

Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Abteilung Pflanzenbau

Universität für Bodenkultur Wien



Auswirkungen langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung
auf ausgewählte Bodenkennzahlen, Wachstumsverlauf und
Qualitätsparameter bei Zuckerrüben unter pannonischen
Produktionsbedingungen

Masterarbeit

Eingereicht von:

Edmund Rauchberger

Betreuung:

Ao.Univ.Prof. Dr. Peter Liebhard
Dipl. Ing. Herbert Eigner, Agrana

Wien, 2014

Danksagung

Für das Gelingen dieser Arbeit gebührt einer Vielzahl von involvierten Personen mein herzlicher Dank. Erst die Summe der vielen Kontakte, Anregungen, Diskussionen und Hilfestellungen ermöglichten eine erfolgreiche Fertigstellung dieser Arbeit. Mit Hilfe eines jeden zusätzlichen Inputs wurde aus dem anfänglich unförmig-scharfkantigen Konglomerat an Daten und Ergebnissen eine formschlüssige, wissenschaftlich fundierte Arbeit.

Für die partnerschaftliche Begleitung und Unterstützung über den gesamten Entstehungsprozess, von der anfänglichen Planung bis hin zur Fertigstellung danke ich Prof. Liebhard der mit seinem umfassenden pflanzenbaulichen Wissen stets ein offenes Ohr für meine Anliegen hatte.

Bei Herrn Dipl.-Ing. Karl Refenner und seinem Team der Versuchswirtschaft der Bodenkultur Wien in Groß Enzersdorf darf ich mich zum einen für die fachlich kompetente Unterstützung bei Fragen zur Versuchspraxis und zum anderen für die tatkräftige Mithilfe bei diversen Probennahmen, Analysen und Ernten bedanken.

In etlichen Diskussionen zur Interpretation der erhobenen Daten lies mich Dipl. Ing. Herbert Eigner an seiner profunden Kenntnis über die Zuckerrübe und den geeigneten Methoden zur Bewertung der Versuchsfragestellung teilhaben. An die Agrana Zucker GmbH richtet sich mein Dank für die labortechnische Unterstützung. Für die statistischen Hilfestellungen und für die Ratschläge auf Augenhöhe bedanke ich mich herzlich bei Dipl. Ing. Gerhard Sigl.

Letztendlich wäre das Gelingen meiner Hochschulausbildung ohne den familiären Rückhalt nicht möglich gewesen. Hier bedanke ich mich für die zweifelsfreie Unterstützung meiner Familie über die gesamte Studiendauer.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung.....	5
1.1	Einleitung.....	5
1.2	Problemstellung	6
1.3	Zielsetzung	7
2	Ausgewählte Literatur	8
2.1	Botanische Besonderheiten der Zuckerrübe	8
2.2	Bedeutung der Zuckerrübe für die österreichische Landwirtschaft.....	9
2.3	Schätzung der zukünftigen Entwicklung im Rübenanbau	11
2.4	Kriterien der Bodenbearbeitung.....	13
3	Material und Methoden	15
3.1	Standort und Boden	15
3.1.1	Versuchsstandort Raasdorf	15
3.1.2	Boden	16
3.2	Witterung und Klima.....	16
3.2.1	Versuchsjahr 2010.....	18
3.3	Versuchsdurchführung	19
3.3.1	Versuchsanlage	19
3.3.2	Kulturführung.....	20
3.4	Methodenbeschreibung der eingesetzten Analysen	23
3.4.1	Bodenbearbeitungssysteme	23
3.4.2	EUf-Bodenuntersuchungen	26
3.4.3	Feldaufgang	27
3.4.4	Bodenbedeckung	27
3.4.5	Eindringwiderstand	28
3.4.6	Zwischenernten.....	29
3.4.7	Ernte	30
3.5	Statistische Auswertung.....	31
4	Ergebnisse	32
4.1	EUf-Bodenuntersuchung	32
4.2	Feldaufgang	35

4.3	Bodenbedeckung.....	35
4.4	Eindringwiderstand.....	38
4.5	Zwischenernten	42
4.5.1	Erste Zwischenernte:	42
4.5.2	Zweite Zwischenernte:	44
4.6	Rübenenerträge und ausgewählte Qualitätskriterien zum Erntetermin	47
5	Diskussion	50
5.1	Einfluss der Bodenbearbeitung auf bedeutende Pflanzennährstoffe in der Bodenkrume	50
5.2	Einfluss der Bodenbearbeitung auf Wachstum und Entwicklung der Zuckerrübe	51
5.3	Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Eindringwiderstand.....	53
5.4	Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Rüben- und Blattertrag	56
6	Conclusio.....	59
7	Zusammenfassung.....	60
8	Summary	63
9	Abkürzungsverzeichnis	66
10	Literaturverzeichnis.....	67
11	Tabellenverzeichnis.....	76
12	Abbildungsverzeichnis	77

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

1.1 Einleitung

Die Landwirtschaft wird als multifunktionaler Raum verstanden, an den von verschiedensten Interessensbereichen, Erwartungen und Forderungen, formuliert werden.

Die „**Multifunktionalität**“ der Landwirtschaft bedeutet, dass diese neben der „**primären Agrarproduktionsfunktion**“ **noch** Funktionen in den Bereichen Natur-Umweltschutz, dem Erhalt und der Förderung von Biodiversität, als auch in den Bereichen des Freizeit- und Erholungsraumes, sowie der Wahrung der Kulturlandschaft zu erfüllen hat.

Diese Funktionen beeinflussen in ihrem Zusammenspiel zum einem die Leistungsfähigkeit und Rentabilität des Landwirtschaftssektors und zum anderem die Qualität des Lebensraumes. Die Lebensraumqualität trägt ihrerseits wiederum zur Akzeptanz der Landwirtschaft in der Allgemeinheit bei (HENKEL, 1993; OECD, 1998; MÜLLER, 1999).

Der Zuckerrübenanbau ergibt einen Teil des Spannungsfeldes im sorgsamem Umgang mit dem Lebensraum Boden und dessen Funktionen. Anpassungen von Produktionsmaßnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit müssen gegenüber der Bevölkerung vermittelt werden, um eine positive Grundstimmung gegenüber der Landwirtschaft zu etablieren. Die Forderung an die Landwirtschaft, die Funktionen eines intakten „**Multifunktionalen Raumes**“ bereitzustellen, ist ein hohes Anliegen der Gesellschaft.

Für die österreichische Landwirtschaft ist das österreichische Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL-Programm) bedeutend, dass derzeit in der vierten Version als ÖPUL-Programm-2007 bis zur anstehenden GAP-Reform 2013/14 wirkt. Ziel des ÖPUL-Programms ist eine flächendeckende und breite Umweltorientierung der österreichischen Landwirtschaft. Eckpfeiler sind der Boden- und Gewässerschutz sowie der Erhalt der Artenvielfalt.

Anreize zur Teilnahme an den ÖPUL-Programmen sind durch Ausgleichszahlungen, für den entstehenden Mehraufwand bzw. Mindererlös gegeben (UMWELTBUNDESAMT, 2010a).

Den Einfluss, den das ÖPUL-Programm auf den Zuckerrübenanbau ausübt, geht in erster Linie von den Maßnahmen des thematischen Bereiches des Boden-, Klima- und Wasserschutzes aus. Relevante Maßnahmen sind, die Begrünung von Ackerflächen, Mulch- und Direktsaat, vorbeugender Gewässerschutz, etc. (LEBENS MINISTERIUM, 2010). Als Konsequenz gehen ein Teil der für den Zuckerrübenanbau vorgesehene Felder mit Zwischenfrucht über den Winter. Daher ist ein zusätzliches Zwischenfruchtmanagement bei den Vorbereitungen zur, als auch bei der Rübensaat zu berücksichtigen.

Zukünftig ist mit einer neuerlichen Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen durch die GAP-Reform 2013/14 zu rechnen. Aus den bereits veröffentlichten Positionspapieren der EU Agrar-Kommission geht hervor, dass mit einer massiven Umverteilung des europäischen Agrarbudgets auf die gesamten Mitgliedsstaaten zu rechnen ist. Durch eine, von der WTO geforderte, **Liberalisierung des „primären Sektors“** ist mit beträchtlichen Einkommens-einbußen für die kleinstrukturierte österreichische Landwirtschaft zu rechnen. Es ist davon auszugehen das diverse **„Ausgleichszahlungen“** verstärkt an Umwelt-, Ökologisierung-, Nachhaltigkeits- und Klimaschutzprogramme gekoppelt sein werden. **Durch die Liberalisierung des „primären Sektors“** ist ein weiter steigender Kostendruck in der Pflanzenproduktion absehbar (KOM, 2010; POSCHACHER, 2011).

1.2 Problemstellung

Diese vorhersehbaren Veränderungen verdeutlichen einerseits die Wichtigkeit einer kostengünstigen Bodenbewirtschaftung um unter schwierigeren Marktbedingungen bestehen zu können. Auf der anderen Seite wird der nachhaltige Umgang mit den Ressourcen in der Landwirtschaft zukünftig eine zentrale Rolle bei der Beurteilung dieser einnehmen.

Durch diese verschärften Rahmenbedingungen besteht verstärkt der Bedarf von Maßnahmen zur Kostensenkung in der Primärproduktion. Jedoch ohne entstehende Einbußen bei Qualität, Ertrag und Umweltverträglichkeit hinzunehmen.

1.3 Zielsetzung

Für den Zuckerrübenanbau stellen modifizierte Bodenbearbeitungsverfahren aus betriebswirtschaftlicher Sicht eine mögliche Stellschraube dar, um eine Kostenreduktion zu realisieren. Die Bodenbearbeitung ist ein spezieller Bereich im Zuckerrübenanbau und ergibt einen wesentlichen Anteil an den Produktionskosten. Üblicherweise erfolgen energieintensive Lockerungsmaßnahmen auf Krumentiefe vor dem Anbau von Zuckerrüben (BECKER, 1997; LINKE, 1998; STEPHAN, 1999). Eine Überlockerung des Oberbodens durch eine intensive, krumentiefe Bodenbearbeitung, kann zu negativen Umwelteffekten, in Form von Wassererosion, oder einer weiteren energieintensiven Nachbodenbearbeitung nach einer feuchten Ernte führen. Um dem entgegen zu steuern, können pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren einen bedeutenden Beitrag leisten.

Unter den angeführten Rahmenbedingungen gilt es aus der Sicht der praktischen, nachhaltig wirtschaftenden Landwirtschaft, pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Produktionsfaktoren in ein optimales Gleichgewicht zu bringen, um mit den gegebenen Ressourcen bestmögliche pflanzenbauliche Bedingungen zu schaffen.

Grundvoraussetzungen für den erfolgreichen Zuckerrübenanbau sind ein hoher und rascher Feldaufgang, ein ungestörter Gasaustausch des Bodens, eine angemessene Nährstoffversorgung, ein hoher Rübenenertrag mit einem optimalen Verhältnis der Inhaltsstoffe.

Die vorliegende Arbeit untersucht im Vegetationsjahr 2010 die Auswirkungen bei Zuckerrübe als ein Fruchtfolgeglied in einer Langzeitversuchsanlage. Auf dieser Versuchsanlage befinden sich fünf, der Eingriffsintensität nach abgestufte Primär-Bodenbearbeitungssysteme. Anhand von Untersuchungen ausgewählter Pflanzen- und Bodenparameter betreffend der Zuckerrübenentwicklung und der Ertragsbildung, sollen die möglichen pflanzenbaulichen Potentiale der Bodenbearbeitungsvarianten unter gegebenen Bedingungen aufgezeigt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurden auf einem Langzeitversuch an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß Enzersdorf bei Zuckerrübe folgende Parameter erfasst:

- EUF-Gehaltswerte
- Feldaufgang
- Bodenbedeckung
- Eindringwiderstandsmessungen

Zur Beurteilung des Ertrages und der Verarbeitungsqualität der Zuckerrübe wurden folgende Beerntungen vorgenommen:

- Zwischenernten
- Ernte

2 Ausgewählte Literatur

2.1 Botanische Besonderheiten der Zuckerrübe

Die Zuckerrübe (*Beta vulgaris* var. *altissima* Doell), gehört zur Familie der Chenopodiaceae (Gänsefußgewächse) (GEISLER, 1988).

Die Zuckerrübe ist eine zweijährige Pflanze, die im ersten Jahr Nährstoffreserven anlegt und im darauffolgenden Jahr die generative Phase durchläuft. Die umgewandelte Pfahlwurzel und Teile des Hypokotyls dienen als Speicherorgane (FRANKE et al., 1988).

Die Zuckerrübe ist ein Tiefwurzler und reagiert empfindlich auf Bodenverdichtungen. Bei Schadverdichtungen im Wurzelhorizont kommt es zu vorzeitigen Blattverfärbungen und zur Wurzelbeinigkeit. Ein entsprechend gelockerter Unterboden ist Voraussetzung für eine optimale Wasser- und Nährstoffversorgung über die Wurzel. Die Rübenwurzel ist befähigt, bei entsprechender Bodenmächtigkeit bis in eine Tiefe von zwei Meter vorzudringen (FRANKE et al., 1988).

Ein optimaler Rüben- bzw. Zuckerertrag ist nicht nur stark vom optimalen Angebot an Nährstoffen und Wasser abhängig, sondern auch von der Bestandsdichte. Diese wird vor allem durch die Saatstärke und den Feldaufgang beeinflusst. Da bei Saat auf Endbestand die Aussaatdichte vorgegeben ist, stellt der Feldaufgang den entscheidenden Parameter für die Bestandsdichte dar. Es muss daher versucht werden, über die Bodenbearbeitung günstige Ausgangsbedingungen für einen hohen Feldaufgang zu schaffen. Im mitteleuropäischen Klimaraum liegt das Optimum der Bestandsdichte zum Erreichen hoher Rübenenerträge zwischen 6 bis 9 Pflanzen pro Quadratmeter (WINNER, 1981).

2.2 Bedeutung der Zuckerrübe für die österreichische Landwirtschaft

Die große Bedeutung des Zuckerrübenanbaues im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen liegt in der hohen Produktion an Nahrungsenergie pro Flächeneinheit. Im Vordergrund steht dabei die Nutzung des Rübenkörpers zur Gewinnung von Zucker (FRANKE et al., 1988).

Zur Verdeutlichung des hohen Potenzials der Zuckerrübe werden die durchschnittlichen Rüben- und Weißzuckererträge von 1934 der Ernte 2010 zum Vergleich gegenübergestellt:

- Im Jahre 1934 betrug die österreichische Zuckerrüben-Anbaufläche 49.000 ha, wobei aus einem durchschnittlichen Ertrag von 28 t/ha etwa 4,5 t/ha polarisierter Zucker gewonnen werden konnten (VÖR, 2011).
- Im Jahr 2010 betrug die Anbaufläche ca. 44.800 ha. Dies entspricht einem 8,5 % geringeren Flächenausmaß als 1934. Der durchschnittliche Hektarertrag lag bei 69,8 Tonnen, was eine Steigerung von rund 240 % bedeutet. Aus dieser Fläche konnten 490.998 t polarisierter-Zucker gewonnen werden. Dies entspricht einer Menge von 10,95 t/ha polarisierter-Zucker (AGRANA, 2012).

Bei einem Deckungsbeitrags-**Vergleich „Zuckerrübe gegenüber Getreide“**, kam KIRNER (2010) bei seinen gegenüberstellenden Berechnungen zum Ergebnis, dass der Deckungsbeitrag (DB) für Quotenrübe deutlich über den in Frage kommenden Alternativen liegt. Es wurde in Abhängigkeit von den verschiedenen Produktionsgebieten ein „DB-Quotenrübe“ im Bereich von 652 bis 970 **€/ha** errechnet. Bei einem angenommenen Produktpreis von 24 **€/t** für die **Industrierübe, konnte sich der „DB-Industrierübe“** nur noch in manchen Gebieten gegen die Alternativkulturen behaupten. KIRNER (2010) kommt zu dem Schluss, dass die Quotenrüben auch unter dem momentan vorherrschenden Preisniveau der Alternativkulturen, auf kurz- und mittelfristige Sicht ein lukratives Glied in einer Mähdrusch dominierten Fruchtfolge darstellt.

Für eine Entscheidung zum Anbau von Industrierüben, für das Erntejahr 2011, ist jedoch eine betriebsspezifische Abwägung der vorhandenen betrieblichen Ressourcen notwendig.

2.3 Schätzung der zukünftigen Entwicklung im Rübenanbau

POSCHACHER (2011) skizziert bei seinem Überblick über „Die Gemeinsame Agrarpolitik bis 2020“ drei Hauptziele, die im Positionspapier der EU-Kommission genauer definiert werden. Die Inhalte der ersten beiden Hauptziele sind für den durchgeführten Versuch durchaus von Bedeutung und werden im nachfolgenden ausgeführt:

- Rentable Nahrungsmittelerzeugung
 - Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und Steigerung des Wertschöpfungsanteils in der Landwirtschaft
 - Ausgleich für Probleme bei der Erzeugung in Gebieten mit natürlichen Einschränkungen

- Nachhaltige Bewirtschaftung
 - Gewährleistung nachhaltiger Produktionsverfahren und Sicherstellung der verstärkten Bereitstellung ökologischer öffentlicher Güter
 - Förderung umweltfreundlichen Wachstums durch Innovation
 - Maßnahmen zum Klimaschutz

Zur Ausrichtung der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) nach 2013 sieht POSCHACHER (2011) eine grundsätzliche Anpassung der bisherigen Instrumente erforderlich. Bei den Direktzahlungen betreffen die Anpassungen die Einkommenswirkung, Effizienzsteigerung und Neugestaltung der bisherigen Regularien. Die künftige Direktzahlung könnte auf eine Grundsicherung für die Einkommen und auf eine Ökologisierungskomponente abgestellt werden. An der allgemeinen Marktorientierung der GAP soll auch nach 2013 festgehalten werden. Eine weitere Anpassung der Zuckermarktordnung nach 2013 steht noch zur Diskussion (POSCHACHER, 2011).

Zur Frage der Konkurrenzfähigkeit von Zuckerrüben nach dem geplanten Ende der Zuckermarktordnung (ZMO) im Jahr 2014/15 und deren Auswirkung auf die Einkommensentwicklung für die Rübenbetriebe, unter den veränderten Rahmenbedingungen der GAP-Reform ab 2014, führte KIRNER (2010) im

Dezember 2008 eine Studie im Auftrag der Vereinigung österreichischer Rübenbauernorganisationen (VÖR) durch. Grundlage der Studie sind vier, für den Zuckerrübenanbau, relevante Regionen. Unter Annahme von sechs möglichen Entwicklungen des Zuckersektors wurden mehrere Szenarien berechnet.

Aufgrund der Ergebnisse der angenommenen Szenarien formuliert KIRNER (2010) sein Resümee der Studie wie folgt:

- Nur bei einem Mindestmaß an Außenschutz für Zucker in der EU ist mit einer weiteren Produktion von Zuckerrüben in Europa bzw. Österreich zu rechnen. Will man weiterhin heimischen Zucker in den Regalen, dann sind solche Schutzmechanismen auch für die Zeit nach 2014/15 notwendig.
- Änderungen bei den Direktzahlungen wirken sich deutlich auf das Einkommen von Ackerbaubetrieben aus. Bei stärkeren Kürzungen nach 2013 müssten die Betriebe deutlich mehr Fläche bewirtschaften (auch bei höheren Produktpreisen), um ein vergleichbares Einkommen zu erzielen. Das heißt, überproportional viele Ackerbauern müssten dann gleichzeitig aus der Produktion aussteigen.

Die Studie verdeutlicht die Herausforderungen für die Ackerbaubetriebe, betreffend der Einkommensentwicklung nach Umsetzung der GAP nach 2013/14. Bei Unterstellung einer 20 prozentigen Kürzung der Direktzahlungen ist, bis auf das optimistischste Szenario, mit niedrigeren Einkünften zu rechnen.

