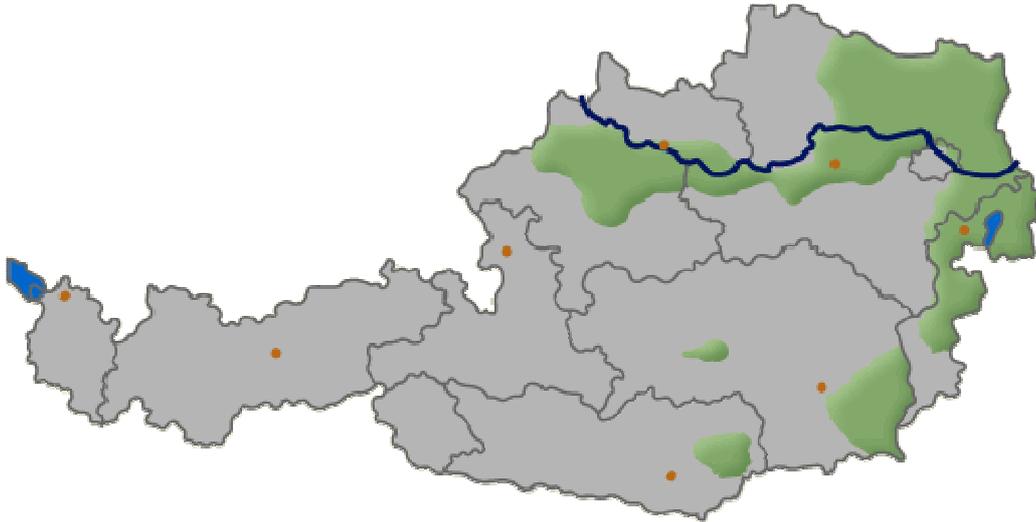


Abbildung 1: Rübenanbauggebiete in Österreich (Quelle: Rübenbauern, 2012)

2.3 Bodenbearbeitungssysteme

Die Hauptaufgaben der Bodenbearbeitung sind Lockern, Wenden, Mischen, Verdichten, Krümeln, Einebnen und Profilieren des Bodens.

Ziele der Bodenbearbeitung sind:

- ✓ Herstellung eines bestimmten Bodengefüges. Dies passiert durch eine Lockerung und anschließende Rückverfestigung des Bodens. Dabei werden günstige Bedingungen für den Feldaufgang geschaffen oder die Voraussetzungen für eine nachfolgende Bearbeitung.
- ✓ Einebnen und Ausformen der Bodenoberfläche. Dabei werden Dämme oder Furchen gebildet, die der Be- und Entwässerung dienen oder die Ernte von z. B. Kartoffeln erleichtern.
- ✓ Das Ablegen von Saat- und Pflanzgut sowie das Einmischen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, sowie Ernteresten zählen auch zu den Zielen der Bodenbearbeitung.
- ✓ Die Unkrautbeseitigung durch Verschütten, Vergraben oder Abschneiden.

Ausgewählte Literatur

Dabei wird der Boden von Traktor, Transportanhängern, Düngerstreuer und Erntemaschinen befahren (BAEUMER, 1992).

Die Bodenbearbeitung ist der wesentlichste Eingriff in das Bodengefüge mit dem Ziel, physikalische, chemische und biologische Prozesse im Hinblick auf die folgende Fruchtart positiv zu beeinflussen (SOMMER, 1998).

Durch das große Wurzelsystem reagiert die Zuckerrübe sehr empfindlich auf Verdichtungen im Oberboden. Bei Bodenverdichtungen reagiert die Zuckerrübe mit unerwünschten Verzweigungen und damit verbundenen Qualitätsverlusten. Daher ist es erstrebenswert ein optimales Gefüge für ein ausreichendes Wurzelwachstum bereit zu stellen.

Bei der Konventionellen Bodenbearbeitung wird dies durch eine Sommer- oder Herbstfurche erreicht. Aber auch mit Direktsaat kann auf natürliche Art ein optimales Gefüge entstehen und ordentliche Erträge erreicht werden. Der Einsatz von Zwischenfrüchten in diesem System führt zur Unkrautunterdrückung und fördert den Humusgehalt im Boden. Zwar entziehen die Zwischenfrüchte zusätzlich Wasser, jedoch kommt es auch zu einer strukturverbessernden Wirkung durch die intensive Durchwurzelung.

Die Saatbettbereitung bildet den entscheidenden Arbeitsgang, welcher großen Einfluss auf den Feldaufgang hat. Vor allem bei pflugloser Bearbeitung sind Spuren bei der Ernte zu vermeiden und die Bearbeitung im Frühjahr sollte nicht zu tief erfolgen. Die geringe Triebkraft des Zuckerrübensaatguts verlangt ein feines Saatbett, jedoch kann zu feiner Boden zu Verschlämmungen führen und somit zu schlechtem Aufgang. Daher wird die schwierige Saatbettbereitung bei der Zuckerrübe als die hohe Kunst des Ackerbauers bezeichnet. Unzureichende Saatbettbereitung führt aufgrund mangelnden Bodenschlusses bei trockener Witterung zu unzureichenden Bestandesdichten. Somit sind negative Auswirkungen auf den Ertrag und den Erlös vorprogrammiert (SIGL, 2011).

Ausgewählte Literatur

Bei der konventionellen Bodenbearbeitung mit dem Pflug werden die Erntereste wendend in den Boden eingearbeitet, bei der Direktsaat hingegen verbleibt sämtliches Material an der Bodenoberfläche. Bei Starkregen infiltriert in den gemulchten Böden mehr Wasser, da ein höherer Anteil an Grobporen, die ohne Unterbrechung mit dem Unterboden verbunden sind, vorhanden ist.

Außerdem schützt die Streuschicht an der Bodenoberfläche vor Verschlämmungen. Die bedeckten Böden erwärmen sich im Vergleich zu gepflügten Böden langsamer, jedoch kühlen sie durch den höheren Wassergehalt und die damit verbundene bessere Wärmeleitfähigkeit langsamer aus. Durch die natürliche Dichtlagerung und die durch die organische Substanz stabilisierte Oberfläche, sind die Böden mit Direktsaat besser befahrbar als jene, die jährlich gepflügt werden.

Mehrere Versuche zeigen, dass im Durchschnitt über mehrere Jahre die Erträge zwar annähernd gleich sind, jedoch das Produktionsrisiko bei der Mulchwirtschaft höher ist. Die Faktoren Standort und Witterung sind entscheidend für die unterschiedliche Ertragsbildung zwischen den einzelnen Bodenbearbeitungssystemen (BAEUMER, 1992).

LIEBHARD (1997) berichtet von vermindertem Feldaufgang nach langzeitiger, flacher und pflugloser Bodenbearbeitung. Es kommt zu einer ausgeprägten Krumbasisverdichtung, die eine Wirkung auf Pflanzenwachstum, Ertrag und Verarbeitungsqualität mit sich bringt. Durch zu hohe Bewirtschaftungsintensität und Intensivierung der Bodenbearbeitung, bei mittelschweren bis schweren Ackerböden, können keine Ertragssteigerungen erzielt werden. Vor Zuckerrübe ist eine Lockerung mit dem Pflug auf 20 bis 24 cm erforderlich.

Unerwünschten Nebeneffekten durch Bodenbearbeitung, wie beispielsweise Schadverdichtungen bei der Grundbodenbearbeitung, Bodenabtrag nach der Saatbettbereitung und Störung von Bodenfauna und Artenvielfalt, ist durch Direktsaat entgegenzuwirken. Zusätzlich wird der Arbeitsaufwand bei der Feldbestellung um 50 % reduziert und der Kraftstoffverbrauch um 30 % gesenkt.

Ausgewählte Literatur

Durch das oftmalige Befahren, durch die derzeitige Bewirtschaftung, ist eine Bodenlockerung von Zeit zu Zeit erforderlich. Weiters spricht ein vermehrter Herbizideinsatz, durch die rein chemische Unkrautbekämpfung, gegen die Direktsaat. Auch die derzeitige Sätechnik gewährleistet nur unter optimalen Anbaubedingungen einen erwünschten Feldaufgang und damit verbundene Ertragssicherheit. Deshalb wird die Direktsaat über ganze Fruchtfolgen in der Praxis noch selten eingesetzt (SOMMER, 1998).

Neben der Verfahrensumstellung auf konservierende Bodenbearbeitung, muss auch die oben angesprochene Unkrautbekämpfung umgestellt werden. Feldversuche zeigen, dass in den ersten Umstellungsjahren die Erträge nicht mit jenen der Konventionellen Bodenbearbeitung mithalten können. Die Bereitschaft zur Mulchsaat ist v.a. bei Kleinbetrieben mit geringerer technischer Ausstattung nur dann vorhanden, wenn ein hohes Erosionsrisiko besteht. Eine ausreichende Ertragssicherheit wird jedoch nur bei einer Mulchsaat mit Saatbettbereitung erzielt. Zuckerrüben auf Mulchsaat wachsen in der ersten Vegetationsperiode langsamer, jedoch in der Zweiten schneller, als Bestände auf Konventioneller Bearbeitung (KELLER, 1999).

Die Hauptvorteile der Mulchsaat sieht SUMMERER (2011) in der Reduktion der Bodenerosion, der Treibstoffersparnis von 30 %, sowie der Schlagkräftigkeit und Effizienz dieses Systems. Ziel soll es sein, den Boden in seiner natürlichen Schichtung zu belassen und somit die Tragfähigkeit zu verbessern. Nach Einsatz des Pfluges braucht ein Boden ein Jahr lang, bis er sich wieder setzt. Mulchsaat sollte jedoch nicht dazu führen, dass der Pflanzenschutzmittelaufwand ansteigt. Entscheidend ist es, das Wasser im Boden zu konservieren, denn entscheidend bei der Mulchsaat ist der Feldaufgang.

Ein weiteres entscheidendes Kriterium für den Erfolg der Mulchsaat ist die optimale Zerkleinerung und Verteilung des Stroh bei der Ernte. Nur so gelingt ein verstopfungsfreies Arbeiten und eine gewünschte, schnelle Verrottung der Erntereste.

Ausgewählte Literatur

Im Frühjahr 2010 führten enorme Niederschläge zu massivem Bodenabtrag auf Zuckerrübenflächen. Die Zuckerrübenforschung Tulln führte mit anderen Institutionen ein dreijähriges Projekt durch, um den Einflüssen des Zwischenfruchtanbaus und der Bodenbearbeitung auf den Bodenabtrag unter Zuckerrüben auf den Grund zu gehen. In einem Feldversuch wurden unter künstlichem und natürlichem Niederschlag vier verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten, mit Senf und Phacelia als Zwischenfrucht, verglichen.

Der Bodenabtrag wurde in Relativprozent zur Konventionellen Bodenbearbeitung ohne Zwischenfrucht dargestellt. Durch den Zwischenfruchtanbau konnte, trotz Pflugeinsatz, vor dem Zwischenfruchtanbau eine Verminderung des Bodenabtrages um knapp 80 % erreicht werden. Durch Ersatz des Pfluges mittels Schwergrubber, konnte die Erosion nochmals um rund 10 % verringert werden. Bei der Variante Direktsaat ohne Bodenbearbeitung im Frühjahr konnte der Bodenabtrag auf 4 % herabgesetzt werden. Das bedeutet, dass auch ohne Verzicht auf den Pflug durch eine Zwischenfrucht mit anschließender Mulchsaat im Frühjahr die Bodenerosion beachtlich verringert werden kann (EIGNER und HAGLER, 2010).

Zwischenfruchtreste können im Frühjahr jedoch zu langsamerer Abtrocknung und Behinderungen bei der Saat führen. Auf ton- und humusreichen Böden empfiehlt sich in diesem Fall die Direktsaat. Auf schluffreichen Böden sollten die Pflanzenreste seicht eingemulcht werden, um möglichst viele Rückstände an der Bodenoberfläche zu belassen (EIGNER und SIGL, 2011).

3 Material und Methoden

3.1 Standort

3.1.1 Geografische Lage

Der Feldversuch wurde am Langzeitversuch der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien, in Groß Enzersdorf, durchgeführt. Der Schlag in Raasdorf liegt östlich von Wien, im Marchfeld (Abbildung 2). Das Marchfeld ist das größte, einheitliche landwirtschaftliche Produktionsgebiet, sowie die größte Ebenen Österreichs. Begrenzt wird es im Süden von der Donau, im Osten von der March, im Westen durch den Bisambergzug und im Norden durch das weinviertler Hügelland.

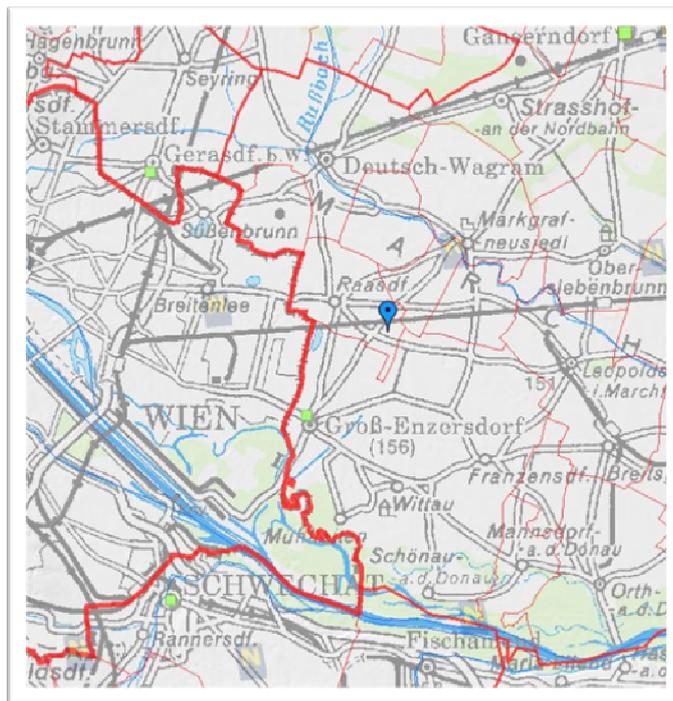


Abbildung 2: Landkarte Raasdorf (Quelle: NÖ Atlas)

3.1.2 Boden

Der vorherrschende Bodentyp in dieser Region ist ein seichtgründiger Tschernosem, welcher aus kalkhaltigen Sedimenten entstanden ist. Die Gründigkeit der Versuchsflächen ist stark schwankend. Die Bodenart ist ein sandiger Lehm und der Humusgehalt im Ap-Horizont liegt zwischen 2,5 und 3 %.

3.1.3 Klima und Witterung 2011

Die Versuchswirtschaft liegt im pannonischen Klimagebiet, bzw. im Kleinproduktionsgebiet Marchfeld. Die Felder liegen in offener, windiger Lage, 156 m über dem Meeresniveau. Der Klimaraum ist durch heiße, trockene Sommer und kalte, schneearme Winter geprägt. Das Klima ist besonders im Sommer durch geringe Luftfeuchtigkeit und wenig Taubildung gekennzeichnet. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,8°C, die mittlere Niederschlagssumme 546 mm und die durchschnittliche relative Luftfeuchte 75 % (BODENKULTUR Intranet, 2012).