Eine, wie in den Varianten angenommene, 20 prozentige Kürzung der Direktzahlungen darf aber nicht als worst-case-Szenario verstanden werden. Es besteht in jedem der möglichen Szenarien der Bedarf einer kostengünstigen, effizienten und ökologischen Kulturführung, unter zumindest gleichem Ertrags- und Qualitätsniveau, um in Zukunft erfolgreich Zuckerrübenanbau zu betreiben.

2.4 Kriterien der Bodenbearbeitung

Der Entwicklung und Veränderung von Boden als Ökosystem liegen zum Großteil sehr langfristige Prozesse zugrunde. Boden kann viele Beeinflussungen kompensieren, deshalb sind Schädigungen auch oft erst nach langer Zeit erkennbar. Dies bedingt auch, dass negative Auswirkungen nur schwer oder gar nicht rückgängig gemacht werden können – zerstörte Böden sind meist unwiederbringlich verloren (UMWELTBUNDESAMT, 2010b).

„Speziell beim Anbau von Reihenkulturen wie der Zuckerrübe ist der Boden zwischen Saatbeetbereitung und früher Jugendentwicklung bis hin zum Reihenschluss als besonders sensibel hinsichtlich der Erosionsanfälligkeit einzustufen“ (SCHOLZ et al., 2007).

„Ein intakter Boden ist die Grundlage einer nachhaltigen Pflanzenproduktion, die sowohl heute als auch in Zukunft hohe Erträge und Qualitäten ermöglicht“ (GISI et al., 1997). Ein besonderes Interesse der Landwirtschaft und des Umweltschutzes gibt es daran, den Produktionsfaktor Boden zu schützen und dessen Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit zu erhalten. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung müssen neben den ökonomischen auch ökologische und soziale Bedürfnisse unserer Gesellschaft berücksichtigt werden, ohne die Entwicklungschancen künftiger Generationen zu beeinträchtigen (WCED, 1987).

Es ist daher nur mit einer umweltschonenden Produktion möglich, qualitativ hochwertige und nachhaltige Lebensmittel zu erzeugen, ohne mit einem zukünftigen Verlust von Ressourcen rechnen zu müssen. Die landwirtschaftliche Bodennutzung ist dabei unter dem Begriff „gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft“ geregelt und beinhaltet folgende wesentliche Punkte (DIECKMANN, 2009):

- Die Bodenbearbeitung soll standortangepasst erfolgen.
- Die Bodenstruktur soll erhalten oder verbessert werden.
- Die Bodenverdichtungen und Bodenabträge sollen möglichst vermieden werden.
- Die naturbetonten Strukturelemente der Feldflur sollen erhalten bleiben.
- Die biologische Aktivität des Bodens soll gefördert werden.
- Der standorttypische Humusgehalt des Bodens soll erhalten bleiben.

Für die Sicherung einer nachhaltigen Pflanzenproduktion ist die Wahl des Bodenbearbeitungsverfahrens ein maßgebliches Element. Durch die Bodenbearbeitung werden bei der Marktfruchtproduktion in besonderem Maß ökonomische und ökologische Komponenten beeinflusst, so dass deren Bewertung unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit von besonderer Bedeutung ist (WEGENER, 2001).

Nach KTBL (1993) unterscheidet die moderne Landwirtschaft zwischen konventioneller Bodenbearbeitung, die durch den Einsatz des Wendepfluges auf Krumentiefe geprägt ist und pflugloser Bodenbearbeitung. Bei pflugloser Bodenbearbeitung wird zusätzlich noch zwischen konservierender Bodenbearbeitung und dem vollständigen Verzicht auf Bodenbearbeitung (Direktsaat) differenziert. Konservierende Bodenbearbeitung ist definiert als mischende, lockernde Bodenbearbeitung ohne den Einsatz des Wendepfluges, im weiteren als reduzierte Bodenbearbeitung definiert. Dabei kann die Eingriffsintensität (+/- Bearbeitungstiefe) variieren, wobei nach konservierender Bodenbearbeitung immer ein Bodenbedeckungsgrad durch Pflanzenrückstände der Vorfrucht von mehr als 30% angestrebt wird (LINDSTROM und ARCHER, 2003). Die Mulchaufgabe senkt bei Niederschlagsereignissen die kinetische Energie der Regentropfen und die Schleppkraft des Wassers. Dadurch vermindert sich der Abtrag von Bodenpartikel und Nährstoffen. Pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren haben ein großes Potential, erosive Bodenabträge zu vermindern (DIECKMANN et al., 2004). Neben Erosionsminderung kann pfluglose Bodenbearbeitung positiv auf die Bodenstruktur wirken und die Tragfähigkeit verbessern. Der Einsatz des Wendepfluges kann zu einer Überlockerung der Krume führen. Im Gegensatz zur Bearbeitung mit dem Pflug führt konservierende Bodenbearbeitung zu einer natürlich dichteren Lagerung des nicht mehr bearbeiteten Teils der Krume (STOCKFISCH et al., 1999). Dadurch kann die Tragfähigkeit verbessert und die Druckverlagerung in den Unterboden bei Befahrung mit schweren Maschinen reduziert werden (BRUNOTTE et al., 2000, VAN DER VEER et al., 2005). Eine Veränderung der Eingriffsintensität bei der Bodenbearbeitung zieht direkte und indirekte Wirkungen im System Boden/Pflanze nach sich (PEKRUN et al., 2003). Diese hängen neben der Bodenbearbeitung auch von den jeweiligen Standorteigenschaften, dem Bodenzustand und der Bewirtschaftung des Schlages, sowie der jeweiligen

Konstellation von Bodenzustand, Witterungsverlauf und Pflanzenentwicklung ab (RICHTER, 1995). Zahlreiche seitdem erzielte Versuchsergebnisse machen deutlich, dass sich mit diesen Verfahren zumeist ein vergleichbarer Ertrag wie mit der pflügenden Bearbeitung erzielen lässt (MARLÄNDER, 1978; EHLERS und CLAUPEIN, 1994; HOFFMANN und KOCH, 1998). Insbesondere die konsequente Betriebsumstellung auf dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitung bietet enorme betriebswirtschaftliche Rationalisierungsmöglichkeiten (BECKER, 1997). Um mit betriebs- und standortspezifischen angepassten Verfahren konservierender Bodenbearbeitung die Produktionskosten zu senken und die Rentabilität zu steigern, ist ein gleich hohes Ertragsniveau wie im konventionellen Anbau Voraussetzung (WEGENER, 2001).

3 Material und Methoden

3.1 Standort und Boden

Das Marchfeld ist die größte Ebene und das für die Agrarproduktion bedeutendste Gebiete Österreichs. Geographisch liegt es nordöstlich von Wien. Die flächenmäßige Ausdehnung beträgt 930 Quadratkilometer, bei einer Seehöhe von 137 bis 165 m. Eine Abgrenzung erfolgt im Norden durch die Ausläufer des Bisamberg, im Süden durch die Donau, im Osten durch die March und im Westen durch die Bundeshauptstadt (BOKU, 2011).

3.1.1 Versuchsstandort Raasdorf

Die Versuchsanlage liegt südlich der Ortschaft Raasdorf in der KG Pysdorf - Raasdorf. Der Schlag wird als Herrschaftsbreite bezeichnet und liegt in der Praterterasse auf einer Seehöhe von rund 156 m. Die vorherrschenden Klima- und Bodenverhältnisse sind für das pannonische Produktionsgebiet repräsentativ und ermöglichen eine praxisgerechte Versuchsarbeit. Der Standort ist der Versuchsanstalt Groß-Enzersdorf zugehörig und wurde als Langzeit Bodenbearbeitungsversuch angelegt. Die ersten Untersuchungen auf der Anlage erfolgten im Vegetationsjahr 1996.

3.1.2 Boden

Am Versuchsstandort Raasdorf liegen für das Marchfeld typische Tschernoseme vor, welche aus kalkhaltigen Feinsedimenten entstanden sind. Bei der Tiefgründigkeit gibt es beträchtliche Unterschiede. Laut österreichischer Bodenkartierung befinden sich auf der Versuchsfläche zwei Bodenformen.

Zum einen wird die Bodenform 20 ausgewiesen. Bei diesem Tschernosem handelt es sich um die hochwertigere Bodenform. Eine gute Wasserversorgung gründet sich auf die hohe Speicherkapazität bei gleichzeitig mittlerer Durchlässigkeit. Er weist einen tiefgründigen A-Horizont, mit Humusgehalten bis über 3 % auf.

Der zweite Tschernosem wird als Bodenform 17 bezeichnet. Er gründet auf Schotter im Unterboden und weist eine geringere Gründigkeit und Wasserspeicherkapazität auf. Er ist als mittelwertiger Ackerboden einzustufen.

Aus der österreichischen Bodenkartierung und von vorhergehenden Arbeiten (WAGENTRISTL, 1998) ist bekannt, dass die Bodenprofile am Versuchsstandort in sehr kleinräumigen Bereichen stark variieren. Begründet ist dies durch den Einfluss von Schotterlinsen und -zungen. In diesen Bereichen reicht die Gründigkeit nicht tiefer als etwa 50 cm. Diese kleinräumigen Differenzen bei den Bodenbonitäten wurden bei Beobachtungen im Versuchsjahr 2010 in einer Phase mit längerer Trockenheit, durch optisch erkennbare abgegrenzte Rübennester mit Welkeerscheinungen bestätigt.

3.2 Witterung und Klima

Am Standort Raasdorf herrschen pannonische Klimabedingungen vor.

Die Klimabedingungen zeichnen sich durch den starken kontinentalen Einfluss mit einhergehender Abnahme der Niederschläge aus. Jahresniederschläge erreichen im langjährigen Mittel Werte um 550 Liter pro Quadratmeter (mm). Weitere Merkmale sind hohe Jahresamplituden, im Sommerhalbjahr kommt es zu einer starken Erwärmung und im Winterhalbjahr zu einer ausgeprägten Abkühlung, mit einem Januarmittel unter -1 °C (BOKU, 2011). Generell lässt sich feststellen, dass sich die jährliche Zahl der Hitzetage seit Mitte des vorigen

Jahrhunderts beträchtlich erhöht hat. Die größte Zunahme der letzten 50 Jahren erfolgte in den Bereichen niedriger Seehöhen (ZETTER, 2008).

Vorteile in der pflanzlichen Produktion sind die hohe Sonnenscheindauer von bis zu 2.000 h/Jahr und die Temperatursumme von in etwa 3.000 °C pro Jahr. Durch diese natürlichen Wachstumsbedingungen ist eine geringe relative Luftfeuchtigkeit und eine geringe Taubildung. Durch die Topographie vorgegeben ist ein hohes Windaufkommen.

Die in Tabelle 1 angeführten Messwerte, stammen aus der von der Versuchsanlage rund drei Kilometer entfernten Messstation, auf dem Areal der Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf.

Wie in Tabelle 1 ersichtlich, beträgt der jährliche Niederschlag im Mittel der Versuchslaufzeit (1996 bis 2010) 561,5 mm. Im Vergleich dazu beträgt das 30 jährige Mittel 533 mm. Vergleicht man im Zeitraum (1996 bis 2010) die Verteilung der Niederschläge von Winter- zu Sommerhalbjahr, so ist eine Verschiebung der Niederschläge vom Winterhalbjahr hin zum Sommerhalbjahr zu erkennen.

Die mittlere Jahrestemperatur in der Zeit der standortbezogenen Aufzeichnungen (1996 bis 2010) beträgt 10,42 °C im Vergleich dazu liegt das 30 jährige Mittel bei 10,17 °C. Bei gesonderter Betrachtung der Winter- und Sommerhalbjahre ist in beiden Halbjahren im Zeitraum von (1996 bis 2010) eine höhere Durchschnittstemperatur als im 30 jährigen Mittel feststellbar (Boku, 2011).

Tabelle 1: Mittelwerte von **Temperatur** und **Niederschlag** (Boku, 2011)

Zeitraum	Niederschlag (mm)			Temperatur (°C)		
	Jahres-Mittel	Sommer-Mittel	Winter-Mittel	Jahres-Mittel	Sommer-Mittel	Winter-Mittel
15 jähriges Mittel	561,5	386,3	175,2	10,4	17,1	3,8
30 jähriges Mittel	533,2	349,0	184,2	10,2	16,7	3,6
Differenz	28,3	37,3	-9,0	0,3	0,3	0,2

3.2.1 Versuchsjahr 2010

Das Jahr 2010 war im Witterungsverlauf, sowohl in der Verteilung als auch bei den Niederschlagsmengen, außergewöhnlich.

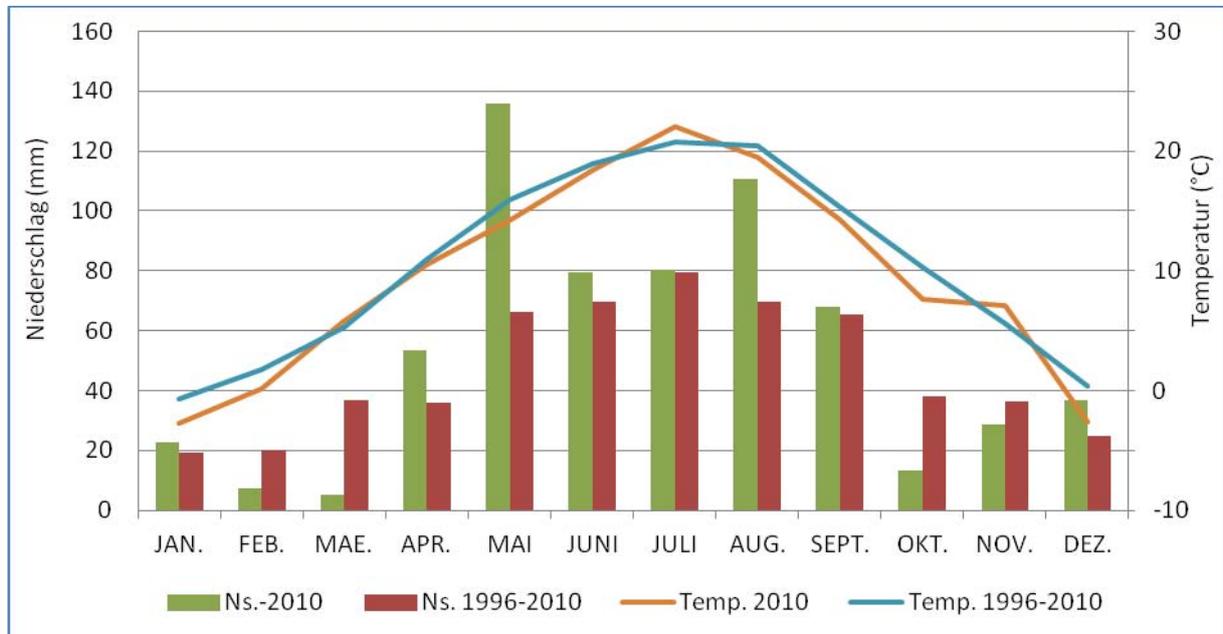


Abbildung 1: Verlauf von **Temperatur** und **Niederschlag** im Versuchsjahr **2010** im Vergleich zum **15-jährigen Mittel**

Der Temperaturverlauf in Abbildung 1 zeigt, dass die mittlere Monatstemperaturen bis auf die Monate April, Juli, November durchwegs unter dem 15-jährigen Mittel liegen.

Die Niederschlagsverteilung in der Vegetationsperiode zeigt in den Monaten Februar, März und Oktober eine unter dem 15-jährigen Mittel liegende Niederschlagsintensität. In den anderen Monaten wurde das 15-jährige Niederschlagsmittel übertroffen.

Hervorzuheben sind die Monate Mai und August, in denen die Niederschlagsmenge um über 100 % bzw. 58 % über den 15-jährigen Vergleichswerten lagen.

Im Zusammenspiel mit den niedrigeren Temperaturen gestaltete sich das Jahr 2010 als überaus nasses Wirtschaftsjahr.

3.3 Versuchsdurchführung

3.3.1 Versuchsanlage

Die Versuchsanlage ist als zweifaktorieller Versuch angelegt. Die Faktoren sind die unterschiedliche Bodenbearbeitung und die Fruchtfolge.

Die Versuchsanlage ist in Abbildung 2 als Skizze dargestellt. Es handelt sich um eine Spaltanlage mit 5 x 2 Parzellen in vierfacher Wiederholung, mit einer Gesamtfläche von 4 Hektar.

In der ersten Wiederholung sind die Parzellen 60 m lang und 24 m breit. In den weiteren drei Wiederholungen sind die Parzellen 40 m lang und 24 m breit. Die Abgrenzung der Parzellen erfolgt durch begrünte Randstreifen. In der Parzellenlänge erfolgt die Trennung der Parzellen durch 2 Meter breite Streifen, in Querrichtung durch 10 Meter breite Wendeflächen.

Für die vorliegende Arbeit wurden von den 40 Parzellen, jene 20 Parzellen der Fruchtfolge A mit Zuckerrüben bebaut und zur Untersuchung herangezogen.

3.3.2.2 *Saatbeetbereitung und Saat*

Die Saatbeetbereitung erfolgte, mit Ausnahme der Direktsaat-Variante, in den vorgesehenen Parzellen am 30.03.2010. Mit einer Kreiselegge wurde bis zu einer Tiefe von in etwa 3 bis 5 cm ein sautfähiger Oberboden hergestellt.

Bei den Direktsaatparzellen wurde gleichzeitig eine Totalherbizidbehandlung durchgeführt, um die überdauernden und bereits aufgelaufenen Unkräutern auszuschalten.

Die Saat erfolgte in allen Parzellen am selben Tag. Gesät wurde mit einer pneumatischen Direktsämaschine des Herstellers Matter-Mac, wobei die Rübensamenpillen in einem Abstand von 19 cm in der Reihe und 50 cm zwischen den Reihen abgelegt wurden. Daraus ergibt sich ein Pflanzensollbestand von 105.000 Pfl/ha, bei einer Keimfähigkeit von 95 %, ist in der Praxis unter guten Auflaufbedingungen, ein Bestand von 100.000 Pfl/ha zu erwarten.

Abhängig von der Bodenbearbeitungsvariante variierte die Ablagetiefe geringfügig. Die Rübensamenpillen kamen in der Direktsaat-Variante bei 2,0 bis 2,5 cm zu liegen, in den mit der Kreiselegge bearbeiteten Varianten lagen sie durch den lockeren Oberboden mit 2,5 bis 3,5 cm etwas tiefer.

Zum Zeitpunkt der Saat gab es eine ausreichende Bodenfeuchte, dies ermöglichte auch in der Direktsaat-Variante eine weitgehend exakte Ablage der Saatgutes in der gewünschten Ablagetiefe.

Auch die bei der Direktsaat oft mangelnde Bedeckung der Saatrille mit Feinerde stellte keine nennenswerte Probleme dar (PRINGAS, 2005; DIECKMANN, 2009; WEGENER, 2001). Bei allen anderen Varianten trocknete der fein gekrümelte und zuvor mit der Kreiselegge bearbeitete Oberboden nach der Saat rascher als bei der „Direktsaat-Variante“ ab. Diese locker gekrümelte Bodenschicht bewirkte einen Austrocknungsschutz des darunter liegenden und von der Saatbettbereitung unbeeinflussten Bodens.

Die Rübensamenpillen erhielten einen ausreichenden Anschluss an die, mit Wasser versorgte Schicht des Ablagehorizontes. Unter den vorgegebenen Bedingungen kam es in allen Varianten zu einem guten Feldaufgang.

3.3.2.3 Düngung und Pflanzenschutz

Die N-Grunddüngung erfolgte in Form von KAS (Kalkammon-Salpeter) mit 27 % Stickstoff. In Summe wurden 350 kg/ha ausgebracht, wobei zur Vermeidung von zusätzlichen Fahrspuren die Ausbringung nach der Saat erfolgte.