Abbildung 3 zeigt den Vergleich von Wetterdaten aus dem Jahr 2011 mit dem langjährigen Durchschnitt von 1971 bis zum Jahr 2000. Zusätzlich ist noch der Herbst des Jahres 2010 angeführt. Das Vegetationsjahr 2011 zeichnete sich durch eine ausreichende Winterfeuchte aus. Vor allem im September 2010 gab es Niederschläge, die über dem langjährigen Mittel lagen. Die violetten Balken im Diagramm stellen den Monatsniederschlag 2011 dar und die schwarzen Balken das langjährige Mittel. Die grüne Linie zeigt die Monatsmitteltemperaturen 2011 und die schwarz, gestrichelte Linie das langjährige Mittel von 1971 bis 2000. Der trockene Februar und der extrem niederschlagsarme November im Jahr 2011 sind hervorzuheben. Zu Vegetationsbeginn hingegen gab es ausreichend Niederschläge, diese führten auf manchen Feldern im Marchfeld zu Verschlämmungen. Auf den ebenfalls niederschlagsreichen Sommer folgte ein trockener September, der bei einigen Parzellen des Versuches zu schlafenden Rüben führte. Auch der Temperaturverlauf lag über dem langjährigen Mittel.

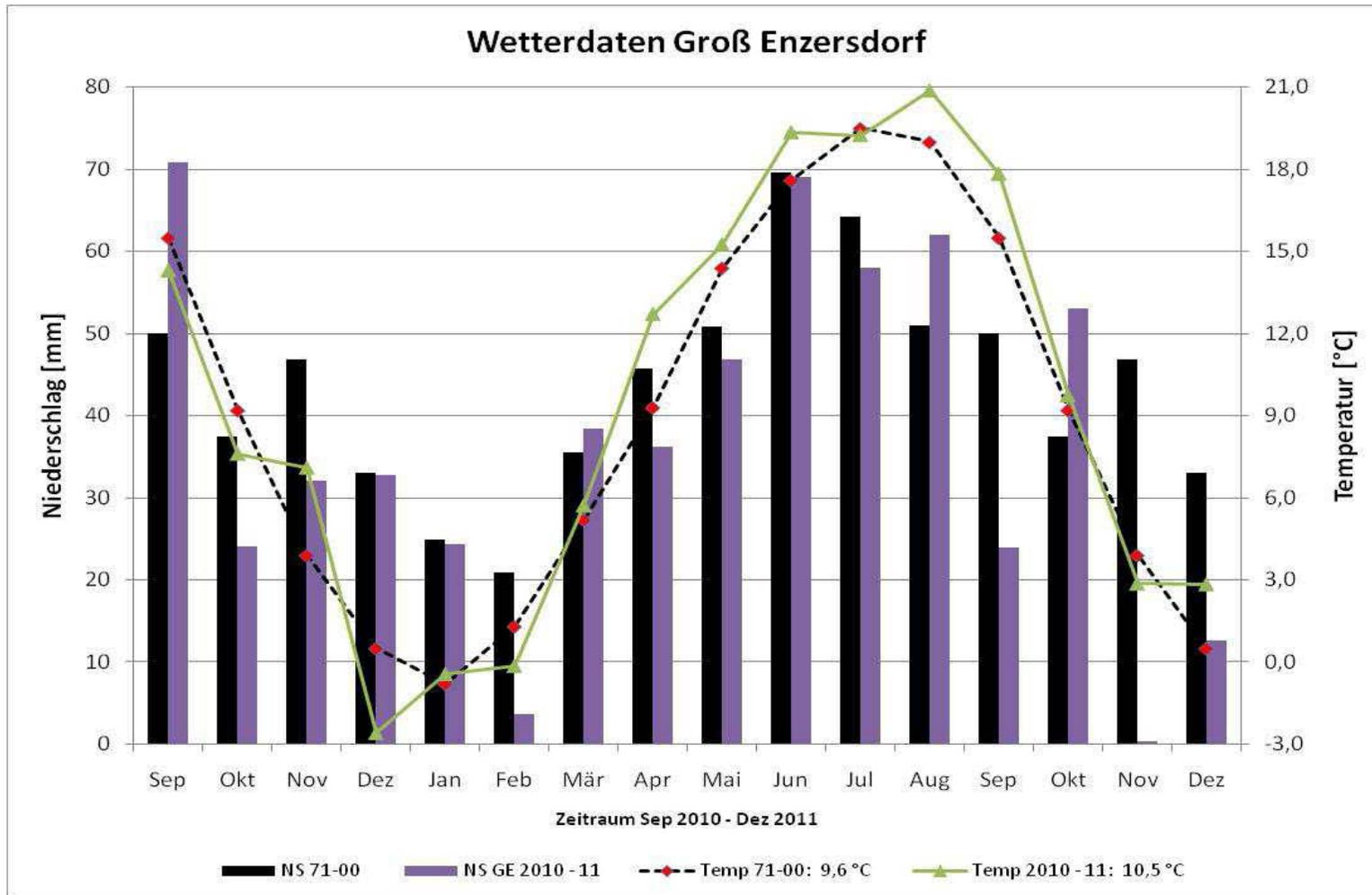


Abbildung 3: Wetterdaten 2011 Groß Enzersdorf im Vergleich zum langjährigen Mittel

3.2 Versuchsanlage und -faktoren

Der Langzeitversuch in Raasdorf wurde 1996 angelegt. Es handelt sich um eine Split-plot-Anlage mit zwei Faktoren (Bodenbearbeitung [1 bis 5] und Fruchtfolge [A, B]) und vier Wiederholungen.

10	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
40	2B	2A	5A	5B	4B	4A	3A	3B	1B	1A		
10												
40	4A	4B	3B	3A	1A	1B	5B	5A	2A	2B		
10												
40	5B	5A	4A	4B	2B	2A	1A	1B	3B	3A		
10												
60	1A	1B	2B	2A	3A	3B	4B	4A	5A	5B		
10	252											
	Konventionelle Bodenbearbeitung		Direktsaat		Reduzierte Bodenbearbeitung		Minimalbodenbearbeitung		Integriertes System			

Abbildung 4: Versuchsanlage Bodenbearbeitungssystemvergleich Raasdorf, Versuchswirtschaft Boku Wien

A ... Fruchtfolge A

B ... Fruchtfolge B

Wie Abbildung 4 zeigt, besteht der Versuch aus 40 Parzellen. In der ersten Wiederholung (Abbildung 4 unten) haben die Parzellen eine Länge von 60 m, eine Breite von 24 m in der ersten Wiederholung, von der zweiten bis zur vierten Wiederholung eine Länge von 40 m und eine Breite von 24 Meter. Jede Wiederholung besteht aus 10 Parzellen, wobei jeweils zwei Parzellen nebeneinander mit dem gleichen Bearbeitungssystem bearbeitet wurden. In der angeführten Diplomarbeit wurden die Parzellen der Bodenbearbeitungssysteme in der Fruchtfolge B (grüne Parzellen in der Abb. oben) bearbeitet.

Material und Methoden

Abbildung 5 zeigt nochmals das ca. 5 ha große Versuchsfeld anhand eines Luftbildes. Optisch gut erkennbar sind die Direktsaatparzellen der Fruchtfolge A, sowie die Parzellen der Konventionellen Bodenbearbeitung.

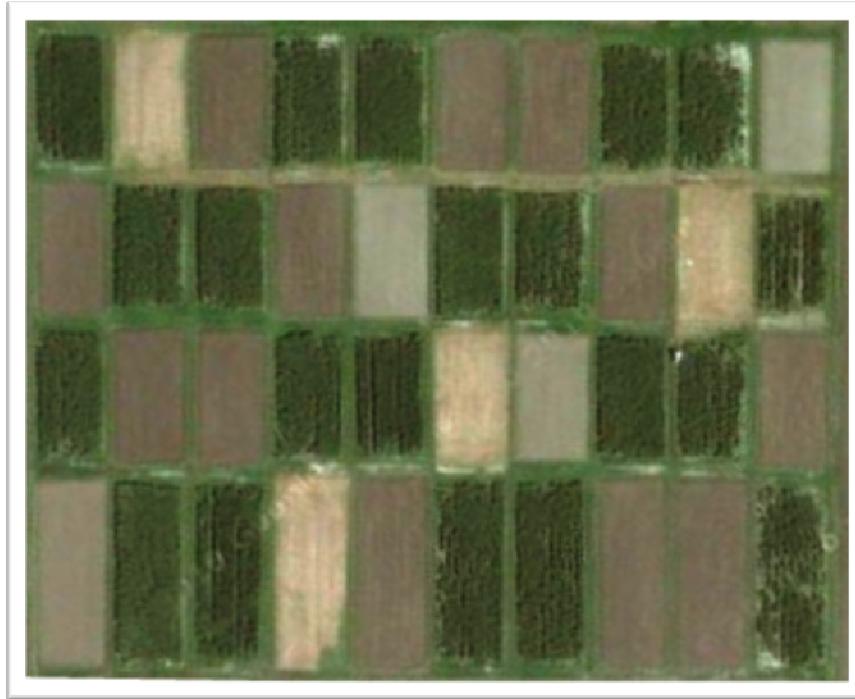


Abbildung 5: Versuchsfeld Raasdorf Juli s. a. (Quelle: Google maps)

3.2.1 Konventionelle Bodenbearbeitung (Pflug)

In diesem System wird für die Grundbodenbearbeitung jährlich der Pflug eingesetzt. Der Boden wird vor der Hauptfrucht auf volle Krumentiefe (25 cm) mit einem Streichblechpflug gewendet und gelockert. Die Saatbettbereitung erfolgt meist gleichzeitig mit der Saat mit einer Kreiselegge auf Saattiefe. Die Vorteile dieses Systems sind beispielsweise der sogenannte „reine Tisch“, gute Lockerung, keine Ernterückstände bei der folgenden Saat und die meist gute Frostgare im Winter. Die Überlockerung, hohe Erosionsgefahr, schlechter Wasserhaushalt, geringe Flächenleistung bei hohem Zugkraftbedarf und die Bildung einer Pflugsohle bei feuchten Bedingungen sind mögliche Nachteile dieses Systems.

3.2.2 Direktsaat (Direkt)

Bei der „Direktsaat“ im System, auch als „No till“ bezeichnet, wird gänzlich auf die Bodenbearbeitung verzichtet. Der Boden wird nur bei der Saat, innerhalb der Saatreihe, auf Säsbreite geöffnet. Trotz hohem Risiko und geringer Ertragssicherheit, ist bei entsprechendem „Know how“ dieses System meist das Kostengünstigste. Die gute Tragfähigkeit der Böden, das vermehrte Bodenleben und die enorme Schlagkraft sprechen für die Direktsaat. Die gesamten Erntereste verbleiben an der Bodenoberfläche, wodurch die Regenwurm-tätigkeit gesteigert wird. Die Unkrautbekämpfung erfordert meist einen Totalherbizid-Einsatz.

3.2.3 Reduzierte Bodenbearbeitung (Red)

Bei der „Reduzierten Bodenbearbeitung“ wird völlig auf den Einsatz des Pfluges verzichtet. Der Stoppelsturz, sowie die Grundbodenbearbeitung werden mit einem Grubber durchgeführt. Bei diesem System kommt auch der Tiefenlockerer vor jeder Hauptfrucht zum Einsatz. Die Saatbettbereitung vor der Hauptfrucht erfolgt entweder mittels Kreiselegge auf 5 cm oder entfällt bei Einsatz einer mulchsaattauglichen Sämaschine. Die Lockerung auf Krumentiefe (Tiefenlockerer 35 cm) bei höherer Flächenleistung (im Vergleich zum Pflug) und die ausreichende Einarbeitung der Erntereste sprechen für dieses System. Es liegt ein hoher Zugkraftbedarf vor.

3.2.4 Minimalbodenbearbeitung (Min)

Bei der „Minimalbodenbearbeitung“ wird neben dem Pflug, auch auf den Tiefenlockerer verzichtet. Es wird lediglich ein Flügelschargrubber auf maximal zehn Zentimeter Bodentiefe zum Stoppelsturz eingesetzt. Bei Bedarf wird die Kreiselegge zur Saatbettbereitung eingesetzt. Dadurch erreicht man eine gewünschte, nur teilweise Einarbeitung der Erntereste, der Bodenwasservorrat wird durch die Bearbeitung geschont. Der Zugkraftbedarf wird verringert und die Gesamtkosten werden reduziert. Nachhaltige Bodenverdichtungen, durch Befahren bei feuchten Bedingungen, müssen bei diesem System vermieden werden, da ansonsten die Druckschäden nur schwer behoben werden können. Der Großteil der Ernte- und Zwischenfruchtreste verbleibt auf der Bodenoberfläche.

3.2.5 Integrierte Bodenbearbeitung (Int) (LIEBHARD, 1997)

Bei der „Integrierten Bodenbearbeitung“ kommt es zu einer Kombination aus Konventioneller Bodenbearbeitung und Reduzierter Bodenbearbeitung. Je nach Bedarf der Folgekultur werden die Bodenbearbeitungsgeräte Pflug, Tiefenlockerer und Grubber abwechselnd eingesetzt. Vor dem Anbau von Kartoffeln oder Zuckerrüben oder bei übermäßigem Unkrautdruck, kommt der Streichblechpflug zum Einsatz. Gleichzeitig werden auch der Grubber und bei Bedarf der Tiefenlockerer eingesetzt.

3.3 Bestandesführung

Mais – Winterweizen – Mais – Winterweizen und Zuckerrübe bilden die Fruchtfolge auf den untersuchten Parzellen. Nach einer Winterbegrünung erfolgte am 22. März 2011 die Zuckerrübensaat mit der Sorte Baracouda. Der Reihenabstand zwischen den Reihen betrug 50 cm, der theoretische Abstand in der Reihe 19,05 cm. Bei 100-prozentigem Feldaufgang würde das einen theoretischen Bestand von 105.000 Pflanzen pro Hektar ergeben. Mit Ausnahme der Direktsaat, wurde eine Saatbettbereitung mit der Kreiselegge durchgeführt, auf den Direktsaatparzellen wurde ein Totalherbizid (Glyphosat) appliziert. Die Aussaat erfolgte auf allen Parzellen mit einer Direktsämaschine. Die Düngung erfolgte einheitlich mit 100 kg Reinstickstoff in Form von Nitramoncal in zwei Teilgaben.

Tabelle 1: Präparate und Aufwandmengen sowie Ausbringungszeitpunkt bei der Unkrautbekämpfung ZR 2011

Termin	Betanal maxxPro l/ha	Goltix Gold l/ha	Debut g/ha	Aufwandmenge l/ha
Wirkstoffe	Ethofumesat Phenmedipham	Metamitron	Triflursulfuron Methyl	
06.04.2011	1,25	1,1		150
20.04.2011	1,5	1,5	20	200

In Tabelle 1 sind die Präparate und Aufwandmengen bei der Unkrautbekämpfung aufgelistet, Tabelle 2 gibt die Präparate und Ausbringungstermine der Fungizidbehandlungen wieder.

Tabelle 2: Verwendete Präparate sowie Ausbringungszeitpunkt bei der Fungizidbehandlung

Termin	Sphere SC l/ha	Spyrale l/ha	Ortiva l/ha	Score l/ha
Wirkstoffe	Cyproconazol Trifloxistrobin	Difenoconazol Fenpropidin	Azoxystrobin	Difenoconazol
27.06.2011	0,5	Aufwandmenge jeweils 200 l/ha		
27.07.2011			0,4	0,4
31.08.2011		0,8		

Die Blatternte wurde am 11. Oktober, die Rübenernte von 17. bis 19. Oktober 2011 durchgeführt.

3.4 Methoden

3.4.1 Ermittlung der Bestandesdichte

Die Bestandesdichte wurde am 09. August 2011 und am 17. Oktober ermittelt. Dabei wurden je drei Messungen pro Parzelle durchgeführt. Je Messung wurden vier Laufmeter bei zwei Parallelrübenreihen gezählt. Pro Parzelle wurden drei Mal zwei Quadratmeter ausgewertet.