Bis auf die Voraufbehandlung in der Direktsaat-Variante (siehe Punkt 3.4.2.2) erfolgten sämtliche Unkrautbekämpfungsmaßnahmen in allen Varianten einheitlich und zum gleichen Termin. In der Tabelle 2 sind die verwendeten Produkte und Konzentrationen ersichtlich. Insgesamt wurden drei Herbizidbehandlungen im Keimblattstadium der aufgelaufenen Unkräuter durchgeführt. Die Pflanzenschutzbehandlungen der Blattkrankheiten wurde in Tabelle 3 dargestellt, in Summe fanden jeweils drei Behandlungen statt.

Tabelle 2: chemische Unkrautbekämpfung, Termine und Pflanzenschutzmittel der Tankmischungen am Versuchsfeld bei Zuckerrübe, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf 2010

Termin	Handelbezeichnung			
	Betanal MaxxPro (lt/ha)	Goltix Gold (lt/ha)	Debut (g/ha)	Fusilade Max (lt/ha)
20.04.2010	1,00	1,10	20,00	
29.04.2010	1,00	1,50	20,00	
16.05.2010	1,25	1,80		0,75

Tabelle 3: Fungizidbehandlungen: Termine und Pflanzenschutzmittel am Versuchsfeld bei Zuckerrübe, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf 2010

Termin	Handelsbezeichnung	
	Sphere (lt/ha)	Spyrale (lt/ha)
28.06.2010	0,30	
21.07.2010	0,30	
20.08.2010		3,00

3.4 Methodenbeschreibung der eingesetzten Analysen

3.4.1 Bodenbearbeitungssysteme

Der 2010 durchgeführte Versuch dient als weitere Datengrundlage für die Bewertung von langfristig voneinander unterschiedlicher Bodenbearbeitungssystemen.

Der Faktor Bodenbearbeitung wurde auf der Versuchsanlage fünffach abgestuft, wobei die "Konventionelle Bodenbearbeitung" und die "Direktsaat" die beiden „Extremvarianten“ bilden. Die drei weiteren Varianten unterscheiden sich zu diesen „Extremvarianten“ durch veränderte Eingriffsintensitäten bei der Primärbodenbearbeitung. Nachstehend werden die unterschiedlichen Bearbeitungsvarianten genauer beschrieben.

Konventionelle Bodenbearbeitung

In diesen Parzellen kommt der Pflug jährlich zum Einsatz. Vorteile die sich durch den Einsatz des Pfluges ergeben sind unter anderem, ein lockerer krümeliger Oberboden und ein positiver phytosanitärer Effekt der auch umgangssprachlich durch den Ausdruck des „reinen Tisches“ bekannt ist. Im Frühjahr kann von einer raschen Abtrocknung und schnellen Erwärmung ausgegangen werden.

Diese Vorteile können jedoch auch im umgekehrten Maße zu Nachteilen führen, da durch den lockeren Oberboden auch die Gefügestabilität herabgesetzt werden kann. Somit kann der Boden speziell, in der Jugendentwicklung von Hackfrüchten, anfällig für Verschlämmungen und Wassererosion nach Starkregenereignissen sein.

Weiters kann es auch zu einem unterpflügen von organischer Masse in Bodenschichten mit ungenügendem Gasaustausch und geringer biologischer Aktivität kommen. Dies führt wiederum zu unerwünschten Fäulnisprozessen und suboptimalen Wachstumsbedingungen für die nachfolgende Kultur.

Direktsaat

Bei der „Direktsaat Bewirtschaftung“ kommt es zum vollständigen Verzicht von sowohl wendender als auch lockernder Bodenbearbeitung. Der mechanische Eingriff in den Boden beschränkt sich ausschließlich auf den Saatvorgang.

Die wesentlichen Effekte die man sich durch solch eine Bewirtschaftungsweise erwartet, liegen zum einen in den Bereichen der Bodenkonservierung und zum anderen in einer Ersparnis im Bereich der Fix- und Variablen- Kosten.

Der Effekt der Bodenkonservierung resultiert vor allem aus dem Verbleiben der gesamten organischen Masse an der Bodenoberfläche, dies bewirkt einen vor Erosion schützenden Effekt.

Weiters erwartet man sich auf mittelfristige Sicht eine Erhöhung der Humusgehalte und daraus resultierend, eine erhöhte Wasserspeicherkapazität und biologische Aktivität der Böden im Vergleich zur konventionell geführten Bodenbewirtschaftung.

Reduzierte Bodenbearbeitung

In dieser Variante findet eine reduzierte Bodenbearbeitung im Vergleich zur „Konventionellen Variante“ statt. Hier fehlt der Pflug als zentrales Element der Bodenbearbeitung. Es wird auf eine vollständig wendende Bearbeitung verzichtet und statt dessen auf eine mischende und lockernde Bodenbearbeitung gesetzt.

Mit Hilfe von Grubber und Tiefenlockerer soll eine pflanzenbaulich fruchtbare Grundlage des Bodengefüges hergestellt werden.

Der Grubber übernimmt in dieser Variante die gewünschte intensive Einmischung der organischen Masse in die obere Bodenschicht. Der Tiefenlockerer soll eine gute Durchlüftung und Lockerung des Bodens bis in eine Tiefe von 60 cm gewährleisten.

Minimale Bodenbearbeitung

Diese Variante kann als weiter extensivierte Abstufung der „Reduzierten Bodenbearbeitung“ verstanden werden.

Hierbei erfolgt die Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität weitgehend über den Verzicht auf den Tiefenlockerer. Es wird ausschließlich über die Bearbeitung mit dem Grubber versucht, eine ausreichende Einmischung der Ernterückstände zu erreichen. Die Bearbeitungstiefe beträgt dabei in etwa 10 cm. Ziel ist es, mehr als 70 % der organischen Rückstände in den Oberboden einzuarbeiten.

Integrierte Bodenbearbeitung

Bei diesem System der Bodenbearbeitung wird keines der zuvor angeführten Bodenbearbeitungsgeräte ausgeschlossen. Vielmehr bedient man sich aller technischen Möglichkeiten je nach Bedarf. In dieser Variante kann flexibel auf pflanzenbauliche Bedürfnisse der einzelnen Kulturen reagiert werden. Wendende, mischende und lockernde Bodenbearbeitungsverfahren schließen sich nicht aus.

Die Unterteilung der Bodenbearbeitungsvarianten, geordnet nach der Eingriffsintensität, mit denen im weiteren Verlauf der Arbeit verwendeten Bezeichnungen:

- „Konventionelle Bodenbearbeitung“ Konventionell
- „Integrierte Bodenbearbeitung“ Integriert
- „Reduzierte Bodenbearbeitung“ Reduziert
- „Minimal Bodenbearbeitung“ Minimal
- „Direktsaat“ Direktsaat

3.4.2 EUF-Bodenuntersuchungen

Am 30. 03. 2010 wurde eine Bodenprobenziehung durchgeführt. Die nachfolgende Analyse zur Ermittlung des Versorgungszustandes des Bodens mit Nährstoffen erfolgte mit Hilfe der Elektro-Ultra-Filtration (EUF) untersucht.

Die Probenentnahme erfolgte in allen Zuckerrübenparzellen. Bei der Probenziehung wurden, wie in Tabelle 4 angeführt, die Proben aus vier Bodentiefen entnommen. Jede Probe enthielt etwa ein Kilogramm Boden. Die Entnahme erfolgte mit einem Pürkhauer-Bohrstock, bis auf eine Entnahmetiefe von 60 cm. Die Verteilung der Einstiche erfolgte zufällig über die Parzellenfläche verteilt, wobei ein in etwa drei Meter breiter Mantel entlang der Parzellenrandflächen ausgespart blieb.

Tabelle 4: Entnahmetiefen der Bodenproben für die **EUF-Bodenuntersuchung** Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf 2010

Probenbezeichnung	Bodentiefenstufen
1	0 - 10 cm
2	10 - 20 cm
3	20 - 30 cm
4	30 - 60 cm

3.4.3 Feldaufgang

Die Auszählung des Feldaufganges wurde am 29.04.2010 durchgeführt. Aufgrund der guten Keimbedingungen wurden nur die beiden „Extremvarianten“ „Konventionelle Bodenbearbeitung“ und „Direktsaat“ ausgezählt. Die Keimpflanzen wurde auf einer Länge von zwei Meter erfasst. Es wurden fünf Wiederholungen beurteilt. Aufgrund des 50 cm Reihenabstandes ergab sich für jede Messung eine Fläche von einem Quadratmeter. Um Randeinflüsse auszuschließen, blieben die ersten sechs Randreihen von der Bewertung ausgeschlossen.

Durch den in allen Varianten gleichmäßigen Aufgang und aufgrund der geringen Unterschiede zwischen den Varianten wurde der Feldaufgang nur zu einem Termin ermittelt.

3.4.4 Bodenbedeckung

In der vorliegenden Arbeit wurde in mehreren Zeitabständen der Pflanzenbestand zur Ermittlung des Bodenbedeckungsgrades mit einer Digitalkamera aufgenommen. Mit Hilfe des SigmaScan Programms erfolgte die Ermittlung der Bodenbedeckung durch die Rübenblätter.

SigmaScan ist ein Softwareprogramm zum auszählen, messen und analysieren von digitalen Bildern. Es wird in vielen Bereichen der Industrie und der Forschung verwendet (STATCON, 2012).

Die Messungen wurden nach einem einheitlichen Aufnahmeablauf durchgeführt. Es wurden in jeder Parzelle zufällig verteilte Aufnahmen, aus gleichbleibender Höhe und Kamerawinkel gemacht. Die Kameraeinstellung wurden während den einzelnen Messungen nicht verändert. Um Randeffekte zu vermeiden, diente die erste Sämaschinenarbeitsbreite als Mantel und wurde nicht bewertet. Die Einstellung der Farbspektren zur Auswertung der Bilder wurden an jeden Aufnahmetermin angepasst. Dies ist notwendig, da beeinflusst durch die unterschiedliche Einstrahlungsintensität durch die Witterung, sich die Reflexion der Pflanzenblätter ändert. Die Parzellen aller Varianten wiesen einen unkrautfreien Bestand auf, eine Beeinflussung der Ergebnisse durch das Blattgrün von Unkräutern fand nicht statt.

3.4.5 Eindringwiderstand

Der Eindringwiderstand von Böden wird als objektiv bewertbarer Parameter zur Interpretation des Bodengefüges herangezogen (LIEBHARD et al. 1995). Eine intakte Bodenstruktur hat einen wesentlichen Einfluss auf die Bildung optimaler Wurzelsysteme und ist daher von Bedeutung zur Erreichung stabiler und hoher Erträge (WASNER, 2009).

Die Messungen erfolgten mit einem Penetrologger der Firma Eijkelkamp. Dieser ist speziell zur Messung von Eindringwiderständen in Böden und Substraten konzipiert worden. Das Gerät speichert den Kraftaufwand in Abhängigkeit der Eindringtiefe und ermöglicht eine weitere Verarbeitung der Werte.

Der Eindringwiderstand ist der Widerstand eines Bodens gegen die Penetrationskräfte. Diese Kräfte werden als Kraft je Oberfläche (N/m^2) ausgedrückt. Der Eindringwiderstand hängt stark von den Eigenschaften des untersuchten Bodens ab. Beeinflussende Faktoren sind im speziellen: Bodendichte, Feuchtigkeitsgehalt, Bodenstruktur und -textur, sowie der Gehalt an organischen Inhaltsstoffen, aber auch des Steinbesatzes (EIJKELKAMP, 2009).

Die Pflanzenwurzel kann im Laufe ihres Wachstums Hohlräume, Risse etc. für ihr Längenwachstum nutzen und somit verdichtete Zonen ohne negativen Effekt "umgehen". Der Penetrologger kann baulich bedingt diesen Effekt, des „erwachsen“ von Hohlräumen nicht widerspiegeln. Die Messung erfolgt durch geradlinige, vertikale Penetration. Der tatsächliche „pflanzenwirksame“ Bodenwiderstand kann nicht exakt eruiert werden. Die erhaltenen Messwerte geben nur Hinweise auf die Durchwurzelbarkeit des Bodens (EIJKELKAMP, 2009).

Ein Vergleich von Messergebnissen unterschiedlicher Standorte kann aufgrund der beschriebenen Vielzahl an Einflussfaktoren nur bedingt erfolgen.

Zu den beiden Messungen wurde jeweils nach dem in Abbildung 3 dargestellten Schema vorgegangen. Daher kann eine Unterscheidung der einzelnen Einstiche in drei Kategorien erfolgen. Es wurde in „Reihe“ (Bereich zwischen zwei Rübenpflanzen einer Saatreihe), in „Reihen-Zwischenraum“ (unbepflanzter Bereich zwischen den Saatreihen) und den „Spur/Zwischenraum“ (unbepflanzter Bereich zwischen den Saatreihen mit Fahrspuren die durch die Saat entstanden sind) unterschieden. Die Messtiefe betrug 0 bis 40 cm die Einstiche erfolgten in 25 cm Abständen quer zu den Pflanzenreihen. Vom Parzellenrand weg wurde die

erste Sämaschinenarbeitsbreite nicht beprobt. Der erste Messeinstich erfolgte im Zwischenbereich von 6. auf 7. Reihe. Insgesamt wurden 25 Messungen pro Parzelle durchgeführt. Daraus ergibt sich eine Abdeckung von exakt zwei Sämaschinenbreiten. Beprobte wurde die erste und zweite Wiederholung der Versuchsanlage. Der Gesamtumfang pro Messungstermin beträgt 250 Messungen. Der erste Messtermin war am 22. 06. 2010, der Zweite am 19. 09. 2010.

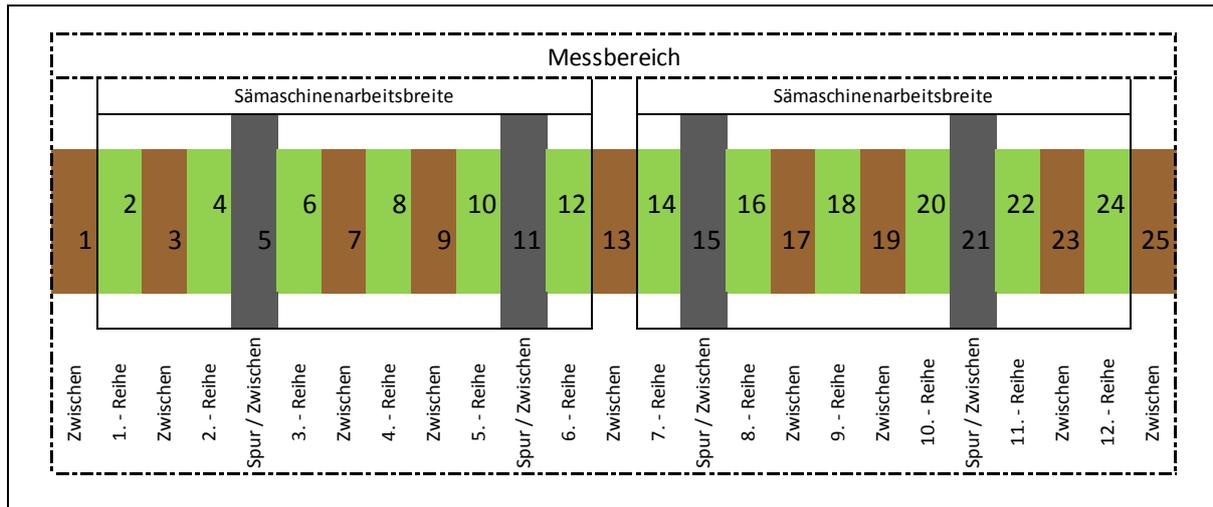


Abbildung 3: Skizze des Messschemas für die Eindringwiderstandsmessungen (Rauchberger, 2010)

3.4.6 Zwischenernten

Um die zeitlich unterschiedliche Ertrags- und Qualitätsbildungen in den einzelnen Varianten erkennen zu können, wurde zu zwei Terminen eine Zwischenernte durchgeführt. Die Zwischenernten erfolgten am 15. 07. 2010 und am 02. 09. 2010. Es wurde sowohl der Rübenkörper als auch die gesamten Blätter verwogen. Der Trennschnitt bei den Ganzpflanzen-Proben erfolgte per Hand unterhalb des letzten grünen Blattansatzes.

Zu den beiden Zwischenernten erfolgte die Probenentnahme nach gleichbleibendem Schema. Um Randeffekte und Spureinflüsse auszuschließen wurde entlang der linken und rechten Längsseiten der Parzellen die Entnahme in der 6. und 7. Reihe durchgeführt (Abbildung 3). Es wurde von den Wendeflächen 7 m zum ersten und 10 m zum zweiten Termin in den Bestand gemessen und jeweils die Rüben auf einer Länge von 3 m manuell entnommen. Pro

Zwischenernte wurden in jeder Parzelle vier Entnahmen durchgeführt daraus ergibt sich eine Beprobungsfläche von 12 m².

Zu den Zwischenernten wurden die Erntefrisch-Gewichte von Rübe und Blatt und die entsprechenden Trockenmasse-Gehalte ermittelt. Zur Bestimmung der Trockengehalte wurde aus den Ernten für jede Parzelle Mischproben aus Blatt und Rübe hergestellt. Diese wurden verwogen und bis zur Gewichtskonstante im Trockenschrank getrocknet. Eine labortechnische Auswertung der Inhaltsstoffe zum ersten Termin war aufgrund der Pflanzenentwicklung und dem zu geringen Verbreitungsmaterial nicht möglich.

Zum zweiten Termin konnte das Erntematerial im Rübenlabor der AGRANA Zucker GmbH Leopoldsdorf analysiert werden. Die Analysen umfassten die Ermittlung von Zucker-, Kalium-, Natrium- und Alpha-Stickstoffgehaltswerte.

3.4.7 Ernte

Die Ernte fand vom 12. bis 15. 10. 2010 statt. Bei der Ernte wurden aus arbeitstechnischen Gründen ausschließlich die Rübenkörper geerntet. Die Rodemaschine war ein einreihiger selbstfahrender Rübenvollernter, des Herstellers Barigelli, mit Köpfvorrichtung. Die zu den Zwischenernten beprobten Reihen wurden bei der Ernte nicht bewertet. Die restlichen unbeeinflussten Reihen wurden in vier Teilgewichte unterschieden. Beginnend von den Parzellenrändern wurde rundum geerntet.

Die Analyse der Zuckerrüben Inhaltsstoffe erfolgte im gleichen Umfang wie zur zweiten Zwischenernte im Rübenlabor der AGRANA Zucker GmbH Leopoldsdorf.

3.5 Statistische Auswertung

Für die Verarbeitung des erhobenen Datenmaterials wurde das über den Boku-server verfügbare SAS-Guide 4 verwendet. Die Datensätze wurden mit Hilfe der Anova - Prozedur ausgewertet, wobei hier verschiedenen Modelle zur Verwendung kamen.

- einfache Anova
- lineares Modell
- gemischtes Modell

Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde mit folgenden Zeichen gekennzeichnet:

- * signifikant bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit
- n.s. nicht signifikant (Differenzen beruhen auf Zufall)

Bei den Modellen zugrunde liegenden Hypothesen wurde davon ausgegangen, dass der Effekt Bodenbearbeitung keinen Einfluss auf den beobachteten Parameter hat. Die weitere Aufbereitung der Daten in Tabellen und Diagrammen erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm „Excel 2007 für Windows7“.

4 Ergebnisse

4.1 EUF-Bodenuntersuchung

Die Ergebnisse der Tabellen 5 bis 8 beinhalten die Auswertung der EUF - Bodenuntersuchung in den Versuchspartzen. Sie dienen zur Beurteilung eventuell vorhandener Unterschiede betreffend verfügbarer Pflanzennährstoffe, im Ober- und Unterboden. Das untersuchte Bodenprofil wurde in vier Bodentiefenstufen (bis 60 cm) unterteilt.