3.4.2 Wurzelkapazitätsmessung

Die Messungen der Wurzelkapazität wurden am 09. und 10. August 2011 durchgeführt. Dabei wurden je Parzelle 80 Einzelpflanzen gemessen. Diese wurden in vier zufällig verteilten Rübenreihen, zu je 20 Messungen, durchgeführt. Bei dieser Methode, die auch DALTON (1995) und CHLOUPEK (1977) verwendeten, fungiert die Wurzel als Kondensator. Er beschreibt das Wurzelsystem als einen äquivalenten, elektrischen Schaltkreis, der aus vielen parallel geschalteten Kondensatoren besteht. Die gebildete Wurzelmasse ist direkt proportional zur Kapazitätssumme der einzelnen Kondensatoren. Um die Kapazität zu messen wurden die einzelnen Zuckerrüben am Blattansatz angestoßen und in einer Entfernung von ca. 5 cm daneben der Boden penetriert. Entscheidend ist, dass die Messungen im selben Substrat, bei gleicher Feuchtigkeit, der gleichen Pflanzenart und demselben Zeitpunkt durchgeführt werden.

Die Abbildung 6 zeigt die Messung der Wurzelkapazität.



Abbildung 6: Messung der Wurzelkapazität Groß Enzersdorf 2011 bei Zuckerrübe (Refenner 2011)

3.4.3 Messung der stomatären Leitfähigkeit

Um weitere Aussagen über die Wasserversorgung der Rüben treffen zu können, wurden Untersuchungen mittels Leaf Porometer der Firma Decagon Devices Inc. durchgeführt. Die stomatäre Leitfähigkeit ist die Messung der Durchflussrate von Kohlendioxid oder Wasserdampf durch die Stomata eines Blattes. Mit Hilfe des Leaf Porometers kann auf den Austausch von CO_2 und Feuchtigkeit, zwischen dem Blatt und der Umgebung, geschlossen werden. Dabei wird die Leitfähigkeit der Blätter mit jenen von zwei bekannten Elementen verglichen. Durch Messung der Feuchtigkeitsdifferenz zwischen den zwei Messelementen, wird auf die Wasserabgabe über die Stomata geschlossen. Anhand dieser Variablen kann die Leitfähigkeit des Blattes beschrieben werden (DECAGON, 2012).

Material und Methoden

Die Messungen wurden am 14. und 15. September 2011 durchgeführt, bei einer mittleren Umgebungstemperatur von 31°C, bzw. 25,3°C am zweiten Tag der Messungen. Entscheidend bei dieser Messung ist die Tageszeit. Die Zeit zwischen 11 Uhr vormittags und maximal 14 Uhr nachmittags ist anzustreben, da in dieser Zeit die höchste Verdunstung herrscht. In dieser Zeit können die Unterschiede zwischen gut mit Wasser versorgten Pflanzen und Pflanzen, die unter Trockenstress leiden, am besten gemessen werden. Das Gerät soll bei wolkenlosem Himmel eingesetzt werden.

In jeder Parzelle wurden zehn Messungen durchgeführt, wobei die Einzelpflanzen zufällig ausgesucht wurden. Das ergibt einen Gesamtstichprobenumfang von 200 Messungen (20 x 10). Die Abbildung 7 zeigt die Messung mittels Leaf Porometer an einer Zuckerrübe.



Abbildung 7: Messung der stomatären Leitfähigkeit mit dem Leaf Porometer, Groß Enzersdorf 2011 (Refenner 2011)

3.4.4 Bonitur von Trockenschäden

Zur Erfassung der Bodenunterschiede auf der gesamten Versuchsfläche, als auch in den Parzellen, wurden die Flächen auf das Auftreten von Trockenschäden bonitiert. Dabei wurden jeweils drei Rübenreihen beurteilt. Die Erhebung erfolgte am 15. September 2011, aufgrund der geringen Niederschläge in dieser Zeit, waren die Unterschiede gut ersichtlich. Abbildung 8 zeigt eine Skizze, die für jede der 20 Parzellen angefertigt wurde.

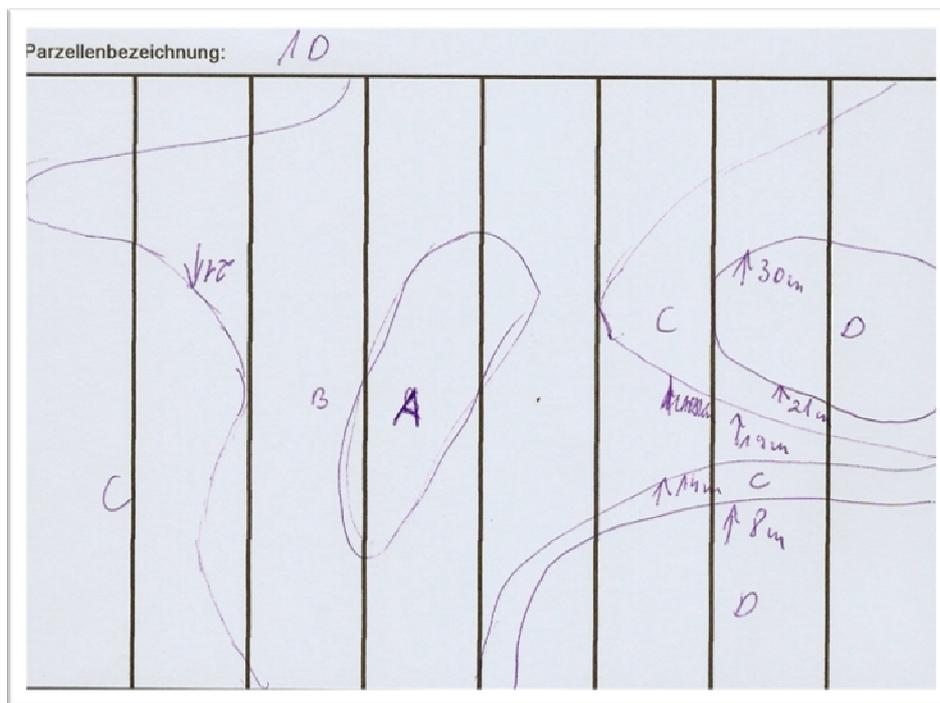


Abbildung 8: Bonitierung einer Parzelle auf Trockenschäden bei ZR, Groß Enzersdorf 2011 (Refenner 2011)

Die Erfassung erfolgte mittels Messrad. Die vierstufige Boniturskala, beginnend mit „A“ (sehr schöner, gut versorgter Bestand) bis „D“ (schlafende Rüben), ist in Abbildung 9 bildlich dargestellt.



Abbildung 9: Optische Beurteilung der Wasserversorgung und Bonitur bei ZR, Groß Enzersdorf 2011 (Refenner 2011)

Anschließend wurden diese Skizzen in eine Matrix übertragen. In einem Raster von 1 m x 1,5 m wurde die jeweilige Bonität eingetragen. Danach wurden Bonitätssummen gebildet, wobei Bonität „A“ mit dem Faktor vier multipliziert wurde und „D“ mit dem Faktor eins. Parzellen mit hohen Ziffernsummen stellten einen gut versorgten Bestand dar und Parzellen mit einer niedrigen Ziffernsumme einen unter Trockenheit leidenden.

3.4.5 Eindringwiderstandsmessung

Mittels Penetrometer kann der Eindringwiderstand von Böden geschätzt werden. Durch vertikale Penetration wird der Widerstand pro Flächeneinheit für die jeweilige Bodentiefe aufgezeichnet. Diese Werte, bzw. Graphen, weisen auf Verdichtungen (z. B. durch Fahrspuren oder Pflugsohlen) hin, es können somit die einzelnen Bodenbearbeitungssysteme untereinander verglichen werden.

Die Messungen der Eindringwiderstände wurden nur am 09. August 2011 durchgeführt. Beprobte wurden alle vier Wiederholungen, also zwanzig Parzellen. Die Messungen erfolgten an allen Parzellen an der südwestlichen Seite. Begonnen wurde zwischen der sechsten und der siebenten Reihe vom Parzellenrand. Es wurden anschließend 25 Messungen, abwechselnd zwischen und in der Rübenreihe, durchgeführt. Somit wurden zwei Sämaschinenbreiten abgedeckt, also zwölf Rübenreihen und dreizehn Zwischenräume.

Verwendet wurde ein Penetrologger der Firma Eijkelkamp (Abbildung 10) mit einem Konus von 60°. Die Eindringtiefe betrug 40 cm, wobei die ersten vier und die letzten drei Zentimeter aus der Auswertung genommen wurden. Aufgrund der unterschiedlichen Mulchauflage der einzelnen Parzellen waren die ersten Zentimeter nicht aussagekräftig. Für die Auswertung wurden die Mittelwerte der einzelnen Bodenbearbeitungssysteme gebildet und in Liniendiagrammen unterteilt nach Zwischenraum, Reihe und Spur dargestellt.



Abbildung 10: Eindringwiderstandsmessung mittels Penetrologger bei ZR, Groß Enzersdorf 2011 (Refenner 2011)

3.4.6 Erhebung von Blattertrag und Blattqualität

Um die Bildung der Gesamttrockenmasse zu erfassen und die Blätter auf Inhaltsstoffe analysieren zu können, wurden die Blätter geerntet. Dies erfolgte am 11. Oktober 2011. Je Versuchsparzelle wurden drei Teilflächen, welche eine Stichprobe bildeten, ausgewertet. Eine Teilfläche hatte eine Länge von 4 m und beinhaltete 3 Rübenreihen, also 6 m² (Abbildung 11).



Abbildung 11: Blatternte auf einer Teilfläche von 6 m², Groß Enzersdorf 2011 (Refenner 2011)

Material und Methoden

Die gesamte Blattmasse wurde gesammelt und anschließend die Frischmasse gewogen. Je Stichprobe wurden sechs Köpfe für weitere Blattanalysen entnommen. Diese wurden in Groß Enzersdorf mit einem Gartenhäcksler zerkleinert. Zur Bestimmung der Trockenmasse wurde eine Mischprobe aus dem gehäckselten Material entnommen und im Trockenschrank nach Einwaage von 150 g getrocknet. Der Rest der Probe wurde auch getrocknet und anschließend mit einer Labormühle vermahlen. Daraus wurden 60 g für die Analyse auf Kohlenstoff-, Stickstoff- und Schwefelgehalt eingewogen. Diese Analyse wurde am Universitäts- und Forschungszentrum Tulln (UFT), der Universität für Bodenkultur, durchgeführt.

Um die Blatterträge mit den erzielten Rübenenerträgen vergleichen zu können, wurde anhand der Trockenmassegehalte der Stichproben, auf die gesamte, gebildete Blatttrockenmasse hochgerechnet. Die Frischmasse konnte nicht verglichen werden, da es große Unterschiede in den TM-Gehalten der Blätter zwischen den einzelnen Parzellen gab.

Die Abbildung 12 zeigt links das gehäckselte und getrocknete Blattmaterial. In der Mitte, im blauen Behälter sieht man eine vermahlene Probe. In den runden, weißen Boxen wurden die Proben aufbewahrt.



Abbildung 12: Blatttrockenmasse gehäckselt sowie laborvermahlen, Tulln 2011 (Refenner 2011)

3.4.7 Rübenenertrag und Rübenqualität

Die bedeutensten Parameter des Versuches stellen der Rübenenertrag und die Rübenqualität dar. Die Ernte der Rüben erfolgte zwischen 17. und 19. Oktober 2011. Mit einem einreihigen Bunkerköpfröder wurden die Rüben geerntet. Dabei wurde jede Rübenreihe separat gewogen. Die Wiegung erfolgte mittels einer vierteiligen Plattenwaage, auf der ein Zweiachsanhänger geparkt wurde.

Zur Bestimmung der Rübenqualität, wurden pro geernteter Rübenreihe, drei Rüben zufällig beim Abbunkern entnommen. Jeweils sechs nebeneinanderliegende Reihen bildeten eine Mischprobe. Die Mischprobe, bestehend aus 18 Rüben, wurde in Säcke gefüllt und gewogen. Anschließend wurden die Proben im Rübenlabor der Zuckerfabrik Leopoldsdorf analysiert. Ermittelt wurden der Zuckergehalt in der Rübe, die Gehalte an Kalium und Natrium und der Alpha-Amino-Stickstoffgehalt. Danach wurden der Dicksaftquotient und der Weißzuckergehalt berechnet. Vor der Analyse wurden die Rüben hinsichtlich Beinigkeit, Erdanhang, Fraßschäden durch Mäuse und Schäden durch Bruch bonitiert. Die Boniturskala reichte von „1“ bis „5“, wobei „1“ den gewünschten Zustand darstellte.

Ein Teil der Breiprobe wurde entnommen und getrocknet. Der getrocknete Brei wurde mit einer Labormühle vermahlen und im UFT auf die Gehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel analysiert.



Abbildung 15: Durch Seichtgründigkeit des Bodens geschädigter Rübenbestand, Groß Enzersdorf 2011 (Refenner)

Die erhobenen Daten wurden mittels Varianzanalyse geprüft. Als H_0 wurde angenommen, dass die Bodenbearbeitung keinen Einfluss auf die einzelnen gemessenen Parameter hat. Als Prozedur wurde ein lineares Modell (GLM) verwendet. Um feststellen zu können, welche Differenzen zwischen den Mittelwerten signifikant waren, wurde ein LSD Test nach Fisher durchgeführt.

Darstellung der Irrtumswahrscheinlichkeit:

- *** hoch signifikant bei $\leq 0,1$ % Irrtumswahrscheinlichkeit
- ** signifikant bei ≤ 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit
- * signifikant bei ≤ 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit
- + sicher bei 10 % Irrtumswahrscheinlichkeit
- n.s. nicht signifikant (Differenz beruht rein auf dem Zufall)

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm „SAS“, Version 9.2, sowie dem Enterprise Guide 4.1. Die gemessenen Daten wurden in das Tabellenkalkulationsprogramm „Microsoft Excel 2007“ eingegeben, bzw. übertragen. Anschließend wurden die Daten darin aufbereitet, sowie Tabellen und Diagramme erstellt.

4 Ergebnisse

4.1 Bodenchemische, bodenphysikalische und pflanzenphysiologische Parameter

4.1.1 Wurzelkapazität und stomatäre Leitfähigkeit

Bei der Messung der Wurzelkapazität wurden hoch signifikante Unterschiede zwischen den Systemen festgestellt. So unterschieden sich die Systeme „Konventionelle Bodenbearbeitung“ und „Direktsaat“ von den anderen Versuchsgliedern.

Tabelle 3 zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Wurzelkapazitätsmessungen, sowie der stomatären Leitfähigkeit. Die höchste mittlere Wurzelkapazität erreichte die „Konventionelle Bodenbearbeitung“ mit 4,2 nF gefolgt von der „Direktsaat“ mit 4,1 nF. Die übrigen Versuchsglieder lagen gleichauf mit 3,8 nF.

Die Standardabweichung in der Stichprobe lag zwischen 1,1 nF bei dem „Konventionellen System“ und 0,8 nF bei der „Minimalbodenbearbeitung“.

Durch die Messung der stomatären Leitfähigkeit kann geschlossen werden, wie gut die beurteilten Pflanzen mit Wasser versorgt waren. Liegen hohe Werte vor, so kann auf eine gute Wasserversorgung der Pflanzen geschlossen werden.

Die Unterschiede waren hoch signifikant. Laut LSD Test unterschieden sich die „Konventionelle Bodenbearbeitung“ und das „Reduzierte Bodenbearbeitungssystem“ von den übrigen drei Bearbeitungsvarianten.

Ergebnisse

Die höchsten Werte wurden bei der „Minimalbodenbearbeitung“ mit 380 mmol/(m² s) gemessen. Danach folgten die „Direktsaat“ mit 347 mmol/(m² s), sowie das „Integrierte System“ mit 343 mmol/(m² s). Laut dieser Messungen waren die „Reduzierte Bearbeitung“ mit 272 mmol/(m² s) und die „Pflugvariante“ mit 241 mmol/(m² s) am geringsten mit Wasser versorgt. Die Standardabweichung variierte zwischen 200 mmol/(m² s) bei der „Minimalbodenbearbeitung“ und 139 mmol/(m² s) bei der „Konventionellen Bodenbearbeitung“.

Tabelle 3: Wurzelkapazität und stomatäre Leitfähigkeit

Bodenbearbeitungs- system	Wurzelkapazität [nF]		Stomatäre Leit- fähigkeit [mmol/(m ² s)]	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Pflug	4,2 a	1,1	241 b	139,2
Direkt	4,1 a	0,9	347 a	189,5
Reduziert	3,8 b	0,9	272 b	146,8
Minimal	3,8 b	0,8	380 a	200,5
Integriert	3,8 b	0,8	343 a	177,0
Signifikanz	***		***	

4.1.2 Eindringwiderstand

In der Abbildung 16 sind die Eindringwiderstände in N/cm² der einzelnen Bodenbearbeitungssysteme im Bereich von 5 bis 37 cm Bodentiefe dargestellt. Die Linien ergaben sich aus den Mittelwerten sämtlicher durchgeführten Messungen je System, das bedeutet 25-mal vier Wiederholungen.

Ergebnisse

Die „Direktsaat“ wies bis zu einer Tiefe von 23 cm den höchsten Eindringwiderstand auf. Die übrigen Bodenbearbeitungssysteme lagen bis zu einer Tiefe von 11 cm annähernd gleich auf. Im Bereich von 11 bis 25 cm lag die „Konventionelle Bodenbearbeitung“ deutlich unter allen anderen Systemen, jedoch ab einer Tiefe von 21 cm stieg der Eindringwiderstand erwartungsgemäß stark an.

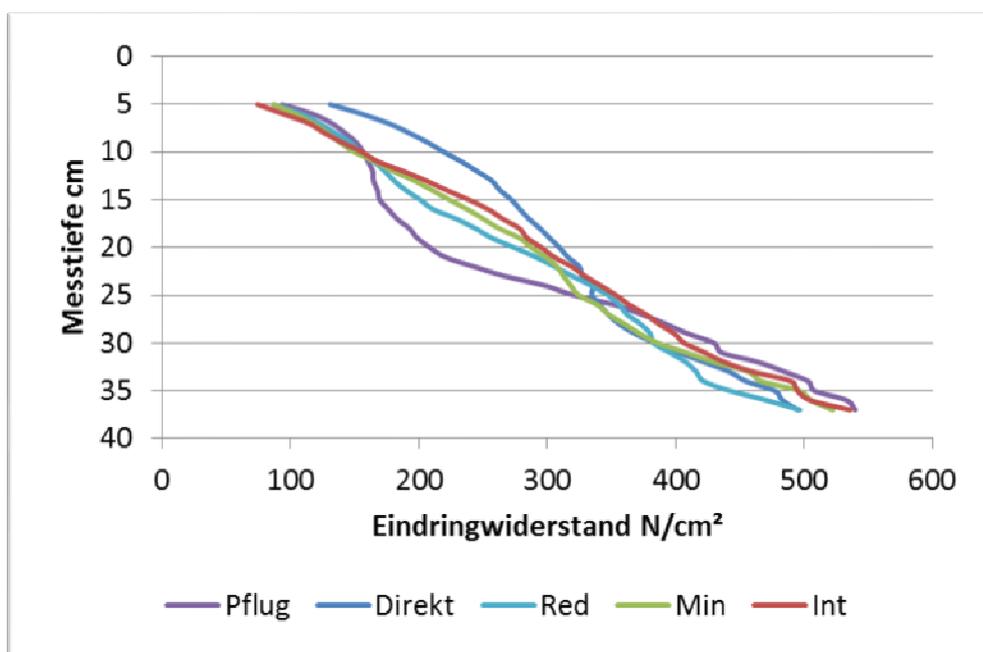


Abbildung 16: Eindringwiderstand in Abhängigkeit der Bodentiefe, Durchschnitt aller 25 Messungen, Groß Enzersdorf 2011

In Abbildung 17 wurden, im Gegensatz zur vorherigen Grafik, nur die Messungen in den Rübenreihen gemittelt. Bei genauer Beurteilung der Linien zeigen sich Unterschiede. Während bei den Einstichen zwischen den Rübenreihen schon bei einer Tiefe von 20 cm die Grenze von 300 N/cm² überschritten wurde, erreichten die Linien der Messungen in den Rübenreihen diesen Wert erst bei ca. 27 cm. Auch bei den Messungen in der Reihe, wurden bei der „Direktsaat“ im Oberboden die höchsten Werte ermittelt. Die „Reduzierte Bodenbearbeitung“ lag in den ersten 20 cm annähernd gleich auf mit der „Konventionellen Bodenbearbeitung“, beide lagen mit ihren Werten deutlich unter den übrigen drei Bodenbearbeitungssystemen.

Ergebnisse

Der Kurvenverlauf des „Integrierten Systems“ war beinahe linear und in den ersten 15 cm, sowie in den letzten 10 cm gleichauf mit der „Minimalbodenbearbeitung“. Abermals wurden ab einer Tiefe von 27 cm bei der „Konventionellen Bearbeitung“ die höchsten Dichten gemessen, jedoch war der Unterschied zur „Direktsaat“, der „Minimalbodenbearbeitung“ und dem „Integrierten System“ geringer, lediglich die Werte im „Reduzierten Bodenbearbeitungssystem“ lagen darunter. Bei der „Pflugvariante“ wurde der sprunghafte Anstieg des Widerstandes im Bereich der Pflugsohle deutlich, während bei sämtlichen anderen Systemen der Widerstand kontinuierlich anstieg.

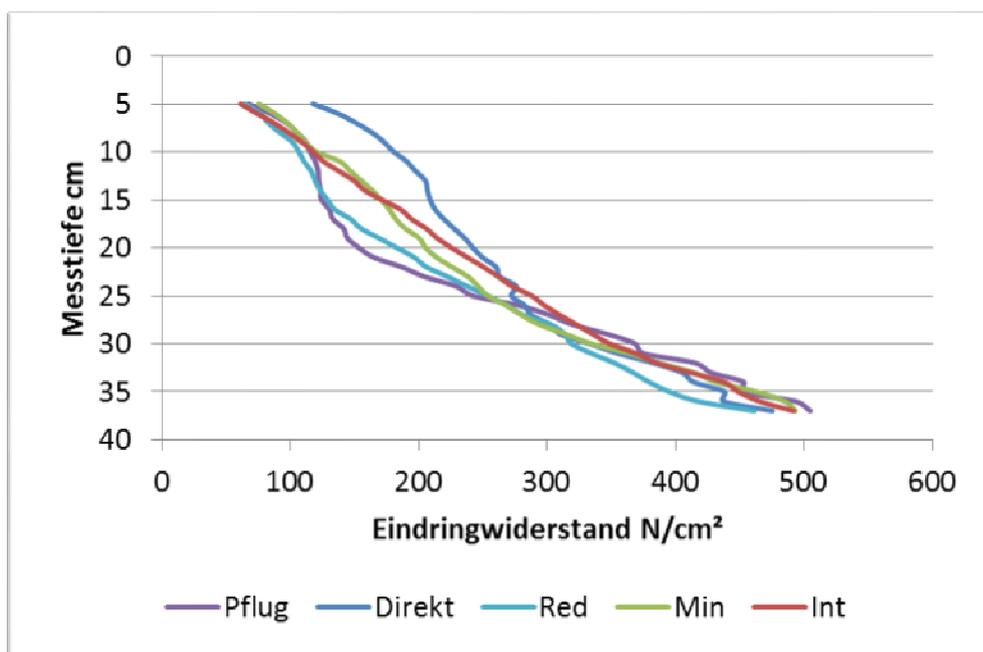


Abbildung 17: Eindringwiderstand in Abhängigkeit der Bodentiefe in den Zuckerrübenreihen, Groß Enzersdorf 2011

Im Gegensatz zur Abbildung 17, zeigt Abbildung 18 die Mittelwertlinien der Messungen zwischen den Rübenreihen, auf denen keine Fahrspur lag. Es zeigt sich deutlich, dass die gemessenen Widerstände höher waren, als in den Reihen. Im Oberboden war erkennbar, dass die Werte stärker streuten, als in den vorherigen Diagrammen. Die „Direktsaat“ wies nur noch in den ersten 15 cm den höchsten Widerstand auf, ab dieser Tiefe wurden beim „Integrierten System“ höhere Bodendichten gemessen. Ab einer Tiefe von 10 cm stieg diese Variante stark an.

Ergebnisse

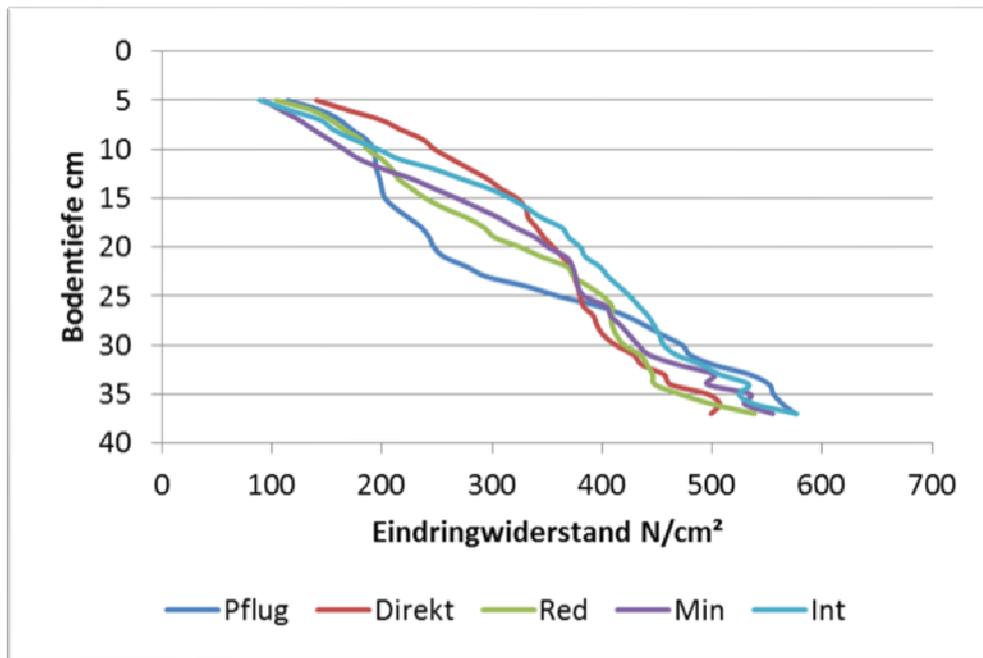


Abbildung 18: Eindringwiderstand in Abhängigkeit der Bodentiefe zwischen den Rübenreihen, Groß Enzersdorf 2011

Die „Minimalbodenbearbeitung“ wies in den ersten 12 cm die geringsten Widerstände auf und die Messwerte pendelten sich im weiteren Verlauf in der Mitte der übrigen Linien ein. Im Bereich von 12 bis 25 cm traten abermals beim „Konventionellen System“ die geringsten Widerstände auf, danach stieg die Linie wiederum stark an und kreuzte sämtliche anderen Linien. Ab 30 cm wies die „Konventionelle Bearbeitung“ erneut die höchsten Bodendichten auf. Die „Direktsaat“ und die „Reduzierte Bearbeitung“ lagen in dieser Tiefe fast gleich auf und bildeten die zwei Systeme mit den geringsten Widerständen.

Ergebnisse

Abschließend wurden die Widerstände der Anbau- und Pflegespuren gemittelt und in Abbildung 19 grafisch dargestellt. Wie zu erwarten war stiegen in diesem Diagramm die Linien am steilsten an und erreichten zum Großteil schon ab einer Tiefe von 16 cm einen Eindringwiderstand von 300 N/cm^2 . Lediglich die „Konventionelle Bearbeitung“ lag, wie in den vorherigen Abbildungen, bis 23 cm unter den Anderen und stieg danach wiederum steil an. Abermals herrschten bei diesem System unterhalb der Pflugsohle die höchsten Bodendichten vor.

Deutlich anders, als in den vorherigen Diagrammen, verlief die Linie der „Reduzierten Bearbeitung“. Bis zu einer Tiefe von 23 cm stieg der Widerstand stark an und blieb dann auf einem Niveau knapp unter 500 N/cm^2 , während die Bodendichte bei den anderen Versuchsgliedern weiter anstieg. Im Bereich von 19 bis 27 cm wurden bei der „Reduzierten Bearbeitung“ die höchsten Widerstände aller Systeme gemessen.

Die „Direktsaat“ zeigte einen ähnlichen Verlauf der Kurve. Bis 18 cm Bodentiefe stieg der Widerstand kontinuierlich an, blieb dann auf rund 400 N/cm^2 konstant und stieg ab einer Tiefe von 28 cm wieder an. In den ersten 18 cm wurden in diesem System wiederum die höchsten Werte gemessen.

Bei dem „Integrierten System“ und der „Minimalbodenbearbeitung“ war ein kontinuierlicher Anstieg des Widerstandes, mit leichter Abflachung im Bereich 17 bis 21 cm, zu beobachten.

Ergebnisse

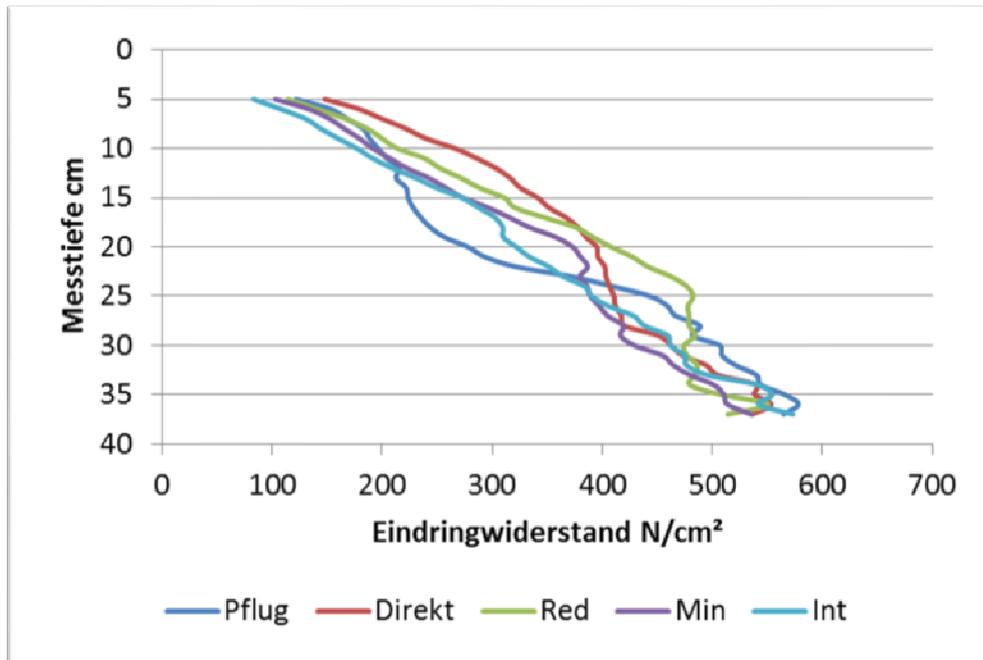


Abbildung 19: Eindringwiderstände in Abhängigkeit der Bodentiefe in den Fahrspuren, Groß Enzersdorf 2011

Für die statistische Auswertung wurden drei unterschiedliche Bodentiefen herangezogen und mittels LSD Test auf signifikante Unterschiede untersucht. Beurteilt wurden die Bodentiefen 8 bis 10 cm, 20 bis 22 cm sowie 32 bis 34 cm. Es wurden je Variante die Mittelwerte der gesamten Messungen aller Wiederholungen gebildet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 aufgelistet.