Bei den **Nitrat-Stickstoffgehaltswerten** (Tabelle 5) ergaben sich über alle vier Bodentiefenstufen keine signifikante Unterschiede. Nur die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“ wies im Bereich von 0 bis 10 cm einen etwas unter den Vergleichsgliedern liegenden Gehaltswert auf.

In den drei Bodentiefenstufen unterhalb von 10 cm ergab die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“ die zweithöchsten Gehaltswerte. Bei der „Direktsaat Variante“ lagen die niedrigsten Nitrat-Stickstoffgehaltswerte vor.

Bei den übrigen Bodenbearbeitungsvarianten war keine Reihung erkennbar.

Tabelle 5: Nitrat-Stickstoffgehaltswerte (mg/100g Boden) bei den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten von 0 bis 40 cm Bodentiefe, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf 30.03.2010

NO N (mg/100g Boden)		0 - 10 cm		10 - 20 cm		20 - 30 cm		30 - 60 cm	
Variante	n	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Konventionell	4	3,74 a	2,02	3,12 a	1,76	2,43 a	0,54	1,59 a	0,32
Direktsaat	4	3,86 a	1,42	2,55 a	0,58	1,62 a	0,13	1,06 a	0,16
Reduziert	4	4,05 a	2,74	3,04 a	1,17	2,34 a	0,77	1,72 a	0,48
Minimal	4	4,01 a	2,42	2,98 a	1,42	2,05 a	0,80	1,36 a	0,43
Integriert	4	3,33 a	1,79	2,41 a	1,06	1,99 a	0,57	2,85 a	3,01
Signifikanz		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %

Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei $\alpha=0,05$ wieder

In der Auswertung (Tabelle 6) der **organisch gebundenen Nitrat Stickstoffgehaltswerte** konnten in der Bodentiefenstufe von 20 bis 30 cm signifikante Unterschiede festgestellt werden. Der Unterschied zwischen dem Versuchsglied mit den höchsten Gehaltswerten („Konventionell“) und dem mit den niedrigsten Gehaltswerten („Direktsaat“) betrug 0,43 mg/100g(Boden), dies entspricht einer Stickstoffmenge von in etwa 9,0 kg/ha. Eine variantentypische Reihung konnte nicht erfolgen.

Tabelle 6: organisch gebundene Stickstoffgehaltswerte (mg/100g Boden) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten** von **0 bis 40 cm Bodentiefe**, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf **30.03.2010**

NO ₃ org N (mg/100g Boden)		0 - 10 cm		10 - 20 cm		20 - 30 cm		30 - 60 cm	
Variante	n	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Konventionell	4	1,88 a	0,13	1,80 a	0,15	1,85 a	0,27	1,32 a	0,22
Direktsaat	4	2,08 a	0,05	1,79 a	0,19	1,42 b	0,13	1,19 a	0,06
Reduziert	4	2,06 a	0,10	1,81 a	0,27	1,67 ab	0,17	1,23 a	0,08
Minimal	4	2,15 a	0,10	1,89 a	0,15	1,65 ab	0,14	1,17 a	0,17
Integriert	4	1,95 a	0,29	1,90 a	0,28	1,66 ab	0,20	1,47 a	0,63
Signifikanz		n.s.		n.s.		*		n.s.	

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %

Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei α=0,05 wieder

Bei den im Boden vorliegenden **Phosphorgehaltswerten** (Tabelle 7) ergaben sich keine Signifikanzen. Es ließ sich keine variantenspezifische Reihung erkennen. In der Bodentiefenstufe von 20 bis 30 cm ergab sich eine maximale Differenz von 0,09 mg/100g Boden, in den übrigen Bodentiefenstufen ergab sich eine Differenz von in etwa 0,3 mg/100g Boden.

Tabelle 7: Phosphorgehaltswerte (mg/100g Boden) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten** von **0 bis 40 cm Bodentiefe**, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf **30.03.2010**

Phosphor (mg/100g Boden)		0 - 10 cm		10 - 20 cm		20 - 30 cm		30 - 60 cm	
Variante	n	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Konventionell	4	1,55 a	0,63	1,27 a	0,53	1,24 a	0,46	0,54 a	0,15
Direktsaat	4	1,29 a	0,36	1,30 a	0,37	0,93 a	0,55	0,48 a	0,04
Reduziert	4	1,41 a	0,25	1,32 a	0,16	1,15 a	0,21	0,70 a	0,22
Minimal	4	1,46 a	0,26	1,35 a	0,26	1,17 a	0,20	0,54 a	0,15
Integriert	4	1,26 a	0,44	1,26 a	0,39	1,02 a	0,25	0,78 a	0,57
Signifikanz		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %
 Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei α=0,05 wieder

Tabelle 8 zeigt die in den untersuchten Bodentiefenstufen vorliegenden **Kaliumgehaltswerte**. In der Bodentiefenstufe von 0 bis 10 cm konnten die Unterschiede der Varianten „Konventionell“ und „Integriert“ signifikant unterschieden werden. Am höchsten waren die Kaliumgehaltswerte in der „Integrierten Bodenbearbeitungsvariante“ bis in 30 cm Tiefe.

Tabelle 8: Kaliumgehaltswerte (mg/100g Boden) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten** von **0 bis 40 cm Bodentiefe**, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf **30.03.2010**

Kalium (mg/100g Boden)		0 - 10 cm		10 - 20 cm		20 - 30 cm		30 - 60 cm	
Variante	n	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Pflug	4	8,34 b	1,75	7,47 a	0,67	6,83 a	0,67	3,44 a	0,73
Direktsaat	4	10,94 a b	2,74	9,19 a	1,38	4,99 a	2,58	2,76 a	0,39
Grubber / tief	4	13,66 a	2,19	10,93 a	2,43	7,62 a	1,81	3,49 a	1,92
Grubber / flach	4	12,60 a b	1,27	10,36 a	2,41	7,33 a	1,42	3,31 a	1,02
Pflug / Grubber	4	12,00 a b	0,99	9,19 a	0,92	6,23 a	0,99	6,27 a	6,75
Signifikanz		*		n.s.		n.s.		n.s.	

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %
 Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei α=0,05 wieder

4.2 Feldaufgang

Tabelle 9 zeigt die **Auszählungsergebnisse** der „Konventionellen“ und „Direktsaat Variante“. Bei den übrigen Bodenbearbeitungsvarianten konnte ein Feldaufgang im Bereich zwischen den beiden ausgezählten Varianten angenommen werden.

Tabelle 9: mittlerer Feldaufgang (Pflanzen/2 lfm \approx 1 m², n = 5) bei den **ausgewählten Bodenbearbeitungsvarianten**, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf 29.04.2010

Termin	Variante	Wiederholung			
		1	2	3	4
29.04.2010	Konventionell	10,10	9,80	9,80	9,50
	Direktsaat	9,80	9,40	9,40	x

4.3 Bodenbedeckung

In Abbildung 4 sind die mittleren Ergebnisse der untersuchten Bodenbearbeitungsvarianten aufgetragen. Sie zeigen die **prozentuale Bodenbedeckung** durch die Zuckerrübenpflanzen in den jeweiligen Bodenbearbeitungsvarianten. Die „Integrierte Variante“ wies mit 8,1 % und 87,4 % zu beiden Aufnahmeterminen die höchsten Bodenbedeckungsgrade auf. Die Unterschiede zwischen dem niedrigsten und den höchsten Bodenbedeckungsgrad waren unter den Bodenbearbeitungsvarianten mit 2,5 % zum ersten und 3,5 % zum zweiten Termin gering. Diese Differenzen konnten statistisch nicht abgesichert werden (Tabelle 10).

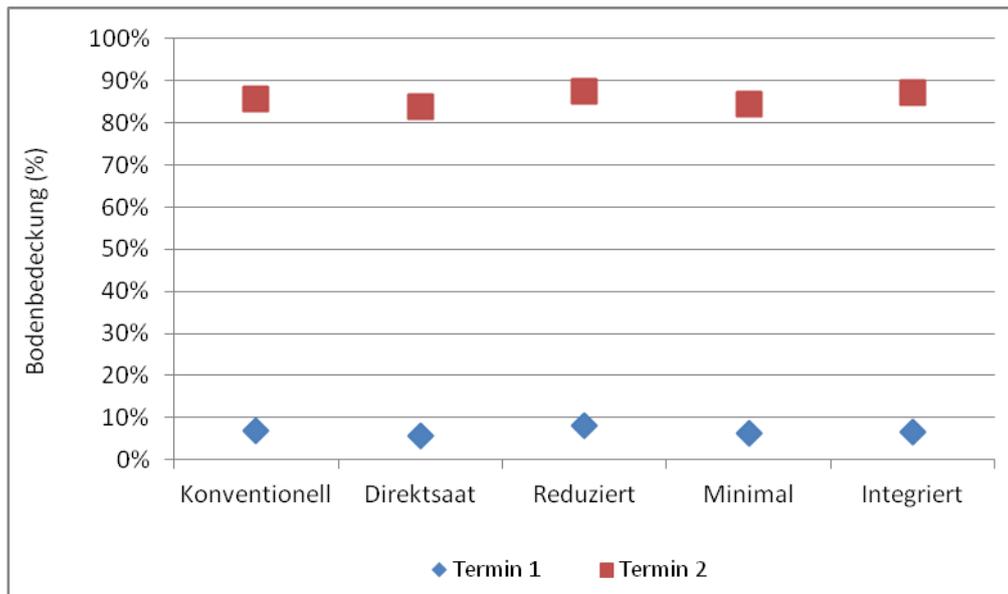


Abbildung 4: Bodenbedeckung Mittelwerte der Messungen (% Gesamtfläche) bei den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, **Termin-1** (27. 05. 2010), **Termin-2** (12. 07. 2010), Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

Tabelle 10: Statistische-Auswertung Bodenbedeckung, Mittelwerte der Messungen (% Gesamtfläche) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, Termin-1** (27. 05. 2010), **Termin-2** (12. 07. 2010), unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen zwischen den Varianten, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

Bodenbedeckung (%)		n	\bar{X}	σ
Termin	Variante			
27.05.2010	Konventionell	8	6,9 a	2,00
	Direktsaat	6	5,6 a	0,51
	Reduziert	6	8,1 a	1,59
	Minimal	6	6,3 a	1,91
	Integriert	6	6,5 a	1,33
Signifikanz			n.s.	
12.07.2010	Konventionell	6	85,7 a	3,75
	Direktsaat	6	83,9 a	3,61
	Reduziert	5	87,4 a	0,43
	Minimal	5	84,5 a	2,09
	Integriert	5	87,1 a	1,79
Signifikanz			n.s.	

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %,

* Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %

Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei $\alpha=0,05$ wieder

4.4 Eindringwiderstand

Bei der ersten Beprobung am 22. 06. 2010 herrschten feuchte Bedingungen vor. Die Summe der Niederschläge vom 12. 06. bis 22. 06. 2010 betrug 54,7 mm/m². Es wurde daher von keinen Unterschieden im Bodenwassergehalt der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten ausgegangen.

Zum zweiten Beprobungstermin am 19. 09. 2010 lagen trockenere Bedingungen vor. Die Niederschläge der vorher gehenden zehn Tage betragen nur 16,4 mm/m², wobei auch davor die letzte ergiebige Niederschlagsmenge am 15. 08. 2010 mit 17,6 mm/m² gemessen wurde. Es war somit mit grundsätzlich niedrigeren Wassergehalten im Boden und einem deutlicherem hervortreten des Effekts der differenzierten Bodenbearbeitung zu rechnen.

In Abbildung 5 ist zu erkennen, dass die Streuung bei den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten im Bereich des Oberbodens unter trockenen Bodenbedingungen steigt. Lagen die Messwerte von 5 bis 10 cm Bodentiefe zum Termin-1 (22. 06. 2010) und feuchten Verhältnissen noch in einem sehr engen Bereich, so streuten sie zur zweiten Messung (19. 09. 2010) und unter trockeneren Bedingungen deutlicher. Die „Direktsaat Variante“ wies sowohl unter feuchten, als auch unter trockeneren Bedingungen im Bereich des Oberbodens die niedrigsten Eindringwiderstandswerte auf. Im weiteren zeigte die „Direktsaat“ einen beinahe geradlinigen Anstieg des Eindringwiderstands über die erhobene Messtiefe.

Bei der „Konventionellen Variante“ ist ersichtlich, dass diese unter feuchten Bedingungen zum Termin-1 (22. 06. 2010), ab einer Bodentiefe von 15 cm die niedrigsten Eindringwiderstandswerte aufwies. Ein Anstieg der Eindringwiderstandswerte war deutlich beim Erreichen der „Pflugsohle“ erkennbar. Unter trockenen Bedingungen Termin-2 (19. 09. 2010) lagen die Eindringwiderstandswerte in der „Konventionellen Variante“ im Bereich bis 15 cm Bodentiefe am höchsten.

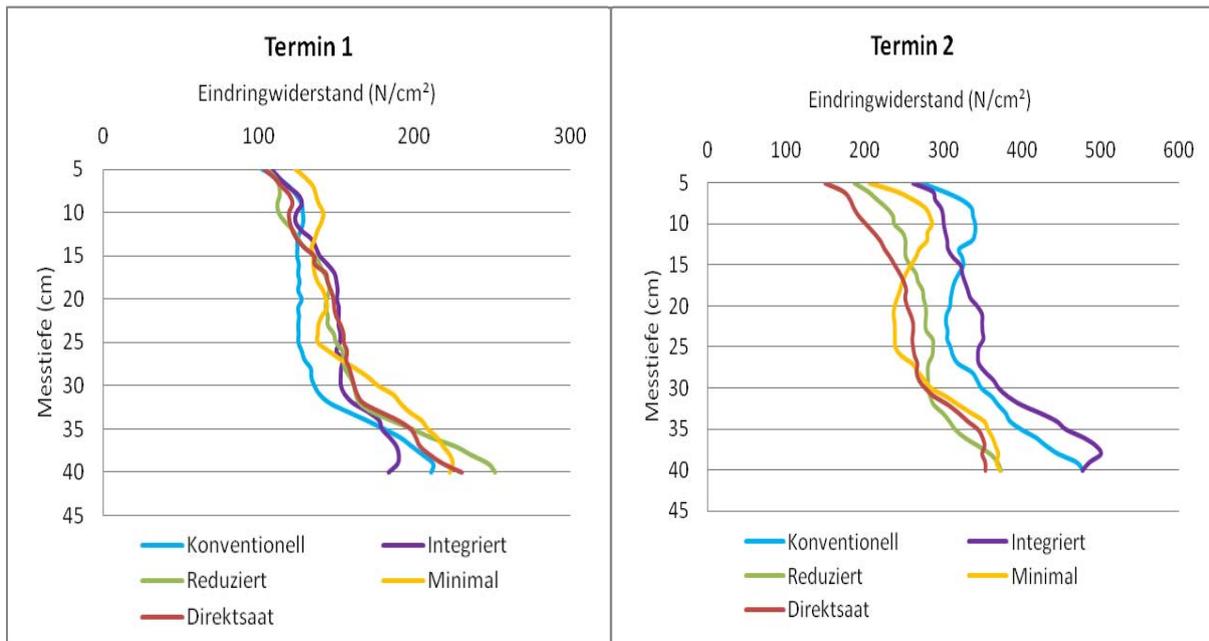


Abbildung 5: Mittlere **Eindringwiderstände** (N/cm²) **in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante**, Messbereich **5 bis 40 cm** Bodentiefe, **Termin-1** (22. 06. 2010), **Termin-2** (19. 09. 2010), Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

Werden sämtliche in den Abbildungen 5 und 6 dargestellten Diagramme zum zweiten Messtermin 19.09.2010 verglichen, so ist eine tendenzielle Gruppierung der Varianten „Reduzierte Bodenbearbeitung“ mit „Direktsaat“ sowie der Varianten „Konventionelle“ mit „Integrierter Bodenbearbeitung“ erkennbar. Die „Minimale Variante“ nahm mit ihrem Eindringwiderstandsverlauf eine Mittelstellung ein, sie ähnelte im Bereich bis 10 cm der „Konventionellen“ und „Integrierten Varianten“ und im Bereich darunter näherte sie sich den Linienverläufen der „Reduzierten“ und „Direktsaat Varianten“ an.

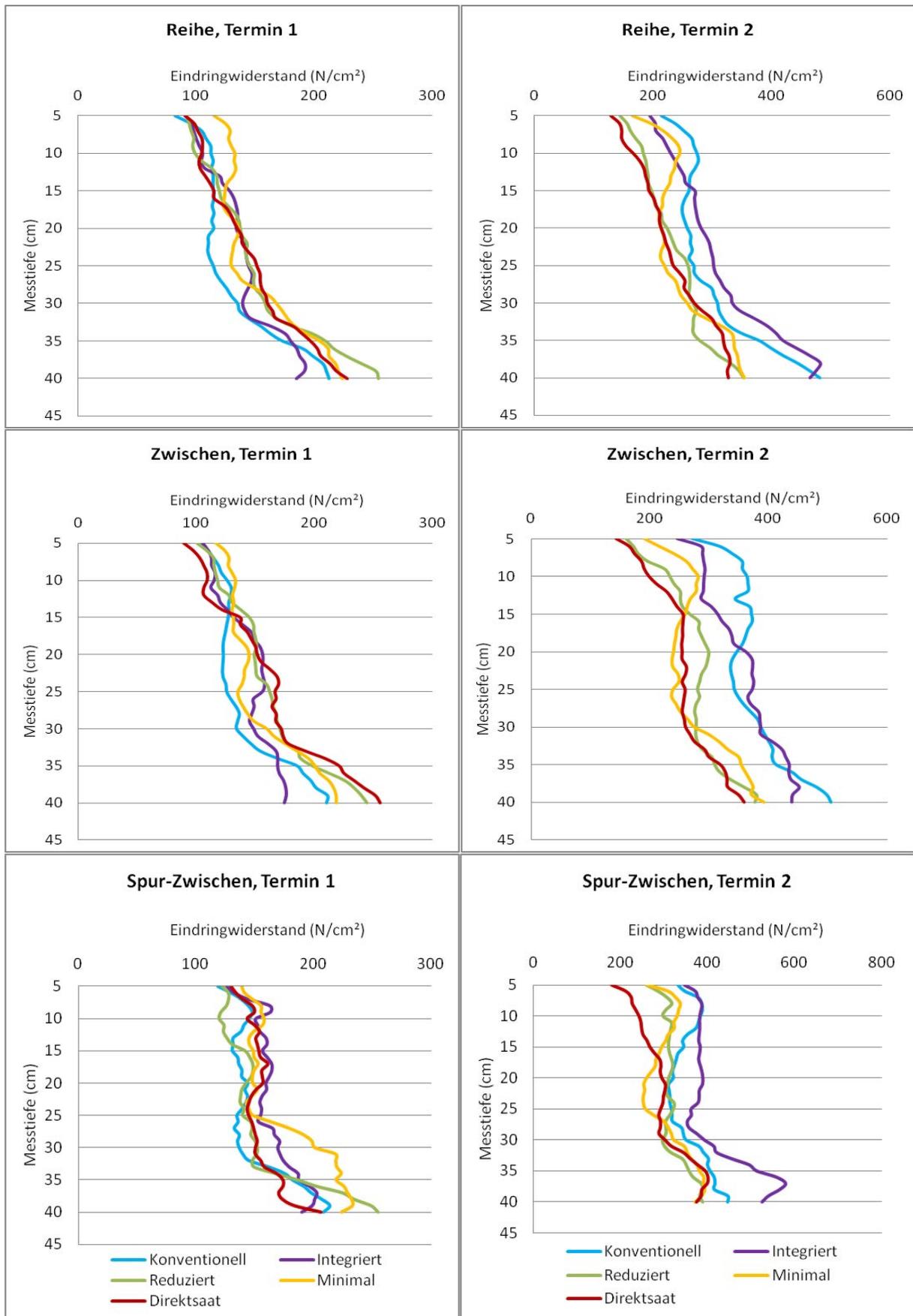


Abbildung 6: Mittlere **Eindringwiderstände** (N/cm^2) in **Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante**, Messbereich **5 bis 40 cm** Bodentiefe, **Termin-1** (22. 06. 2010), **Termin-2** (19. 09. 2010), Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

Für die Beurteilung des Einflusses der Spurverdichtung und der Lebendverbauung durch Pflanzenwurzeln auf den Eindringwiderstand wurden die Messdaten in Abbildung 7 in einer Tiefe von 15 cm in „Spur/Zwischen“- , „Reihe“- und „Zwischenbereich“ herangezogen.