In der Tiefe von 8 bis 10 cm wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt. Bei der „Direktsaat“ wurden die höchsten Eindringwiderstände mit 207 N/cm² gemessen. Danach folgten die „Konventionelle Variante“ mit 150 N/cm² und die „Reduzierte Bodenbearbeitung“ mit 145 N/cm². Mit 139 und 141 N/cm² lagen die „Minimalbodenbearbeitung“ und das „Integrierte System“ eng nebeneinander. Die Standardabweichungen reichten in dieser Tiefe von 89,4 N/cm² bei der „Reduzierten Bodenbearbeitung“ bis zu 65,2 N/cm² bei der „Minimalbodenbearbeitung“.

Ergebnisse

Hoch signifikante Unterschiede im Eindringwiderstand wurden ab einer Tiefe von 20 cm bis 22 cm festgestellt. Erwartungsgemäß wurden mit 317 N/cm² die höchsten Widerstände bei der „Direktsaat“ aufgezeichnet. Die zweithöchsten Werte wurden in dieser Tiefe beim „Integrierten System“ mit 307 N/cm² erhoben. Danach folgten die „Minimalbodenbearbeitung“ und die „Reduzierte Bodenbearbeitung“. Deutlich unter den Werten der andern Systeme lag die „Konventionelle Bodenbearbeitung“ mit 224 N/cm². Die Standardabweichung in dieser Tiefe reichte von 160 N/cm² bei der „Reduzierten Bearbeitung“, bis 122 N/cm² bei der „Konventionellen Variante“.

In der letzten Spalte der Tabelle sind die Mittelwerte und die Standardabweichung in Bereich zwischen 32 cm und 34 cm Bodentiefe angeführt, welche sich ebenfalls hoch signifikant voneinander unterschieden. Wie in den obigen Diagrammen ersichtlich, wurden in diesem Bereich bei der „Konventionellen Bodenbearbeitung“ die höchsten Eindringwiderstände mit 484 N/cm² gemessen. Danach folgten das „Integrierte System“ und die „Minimalbodenbearbeitung“ mit 463 N/cm² bzw. 451 N/cm².

Die „Direktsaat“ und die „Reduzierte Bearbeitung“ wiesen die geringsten Widerstände auf mit 440 N/cm² bzw. 415 N/cm². Die höchste Standardabweichung wurde bei der „Direktsaat“ mit 157,5 N/cm² berechnet, die niedrigste bei der „Minimalbodenbearbeitung“ mit 125,5 N/cm².

Tabelle 4: Mittlere Eindringwiderstände in drei ausgewählten Bodentiefen, Groß Enzersdorf 2011

BoBeSy	Eindringwiderstand 8 bis 10 cm [N/cm ²]		Eindringwiderstand 20 bis 22 cm [N/cm ²]		Eindringwiderstand 32 bis 34 cm [N/cm ²]	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Pflug	150 a	80,9	224 b	122,8	484 a	134,5
Direkt	207 a	73,6	317 a	135,4	440 bc	157,5
Reduziert	145 a	89,4	291 a	160,2	415 c	145,1
Minimal	139 a	65,2	298 a	131,1	451 ab	125,5
Integriert	141 a	67,4	307 a	145,3	463 ab	145,3
Signifikanz	+		***		***	

Ergebnisse

4.1.3 Bonitur der Trockenschäden

Tabelle 5 zeigt die mittlere Bonität der Erhebung. Ein hoher Wert steht für Bestände mit geringen Welke-Erscheinungen der Zuckerrübe.

Mit 108 Punkten erreichte die „Direktsaat“ den höchsten Wert, das „Reduzierte“ und „Integrierte System“ wiesen sehr ähnliche Werte auf. Die „Konventionelle Bodenbearbeitung“ erreichte mit 78 Punkten den geringsten Wert und stellt somit die Variante mit den meisten Welke-Erscheinungen dar. Die Standardabweichung reichte von 34 Punkten beim „Integrierten System“ bis zu 22 Punkten bei der „Direktsaat“.

Die Mittelwerte waren hoch signifikant unterschiedlich.

Tabelle 5: Mittlere Trockenschaden-Bonität der Rübenbestände, Groß Enzersdorf 2011

BoBeSy	Bonitur Trockenheit	
	\bar{x}	σ
Pflug	78 cd	33
Direkt	108 a	22
Reduziert	97 d	25
Minimal	88 cb	26
Integriert	95 b	34
Signifikanz	***	

4.2 Bestandesdichte

Abbildung 20 zeigt die Bestandesdichten der einzelnen Versuchsglieder. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant. Die höchste Bestandesdichte mit 97.800 Pflanzen pro ha wurde bei der „Minimalbodenbearbeitung“ gezählt. Auch die „Integrierte Bodenbearbeitung“ mit 96.700 und die „Reduzierte Bearbeitung“ mit 94.500 Pflanzen pro ha, lieferten optimale Bestände. Beachtlich war, dass die „Konventionelle Bearbeitung“ nur 93.800 Pflanzen pro ha zählte, obwohl ein optimales Saatbett vorherrschte. Erwartungsgemäß erreichte die „Direktsaat“ mit 91.000 Pflanzen den tendenziell geringsten Bestand, obwohl dieser Bestand für eine „Direktsaat“ außergewöhnlich hoch ist.

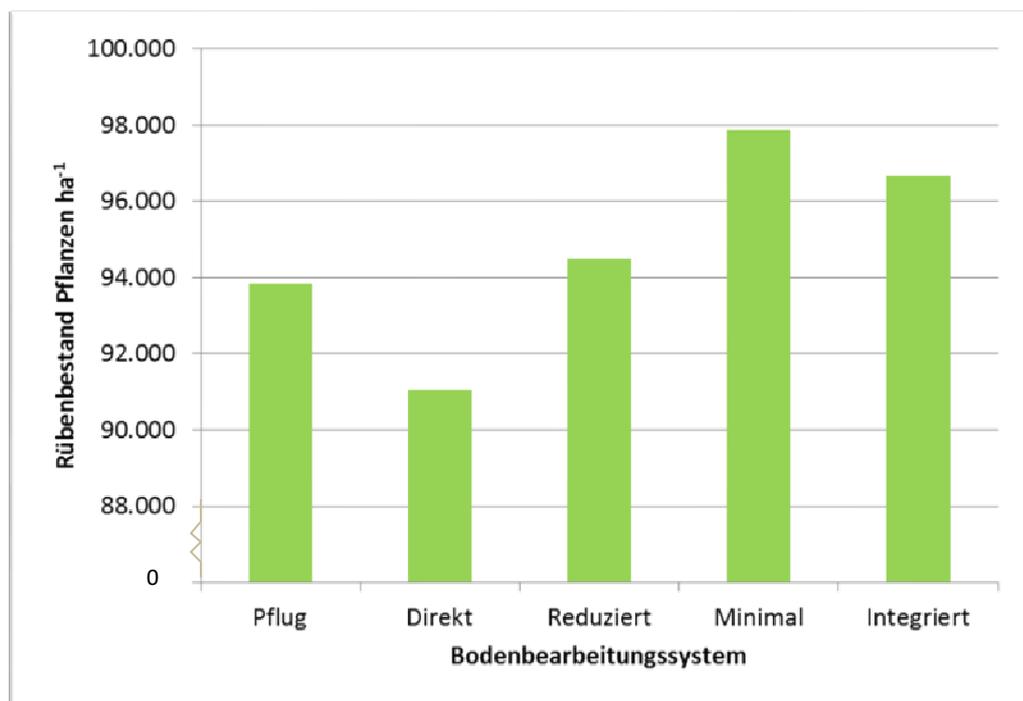


Abbildung 20: Bestandesdichte /ha in den unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen, Groß Enzersdorf 2011

4.3 Blattertrag und Blattqualität

In Tabelle 6 sind sowohl der Trockenmasseertrag in kg ha^{-1} der Zuckerrübenblätter, als auch ausgewählte Inhaltsstoffe der Blätter aufgelistet. Die höchsten Trockenmasseerträge wurden bei der „Direktsaat“ und dem „Integrierten System“ erreicht. Die geringste Blattmasse wurde mit „Reduzierter Bodenbearbeitung“ erzielt. Die Unterschiede waren jedoch nicht statistisch signifikant.

Bei den Trockenmassegehalten wurden hoch signifikante Unterschiede festgestellt. Mit 12,9 % hatte die „Direktsaat“ den niedrigsten Trockenmassegehalt in den Blättern. In den gepflügten Parzellen wurde hingegen ein Trockenmassegehalt von 18,9 % ermittelt. Die Bodenbearbeitungssysteme „Direktsaat“ und „Integrierte Bodenbearbeitung“ unterschieden sich im Merkmal Blatttrockenmasse von den anderen Bearbeitungssystemen. Die getrockneten Blätter wurden auf Stickstoff-, Kohlenstoff- und Schwefelgehalt analysiert. Signifikante Unterschiede konnten jedoch nur im N-Gehalt festgestellt werden. Unterschiede gab es zwischen „Direktsaat“ und allen übrigen Bodenbearbeitungssystemen. Bei der „Direktsaat“ wurde mit 2,49 % der höchste N-Gehalt gemessen. Bei der „Pflugvariante“ mit 2,05 % und der „Integrierten Bearbeitung“ mit 2,03 % wurden die geringsten Stickstoffgehalte ermittelt.

Der höchste Kohlenstoffgehalt wurde bei der „Direktsaat“ erzielt und lag bei 37,3 %. Die niedrigsten Gehalte wurden bei den Varianten „Plug“ und „Integrierter Bearbeitung“ gemessen. Die höchsten Schwefelgehalte wurden bei der „Minimalbearbeitung“ und der „Direktsaat“ mit 0,43 bzw. 0,42 % gemessen. Bei der „Konventionellen Bearbeitung“ mit dem Pflug und dem „Integrierten System“ wurden die geringsten Gehalte ermittelt.

Tabelle 6: Blatttrockenmasseertrag in kg ha^{-1} und ausgewählte Blattinhaltsstoffe, Groß Enzersdorf 2011

BoBeSy	Blatt – TM [kg ha^{-1}]		Blatt – TM Gehalt [%]	N Gehalt [%]	C Gehalt [%]	S Gehalt [%]
	\bar{x}	σ	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Pflug	3.920 a	584	18,9 a	2,05 b	35,2 a	0,36 a
Direkt	4.530 a	1341	12,9 b	2,49 a	37,3 a	0,42 a
Reduziert	3.490 a	641	18,5 a	2,23 b	36,6 a	0,39 a
Minimal	3.760 a	513	18,4 a	2,21 b	36,6 a	0,43 a
Integriert	4.350 a	702	14,9 b	2,03 b	35,1 a	0,37 a
Signifikanz	+		***	*	n. s.	n. s.

Abbildung 21 zeigt den Trockenmasseertrag der Blätter in Relativprozent zur „Konventionellen Bodenbearbeitung“, sowie den Trockenmassegehalt in den Blättern auf der Sekundärachse. Die Säulen zeigen, dass bei der „Direktsaat“ die höchste Blattmasse geerntet wurde, um 16 % mehr als bei der „Pflugvariante“. Mit 11 % höherem Ertrag folgte die „Integrierte Bodenbearbeitung“. Geringere Erträge lieferten die „Reduzierte Bodenbearbeitung“ und die „Minimalbodenbearbeitung“ mit 11 bzw. 4 % geringerem Ertrag als die „Konventionelle Bodenbearbeitung“.

Die blauen Punkte stellen die Ergebnisse aus Tabelle 6 in grafischer Form dar. Sie verdeutlichen den signifikant geringeren Trockenmassegehalt in den Blättern der „Direktsaat“ und im „Integrierten System“. Die übrigen Versuchsglieder lagen annähernd gleich auf.

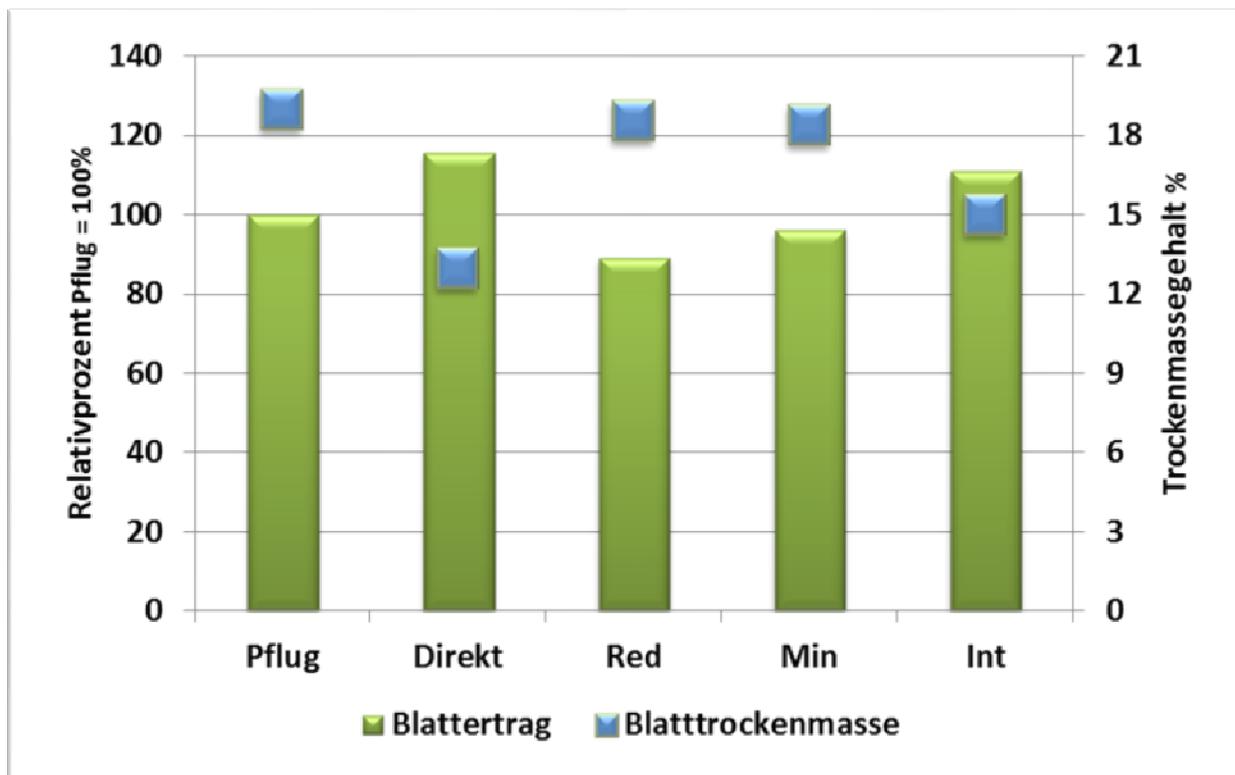


Abbildung 21: Blattertrag in Relativprozent und Trockenmassegehalt [%], Groß Enzersdorf 2011

4.4 Rübenertrag und Zuckergehalt

Bei der Wahl des geeignetsten Bodenbearbeitungssystems sind für den Landwirt die Parameter Rübenertrag und Zuckerertrag von großer Bedeutung (Tabelle 7). In der ersten Spalte sind die Stichprobenmittelwerte und die Standardabweichungen der Rübenerträge dargestellt. Es lagen hoch signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen im Merkmal Rübenertrag vor. Der höchste Rübenertrag wurde in der „Direktsaat“ und in den Parzellen der „Integrierten Bearbeitung“ mit jeweils 74,7 t/ha erreicht. Danach folgte die „Minimalbodenbearbeitung“ mit 71,1 t/ha und mit 66,2 t/ha lagen die Rübenerträge bei der „Reduzierter Bodenbearbeitung“ und der „Konventionellen Bearbeitung“ am niedrigsten. Die „Direktsaat“ wies mit 6,3 t/ha die geringste Standardabweichung auf und die „Integrierte Bearbeitung“ mit 11,7 t/ha die höchste.

Ergebnisse

In der mittleren Spalte ist der Zuckergehalt in der Rübe durch Stichprobenmittelwert und Standardabweichung dargestellt. Die Unterschiede konnten statistisch nicht abgesichert werden. Der höchste Zuckergehalt mit 19,9 % wurde bei der „Konventionellen Bearbeitung“ und der „Minimalbodenbearbeitung“ erreicht. Danach folgten die „Reduzierte Bodenbearbeitung“ mit 19,9 % und das „Integrierte System“ mit 19,7 %. Der geringste Zuckergehalt in der Rübe wurde bei der „Direktsaat“ mit 19,3 % gemessen. Die Standardabweichungen reichten von 0,26 % bei der „Bearbeitung mit dem Pflug“ bis zu 0,63 % bei dem „Integrierten System“. In der dritten Spalte der Tabelle ist der erreichte Zuckerertrag in $t\ ha^{-1}$ ausgewiesen. Die Unterschiede im Zuckerertrag sind laut GLM hoch signifikant. Trotz gleichem Rübenertrag, erzielte die „Integrierte Bodenbearbeitung“ durch den höheren Zuckergehalt mit 14,7 t/ha den höchsten Zuckerertrag im Versuch. „Direktsaat“ mit 14,4 t/ha und die „Minimalbodenbearbeitung“ mit 14,2 t/ha erreichten ebenfalls hohe Ertragswerte. Bei der „Reduzierten Bodenbearbeitung“ und der „Konventionellen Bearbeitung“ wurde der geringste Zuckerertrag mit 13,2 t/ha gemessen. Laut LSD Test unterschieden sich die „Reduzierte Bodenbearbeitung“ und die „Konventionelle Variante“ von den übrigen Versuchsgliedern. Die Standardabweichung lag zwischen 1,4 t/ha bei der „Direktsaat“ und 2,4 t/ha im „Integrierten System“.

Tabelle 7: Rübenertrag in $t\ ha^{-1}$, Zuckergehalt in % TM und Zuckerertrag in $t\ ha^{-1}$, Groß Enzersdorf 2011

BoBeSy	Rübenertrag [$t\ ha^{-1}$]		Zuckergehalt Rübe [%]		Zuckerertrag [$t\ ha^{-1}$]	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Pflug	66,2 c	7,3	19,9 a	0,26	13,2 b	1,5
Direkt	74,7 a	6,3	19,3 a	0,60	14,4 a	1,4
Reduziert	66,2 c	8,1	19,9 a	0,41	13,2 b	1,6
Minimal	71,1 b	9,0	19,9 a	0,58	14,2 a	1,8
Integriert	74,7 a	11,7	19,7 a	0,63	14,7 a	2,4
Signifikanz	***		+		***	

Ergebnisse

In Abbildung 22 sind die Rüben- und Zuckererträge grafisch in Relativprozent zur „Konventionellen Bodenbearbeitung“ dargestellt. Die „Direktsaat“ erreichte einen um 13 % höheren Rüben- und einen um 9 % höheren Zuckerertrag. Die „Reduzierte Bearbeitung“ lag annähernd gleich auf mit der „Konventionellen Variante“. Die „Minimalbodenbearbeitung“ erzielte einen um 7 % höheren Rüben- und Zuckerertrag. Auch im „Integrierten System“ wurde ein 13 % höherer Rüben- und ein 12 % höherer Zuckerertrag berechnet.

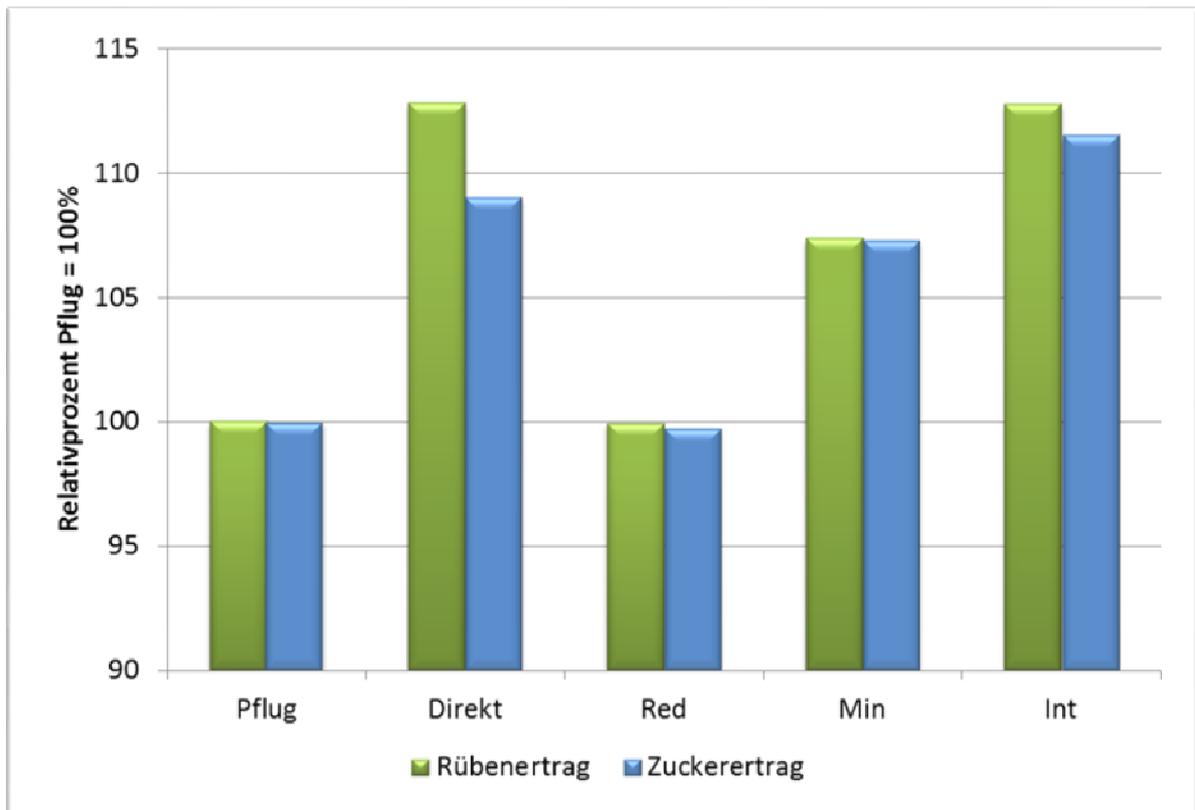


Abbildung 22: Rüben- und Zuckerertrag in Relativprozent zur Konventionellen Bearbeitung

4.5 Ausgewählte Verarbeitungs- und Qualitätskriterien

Neben dem Zuckerrüben-ertrag, sind die angeführten Qualitätskriterien entscheidend in der Zuckerrüben-erzeugung. In Tabelle 8 sind die K, Na, Alpha Amino Stickstoff (AAN) Gehalte und die im UFT ermittelten N, C, und S-Gehalte aufgelistet.

Ergebnisse

Im Gehalt an Kalium, Natrium, Alpha Amino Stickstoff und Kohlenstoff in der Rübe konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Im Stickstoffgehalt unterschied sich jedoch die „Direktsaat“ signifikant von allen anderen Systemen. Im Schwefelgehalt unterschied sich das „Reduzierte System“ von den übrigen vier Versuchsgliedern. Zu signifikanten Unterschieden führten die Systeme „Pflug“ und „Direktsaat“. Die „Minimalbodenbearbeitung“ und das „Integrierte System“ ergaben auch signifikante Unterschiede im Schwefelgehalt.

Der höchste K-Gehalt wurde bei der „Direktsaat“ gemessen, der mit Abstand geringste K- Gehalt wurde in der „Konventionellen Bodenbearbeitung“ ermittelt. Den höchsten Natrium Gehalt in der Rübe erreichte das „Integrierte System“, der geringste Gehalt wurde bei der „Minimalbodenbearbeitung“ gemessen. Die „Konventionelle Variante“ und die „Integrierte Bodenbearbeitung“ zeigten die höchsten AAN Gehalte mit 3,48 bzw. 3,47 mmol/100g Rübe. Mit 3,16 mmol/100g Rübe wurde bei der „Minimalbodenbearbeitung“ der geringste Gehalt festgestellt.

Der signifikant höchste Stickstoffgehalt ergab sich bei der „Direktsaat“ mit 0,69 %. Die übrigen Versuchsglieder waren annähernd gleich. Der Kohlenstoffgehalt im Rübenbrei schwankte nur sehr gering zwischen 39,86 % bei der „Konventionellen Bodenbearbeitung“ und 39,71 % im „Integrierten System“. Signifikantere Unterschiede wurden im Schwefelgehalt ermittelt. Der höchste Gehalt mit 0,110 % wurde bei der „Reduzierten Bodenbearbeitung“ gemessen. Mit 0,097 % erreichte die „Direktsaat“ den geringsten Schwefelgehalt in diesem Versuch.

Tabelle 8: Analyseergebnisse ausgewählter Inhaltsstoffe der Zuckerrübe, Groß Enzersdorf 2011

BoBeSy	Kalium [mmol/100g Rübe]	Natrium [mmol/100g Rübe]	AAN [mmol /100g R]	Stickstoff [%] (Rübe)	Kohlenstoff [%] (Rübe)	Schwefel [%] (R.)
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Pflug	3,42 a	0,35 a	3,48 a	0,63 b	39,86 a	0,098 c
Direkt	3,77 a	0,40 a	3,20 a	0,69 a	39,68 a	0,097 c
Reduziert	3,63 a	0,34 a	3,24 a	0,61 b	39,77 a	0,110 a
Minimal	3,61 a	0,33 a	3,16 a	0,60 b	39,72 a	0,104 b
Integriert	3,66 a	0,50 a	3,47 a	0,60 b	39,71 a	0,104 b
Signifikanz	n. s.	n. s.	n. s.	***	n. s.	***

Neben den Gehaltswerten in der Rübe, wurden auch der Gehalt auf 100° Zucker errechnet, weiters wurde der Dicksaftquotient, der Alkalitätskoeffizient und der Weißzucker Gehalt errechnet, diese Werte sind in Tabelle 9 angeführt. Bei sämtlichen angeführten Kriterien konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

Bei den Systemen „Pflug“, „Reduzierte“- und „Minimalbodenbearbeitung“ wurden mit 94,2 die höchsten Dicksaftquotienten errechnet. Den mit Abstand höchsten Alkalitätskoeffizient erreichten die „Direktsaat“ mit 1,51 und die „Pflugvariante“ mit 1,18 den niedrigsten.

Ein sehr wesentliches Kriterium ist der Bereinigte Zuckergehalt. Der höchste Weißzucker Gehalt wurde bei der „Minimalbodenbearbeitung“ mit 17,93 % errechnet. Ebenfalls hohe Gehalte erreichten die „Reduzierte Bodenbearbeitung“ und die „Konventionelle Bodenbearbeitung“. Der niedrigste Reinzucker Gehalt wurde mit 17,18 % bei der „Direktsaat“ errechnet.

Ergebnisse

In Spalte fünf der Tabelle sind die Kaliumgehalte pro 100° Zucker angeführt. Gleich den Gehalten in der Rübe, wurde bei der „Direktsaat“ der höchste K-Gehalt mit 19,61 meq/100°Z ermittelt. Deutlich darunter lag die „Pflugvariante“ mit 17,19 meq/100°Z. Der höchste Na-Gehalt wurde, wie in der Rübe, im „Integrierten System“ mit 2,55 meq/100°Z festgestellt. Mit 1,68 meq/100°Z und 1,70 meq/100°Z lagen die Gehalte bei der „Minimal“- und der „Reduzierten Bodenbearbeitung“ am niedrigsten. Auch der höchste AAN Gehalt wurde bei „Integrierten System“ mit 17,81 mmol/100°Z berechnet. Ebenfalls hoch lag der Wert bei der „Konventionellen Bodenbearbeitung“. Mit 16,00 mmol/100°Z konnte bei der „Minimalbodenbearbeitung“ der geringste Gehalt festgestellt werden.

Tabelle 9: Bedeutende Qualitätskriterien in der Zuckergewinnung, Groß Enzersdorf 2011

BoBeSy	Dicksaft-quotient	Alkalitäts-koeffizient	Bereinigter Zucker [%]	Kalium [meq /100°Zucker]	Natrium[meq /100° Z]	AAN[mmol /100° Z]
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Pflug	94,2 a	1,18 a	17,73 a	17,19 a	1,74 a	17,51 a
Direkt	93,9 a	1,51 a	17,18 a	19,61 a	2,09 a	16,72 a
Reduziert	94,2 a	1,34 a	17,85 a	18,26 a	1,70 a	16,40 a
Minimal	94,2 a	1,35 a	17,93 a	18,14 a	1,68 a	16,00 a
Integriert	93,8 a	1,32 a	17,53 a	18,60 a	2,55 a	17,81 a
Signifikanz	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

In Tabelle 10 sind die Boniturergebnisse von Beinigkeit, Erdanhang und Fraßschäden angeführt. Beurteilt wurden die geernteten Zuckerrüben von 1 bis 5, wobei 1 den gewünschten Zustand darstellte. Es zeigten sich tendenziell Unterschiede, jedoch konnten diese statistisch nicht abgesichert werden. Die höchste Anzahl beiniger Rüben trat bei der „Direktsaat“ auf, bei der „Konventionellen Bearbeitung“ gab es mit Abstand am wenigsten beinige Rüben.

Ergebnisse

Im Erdanhang gab es nur sehr geringe Unterschiede, den höchsten Erdanhang gab es bei den Rüben der „Minimalbodenbearbeitung“. Die meisten Fraßschäden durch Mäuse konnten bei der „Direktsaat“ festgestellt werden, die übrigen Versuchsglieder hingegen zeigten kaum Unterschiede.

Tabelle 10: Boniturergebnisse von Beinigkeit, Erdanhang und Fraßschäden der geernteten ZR, Groß Enzersdorf 2011

BoBeSy	Beinigkeit	Erdanhang	Fraßschäden
	Σ der Bonitur	Σ der Bonitur	Σ der Bonitur
Pflug	19	31	25
Direkt	41	33	33
Reduziert	32	32	26
Minimal	34	39	28
Integriert	34	34	28
Signifikanz	n. s.	n. s.	n. s.

5 Diskussion

5.1 Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf bodenphysikalische und pflanzenphysiologische Parameter

5.1.1 Wurzelkapazität

Bei der Messung der Wurzelkapazität wurden zwischen den verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen hoch signifikante Unterschiede festgestellt. Die höchsten Werte wurden bei der Konventionellen Bearbeitung und der Direktsaat erreicht. Daher ist anzunehmen, dass in beiden Systemen ein optimales Gefüge für die Wurzelbildung vorherrschte. Bei der Konventionellen Bearbeitung (jährlich Pflug) wird dies künstlich durch die intensive Bearbeitung geschaffen, bei der Direktsaat durch natürliche Prozesse. Die übrigen Versuchsglieder erreichten ähnliche Ergebnisse.

DOSTAL et al. (2009) berichten von einem engen Zusammenhang zwischen Wurzelsystemgröße und Ertrag. Vor allem bei trockenen Bedingungen, konnten Gerstensorten mit mehr Wurzelmasse höhere Erträge liefern.