Zum Termin-1 (22. 06. 2010) unter feuchten Bedingungen war kaum eine Differenzierung der Bodenbearbeitungsvarianten erkennbar.

Kurz vor der Ernte (Termin-2, 19. 09. 2010) wiesen unter trockenen Bedingungen die „Konventionellen“ und „Integrierten Varianten“ Eindringwiderstände auf gleichem Niveau auf. Die „Reduzierten“ und „Minimalen Bodenbearbeitungssysteme“ zeigten ebenfalls beinahe idente Eindringwiderstandswerte auf niedrigerem Niveau. In der „Direktsaat Variante“ waren in einer Tiefe von 15 cm die niedrigsten Eindringwiderstände festzustellen, wobei der Eindringwiderstand von „Reihe“ auf „Spur/Zwischen“ am deutlichsten anstieg.

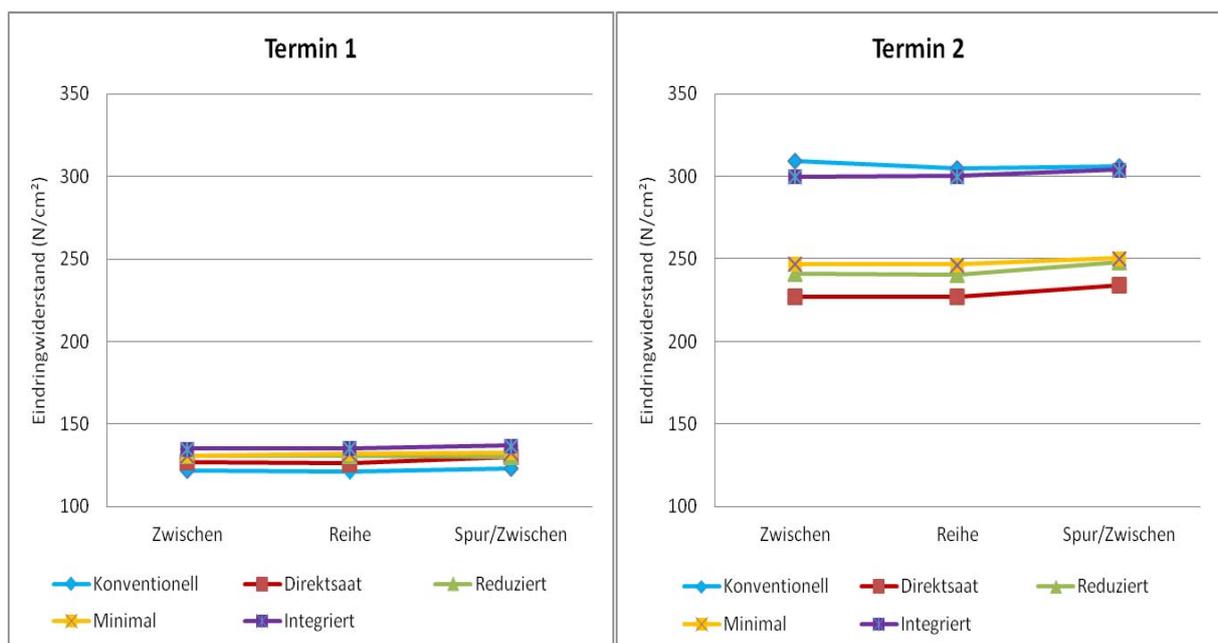


Abbildung 7: Mittlere **Eindringwiderstände** (N/cm²), in **15 cm** Bodentiefe, in **Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante** und des **Spureinflusses, Termin-1** (22. 06. 2010), **Termin-2** (19. 09. 2010), die Linien stellen keine Verläufe dar, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

4.5 Zwischenernteergebnisse

Die Ergebnisse der Zwischenernten zeigen den Massebildungsverlauf der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten zu zwei Probeterminen in der Vegetationszeit dar.

Die erste Zwischenernte erfolgte am 15. 07. 2010 und die Zweite wurde am 02. 09. 2010 durchgeführt.

4.5.1 Erste Zwischenernte:

Aus Abbildung 8 ist ersichtlich, dass zur **ersten Zwischenernte** (15. 07. 2010) die Frischmasse-Verteilung von Rübenkörper zu Blattanteil bei allen Varianten zugunsten des Blattes ausfällt. Als Richtwert ergibt sich ein Rüben zu Blatt-Verhältnis von 2 : 3.

Die „Reduzierte Variante“ ergab sowohl bei den Rüben- als auch bei den Blattfrischmassen die höchsten Erträge. Die „Direktsaat Variante“ bildete zum Zeitpunkt der ersten Zwischenernte die geringsten Blattfrischmassen, lag aber bei den Rübenfrischmasse Erträgen im mittleren Bereich aller Bodenbearbeitungsvarianten.

Das Verhältnis der Trockenmassen von Rübe zu Blatt ergab ein Verhältnis von nahezu 1 : 1. Bei den Trockenmassegehaltswerten ergaben sich geringe Unterschiede unter den Versuchsgliedern, lediglich die 21,5 % TM der „Integrierten Variante“ waren auffallend hoch.

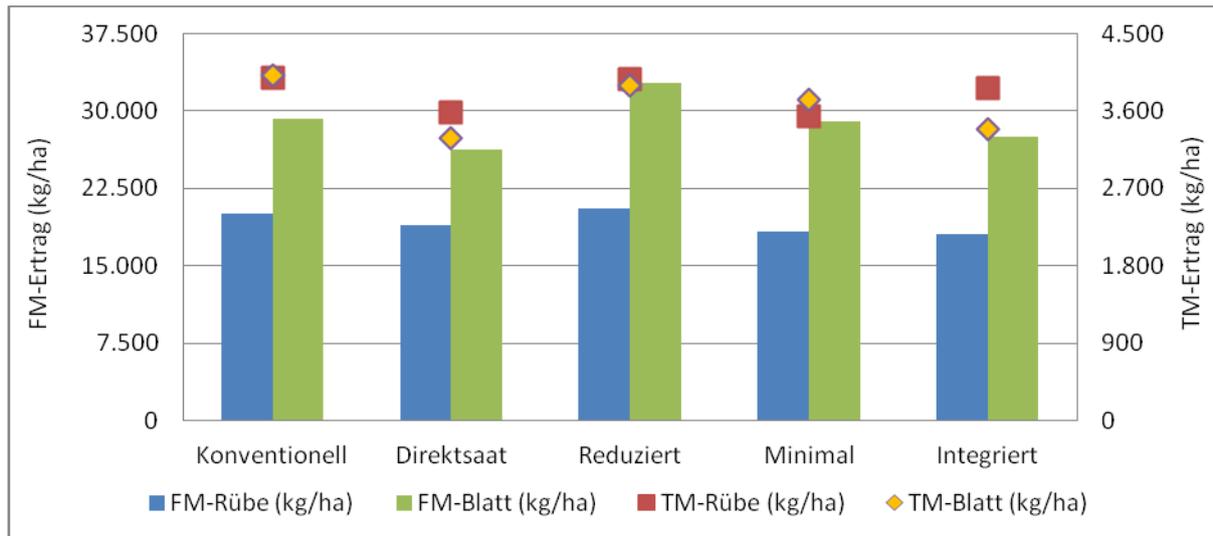


Abbildung 8: Mittlere **Rüben-** und **Blatt-Frischmasse** und **Rüben-** und **Blatt-Trockenmasse** (kg/ha) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, erste Zwischenernte** (15. 07. 2010), händisch geköpft, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

Die in Abbildung 8 festgestellten Unterschiede bei der Masseproduktion von Rübenkörper und Blattapparat ergaben, weder bei den Rübenenerträgen noch bei den Blattmasseerträgen signifikante Ergebnisse (Tabelle 11). Es ergab sich somit kein gesicherter Zusammenhang mit den Bodenbearbeitungsvarianten.

Tabelle 11: Mittlere **Rüben-** und **Blatt-Frischmasse** (kg/ha) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, erste Zwischenernte** (15. 07. 2010), händisch geköpft, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

Variante	n	FM-Rübe (kg/ha)		TM-Rübe (kg/ha)	TM-Gehalt-Rübe (%)	FM-Blatt (kg/ha)		TM-Blatt (kg/ha)	TM-Gehalt-Blatt (%)
		\bar{x}	σ	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	σ	\bar{x}	\bar{x}
Konventionell	2	20.000 a	1.768	4.000	19,9%	29.300 a	648	4.000	13,7%
Direktsaat	2	18.900 a	719	3.600	19,0%	26.300 a	4.396	3.300	12,5%
Reduziert	2	20.500 a	1.945	4.000	19,4%	32.800 a	4.832	3.900	11,9%
Minimal	2	18.300 a	1.461	3.500	19,4%	29.000 a	1.002	3.700	12,9%
Integriert	2	18.000 a	1.084	3.900	21,5%	27.500 a	3.830	3.400	12,3%
Signifikanz		n.s.				n.s.			

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %

Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei $\alpha=0,05$ wieder

4.5.2 Zweite Zwischenernte:

Die Ergebnisse bei den Frisch- und Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten aus der **zweiten Zwischenernte** am 02. 09. 2010 zeigen Abbildung 9 und Tabelle 12.

Erkennbar ist die deutliche Veränderung des Verhältnisses von Rübenkörper- zu Blattanteil-Frischmasse von 2 : 3 zur ersten Zwischenernte auf 3 : 1.

Die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“ erzielte auch zur zweiten Zwischenernte sowohl die höchsten Rüben- als auch Blattfrischmasse Erträge. Die größte Differenz bei den Rübenfrischmassen ergab sich zwischen „Reduzierter“ und „Konventioneller Bodenbearbeitungsvariante“.

Die „Konventionelle Variante“ fiel im Rüben und Blattfrischmasse Ertrag deutlich ab und lag an letzter Stelle. Bei der „Integrierten Variante“ waren auch zum zweiten Termin mit 20,9 % die höchsten Rüben-Trockenmassegehaltswerte feststellbar. Die übrigen Versuchsglieder rangierten bei den Rüben-Trockenmassegehaltswerten mit 18,3 bis 18,8 % auf ähnlichem Niveau.

Die „Direktsaat Variante“ erreichte mit einem relativ geringen Blattfrischmasse Ertrag den zweithöchsten Rübenfrischmasse Ertrag.

Auch zur zweiten Zwischenernte ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den Blatt- und Rübenerträgen (Tabelle 12).

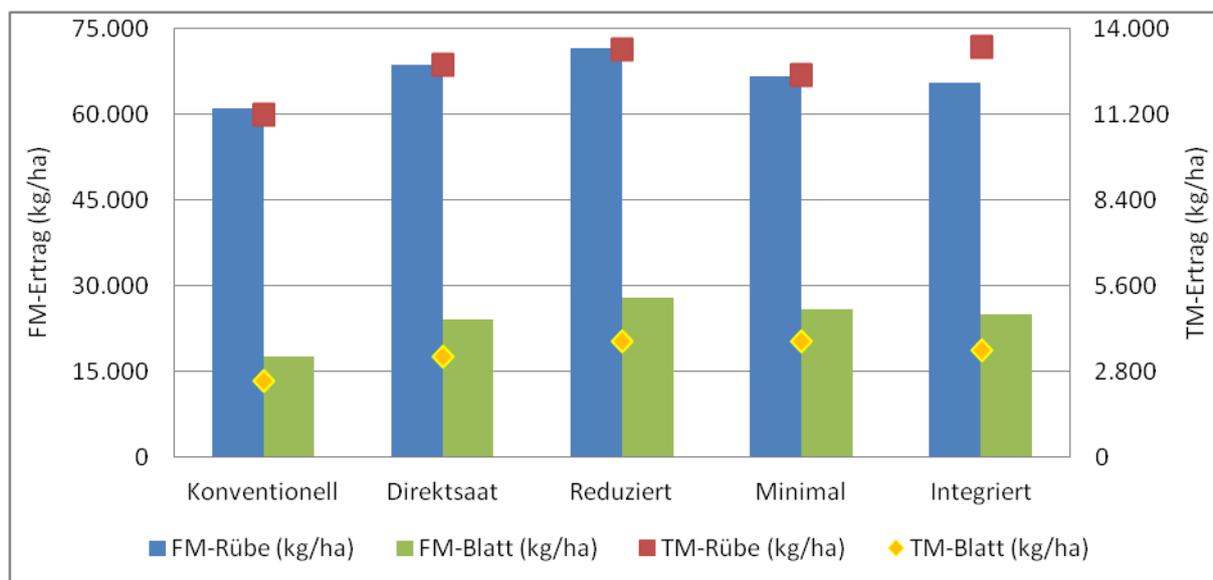


Abbildung 9: Mittlere **Rüben-** und **Blatt-Frischmasse** und **Rüben-** und **Blatt-Trockenmasse** (kg/ha) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, zweite Zwischenernte** (02. 09. 2010), händisch geköpft, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

Tabelle 12: Mittlere **Rüben-** und **Blatt-Frischmasse** (kg/ha) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, zweite Zwischenernte** (02. 09. 2010), händisch geköpft, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf

Variante	n	FM-Rübe (kg/ha)		TM-Rübe (kg/ha)	TM-Gehalt-Rübe (%)	FM-Blatt (kg/ha)		TM-Blatt (kg/ha)	TM-Gehalt-Blatt (%)
		\bar{X}	σ	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	σ	\bar{X}	\bar{X}
Konventionell	4	61.100 a	7.956	11.200	18,3%	17.700 a	4.339	2.500	14,0%
Direktsaat	5	68.700 a	6.653	12.800	18,7%	24.000 a	2.927	3.300	13,6%
Reduziert	6	71.600 a	6.303	13.300	18,6%	27.900 a	4.970	3.800	13,5%
Minimal	6	66.700 a	8.426	12.500	18,8%	25.800 a	8.901	3.800	15,7%
Integriert	6	65.500 a	11.707	13.400	20,9%	25.000 a	7.971	3.500	14,4%
Signifikanz		n.s.				n.s.			

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %

Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei $\alpha=0,05$ wieder

Bei den **Zuckergehaltswerten** (Tabelle 13) waren nur geringe Unterschiede zwischen den Varianten festzustellen. Der höchste Zuckergehaltswert (16,3 %) lag in der „Konventionellen Variante“ vor. Den niedrigsten Zuckergehaltswert (15,8 %) wies die „Minimale Bodenbearbeitungsvariante“ auf. Die Spannweite der Zuckergehaltswerte beträgt 0,5 Prozentpunkte.

Bei **Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerten** konnten die ermittelten Gehalte unter den Varianten signifikant unterschieden werden. Die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“ als ertragsstärkstes Versuchsglied zur zweiten Zwischenernte zeigte die niedrigsten Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerte. Die „Konventionelle Variante“ zeigte sowohl den höchsten Zucker- als auch den höchsten Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswert.

Die Unterschiede bei den **Zucker-, Kalium- und Natriumgehaltswerten** konnten statistisch nicht unterschieden werden.

Tabelle 13: : Ausgewählte **Innere-Qualitätsparameter der Rübe** bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, zweite Zwischenernte** (02. 09. 2010), unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen, Rübenlabor AGRANA Zucker GmbH Leopoldsdorf

Innere Qualität		Zuckergehalt (% pol.)		Kaliumgehalt (meq/100g Rübe)		Natriumgehalt (meq/100g Rübe)		Alpha N-Gehalt (meq/100g Rübe)	
Variante	n	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Konventionell	5	16,3 a	0,24	2,95 a	0,05	0,21 a	0,02	1,86 a	0,32
Direktsaat	6	16,0 a	0,49	3,08 a	0,42	0,23 a	0,10	1,52 a b	0,44
Reduziert	6	15,9 a	0,20	2,95 a	0,29	0,21 a	0,09	1,20 b	0,20
Minimal	6	15,8 a	0,78	3,28 a	0,20	0,30 a	0,05	1,69 a b	0,53
Integriert	6	16,0 a	0,46	3,13 a	0,13	0,23 a	0,06	1,54 a b	0,33
Signifikanz		n.s.		n.s.		n.s.		*	

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %

Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei $\alpha=0,05$ wieder

4.6 Rüben- und ausgewählte Qualitätskriterien zum Erntetermin

Für die Ernte am 12. 10. 2010 werden die Ertragsergebnisse der Rüben und des polarisierten Zucker in Abbildung 10 und Tabelle 14 dargestellt.

Den sowohl höchsten Rüben- (101,8 %) als auch Zuckerertrag (102,3 %) erreichte die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“. Der aus den vorangegangenen Messungen ermittelte Wachstumsvorsprung konnte somit auch in Ertragsleistung umgesetzt werden. Die „Direktsaat Variante“ zeigte bei den Rüben- als auch Zuckererträgen eine um in etwa 5 % verminderte Ertragsleistung bei geringster Standardabweichung. Die Ertragsleistung der „Integrierten Bodenbearbeitungsvariante“ lag auf in etwa dem Niveau der „Direktsaat Variante“. Die „Minimale Bodenbearbeitungsvariante“ wies die höchste Standardabweichung bei geringster Ertragsleistung auf.