BODNER et al. (2009) verwendeten die Wurzelkapazitätsmessung zur Erfassung der Unterschiede im Wurzelsystem zwischen Khorasan- und Durumweizen. Dabei zeigte sich, dass Khorasanweizen durch das stärkere Wurzelwachstum einen Beitrag zur Trockentoleranz in der Getreidezüchtung leisten kann.

5.1.2 Stomatäre Leitfähigkeit

Bei der Messung der „Stomatären Leitfähigkeit“ zeigten sich hoch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Bodenbearbeitungssystemen. Die Minimalbodenbearbeitung, die Direktsaat und das Integrierte System erreichten die höchsten Werte. Daher ist zu schließen, dass diese Systeme am höchsten mit Wasser versorgt waren. Interessant ist, dass diese Systeme auch die höchsten Rübenenerträge lieferten.

Diskussion

Die niedrigsten Werte wurden bei der Reduzierten und der Konventionellen Bodenbearbeitung gemessen. Diese beiden Bodenbearbeitungssysteme ergaben auch die geringsten Rübenenerträge. Aufgrund dieser Ergebnisse ist anzunehmen, dass ein enger Zusammenhang zwischen stomatärer Leitfähigkeit und Rübenenertrag besteht.

MOHAMMADIAN et al. (2001) verwendeten die Messung der stomatären Leitfähigkeit um Sortenunterschiede in der Trockenheitsresistenz festzustellen. Sie berichteten von einem engen Zusammenhang zwischen Wasserversorgungsgrad der Zuckerrübe und Gasaustausch über die Stomata.

5.1.3 Eindringwiderstand

Wie die angeführten Ergebnisse zeigen, wies bis zu einer Tiefe von 23 cm die Direktsaat die höchsten Eindringwiderstände auf. Die Konventionelle Bearbeitung lag bis zu einer Tiefe von 25 cm deutlich unter den Werten der übrigen Bodenbearbeitungssysteme. Ab einer Tiefe von 27 cm kam es in diesem System zu einem deutlichen Anstieg, bedingt durch die Pflugsohle. Diese Werte decken sich auch mit Ergebnissen älterer Arbeiten (LIEBHARD, 1997)

MAYER (2000) erreichte ebenfalls in der Schicht zwischen 10 und 20 cm die geringsten Widerstände in der Pflugvariante. Durch den Einsatz des Pfluges im Dezember, in dessen Versuch, kam es zu deutlichen Verdichtungen im Bereich der Pflugsohle. Auch TEBRÜGGE und BÖHRNSEN (1995) berichten, dass es bei jährlichem Einsatz des Pfluges zu geringeren Eindringwiderständen in den Bodenschichten bis 30 cm kommt. Auch sie erreichten einen erhöhten Widerstand unterhalb der Pflugsohle.

SCHMUTZER (2002) beobachtete im Oberboden geringere Eindringwiderstände nach Einsatz des Pfluges. Danach kam es in dieser Variante zu einem beinahe linearen Anstieg und starken Bodenverdichtungen. Der Widerstand nach Direktsaat stieg nach einer Tiefe von 10 cm kaum noch an, erst wieder ab einer Tiefe von 38 cm. Auch WAGENTRISTL (1998) ermittelte einen starken Anstieg des Eindringwiderstandes unterhalb der Krumentiefe.

LIEBHARD (1995) erzielte ebenfalls geringere Eindringwiderstände im Bearbeitungshorizont nach Pflugeinsatz. Bei Einsatz einer Tiefenlockerung kam es erst unterhalb von 30 cm zu einer erkennbaren Verminderung der Bodendichte.

Die Messungen in den Rübenreihen 2011 ergaben bedingt durch die höhere Durchwurzelung geringere Eindringwiderstände, als zwischen den Reihen. Die höchsten Verdichtungen wurden erwartungsgemäß in den Fahrspuren gemessen. Die erzielten Ergebnisse decken sich Großteils mit der vorhandenen Literatur.

5.2 Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf die Bestandesdichte

Bei den konservierenden Bodenbearbeitungssystemen ist der Feldaufgang entscheidend für die spätere Ernte, besonders bei Kulturen mit feinkörnigem Saatgut und damit verbundener geringerer Triebkraft (SUMMERER, 2011).

Neben der durchschnittlichen Bestandesdichte ist v.a. der Pflanzabstand zwischen den Rüben entscheidend. Durch Fehlstellen kommt es zu unterschiedlichen Rübengrößen und damit verbundenen Ernte- und Qualitätsverlusten (GEISLER, 1983).

Die Sätechnik ist der entscheidende Faktor für einen hohen Feldaufgang. Beeinflusst wird der Feldaufgang von: (BRUNOTTE, 1991)

- ✓ dem erzielten Rückverfestigungsgrad in den bearbeiteten Varianten
- ✓ der Störanfälligkeit bei der Bewältigung der Mulchauflage
- ✓ der Ablagequalität durch das Säschar
- ✓ einer gleichmäßigen Tiefenführung
- ✓ der Bedeckung des Saatguts durch die Zudeckwerkzeuge.

Durch die Wahl des optimalen Saatzeitpunktes, bei günstiger Bodenfeuchte, konnten bei allen Bodenbearbeitungssystemen des Versuchs 2011 Bestände über 90.000 Pflanzen pro ha erzielt werden. Sogar bei der Direktsaat konnte die gewünschte Ablagetiefe, durch Einsatz eines Lockerungszinkens vor dem Säschar, erreicht werden und der Saatschlitz wurde mit Erde geschlossen. Wie in angeführten Ergebnissen beschrieben, wurden bei der Minimalbodenbearbeitung und dem Integrierten System in der Tendenz leichte Vorteile im Pflanzenbestand erreicht. Bei der Direktsaat wurde zwar die geringste Pflanzenzahl je ha gezählt, jedoch war auch dieser Bestand für eine Direktsaat beachtlich hoch.

Auch SCHMUTZER (2002) berichtet von einem optimalen Feldaufgang aller Varianten durch den Einsatz eines Lockerungszinkens vor dem Säschar. Er stellte bei der Minimalbodenbearbeitung und dem Integrierten System die höchsten Bestandesdichten fest. Die weitere Reihenfolge war ident, nur bei der Direktsaat wurde mit knapp 80.000 Pflanzen pro ha ein etwas geringerer Feldaufgang erreicht.

KEMPL (1997) und WAGENTRISTL (1998) berichten von verminderten Feldaufgängen bei der Direktsaat durch erhebliche Schwierigkeit mit der Sätechnik. Die optimale Ablagetiefe wurde nur schwer erreicht und teilweise wurde das Saatgut nicht mit Erde bedeckt. Somit wurde nur ein Bestand von 65.000 Pflanzen pro ha erreicht. Bei Mulchsaat mit nicht abfrostender Zwischenfrucht ergab sich ein um 24 % geringerer Pflanzenbestand, als bei der Konventionellen Saat.

WEGENER (2001) berichtet ebenfalls von einer niedrigeren Bestandesdichte bei Direktsaat. Dies war auf die unzureichende Bedeckung des Saatgutes mit Feinerde durch die feuchten Bedingungen zurückzuführen. Auch die unvollständig abgetrockneten Ernte- und Zwischenfruchtreste sorgten für Probleme und wurden teilweise in den Saatschlitz gedrückt.

Probleme bei der Pflänenablage durch die Erntereste auf der Bodenoberfläche führten auch bei PRINGAS (2005), trotz 11 % höherer Aussaatstärke, zu signifikant geringeren Pflanzenbeständen bei Direktsaat.

5.3 Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf den Blattertrag

Wie die angeführten Ergebnisse zeigen, konnten im Blatttrockenmasseertrag keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Direktsaat und das Integrierte System lieferten die höchsten Blatterträge, das Reduzierte System die Niedrigsten. Im Trockenmassegehalt der Blätter konnten signifikante Unterschiede gemessen werden. Die Direktsaat erreichte die niedrigsten TM- Gehalte, die Konventionelle Bodenbearbeitung die höchsten Gehaltswerte. Der Stickstoffgehalt in den Blättern war in der Direktsaat signifikant am höchsten, die Werte der übrigen Versuchsglieder lagen eng beieinander. In den Kohlenstoff- und Schwefelgehalten konnten keine Unterschiede ermittelt werden.

SCHMUTZER (2002) erzielte ebenfalls die höchsten Blattfrisch- und Trockenmasseerträge in der Direktsaat. Die niedrigsten Blattmasseerträge wurden im Reduzierten System erreicht. Vor allem in trockenen Sommer erweist sich die Direktsaat, durch die bessere Wasserversorgung der Rüben, als vorteilhaft.

KEMPL (1997) erzielte ebenfalls in der Direktsaat die höchsten Blatterträge. Trotz der geringeren Bestandesdichte, wurde im Vergleich zur Konventionellen Bearbeitung der Wachstumsrückstand aufgeholt und mehr Blattmasse gebildet. MAYER (2000) erzielte ebenfalls bei der Direktsaat die höchsten Blattmasseerträge. WAGENTRISTL (1998) berichtet, dass das Blattwachstum bei Direktsaat im Verlauf der Vegetationszeit stark zunahm und bei der Ernte die höchste Blatttrockenmasse erreicht wurde.

RAUCHBERGER (2012) erzielte in der Reduzierten Bodenbearbeitung die höchsten Blattmasseerträge. POHORENYY (1999) berichtet von höheren Blatterträgen nach Einsatz des Pfluges vor dem Zwischenfruchtanbau.

Es ist anzunehmen, dass die Bildung des Blattapparates stark von der Witterung im jeweiligen Versuchsjahr abhängt.

5.4 Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf den Rübenenertrag

Die Ertragsleistung der Zuckerrübe ist von vielen vernetzten Faktoren und im Besonderen abhängig von: der Witterung, dem Produktionsstandort, der Sorte, dem Aussaat- und Erntezeitpunkt, der Stickstoffdüngung, der Bestandesdichte und der Anbautechnik (KOCH und MÄRLÄNDER, 1994).

2011 wurden am Standort Raasdorf bei der Direktsaat und dem Integrierten System die höchsten Rübenenerträge erzielt. Die Konventionelle Bodenbearbeitung und die Reduzierte Bodenbearbeitung erreichten einen um 13 % geringeren Ertrag. Ursache war die Wahl des optimalen Saatzeitpunktes und das höhere Wasserspeichervermögen der Direktsaat im Spätsommer. Eine ähnliche Reihenfolge, wie jene der Rübenenerträge, ergaben die Messungen der stomatären Leitfähigkeit. Die höhere Wasserversorgung im Sommer und Frühherbst führte zu den höheren Zuckerrübenenerträgen in Versuchsjahr 2011. Hervorzuheben ist, dass die Reihung der Trockenmassegehalte im Blatt völlig ident mit jener des Rübenenertrages war. Je geringer der Trockenmassegehalt im Blatt, desto höher war der Rübenenertrag.

PRINGAS (2005) berichtet von ähnlich unterschiedlichen Erträgen bei Pflug-, Lockerboden- und Mulchvariante. Lediglich die Direktsaat lag im Rübenenertrag signifikant unter den Ergebnissen der anderen Varianten. Er begründete dies durch die geringere Bestandesdichte und die zu feuchten Bedingungen bei der Saat. WEGENER (2001) beobachtete ebenfalls einen um 14 % niedrigeren Ertrag bei Direktsaat, im Vergleich zur Konventionellen Bodenbearbeitung. Durch die verzögerte Abtrocknung im Frühjahr und die damit verbundene zu frühe Saat auf den Direktsaatflächen, kam es zu diesen Ergebnissen. Die Lockerboden- und Mulchvariante konnten jedoch auch in diesem Versuch mit der Konventionellen Bearbeitung im Rübenenertrag mithalten.

Höhere Lagerungsdichten und ein gestörter Luft- und Wasserhaushalt können ebenfalls zu einem Wachstumsrückstand bei Direktsaat, im Vergleich zur Konventionellen Bearbeitung, führen (BECKER und MÄRLÄNDER, 1998). Daher sollte die Zuckerrübensaat erst nach Abtrocknung der Mulchreste erfolgen.

KEMPL (1997) berichtet von höheren Rübenerträgen bei Direktsaat im Vergleich zur Mulchsaat mit Saatbettbereitung. Jedoch lagen beide Varianten deutlich unter der Konventionellen Bodenbearbeitung. Dies war auf den geringeren Feldaufgang der Mulchsaatvariante zurückzuführen. WILDMANN (1989) erzielte ebenfalls bei der Mulchsaatvariante, mit vorangegangener Bodenbearbeitung, ähnliche Erträge wie bei der Konventionellen Bearbeitung. Die Direktsaat lieferte geringere Rübenerträge, als die beiden anderen Versuchsglieder. RAUCHBERGER (2012) erzielte im Versuchsjahr 2010 auf derselben Versuchsanlage nach Reduzierter Bodenbearbeitung die höchsten Rübenerträge. An der zweiten Stelle lag die Konventionelle Bodenbearbeitung. Die restlichen Versuchsglieder unterschieden sich kaum im Ertrag. Ursache waren die höheren Niederschläge im Vegetationsjahr 2010. BRUNOTTE (1991) schreibt von gleich hohen Erträgen bei Mulchsaat, wie bei der Konventionellen Bearbeitung. Tendenziell höhere Erträge wurden bei der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung erreicht. Es konnte durch geeignete Saattechnik ein optimaler Feldaufgang bei allen Varianten erreicht werden.

Der Grundstein für einen hohen Rübenertrag liegt in der Sätechnik und dem damit verbundenen, erforderlichen hohen Feldaufgang. Bei Anbau auf abgetrocknetem Saatbett und optimaler Sätechnik, mit genauer Einstellung, können bei den Mulch- und Direktsaatsystemen ähnliche Erträge, wie bei der Konventionellen Bodenbearbeitung, erreicht werden.

5.5 Einfluss des Bodenbearbeitungssystems auf ausgewählte Qualitätsparameter

Im Zuckergehalt in den Rüben gab es zwischen den Bodenbearbeitungssystemen keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell zeigte sich ein geringerer Zuckergehalt in der Direktsaat. Die Minimalbodenbearbeitung mit der höchsten Bestandesdichte erreichte auch den höchsten Zuckergehalt.

BRUNOTTE (1991), WILDMANN (1989) und WOLFGARTEN (1989) berichteten von ähnlichen und tendenziell höheren Zuckergehalten nach Mulchsaat. KEMPL (1997) erzielte kaum Unterschiede im Zuckergehalt und erreichte bei der Mulchvariante tendenziell höhere Gehalte. WEGENER (2001) und PRINGAS (2005) beobachteten keine Unterschiede im Zuckergehalt zwischen den Varianten, jedoch stellten sie standort- und jahresspezifische Unterschiede fest.

Im Kalium Gehalt in der Rübe konnten aufgrund der Bodenbearbeitung keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, jedoch waren die Gehalte an K nach Direktsaat tendenziell höher. Im Gehalt an Natrium konnten keine signifikanten Unterschiede gemessen werden. Tendenziell lagen die Werte nach Direktsaat höher. Im Konventionellen System konnten die Unterschiede nicht abgesichert werden. Es ergaben sich tendenziell höhere Werte nach Konventioneller Bodenbearbeitung.

PRINGAS (2005) konnte in den qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen Natrium und AAN keine signifikanten Unterschiede feststellen, jedoch beobachtete er höhere Werte nach Konventioneller Bearbeitung und Direktsaat. Im Kaliumgehalt stellte er nach Direktsaat signifikant höhere Werte fest. RAUCHBERGER (2012) ermittelte bei der Direktsaat die höchsten Kaliumgehalte in der Zuckerrübe.

WEGENER (2001) konnte nach pflugloser Bearbeitung geringer Gehalte an Natrium und AAN feststellen. Im Gehalt an Kalium lag die Direktsaat signifikant höher. Bestände mit geringeren Pflanzendichten und ungleichmäßigen Abständen wiesen höhere Kaliumgehalt auf (MÄRLÄNDER und RÖVER, 1996). KEMPL (1997) ermittelte geringere Gehalte an K, Na und AAN in den Mulchsaatvarianten und eine damit verbundene bessere Zuckerausbeute (Analysenwerte in der Dicksaftreinheit).

Bei der Bonitur von Beinigkeit, Erdanhang und Fraßschäden konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Es zeigte sich, dass nach Direktsaat die Häufigkeit von beinigen Rüben anstieg, in der Konventionellen Bearbeitung konnten nur wenige beinige Rüben gefunden werden. Diese Bonitur stimmt mit den Messungen des Eindringwiderstandes überein. Die Direktsaat verzeichnete im Oberboden die höchsten Eindringwiderstände, die Konventionelle Bearbeitung die Niedrigsten.

Beim Erdanhang konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Den höchsten Erdanhang gab es bei der Minimalbodenbearbeitung. Die meisten Fraßschäden an den Zuckerrüben wurden in der Direktsaat beobachtet. Aufgrund der ausbleibenden Bodenbearbeitung in der Direktsaat, kommt es zu günstigeren Lebensbedingungen bei den Mäusen. Bei den übrigen Versuchsgliedern konnten keine Unterschiede gefunden werden.

6 Zusammenfassung

Fruchtarten mit größeren Reihenabständen, sind im Zeitraum zwischen der Saat und dem Reihenschluss, sehr anfällig auf Erosion durch Starkregenereignisse. Daher bekommen die erosionsmindernden Maßnahmen, wie Sommer und Herbstbegrünungen mit verbundener Mulchsaat, zunehmende Bedeutung. Aber auch die damit verbundene Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, die Förderung des Bodenlebens und die Erhöhung des Humusgehaltes sind hervorzuheben.

Zur Beurteilung unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme, auf Ertrag und Qualität bei unterschiedlichen Fruchtarten, werden in einem Langzeitversuch, seit 1996, fünf verschiedene Bodenbearbeitungssysteme vergleichend bewertet. Der Versuch liegt in Raasdorf und beinhaltet die Systeme Konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug, Direktsaat, Reduzierte Bodenbearbeitung (Grubber 30 cm), Minimalbodenbearbeitung (Grubber 10 cm) und ein Integriertes System in Abhängigkeit der Fruchtart mit Pflug, Grubber und Tiefenlockerer. Im Rahmen der Diplomarbeit wurden 2011 bodenphysikalische und pflanzenphysiologische Parameter, sowie der Ertrag und Qualitätsparameter der Zuckerrübe, untersucht.

Bei den Wurzelkapazitätsmessungen wurden bei der Konventionellen Bodenbearbeitung die höchsten Werte festgestellt. Die Messungen der stomatären Leitfähigkeit zeigten, dass die Zuckerrüben in der Minimalbodenbearbeitung und in der Direktsaat am höchsten mit Wasser versorgt waren.

Bei den Messungen der Eindringwiderstände zeigte sich, dass bis zu einer Tiefe von 20 cm die Direktsaat die höchste Bodendichte aufwies. Im Bereich zwischen 13 cm und 25 cm wurden bei der Konventionellen Bearbeitung die mit Abstand geringsten Widerstände erhoben. Jedoch stieg bei diesem System im Bereich der darunterliegenden Pflugsohle der Widerstand stark an und ergab den höchsten Widerstand aller Bodenbearbeitungssysteme.

Zusammenfassung

Bei der Reduzierten Bodenbearbeitung konnten die höchsten Bestandesdichten erzielt werden. Die Direktsaat konnte trotz tendenziell geringerer Bestandesdichte die höchsten Blatttrockenmassen und Rübenenerträge erzielen. Durch den höheren Zuckergehalt in den Rüben im Integrierten System, wurde der höchste Zuckerertrag je ha erreicht (im Vergleich zu den übrigen vier Bodenbearbeitungsvarianten).

Das Konventionelle und auch das Reduzierte Bodenbearbeitungssystem, führten im Vegetationsjahr 2011 zu den geringsten Rübenenerträgen und auch zu den niedrigsten Zuckererträgen. Je geringer die Bodenbearbeitungsintensität, desto höher war die Beinigkeit und der Erdanteil der Rüben nach der Ernte 2011.

Entscheidend für optimale Zuckerrübenenerträge sind ein hoher Feldaufgang und eine damit verbundene hohe Bestandesdichte. Aufgrund der jährlich unterschiedlichen Witterung und der standortabhängigen Voraussetzungen, ist es anhand eines einjährigen Versuches nicht möglich, die Langzeitwirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme zu beurteilen.

7 Literaturverzeichnis

BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 260 f, 309-325.

BECKER, C. und B. MÄRLÄNDER (1998): Ertrag und Qualität von Zuckerrüben in dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. Stuttgart: Pflanzenbauwissenschaften 2, 7-15.

BODENKULTUR (2012): Intranet: <http://www.dnw.boku.ac.at/5823.html>. 13. Februar 2012.

BODNER, G.; H. GRAUSGRUBER und M. E. EBRAHIMI (2009): Charakterisierung der Wurzeigenschaften von Khorasan- und Durumweizen mittels kapazitiver Feldmessung und Bildanalyse. 60. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs in Raumberg, 129-131.

BRUNOTTE, J. (1991): Maßnahmen zum Bodenschutz im Zuckerrübenanbau. Darmstadt: KTBL Arbeitspapier 159.

CHLOUPEK, O. (1977): Evaluation of the size of a plant's root system using its electrical capacitance. Plant Soil 48, 525-532.

DALTON, F.N. (1995): In situ root extent measurement by electrical capacitance methods. Plant Soil 173, 157-165.

DECAGON, D. (2012): Operator's Manual Leaf Porometer. Version 12, www.decagon.com, 28. Juni 2012.

DOSTAL, V.; T. STREDA und O. CHLOUPEK (2009): Electric Capacity as a Measure of the Intact Root System Size in the Soil. International Symposium „Root Research and Applications“, Boku Vienna

Literaturverzeichnis

EIGNER, H. und J. HAGLER (2010): Zwischenfrucht und Mulchsaat hüten den wichtigsten Schatz des Landwirtes. Agrozucker 4/2010, 34-35.

EIGNER, H. und G. Sigl (2011): Früher Rübenanbau bringt Mehrertrag. Agrozucker 4/2011, 48.

GEISLER, G. (1983): Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Hamburg: Parey Verlag, 156-176.

KELLER, E.R.; H. HANUS und K.U. HEYLAND (1999): Handbuch des Pflanzenbaues – Knollen und Wurzelfrüchte. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 306-311, 332, 334, 361-366.

KEMPL, F. (1997): Auswirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung auf den Wachstumsverlauf und die Inhaltsstoffe von Zuckerrüben. Wien: Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur Wien.

KOCH, H.J. und B. MÄRLÄNDER (1994): Welchen Beitrag kann die Bodenbearbeitung zum integrierten Anbau von Zuckerrüben leisten?. In: IIRB (Hrsg.): Bericht des 57. IIRB-Winterkongresses in Brüssel, 1-24.

LIEBHARD, P. (1995): Effekte langjähriger unterschiedlicher Primärbodenbearbeitung auf ausgewählte Bodenkennzahlen und das Ertragsverhalten von Winterweizen, Körnermais und Zuckerrübe im semihumiden Ackerbaugebiet Oberösterreichs. Wien: Habilitationsschrift Universität für Bodenkultur Wien.

LIEBHARD, P. (1997): Einfluss der Primärbodenbearbeitung auf Ertrag, Ertragsverhalten und ausgewählte Qualitätskriterien von Zuckerrübe im oberösterreichischen Zentralraum (Teil 8). Austrian Journal of Agricultural Research, 48, 3-14

MÄRLÄNDER, B. und A. RÖVER (1996) Einfluss von Sorte und Bestandesdichte auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben- ein Beitrag zur Lichtkonkurrenz. Zuckerindustrie 119, 39-47.

Literaturverzeichnis

MAYER, J. (2000) Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren und verschiedener Zwischenfrüchte auf die Ertragsleistung bei Zuckerrübe im pannonischen Produktionsraum. Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur Wien.

MOHAMMADIAN, R.; F.R. KHOYI; H. RAHIMIAN und M. MOGHADDAM (2001): The effects of Early Season Drought on Stomatal Conductance, Leaf-air Temperature Difference and Proline Accumulation in Sugar Beet Genotypes. J. Agric. Sci. Technol., Vol. 3, 181-192.

POHORENYY, V. (1999): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf ausgewählte Bodenparameter sowie Ertrag und Verarbeitungsqualität bei Zuckerrübe im pannonischen Produktionsraum. Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur Wien.

PRINGAS, C. (2005): Reduzierte Bodenbearbeitung in einer Zuckerrüben - Winterweizen - Winterweizen – Fruchtfolge. Dissertation Georg August Universität Göttingen.

RAUCHBERGER, E. (2012): Bodenbearbeitungsversuch Raasdorf 2010, Mündliche Mitteilung am 01. Februar 2012.

REFENNER, J.; G. SIGL und P. LIEBHARD (2012): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe im semiariden Produktionsgebiet. 67. Alva Tagung, LFZ für Gartenbau Schönbrunn, 64-66

RÜBENBAUERN (2012): Die Rübenbauern. <http://www.voer.at>, 26. Mai 2012.

SAGARDOY, R.; S. VÁZQUEZ und I.D. FLOREZ-SARASA (2010): Stomatal and mesophyll conductances to CO₂ are the main limitations to photosynthesis in sugar beet (*Beta vulgaris*) plants grown with excess zinc. *New Phytologist* 187, 145-158.

SCHMUTZER, G. (2002): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf N-Dynamik, Eindringwiderstand, Feldaufgang, Ertrag und Qualität bei Zuckerrübe. Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur Wien.

Literaturverzeichnis

SCHOLL, P. (2009): Schätzung des Potentials unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme zur Verbesserung der bodenphysikalischen und -hydraulischen Eigenschaften sowie ihrer Ertragswirkung bei Winterweizen im semiariden Produktionsgebiet. Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur Wien.

SIGL, G.; K. REFENNER; P. LIEBHARD und F. KEMPL (2011): Auf die Bodenbearbeitung kommt es an. Agrozucker 2/2011, 39-41.

SOMMER, C. (1998): Konservierende Bodenbearbeitung - ein Konzept zur Lösung agrarrelevanter Bodenschutzprobleme. Wissenschaftliche Mitteilung der Bundesforschungsanstalt f. Landwirtschaft Braunschweig, 12, 96.

SUMMERER, H. (2011): Der Profi für die Mulchsaat. Top Agrar Österreich 12/2011, 14-16.

TEBRÜGGE, F. und A. BÖHRNSEN (1995): Direktsaat Auswirkungen auf bodenökologische Faktoren und Ökonomie. Landtechnik 50 - 1/1995.

WAGENTRISTL, H. (1998): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf Wachstum und Entwicklung von Zuckerrüben und deren Wurzeln im pannonischen Klimaraum. Dissertation Univ. f. Bodenkultur Wien.

WEGENER, U. (2001): Dauerhafte Bodenbearbeitungsverfahren in Zuckerrübenfruchtfolgen – Ertragsbildung, Rentabilität, Energiebilanz und Bodenerosion im Vergleich. Dissertation Georg August Universität Göttingen.

WILDMANN, R. (1989): Die Auswirkungen von reduzierter Bodenbearbeitung und Gründüngung zum Erosionsschutz auf den Zuckerrübenanbau und die Rübenqualität im Kraichgau. Rheinhessen: Dissertation Universität Hohenheim

WOLFGARTEN, H.J. (1989): Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion und der Nitratverlagerung im Zuckerrübenanbau. Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

8 Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Rübenanbaugebiete in Österreich (Quelle: Rübenbauern, 2012).....	5
Abbildung 2: Landkarte Raasdorf (Quelle: NÖ Atlas).....	10
Abbildung 3: Wetterdaten 2011 Groß Enzersdorf im Vergleich zum langjährigen Mittel	12
Abbildung 4: Versuchsanlage Bodenbearbeitungssystemvergleich Raasdorf.....	13
Abbildung 5: Versuchsfeld Raasdorf Juli s. a. (Quelle: Google maps).....	14
Abbildung 6: Messung der Wurzelkapazität Groß Enzersdorf 2011 bei Zuckerrübe	18
Abbildung 7: Messung der stomatären Leitfähigkeit mit dem Leaf Porometer	19
Abbildung 8: Bonitierung einer Parzelle auf Trockenschäden bei ZR).....	20
Abbildung 9: Optische Beurteilung der Wasserversorgung und Bonitur bei ZR.....	20
Abbildung 10: Eindringwiderstandsmessung mittels Penetrologger bei ZR22	
Abbildung 11: Blatternte auf einer Teilfläche von 6 m ²	22
Abbildung 12: Blatttrockenmasse gehäckselt sowie laborvermahlen.....	23
Abbildung 13: Darstellung der Messungen und geernteten Rübenreihen.....	25
Abbildung 14: Kartierung der Finanzbodenschätzung im Bereich der Versuchsanlage	26
Abbildung 15: Durch Seichtgründigkeit des Bodens geschädigter Rübenbestand.....	27
Abbildung 16: Eindringwiderstand in Abhängigkeit der Bodentiefe	30
Abbildung 17: Eindringwiderstand in Abhängigkeit der Bodentiefe in den Zuckerrübenreihen .	31
Abbildung 18: Eindringwiderstand in Abhängigkeit der Bodentiefe zw. den Rübenreihen	32
Abbildung 19: Eindringwiderstände in Abhängigkeit der Bodentiefe in den Fahrspuren	34
Abbildung 20: Bestandesdichte /ha in den unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen.....	37
Abbildung 21: Blattertrag in Relativprozent und Trockenmassegehalt [%].....	40
Abbildung 22: Rüben- und Zuckerertrag in Relativprozent zur Konventionellen Bearbeitung	42

9 Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Verwendete Präparate und Aufwandmengen der Unkrautbekämpfung	16
Tabelle 2: Verwendete Präparate bei der Fungizidbehandlung	17
Tabelle 3: Wurzelkapazität und stomatäre Leitfähigkeit	29
Tabelle 4: Mittlere Eindringwiderstände in 3 bestimmten Bodentiefen	35
Tabelle 5: Mittlere Bonität der Rübenbestände	36
Tabelle 6: Blatttrockenmasseertrag und ausgewählte Blattinhaltsstoffe	39
Tabelle 7: Rübenertrag, Zuckergehalt und Zuckerertrag	41
Tabelle 8: Analytierte Inhaltsstoffe der Zuckerrübe	44
Tabelle 9: Weiter Qualitätskriterien der Zuckerherstellung	45
Tabelle 10: Bonitursummen von Beinigkeit, Erdanhang und Fraßschäden	46

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

kg	Kilogramm
%	Prozent
°C	Grad Celsius
bzw.	beziehungsweise
z. B.	zum Beispiel
ha	Hektar
t/ha	Tonnen pro Hektar
N/cm ²	Eindringwiderstand in Newton pro Quadratcentimeter
m	Meter
m ²	Quadratmeter
mm	Millimeter
TM	Trockenmasse
Pflug	konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug
Int	Integriertes Bodenbearbeitungssystem
Red	Reduziertes Bodenbearbeitungssystem
Min	Minimalbodenbearbeitung
Direkt	Direktsaat od. No till
UFT	Universitäts- und Forschungszentrum Tulln
AAN	Alpha Amino Stickstoff
mmol	Millimol
mmol/m ² s	Millimol pro Quadratmetersekunde
nF	Nano Farad