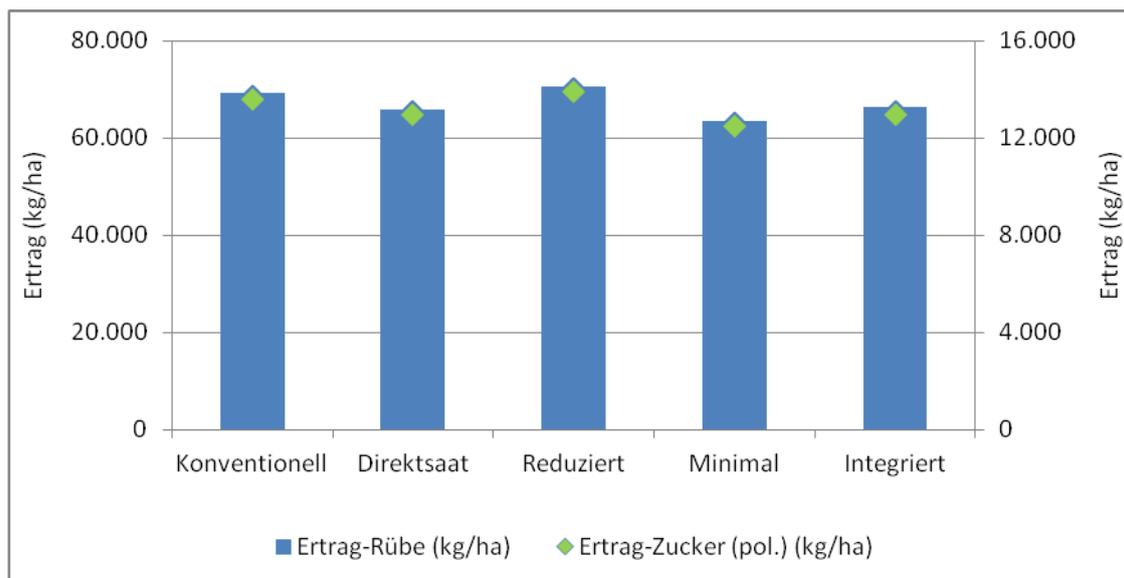


Abbildung 10: Mittlere **Rüben-** und **polarisierte Zuckererträge** (kg/ha) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten zur Ernte** (12. 10. 2010, maschinelle Ernte), Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf und Rübenlabor AGRANA Zucker GmbH Leopoldsdorf

Tabelle 14: Mittlere **Rüben-** und **polarisierte Zuckererträge** (kg/ha) bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten zur Ernte** (12. 10. 2010, maschinelle Ernte), unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen, Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf und Rübenlabor AGRANA Zucker GmbH Leopoldsdorf

Variante	n	Ertrag-Rübe (kg/ha)		Ertrag-Rübe (%)	Ertrag-Zucker (pol.) (kg/ha)	Ertrag-Zucker (pol.) (%)
		\bar{X}	σ	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
Konventionell	12	69.200 a b	6.589	100,0%	13.600	100,0%
Direktsaat	8	65.700 a b	2.158	94,9%	12.900	95,4%
Reduziert	16	70.500 a	4.248	101,8%	13.900	102,3%
Minimal	16	63.400 b	7.491	91,6%	12.500	92,1%
Integriert	12	66.400 a b	5.488	95,9%	12.900	95,4%
Signifikanz		*				

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %
 Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei α=0,05 wieder

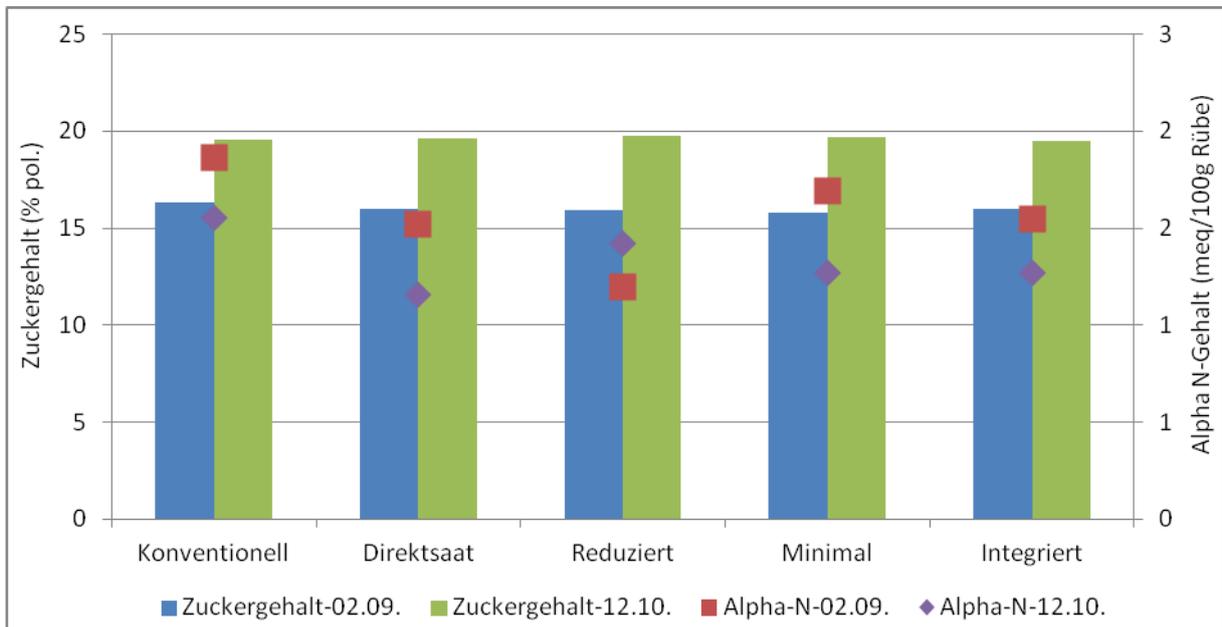


Abbildung 11: Mittlere **Zucker-** (% pol.) und **Alpha-N-Gehaltswerte** (meq/100 g Rübe) in der **Rübe** bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, zweite Zwischenernte** (02. 09. 2010, händisch geköpft) und **Ernte** (12. 10. 2010, maschinelle Ernte), Rübenlabor AGRANA Zucker GmbH Leopoldsdorf

In Abbildung 11 werden die Ergebnisse der **Zucker-** und **Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerte** in den Rüben von der Ernte (12. 10. 2010) im Vergleich zu den Ergebnissen der zweiten Zwischenernte (02. 09. 2010) gestellt. Die Ergebnisse der Ernte zeigen zum einen die deutlich gestiegenen Zuckergehaltswerte im Vergleich zur zweiten Zwischenernte auf. Des Weiteren ist ein Rückgang der Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerte ersichtlich, hier bildete lediglich die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“ eine Ausnahme, in dieser Variante stiegen entgegen dem Trend die Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerte an. In Tabelle 15 werden die in Abbildung 11 ermittelten Differenzen auch statistisch signifikant abgesichert. Es ergaben sich sowohl bei den Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerten als auch bei den Zuckergehaltswerten signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten.

Bei den **Kalium-** und **Natriumgehaltswerten** im Rübenkörper blieben die Schwankungen zwischen den Varianten in engen Bahnen. Der Kaliumgehaltswert stieg zur Ernte generell an. Bei den Natriumgehaltswerten kam es im Vergleich zur zweiten Zwischenernte nur zu einer geringfügigen Veränderung. Bei der statistischen Verrechnung der Laborergebnisse wurde sowohl im Kalium- als auch im Natriumgehaltswert in der Rübe ein signifikanter Anstieg ermittelt.

Tabelle 15: Ausgewählte **Innere-Qualitätsparameter der Rübe** bei den **unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten zur Ernte** (12. 10. 2010), unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen, Rübenlabor AGRANA Zucker GmbH Leopoldsdorf

Innere Qualität		Zuckergehalt (% pol.)		Kaliumgehalt (meq/100g Rübe)		Natriumgehalt (meq/100g Rübe)		Alpha N-Gehalt (meq/100g Rübe)	
Variante	n	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Konventionell	32	19,6	bc 0,26	3,60	a 0,28	0,31	ab 0,10	1,55	a 0,35
Direktsaat	24	19,7	ab 0,24	3,60	a 0,15	0,27	b 0,04	1,16	c 0,17
Reduziert	32	19,7	a 0,34	3,57	a 0,19	0,33	a 0,14	1,42	b 0,24
Minimal	32	19,7	ab 0,24	3,35	b 0,20	0,28	b 0,08	1,27	c 0,17
Integriert	32	19,5	c 0,42	3,43	b 0,31	0,35	a 0,12	1,27	c 0,29
Signifikanz		*		*		*		*	

n.s. Irrtumswahrscheinlichkeit > 5 %, * Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %
 Unterschiedliche Buchstaben geben signifikant verschiedene Gruppenmittelwerte bei α=0,05 wieder

5 Diskussion

5.1 Einfluss der unterschiedlichen Bodenbearbeitung auf bedeutende Pflanzennährstoffe in der Bodenkrume

Für die Entwicklung und die Ertragsleistung der Zuckerrübe ist das Bereitstellen von pflanzenverfügbaren Nährstoffen von entscheidender Bedeutung. Im Besonderen sind die Gehalte der Nährstoffe Stickstoff, Kalium und Phosphor für das Pflanzenwachstum entscheidend.

Speziell beim Pflanzennährstoff Stickstoff nehmen die verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme durch ihre nachfolgende Veränderung in Bezug auf die Bodendurchlüftung, Bodentemperatur und Aggregatstabilität über die veränderten Eingriffsintensitäten Einfluss auf die Mineralisierungsrate GEISLER (1988), ENTRUP und OEHMICHEN (2006).

Im Versuchsjahr 2010 wurden vor der Aussaat die Gehalte an pflanzenverfügbarem Stickstoff, Phosphor und Kalium erhoben. Bei Stickstoff wurde in Nitrat-Stickstoff und organisch gebundenen Stickstoff unterschieden. Signifikante Unterschiede ergaben sich nur im Gehaltswert **organisch vorliegenden Stickstoff** in der Bodentiefenstufe von 20 bis 30 cm. Hier zeigten sich bei der Variante mit „Konventioneller Bodenbearbeitung“ die höchsten Gehaltswerte und bei der Variante „Direktsaat“ die geringsten Werte. In der „Konventionellen Variante“ sind die Gehaltswerte an organisch gebundenem Stickstoff über die einzelnen Bodentiefenstufen bis in eine Tiefe von 30 cm auf beinahe unverändertem Niveau. Eine Anreicherung von organischer Substanz im Oberboden bei nicht wendender Bodenbearbeitung wie LIEBHARD (1995) in seinen Versuchen innerhalb einer zehnjährigen Versuchsdauer feststellen konnte, konnten in den vorliegenden Ergebnissen aus dem Jahr 2010 nicht bestätigt werden.

Bei den **Nitrat-Stickstoffgehaltswerten** zeigt sich die Tendenz, dass die bearbeitungsintensiveren Bodenbearbeitungssysteme speziell in Bodentiefen unter 10 cm höhere Nitratgehaltswerte aufweisen als jene Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitungsintensität.

Die Ergebnisse bei den **Phosphorgehaltswerten** ließen keine gesicherten Unterschiede durch die unterschiedlichen Bodenbearbeitungssysteme erkennen. Auch die absoluten Unterschiede fielen gering aus.

Die **Kaliumgehaltswerte** lassen nur im Oberbodenbereich bis 10 cm Tiefe eine signifikante Unterscheidung bezüglich der unterschiedlichen Bodenbearbeitungssysteme zu. Die „Reduzierte Variante“ weist die höchsten Kaliumwertswerte auf. Die Parzellen mit „Konventioneller Bodenbearbeitung“ zeigen bis in eine Tiefe von 20 cm die niedrigsten Kaliumgehaltswerte. In den darunter liegenden Bodentiefenstufen konnten keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden. Die „Reduzierte Variante“ zeigt jedoch bis in eine Tiefe von 30 cm die höchsten Kaliumgehaltswerte.

5.2 Einfluss der Bodenbearbeitung auf Wachstum und Entwicklung der Zuckerrübe

Aufgrund der Keimphysiologie der Zuckerrübe mit dem hohen Anspruch an das Saatbett muss es Ziel sein, eine gleichmäßig flache Saat in ein ausreichend abgesetztes, gut mit Wasser versorgtes und strukturiertes Saatbett zu gewährleisten (EIGNER, 1996).

GUTAUER (2012) weist darauf hin, dass europaweit Spitzenerträge nur bei früherer Saat zu erreichen sind und Pflanzenbestände von über 85.000 Pflanzen per Hektar erforderlich sind. Auch MÄRLÄNDER (1991) sieht zur Erzielung des maximal bereinigten Zuckerertrags eine Bestandsdichte von 80.000 Pflanzen je Hektar oder höher als notwendig.

Speziell beim Anbau von Reihenkulturen wie der Zuckerrübe ist der Boden zwischen Saatbettbereitung und früherer Jugendentwicklung bis zum Reihenschluss als besonders sensibel hinsichtlich der Erosionsanfälligkeit einzustufen (SCHOLZ et al., 2007). Pfluglose Bodenbearbeitung ist zwar ein wirkungsvoller Schutz vor Erosion, kann sich aber bei bestimmten Kulturen negativ auf den Aufgang und das Pflanzenwachstum auswirken (BRUNOTTE, 1991).

Um den Effekt der untersuchten Bodenbearbeitungssysteme hinsichtlich der anfänglichen Jugendentwicklung bei Zuckerrüben zu bewerten, diente im Versuchsjahr 2010 die Beurteilung des Feldaufganges und der Bodenbedeckung als Methode zur Bewertung der Jugendentwicklung.

Aufgrund günstiger Saat- und Auflaufbedingungen im Jahr 2010 ergaben sich konnten bei der Auszählung des **Feldaufgangs** ideale Bestandszahlen zur Bildung eines ertragsfähigen Bestandes. Es wurden durchgehend Bestände über 95.000 Pflanzen per Hektar erreicht. Die beiden Varianten "Konventionelle Bodenbearbeitung" und „Direktsaat“ unterschieden sich nur geringfügig im Feldaufgang. Auch REFENNER (2012) konnte in allen Bodenbearbeitungssystemen Feldbestände von über 90.000 Pflanzen per Hektar erzielen. KEMPL (1997); WAGENTRISTL (1998) und WEGENER (2001) berichten von verminderten Feldaufgängen bei Zuckerrüben in Direktsaat. Als Hauptgrund wurden Schwierigkeiten bei der vorhandenen Sätechnik mit den organischen Rückständen genannt. Im weiteren stellte das Schaffen von Feinerde zum Bedecken des Saatgutes ein Problem bei der Direktsaat dar. So erreichten KEMPL (1997) und WAGENTRISTL (1998) in ihren Untersuchungen Direktsaatbestände von 65.000 Pflanzen per Hektar. Auch eine um 11 % erhöhte Aussaatstärke bei PRINGAS (2005) führte zu verringerten Feldbeständen.

Im Gegensatz dazu konnte PRINGAS (2005) zwischen konventionellen Varianten und Mulchvarianten nur tendenzielle Unterschiede feststellen. Der vollständige Verzicht auf Bodenbearbeitung führte bei DIECKMANN (2009) in allen betrachteten Kulturen zu deutlichen Mindererträgen. SCHMUTZER (2002) berichtete von technischen Verbesserungen an der Sätechnik mit der er einen 70 %igen Feldaufgang und Bestände mit 80.000 Pflanzen per Hektar in der Direktsaat erreichte.

Neben einem hohen Feldaufgang ist im weiteren Verlauf eine rasche Jugendentwicklung zum Erreichen hoher Rübenerträge von entscheidender Bedeutung. Ziel ist es durch die rasche Entwicklung des Blattapparates die zur Verfügung stehende Vegetationszeit bestmöglich auszunutzen (GEISLER, 1988).

Einflussnehmend auf die Jugendentwicklung sind neben der Witterung, die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, die Sorte und das Bodenbearbeitungssystem.

Bei Systemen mit Mulchaufgabe ist die langsamere Erwärmung des Bodens im Frühjahr weniger vorteilhaft bei. In kühleren Lagen und in Jahren generell schlechterer Jugendentwicklung haben die Rüben bei diesem Verfahren einen Nachteil, der vor allem auf dicht liegenden Lehm- und Schluffböden sichtbar wird.

Auf Tonböden, vor allem in Südhanglage, ist die Jugendentwicklung der Zuckerrüben zwar auch etwas langsamer, dieser Schwachpunkt wird später im Vegetationsverlauf aber in der Regel wieder ausgeglichen (BARTELS et al., 2006). Die Ergebnisse der **Bodenbedeckung** 2010 zeigten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Bodenbearbeitungssysteme. Zu beiden Terminen (27. 05. und 12. 07. 2010) wies die „Reduzierte Variante“ mit 8,1% und 87,4% die höchsten Bodenbedeckungsgrade auf. Auch HOFFMANN et al. (1994) berichten von einer rascheren Jugendentwicklung in Varianten mit nicht wendender Bodenbearbeitung.

5.3 Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Eindringwiderstand

Aus den Ergebnissen der Eindringwiderstände zu den zwei Erhebungsterminen im Versuchsjahr 2010 zeigt sich der bedeutende Einfluss der Bodenfeuchte auf den Bodenwiderstand. Auch COELHO et al. (2000) und BOONE UND VEEN (1994) weisen darauf hin, dass sich bei gleicher Bodenart der Eindringwiderstand vor allem in Abhängigkeit vom Bodenfeuchtegehalt und der Trockenrohddichte ändert. LIEBHARD (1995) hält in seinen Ergebnissen ebenfalls den besonderen Einfluss des Wassergehalts auf den Eindringwiderstand fest.

Die Ergebnisse der Eindringwiderstandsmessungen lassen Rückschlüsse auf den Bodenzustand und die Durchwurzelbarkeit für die Kulturpflanzen zu. Im weiteren können eventuell durch die Bodenbearbeitung verursachte Verdichtungshorizonte dargestellt und interpretiert werden. Denn Auswirkungen von schlechter oder verdichteter Bodenstruktur können sich in Rüben als Blattaufhellungen zeigen und werden oft fälschlicherweise als Symptome für Stickstoffmangel gedeutet EIGNER (1999). Dabei ergeben sich durch die verschiedenen Bearbeitungsverfahren spezifische Eigenschaften. So werden zwar durch den Pflugeinsatz Verdichtungen im Oberboden aufgebrochen, jedoch entsteht an der Pflugsohle zusätzlich eine Krumbasisverdichtung, die das Wurzelwachstum hemmt. Die Transportfunktion des Bodens wird beeinträchtigt, es kommt zu erhöhter Wasserverdunstung (WAGENTRISTL, 1998). Hingegen erhöht ein vollständiger Pflugverzicht die Tragfähigkeit und damit den Schutz vor Schadverdichtung des Bodens durch natürliche Aggregierungsprozesse. Allerdings kann bei vollständigem Verzicht auf Maßnahmen zur Lockerung der für

das Pflanzenwachstum optimale Lagerungsdichten- und/oder Porenvolumenbereich über- bzw. unterschritten werden. Die so entstehende Schadverdichtung kann zu Mindererträgen führen (HARRACH UND VORDERBRÜGGE, 1991).

Die Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2010 zeigten in der „Direktsaat Variante“ unter trockenen Bodenverhältnissen den niedrigsten **Eindringwiderstand** im Oberbodens bis zu einer Tiefe von in etwa 17 cm. Bis in eine Tiefe von 29 cm stieg der Eindringwiderstand der Direktsaat Parzellen ohne markant erkennbare Störzonen weitgehend linear an. Im Gegensatz dazu stellten REFENNER (2012), MAYER (2000), SCHMUTZER (2002), TEBRÜGGE und BÖHRNSEN (1995) die geringsten Eindringwiderstände im Bereich des Oberbodens bei Bodenbearbeitungssystemen mit Pflugeinsatz fest.

Entgegen den Ergebnissen aus den Versuchen von LIEBHARD (1995) wurde bei der „Konventionellen Bodenbearbeitungsvariante“ unter trockenen Bodenverhältnissen (Termin-2, 19. 09. 2010) bis in eine Tiefe von 15 cm die höchsten Eindringwiderstände gemessen. Unter feuchten Verhältnissen (Termin-1, 22. 06. 2010) hingegen zeigte die „Konventionelle Variante“ ab einer Tiefe von 14 cm die geringsten Eindringwiderstände.

Bei der „Minimalen Variante“ zeigte sich durch die stetige flache Bodenbearbeitung eine Zone mit erhöhten Widerstandskräften im Bereich um 10 cm. Auch bei der „Konventionellen Variante“ konnte ein deutlicher Anstieg der Eindringwiderstände in der Bodentiefe von 7 bis 12 cm festgestellt werden. Diese verdichtete Zone ist durch die Saatbettbereitung begründet.

In Bodentiefen ab 30 cm war bei allen Bodenbearbeitungsvarianten ein markanter Anstieg der erforderlichen Eindringkräfte festzustellen. Auch WAGENTRISTL (1998) und SCHMUTZER (2002) verzeichnen in ihren untersuchten Bodenbearbeitungssystemen einen deutlichen Anstieg des Eindringwiderstandes ab einer Tiefe von 38 cm.

Im angeführten Versuch zeigten die Varianten mit „Konventioneller“ und „Integrierter Bodenbearbeitung“ die höchsten Eindringwiderstände ab einer Tiefe von 27cm mit dem deutlichsten Anstieg des Kraftaufwandes zum Überwinden des Eindringwiderstandes. Die Ursache liegt in dem durch den Pflug entstandenen Verdichtungshorizont. TEBRÜGGE UND BÖHRNSEN (1995) und MAYER (2000) berichten speziell nach dem Einsatz des Pfluges von deutlichen Verdichtungen im Bereich der Bearbeitungsgrenze.

Im Einklang mit den Ergebnissen von REFENNER (2012) ergaben sich auch im Versuchsjahr 2010 in der „Reihe“ geringere Eindringwiderstände als im „Zwischen-Reihenbereich“. Entscheidenden Einfluss hat die intensivere Lebendverbauung durch die Rübenwurzeln.

Um den Grad der **Bodenverdichtung** beurteilen zu können unterteilt HARTGE (1986) den **Eindringwiderstand** in fünf pflanzenphysiologische Bereiche. Der Bereich unter 30 N/cm² ist locker und mangels Bodenschluss ungünstig zu durchwurzeln. Zwischen 40 bis 110 N/cm² ist er günstig, von 120 bis 180 N/cm² meist noch gut durchwurzelbar und von 190 bis 240 N/cm² nur mehr schwer für Zuckerrüben durchwurzelbar. Über 250 N/cm² spricht er von starken Verdichtungen. DEXTER (1986) beschreibt ab einem Eindringwiderstand von 200 N/cm² einen Rückgang im Wurzelwachstum um 50 % und EHLERS (1983) schließt ein Wurzelwachstum über 400 N/cm² beinahe aus.

Bei Übertragung dieser Einteilung in das Versuchsjahr 2010 zeigten sich zu beiden Messterminen (22. 06. und 19. 09. 2010) sowohl unter feuchten als auch unter trockenen Bodenverhältnissen die Bodenwiderstände bis zu einer Tiefe von 35 cm in einem für die Durchwurzelbarkeit günstigen Bereich von 82 bis 221 N/cm².

Unter trockeneren Bedingungen zum zweiten Beprobungstermin (19. 09. 2010) wurden Werte in einer Tiefe von 5 bis 35 cm von 129 bis 513 N/cm² erreicht. Im Vergleich werden die Werte in der „Direktsaat Variante“ und „Reduzierten Variante“ am längsten in einem für die Pflanzenwurzel günstigen Bereich von unter 250 N/cm² gehalten. Bei den übrigen Bodenbearbeitungsvarianten befanden sich die Eindringwiderstände unter trockenen Bedingungen über weite Teile im hoch verdichteten Bereich.

5.4 Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Rüben- und Blattertrag

Wie die angeführten Ergebnisse zur **ersten Zwischenernte** (15. 07. 2010) in Abbildung 8 und Tabelle 11 zeigen, konnten sowohl bei Rüben- als auch Blattertrag keine statistisch absicherbaren Unterschiede erzielt werden. Die sowohl höchsten Rüben- als auch Blattfrischmasseerträge brachte die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“. Die niedrigsten Rübenfrischmasseerträge lieferte die „Integrierte Variante“. Bei den Blattfrischmasseerträgen ergab die „Direktsaat Variante“ die geringste Masse.

Bei den Trockenmassegehaltswerten in den Rüben ergab die „Integrierte Bodenbearbeitungsvariante“ die mit Abstand höchsten Gehaltswerte. Bei den weiteren Versuchsgliedern lag die Spannbreite bei 0,9 Prozentpunkten.

Den höchsten Gehaltswert bei den Blatttrockenmassen erzielte die „Konventionelle Variante“. Die anderen Versuchsglieder unterschieden sich um maximal 1 Prozentpunkt.

Zur **zweiten Zwischenernte** (02. 09. 2010) ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Ertragsunterschiede. Die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“ brachte die höchsten Rüben- und Blattfrischmasseerträge und konnte somit den Vorsprung, der bereits zur ersten Zwischenernte bestand, beibehalten. Die niedrigsten Rüben- und Blattfrischmasseerträge lieferte die „Konventionelle Variante“.

Die höchsten Rübentrockenmassegehaltswerte erreichte erwartungsgemäß auch zur zweiten Zwischenernte die „Integrierte Variante“. Bei den Blatttrockenmassegehaltswerten lieferte die „Minimale Bodenbearbeitungsvariante“ den höchsten Trockenmassegehalt.

Bei der zweiten Zwischenernte zeigen die vorliegenden Ergebnisse bezüglich der Inneren-Qualität, bis auf den Gehalt an Alpha-Amino-Stickstoff, keine signifikanten Unterschiede. Bei den Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerten erreichte die sowohl in Rüben- und Blattfrischmasse ertragreichste Variante „Integrierte Bodenbearbeitung“ die niedrigsten Gehaltswerte. Die höchsten Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerte ergab die „Konventionelle Variante“, die bei den Rüben- und Blattfrischmassen die geringsten Erträge erzielte.

Bei der Auswertung der polarisierten Zuckergehaltswerte und der Kalium- und Natriumgehaltswerte konnten keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen den

Bearbeitungssystemen und den für die Verarbeitung entscheidenden Inhaltsstoffen erkannt werden.

Die angeführten Ergebnisse zur **Ernte** (12. 10. 2010) decken sich mit den Ergebnissen aus den vorangegangenen Zwischenernten. Die „Reduzierte Bodenbearbeitungs-variante“ erbrachte erwartungsgemäß den höchsten Rübenenertrag.

Die „Konventionelle Variante“ ergab zur Ernte deutlich bessere Rübenenerträge als die zweite Zwischenernte erwarten ließ und lag ertraglich an zweiter Position. Die „Direktsaat Variante“ lag im Rübenenertrag zwischen der „Integrierten“ und der „Minimalen Bodenbearbeitungsvariante“ und somit um rund 5 Prozentpunkte unter der Referenz Variante der „Konventionellen Bodenbearbeitung“.

Bei HILLEBRAND et al. (2006) waren bei Zuckerrüben im Mittel der Ergebnisse ein gleich hoher Ertrag in den Verfahren Pflug, Locker und Mulch in Zuckerrüben festgestellt worden. Demgegenüber lag der Ertrag nach Direktsaat in Zuckerrübe signifikant um 12 % niedriger als nach Pflugbearbeitung. LIEBHARD (1995) stellte in seinen Untersuchungen ebenfalls mit zunehmender Versuchsdauer Mindererträge von 19 % auf den flach bearbeiteten Grubber- und Fräseparzellen gegenüber den gepflügten Varianten fest. THELEN und KROMER (1995) erreichten bei der Auswertung siebenjähriger Bodenbearbeitungsversuche tendenziell höhere Rüben- und Zuckererträge bei Mulchsaat mit Saatbettbereitung im Vergleich zu konventioneller Saat.

In Jahren mit langer Sommertrockenheit zeigte sich, dass pfluglos bestellte Bestände bedingt durch die bessere Wasserführung erheblich länger durchhalten, und auch messbare Ertragsvorteile bringen (NEUMAYR, 1999).

Im **Zuckerertrag** zeigt sich ein im Vergleich zum Rübenenertrag kein verändertes Bild. Mit der „Reduzierten Bodenbearbeitungsvariante“ konnte gefolgt von der „Konventionellen Variante“ der höchste Zuckerertrag erzielt werden. Die Versuchsglieder „Direktsaat“ und „Integrierte Bodenbearbeitung“ lagen 5 Prozentpunkte unter der Referenzvariante „Konventionelle Bodenbearbeitung“. Mit 92,1% Zuckerertrag im Vergleich zur Referenz-Variante lag die Variante der „Integrierten Bodenbearbeitung“ an letzter Stelle.

Die Analyse der Inneren-Qualitäten zur Ernte ergab bei allen untersuchten Qualitätsparameter statistisch absicherbare Unterschiede.

Im Bereich des **polarisierten Zuckergehaltes** waren die Unterschiede mit 0,2 Prozentpunkten äußerst gering, lassen aber eine signifikante Unterscheidung durch das jeweilige Bodenbearbeitungssystem zu.

Nahezu gleiche Zuckergehalte von Zuckerrüben mit reduzierter Bodenbearbeitung wurden von HOFFMANN (1996) beschrieben. NEUMAYR (1999) berichtete von geringfügig höheren Zuckerrübenenerträgen und ebenfalls höheren Zuckergehalten in den Varianten, in denen anstatt des Pfluges der Tiefgrubber zum Einsatz kam. Bezüglich der Qualität ergab der Verzicht auf den Pflug ebenfalls kaum Veränderungen, wobei sich trockenere und wärmere Standorte besser für einen Pflugverzicht eignen als Feuchte. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch HOLM und JECHE (1997).

Bei den **Alpha-Amino-Stickstoffgehalten** lagen in der „Konventionellen Bodenbearbeitungsvariante“ die höchsten Werte vor. An zweiter Stelle befand sich die Variante mit „Reduzierter Bodenbearbeitung“. Die restlichen Varianten wiesen geringere Gehaltswerte an Alpha-Amino-Stickstoff auf.

In Bezug auf die **Kalium-** und **Natriumgehalten** ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, jedoch ließen die Ergebnisse keine Reihung bezüglich der Bodenbearbeitungsintensität erkennen.

Nach DIECKMANN (2009) ergaben die zwischen 2003 bis 2005 durchgeführten Handerntens, dass der bereinigte Zuckerertrag auch bei gleicher Bestandesdichte mit abnehmender Bearbeitungsintensität sank. Auch WEGENER (2001) fand in seinen Ergebnissen, dass im Mittel über alle Versuche mit abnehmender Bearbeitungsintensität ein tendenzieller Ertragsabfall verbunden ist. Die größten Unterschiede traten zwischen dem Verfahren Pflug und Direktsaat auf. Diesen Trend bestätigten auch die Ergebnisse der Zuckerrüben- und Weizenerträge von HAMMEL (1995) und ANKEN et al. (1997).

6 Conclusio

Für die Beurteilung der Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2010 ist es notwendig die Ergebnisse aus den vorangegangenen und nachfolgenden Arbeiten in eine umfassende Bewertung mit einzubeziehen. Trotz allem ist eine allgemein gültige Aussage für die praktische Umsetzung im Ackerbau nicht zulässig, da die standortabhängigen Voraussetzungen und die jeweilige Jahreswitterung entscheidenden Einfluss über den Erfolg bestimmter Bodenbearbeitungssysteme haben.

Generell lässt sich aus den angeführten Quellen erkennen, dass dichtlagernde, schluffreiche, feuchte und kühle Böden und/oder Standorte zu einer Verzögerung des Jugendwachstum von Zuckerrüben bei reduzierter Bodenbearbeitungsintensität führen und somit nicht das volle Ertragspotential genutzt werden kann. Im Weiteren sind es oft gerade diese Standorte, die eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Erosionsereignissen zeigen.

Je humoser, trockener und luftdurchlässiger die Böden und/oder Standorte werden, desto eher bieten sich Systeme mit reduzierter Eingriffsintensität bis hin zur reinen Direktsaat an. Hier kann die Summe von Effekten zu einem verbesserten Wasserhaushalt führen. In sommerlichen Trockenperioden kann daher die verbesserte Wasserversorgung das erwartungsgemäß vorangegangene langsamere Jugendwachstum positiv aufwiegen. Wesentliche Voraussetzung zum Gelingen von Direktsaatverfahren stellt eine angepasste Saatechnik und Kulturführung dar.

Kritisch zu hinterfragen ist, dass bei zunehmender Mulchaufgabe und verminderter Bodenbearbeitung zwangsläufig der Einsatz eines Totalherbizides im Frühjahr unumgänglich ist. Dessen teilweise bekannte negative Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen des natürlichen Ökosystem dürfen in den Überlegungen zur Anwendung dieser Präparate nicht außer Acht gelassen werden.

Hervorzuheben ist im Weiteren, dass der Landwirt auf Basis der bereits vorliegenden Ergebnisse und Erfahrungen und mit Hilfe seines persönlichen Know-hows und Feingefühls, dass für den speziellen Standort und Betrieb individuelle Bodenbearbeitungssystem erarbeiten muss.

7 Zusammenfassung

Durch das zunehmende politische und öffentliche Interesse an der nachhaltigen Nutzung der Ressource Boden und der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, gewinnen Bodenbewirtschaftungssysteme mit Pflanzenmulch als Erosions- und Verdunstungsschutz an Bedeutung. Als weiterer Schritt zur Erhöhung des Bodenlebens und des Humusgehaltes dient die Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität.

Die Zuckerrübe als Reihenkultur mit langsamer Jugendentwicklung und später Bodenbedeckung stellt eine Kulturart dar, in der Maßnahmen zur Erosionsminderung besonders effektiv erosiven Einflüssen entgegenwirken. Auf der anderen Seite reagiert die Zuckerrübe in ihrer Entwicklung äußerst sensibel auf ungünstige Bodenzustände.

Zur Beurteilung unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme und deren Einfluss auf Jugendentwicklung, Eindringwiderstand, Ertrag und Inhaltsstoffe bei Zuckerrübe standen auf der Langzeitversuchsanlage (seit 1996) in Raasdorf fünf unterschiedliche Bodenbearbeitungsvarianten zur Verfügung.

Diese sind:

- Wendenden Bodenbearbeitung (Konventionell)
- Tief mischenden Bodenbearbeitung (Reduziert)
- Flach mischenden Bodenbearbeitung (Minimal)
- Wechselnden Bodenbearbeitung (Integriert)
- Variante ohne Bodenbearbeitung (Direktsaat)

Aus den Ergebnissen sind hervorzuheben:

Die **EUf-Bodenuntersuchung** vor Aussaat der Rüben wies lediglich bei den Gehalten von organisch gebundenem Stickstoff und Kalium in einzelnen Bodenfraktionen signifikante Unterschiede auf. Bei allen anderen untersuchten Nährstoffen und Bodentiefenstufen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Es konnte von einer gleich hohen Nährstoffversorgung der unterschiedlichen Varianten ausgegangen werden.

Im **Feldaufgang** ergaben sich durch angepasste Sätechnik und günstige Witterung, ergaben sich nur geringe Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten. In den **beiden** „Extremvarianten“ „Konventionell Bodenbearbeitung“ und „Direktsaat“ wurden jeweils Feldaufgänge über 95.000 Pfl/ha erreicht.

Die Messungen zur **Bodenbedeckung** zeigten zu beiden Erhebungsterminen leichte Entwicklungsvorsprünge in der „Reduzierten Bodenbearbeitungsvariante“. Die „Direktsaat Variante“ zeigte zu beiden Terminen die niedrigsten Bodenbedeckungsgrade.

Die Ergebnisse der beiden Messtermine bezüglich des **Eindringwiderstandes** belegen den bedeutenden Einfluss des Bodenwassergehaltes auf den.

Unter feuchten Bodenverhältnissen unterschieden sich die fünf Bodenbearbeitungsvarianten im Oberboden nur geringfügig. Ab einer Tiefe von 14 cm zeigte die „Konventionelle Bodenbearbeitungsvariante“ über weite Bereiche die geringsten Eindringwiderstände. Generell lagen die Messwerte unter feuchten Bedingungen in einem für das Wurzelwachstum günstigen Bereich. Unter trockenen Bedingungen ergab sich eine deutliche Differenzierung der Varianten unter erheblich gestiegenen Eindringwiderständen. Die „Direktsaat-Variante“ zeigte im Oberboden die geringsten Eindringwiderstände und gemeinsam mit der „Reduzierten Bodenbearbeitungsvariante“ über weite Teile des Beprobungsprofils für ein Wurzelwachstum noch günstige Werte von unter 250 N/cm². Die „Konventionelle Bodenbearbeitungsvariante“ hingegen wies bis in eine Tiefe von 14 cm die höchsten Eindringwiderstände, gemeinsam mit den Varianten „Minimale“ und „Integrierte Bodenbearbeitung“ auf. Die Werte der Eindringwiderstände lagen über weite Teile im hoch verdichteten Bereich von über 250 N/cm².

Die **Rübenenerträge** wurden bei zwei Zwischenernteterminen (händisch) und zur Ernte (maschinell) ermittelt. Zu allen Erhebungen brachte die „Reduzierte Bodenbearbeitungsvariante“ die höchsten Rübenenerträge. Die „Konventionelle Variante“ lag bis auf die zweite Zwischenernte an zweiter Stelle, die Platzierung der „Direktsaat“ variierte in folgender Reihenfolge von dritter auf zweite Position bei den Zwischenernten und der vierten Position zur Ernte.

Die **Blatterträge** wurden zu den beiden Zwischenernten erhoben. Die „Reduzierte-Variante“ erreichte zu beiden Terminen die höchsten Blattmassen. Die geringsten Blatterträge erreichte zur ersten Zwischenernte die „Direktsaat-Variante“ und zum zweiten Termin die „Konventionelle-Variante“.

Die **Zucker-, Alpha-N-, Kalium- und Natriumgehaltswerte** in den Rüben wurden bei der zweiten Zwischenernte und zur Ernte erhoben. Zur Zwischenernte ergaben sich nur bei den Alpha-Amino-Stickstoffgehaltswerten signifikante Unterschiede. Die höchsten Werte zeigte die „Konventionelle Bodenbearbeitungsvariante“ die geringsten wurden in der „Reduzierten Variante“ festgestellt.

Zum praxisüblichen Erntetermin ergaben sich bei allen vier untersuchten Inhaltsstoffe signifikant unterscheidbare Differenzen. Die „Direktsaat Variante“ zeigte hohe Zuckergehalte bei geringsten Alpha-N-Gehalten, die „Konventionelle Variante“ wies die höchsten Alpha-N-Gehalte auf.

8 Summary

By the increasing of political and public interest in the sustainable use of the resource soil and the maintenance of soil fertility. Soil management systems are gaining which use plant mulch as erosion and evaporation protection important. As a further step to increase the soil life and humus content, serves the reduction of soil-tillage intensity. Sugar beet as a row crop with a slow juvenile development and late soil coverage is a crop in which measures against erosive influences are very effective. On the other hand, sugar beets reacts in their development very sensitive to unfavorable soil conditions. To evaluate different soil management systems and their impact on juvenile development, penetration resistance, yield and components in sugar beet five varying types of long-term soil tillage systems (since 1996) in Raasdorf were used.

These are:

- plowing tillage (conventional)
- deep mixed variant (reduced-intensity)
- flat mixed variant (minimal-intensity)
- varying tillage (integrated)
- non-tillage variant (non-tillage)

following results are underlined in the work:

The **soil analysis** before planting the sugar beets had only at the levels of organic nitrogen and potassium in particular soil fractions significant differences. For all other analyzed nutrients and soil fractions, no significant differences were found. Therefore a equal high among of nutrients in the different variants can be assumed.

Conditioned by the adapted seeding techniques and favorable weather conditions, there were only small differences at the **germination** between the experimental limbs. In the two "extreme variants" conventional tillage and non tillage were reached over 95,000 plants per hectare.

The measurements of **soil coverage** showed at the two survey dates slight development projections in the reduced-intensity variant. The non tillage variant showed to both dates the lowest soil coverage.

The results of the two measurement dates regarding the **penetration-resistance** demonstrate the significant influence of soil water content on the penetration. Under wet soil conditions, the five variants differed only slightly in the topsoil. At a depth of 14 cm, the conventional variant shows the lowest penetration resistance over wide ranges. Generally, the measurements are under humid conditions in a favorable range for root growth. Under dry conditions, there is a clear differentiation among the variants with a significantly increased penetration resistances. The non tillage variant shows in the topsoil the lowest penetration resistances and together with the reduced-intensity variant over wide range of the sampling profile still favourable values for root growth of less than 250 n/cm². In contrast the conventional variant showed up to a depth of 14 cm, the highest penetration resistances and together with the variations minimal-intensity and the integrated tillage over a wide range of the soil profile penetration resistances in high density spheres with more than 250 n/cm².

The **beet yields** were raised to two intermediate harvests (manually) and one main harvest (mechanical). At all three analyses the reduced-intensity variant brought the highest beet yields. The conventional variant was except of the second interim harvest in second position, the placement of the non tillage varied in the following order from the third to second position at the intermediate harvests and the fourth position at the main harvest.

The **leaf yields** were raised for both intermediate harvesting. The reduced intensity variant reached at both appointments the highest leaf mass. The lowest leaf yields reached at the first intermediate harvest non tillage variant and at the second appointment the conventional variant.

The **sugar-**, **alpha-N-**, **potassium-** and **sodiumcontents** were sampled from the second intermediate and main crop harvest. For the intermediate harvest only at the alpha-N contents significant differences could be detected. The highest values showed the plow variant, the lowest were found in the cultivators/deep variant. For the main harvest all four analyzed ingredients showed significantly distinguishable differences. The non tillage variant showed high sugar content at lowest alpha-N contents, the plow variant showed again the highest alpha-N contents.

9 Abkürzungsverzeichnis

*	signifikant
Abb.	Abbildung
AGRANA	AGRANA Beteiligungs-AG
Akh	Arbeitskraftstunde
Alpha-N	Alpha-Amino-Stickstoff
BGBL	Bundesgesetzblatt
DB	Deckungsbeitrag
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
GAP	Gemeinsame Agrarpoliti
ha	Hektar
KG	Katastralgemeinde
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
meq	Milli-äquivalente
mm/m ²	Millimeter Wassersäule pro Quadratmeter
n.s.	nicht signifikant
N/m ²	Newton pro Quadratmeter
ÖPUL	Österreichisches Programm für eine umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende Landwirtschaft
qkm	Quadratkilometer
RL	Richtlinie
Tab.	Tabelle
ZFI	Zuckerforschungsinstitut
ZMO	Zuckermarktordnung
bzw.	beziehungsweise
NAK	Nachauflauf Keimblatt (Herbizidbekämpfung)
ÖPUL	Österreichischen Programm zur Förderung einer um weltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebens raum schützenden Landwirtschaft

10 Literaturverzeichnis

Agrana, (2012): Von der Rübe zum Wiener Zucker - Zahlen und Fakten 2012. http://www.agrana.at/fileadmin/inhalte/agrana_group/folders%20and%20brochures/zucker_2012_WEB.pdf, (07.11.2012).

ANKEN, T.; HEUSSER, J.; WEISSKOPF, P.; ZIHLMANN, U.; FORRER, H.R.; HÖGGER, C.; SCHERRER, C.; MOZAFAR, A. und STURNY, W.G. (1997): Bodenbearbeitungssysteme, Direktsaat stellt die höchsten Anforderungen. FAT-Bericht 501, 1 - 14.

BARTELS, M.; PETERSEN, J.; RIECKMANN, W. und HEINKEL, R. (2006): Zuckerrübenkompendium - Unkrautbekämpfung, Krankheiten, Schädlinge, Wirkstoffe/Empfehlungen. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH.

BECKER, C. (1997): Dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitungssysteme und Betriebsgröße. Göttingen: Dissertation Georg August Universität Göttingen.

(BFW) BUNDESFORSCHUNGS- UND AUSBILDUNGSZENTRUM FÜR WALD, NATURGEFAHREN UND LANDSCHAFT (2010): eBOD (http://gis.lebensministerium.at/eBOD/frames/index.php?&146=true&gui_id=eBOD) 19.12.2010.

(BOKU) VERSUCHSWIRTSCHAFT DER UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN IN GROß ENZERSDORF, (2011): Agrarmeteorologische Messstation Raasdorf (<http://www.dnw.boku.ac.at/5753.html>) 09.11.2011.

BRUNOTTE, J. (1991): Maßnahmen zum Bodenschutz im Zuckerrübenanbau KTBL - Arbeitspapier 159. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max -Eyth-Gesellschaft (MEG) 183, 205.

BRUNOTTE, J.; WEIßBACH, M.; ROGASIK, H.; ISENSEE, E. und SOMMER, C. (2000): Zur guten fachlichen Praxis beim Einsatz moderner Zuckerrübenerntetechnik. Zuckerrübe 49, 34-40.

COELHO, M.B.; MATEOS, L. und VILLALOBOS, F.J. (2000): Influence of a compacted loam subsoil layer on growth and yield of irrigated cotton in southern Spain. *Soil and Tillage Research* 57, 129 - 142.

DEXTER, A.R. (1986): Model experiments on the behaviour of roots at the interface between a tilled seed-bed and a compacted sub-soil. *Plant and Soil* 95, 123 - 133.

DIECKMANN, J. (2009): Zur Bedeutung der Bodenstruktur für den Ertrag von Zuckerrüben - eine pflanzenbauliche und ökonomische Analyse in einer Zuckerrüben - Getreide - Fruchtfolge mit dauerhaft differenzierter Bodenbearbeitung. Göttingen: Dissertation Georg August Universität Göttingen.

DIECKMANN, J.; TOMANOVÁ, O.; KOCH, H.J. und MILLER, H. (2004): Influence of continuous minimum tillage on soil erodibility. 67. IIRB-Kongreß, 237 - 241.

EHLERS, W. und CLAUPEIN, W. (1994): Approaches toward conservation tillage in Germany. In: (Carter M.R., Hrsg.): Conservation tillage in temperate agroecosystems. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan (USA), 141 - 165.

EHLERS, W. (1983): Bodenphysikalische Forschung in der BRD. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 38, 5 - 28.

EIGNER, H. (1996): Lohnender Verzicht auf den Pflug. Mulch und Direktsaat. *Agrozucker*, 1 / 1996, 19 - 21.

EIGNER, H. (1999): Aufhellung der Rüben durch schlechte Bodenstruktur. persönliche Mitteilung In: Mayer (2000): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren und verschiedener Zwischenfrüchte auf die Ertragsleistung bei Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell) im pannonischen Produktionsraum. Wien: Diplomarbeit Universität für Bodenkultur Wien.

EIJKELKAMP, (2009): Penetrologger - Gebrauchsanweisung. Eijkelkamp Agrisearch Equipment, Giesbeek.

ENTRUP UND OEHMICHEN (2006,): Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 1 - Grundlagen. Bonn: AgroConcept, 455 - 456.

FRANKE, G.; HAMMER, K.; HANELT, K.; KETZ, H.A.; NATHO, G. und REINBOTHE H. (1998): Früchte der Erde. Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, 84 - 92.

GEISLER, G. (1982): Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Berlin, Hamburg: Paul Parey Verlag, 156-176.

GEISLER, G. (1988): Pflanzenbau, Biologische Grundlagen und Techniken der Pflanzenproduktion. Paul Parey, Berlin und Hamburg, 380-389.

GEISLER, G. (1988): Pflanzenbau, biologische Grundlagen und Techniken der Pflanzenproduktion. Berlin, Hamburg: Paul Parey Verlag, 386 - 387.

GISI, U.; SCHENKER, R.; SCHULIN, R.; STADELMANN, X.F.; STICHER, H. (1997): Bodenökologie. Thieme Verlag, Stuttgart, New York, pp. 351.

GUTAUER, H. (2012): Dichte Pflanzenbestände sichern möglichst hohe Zuckererträge. Agrozucker 1/2012.

HAMMEL, J.E. (1995): Long-Term Tillage and Crop Rotation Effects on Winter Wheat Production in North Idaho. Agronomy Journal 87, 12 - 22.

HARRACH, T. und VODERBRÜGGE, T. (1991): Die Wurzelentwicklung von Kulturpflanzen in Beziehung zum Bodentyp und Bodengefüge. Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. Bd. 2: Bodengefüge, Bereich Landwirtschaft, Sonderheft 204, 69 - 82.

HARTGE, K.H. (1986): Organic Matter contribution to stability of soil structure. Soil conditioners SSSA Special Publication No 7, 103 - 110.

HENKEL, G. (1993): Der ländliche Raum. Gegenwart und Wandlungsprozesse in Deutschland seit dem 19. Jahrhundert. In: Heißenhuber, A. und Hoffmann, H.

(Hrsg): Honorierung einer multifunktionalen Landwirtschaft – Begründung und Perspektiven, Ländlicher Raum 5/2002. Stuttgart.

HILLEBRAND, V.; MILLER, H.; DIECKMANN, J. UND KOCH, H.J. (2006): Einfluss differenzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag und Deckungsbeitrag von Zuckerrübe und Winterweizen. Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen.

HOFFMANN, C. und KOCH, H.J. (1996): Einfluß reduzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag und N-Aufnahme von Weizen und Gerste bei unterschiedlicher N-Düngung. Pflanzenwissenschaften 2, 69 - 75.

HOFFMANN, C. (1996): Wirkung mehrjähriger pflugloser Bodenbearbeitung auf die N-Dynamik im Boden und den Ertrag von Zuckerrüben. Zuckerindustrie 121, 616 - 622.

HOFFMANN, C.; BECKER, C.; ROTHER, B.; KOCH, H.J. und MARLÄNDER, B. (1994): N-Nettoassimilation im Boden sowie Ertrag und Qualität von Zuckerrüben bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. VDLUVA-Schriftenreihe 38, Kongreßband 1994, 231 - 234.

HOLM, B. und JECHE, F. (1997): Erfolgreicher Zuckerrübenanbau in Mulchsaatverfahren. Aspekte aus dem hohen Norden. Zuckerrübe, 46, 251 - 253.

KEMPL, F. (1997): Auswirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung auf den Wachstumsverlauf und die Inhaltsstoffe von Zuckerrüben. Wien: Dipl. Universität für Bodenkultur Wien.

KIRNER, L (2010): Wettbewerbsfähigkeit des Zuckerrübenanbaus in Österreich je nach Politikoption in Österreich nach 2013. Agrarpolitischer Arbeitsbehelf Nr. 37 der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft. Wien.

KOM, (2010): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Die GAP bis 2020: Nahrungsmittel, natürliche Ressourcen und ländliche Gebiete – die künftigen Herausforderungen. Brüssel, 18.11.2010, 672.

KTBL (1993): Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL-Arbeitsblatt 236. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt.

LEBENS MINISTERIUM, (2010): Grüner Bericht 2010 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. www.gruenerbericht.at (24.03.2011).

LIEBHARD, P. (1995): Effekte langjähriger unterschiedlicher Primärbodenbearbeitung auf ausgewählte Bodenkennzahlen und das Ertragsverhalten von Winterweizen, Körnermais und Zuckerrübe im semihumiden Ackerbaugebiet Oberösterreichs. Wien: Habil. Universität für Bodenkultur Wien, 25.

LINDSTROM, M.J. und ARCHER, D.W. (2003): Crop residue management in the United States. *Landbauforschung Voelkenrode Sonderheft*. 256, 11-16.

LINKE, C. (1998): Direktsaat - eine Bestandesaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökologischer Probleme. Diss. Universität Hohenheim.

MAYER, J. (2000): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren und verschiedener Zwischenfrüchte auf die Ertragsleistung bei Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell) im pannonischen Produktionsraum. Wien: Diplomarbeit Universität für Bodenkultur Wien.

MÄRLÄNDER, B. (1978) Wirkung reduzierter Grundbodenbearbeitung auf die Ertragsbildung von Zuckerrüben. Diss. Georg August Universität Göttingen.

MÄRLÄNDER, B. (1991): Zuckerrüben. Optimierung von Anbauverfahren - Züchtungsfortschritt - Sortenwahl. Ute Bernhardt-Pätzold, Stadthagen.

MÜLLER, K. (1999): Ländliche Räume - Multifunktionalität und Prioritätenverschiebung. In: Heißenhuber, A. und Hoffmann, H. (Hrsg):

Honorierung einer multifunktionalen Landwirtschaft – Begründung und Perspektiven, Ländlicher Raum 5/2002. Stuttgart.

NEUMAYR, F. (1999): Einfluß unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die Stickstoffdynamik sowie auf Ertrag und Qualität bei Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell) im pannonischen Produktionsraum. Wien: Dipl. Universität für Bodenkultur Wien.

OECD (1998): Agriculture and the Environment: Issues and Policies. In: Heißenhuber, A. und Hoffmann, H. (Hrsg.): Honorierung einer multifunktionalen Landwirtschaft – Begründung und Perspektiven, Ländlicher Raum 5/2002. Stuttgart.

OEHMICHEN, J.; JACOBS, G. und WEYER, T. (2006): Pflanzenernährung und Düngung. In: Lütke-Entrup, N. und Oehmichen, J. (Hrsg.): Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 1 - Grundlagen. Bonn: AgroConcept, 455 - 456.

PEKRUN, C.; KAUL, H.P. und CLAUPEIN, W. (2003): Soil tillage for sustainable nutrientmanagement. Ed.: EL TITI, A. (Hrsg.): Soil Tillage in Agroecosystems, PCR Press LLC, Boca Raton.

POSCHACHER, G. (2011): EU - Bilanz und Perspektiven. In Der fortschrittliche Landwirt, 5/2011.

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

REFENNER, J. (2012): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe im semiariden Produktionsgebiet. Wien: Dipl. Universität für Bodenkultur Wien, 50.

RICHTER, U. (1995): Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge und den Stickstoffhaushalt. Diss. Justus-Liebig-Universität Gießen.

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

SCHOLZ, G.; QUINTON, J.N. und STRAUSS, P. (2006): Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate changes induced seasonal precipitation variations. ScienceDirect Catena 72 (2008) 91 - 105, available at www.sciencedirect.com

SCHOLZ, G.; QUINTON, J.N. und STRAUSS, P. (2007): Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate change induced seasonal precipitation variations. Catena (2007), doi: 10.1016/j.catena.2007.04.005.

STATCON, (2012): SigmaScan Schulung. Statcon - Statistische Consulting und Software, (http://www.statcon.at/sigma_scan_pro_86_de.html) 20.03.2012.

STATISTIK AUSTRIA (2011): Anbau auf dem Ackerland 2010 - Schnellbericht 1.16, Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien, <http://www.statistik.at> (24.03.2011).

STEINMANN, P. (2008): Agrarumweltvorschriften im Vergleich. Bundesamt für Landwirtschaft, In: **AGRAR**-Forschung 15 (2): 83, 2008.

STEPHAN, C. (1999): Verfahrenstechnische Bewertung von Zuckerrübenanbauverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Energiebilanz. Diss. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

STOCKFISCH, N.; FORSTREUTER, T. und EHLERS, W. (1999): Ploughing effects on soil organic matter after twenty years of conservation tillage in Lower Saxony, Germany. Soil and Tillage Research 52, 91 - 101.

TEBRÜGGE, F. und BÖHRNSEN, A. (1995): Direktsaat - Auswirkungen auf bodenökologische Faktoren und Ökonomie. Landtechnik 50, 6-7.

THELEN, C.S. und KROMER, K.H. (1995): Mulchsaat mit Saatbettbereitung bringt ökonomische und ökologische Vorteile. Agro Zucker 5/1995, 23 - 28.

UMWELTBUNDESAMT, (2010 a, b): NEUNTER UMWELTKONTROLLBERICHT -
Umweltsituation in Österreich. Bericht des Umweltministers an den Nationalrat,
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0286.pdf>, 49 -
52, 75 - 87, (24.02.2012).

Universität für Bodenkultur Wien, (2011): Intranet:
<http://www.dnw.boku.ac.at/5823.html>. (15.12.2011).

VAN DER VEER, S.; MEYER, M.; CHERVET, A.; STURNY, W.G. und WEISSKOPF, P. (2005):
Physikalische Bodenbelastungen bei der Zuckerrübenernte, Agrarforschung 12,
472-477.

VÖR, (2011): Vereinigung Österreichischer Rübenbauern - Die Rübenbauern,
<http://www.dieruebenbauern.at> /zuckerruebenanbau/,
<http://www.dieruebenbauern.at/presseinfos/>, (15.12.2011).

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

WASNER, J. (2009): Einfluss einer Carbokalkdüngung bei kalkhaltigen Böden auf
das Ertragsverhalten sowie auf ausgewählte bodenchemische und -physikalische
Parameter. Wien: Dissertation Universität für Bodenkultur Wien.

WCED – The World Commission on Environment and Development (1987): Our
Common Future (Brundtland-Commission). Oxford University Press.

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

WINNER, C. (1981): Zuckerrübenanbau. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 130 -
131.

ZETTER, M.R. (2008): Auswirkungen von Trockenheit auf landwirtschaftliche Kulturpflanzenerträge anhand eines agrarmeteorologischen Modells. Dipl. Universität für Bodenkultur Wien.

11 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Mittelwerte von Temperatur und Niederschlag</i>	<i>17</i>
<i>Tabelle 2: chemische Unkrautbekämpfung: Termine und Pflanzenschutzmittel der Tankmischungen am Versuchsfeld 2010</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 3: Fungizidbehandlungen: Termine, Pflanzenschutzmittel am Versuchsfeld 2010</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 4: Entnahmetiefen der Bodenproben</i>	<i>26</i>
<i>Tabelle 5: Nitrat-Stickstoffgehalte (mg/100g Boden) der Bodenbearbeitungssysteme in den untersuchten Bodentiefenstufen</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 6: organisch gebundene-Stickstoffgehalte (mg/100g Boden) der Bodenbearbeitungssysteme in den untersuchten Bodentiefenstufen</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 7: Phosphorgehalte (mg/100g Boden) der Bodenbearbeitungssysteme in den untersuchten Bodentiefenstufen</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 8: Kaliumgehalte (mg/100g Boden) der Bodenbearbeitungssysteme in den untersuchten Bodentiefenstufen</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 9: mittlerer Feldaufgang, Pflanzen/2 lfm \approx 1 m², n = 5.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabelle 10: Statistische-Auswertung Mittelwerte der Bodenbedeckungs-Messungen (%) für beide Messtermine (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen zwischen den Varianten)</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 11: mittlere Rüben- und Blatt-Frischmassen (kg/ha) (händisch geköpft), zur ersten Zwischenernte (15.07.2010)</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 12: mittlere Rüben- und Blatt-Frischmassen (kg/ha) (händisch geköpft), zur zweiten Zwischenernte (02.09.2010), (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen).....</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 13: : Innere-Qualitätsparameter der Rübe, zur zweiten Zwischenernte (02.09.2010), (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen)</i>	<i>46</i>
<i>Tabelle 14: mittlere Rüben- und Blatt-Frischmassen (kg/ha) (maschinelle Ernte), zur Ernte (12.10.2010), (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen)</i>	<i>48</i>
<i>Tabelle 15: Innere-Qualitätsparameter der Rübe, zur Ernte (12.10.2010), (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen).....</i>	<i>49</i>

12 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Verlauf von Temperatur und Niederschlag im Versuchsjahr 2010 im Vergleich zum 15-jährigen Mittel</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 2: Skizze der Versuchsanlage.....</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 3: Skizze des Messschemas für die Eindringwiderstandsmessungen</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 4: Bodenbedeckungsgrad (in % Gesamtfläche), Termin-1(27.05.2010) und Termin-2(12.07.2010), Mittelwerte der jeweiligen Messungen.....</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 5: mittlerer Eindringwiderstand (N/cm²) in Abhängigkeit der Bodentiefe, Messbereich (5 - 40 cm), Termine (22.06.2010, 19.09.2010)</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 6: mittlere Eindringwiderstände (N/cm²) in Abhängigkeit der Bodentiefe, Messbereich (5-40 cm), über alle Varianten, Termine (22.06.2010, 19.09.2010).....</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 7: mittlere Eindringwiderstände (N/cm²), in 15 cm Bodentiefe, über alle Varianten, Termine (22.06.2010, 19.09.2010), die Linien stellen keine Verläufe dar</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 8: mittlere Rüben- und Blatt-Frischmasse und Rüben- und Blatt-Trockenmasse (kg/ha) (händisch geköpft) zur ersten Zwischenernte (15.07.2010).....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 9: mittlere Rüben- und Blatt-Frischmasse (kg/ha) (händisch geköpft) und Rüben- und Blatt-Trockenmasse zur zweiten Zwischenernte (02.09.2010).....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 10: mittlere Rübenerträge zur Ernte (kg/ha) (12.10.2010) (maschinelle Ernte)</i>	<i>47</i>
<i>Abbildung 11: Zucker- und Alpha-N-Gehalte in der Rübe, Vergleich Zwischenernte-2 (02.09.2010) zur Ernte (12.10.2010).....</i>	<i>48</i>