7 Erhebungen zu pflanzenbaulichen Parametern und zum Krankheits- und Schädlingsauftreten

Die Erhebungen zu pflanzenbaulichen Parametern sowie zur Pflanzen- und Wurzelentwicklung, zum Auftreten von Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern und zum Pflanzenertrag sowie zu Inhaltsstoffen im Erntegut hatten zum Ziel, wichtige, noch unbekannte bodenbearbeitungsspezifische Effekte aufzuspüren bzw. bekannte Effekte zu überprüfen. Unter Nutzung dieser Ergebnisse erfolgte die Ableitung und Überprüfung von Handlungsstrategien im Sinne einer Minderung von möglichen negativen Ausprägungen bei Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung und einer Akzeptanzsteigerung für diese neuartigen Bodenbearbeitungsverfahren.

7.1 Feldaufgang und Bestandesdichte

Die Parameter Feldaufgang bzw. Bestandesdichte wurden auf allen Flächen untersucht. Dabei traten zwischen den konventionell und konservierend bearbeiteten Parzellen keine absicherbaren Unterschiede auf. Aus diesem Grund wird auf eine Darstellung der Ergebnisse an dieser Stelle verzichtet.

Faktoren die auf den Feldaufgang Einfluss nehmen können sind z.B. eine ungünstige Wasserversorgung im Saatbett (zu nass, zu trocken), zu niedrige Temperaturen im Saatbett, eine ungleichmäßige Ablage des Saatgutes (vertikal und horizontal), eine Ablage in z.B. Strohreste der Vorfrucht, Schädlingsbefall (z.B. Schnecken, Pilzkrankheiten etc.). Da alle Betriebe, bei denen die Versuchsparzellen angelegt wurden, bereits Erfahrung mit der konservierenden Bodenbearbeitung gesammelt haben und über eine geeignete Sätechnik verfügen, konnten gravierende Fehler bei der Aussaat vermieden werden.

Nur in den Direktsaatvarianten war teilweise ein geringerer Feldaufgang zu beobachten. Dies betraf insbesondere den Winterweizen im Jahr 2000/2001 nach Vorfrucht Winterweizen am Standort Lüttewitz und die Zuckerrüben an den beiden Standorten Lüttewitz und Zschortau. An diesen Standorten wurden die Bonituren durch das Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen durchgeführt. Da auch in der Vergangenheit meist ein geringerer Feldaufgang der Zuckerrüben in der Direktsaatvariante zu verzeichnen war, wurde bereits bei der Aussaat reagiert und die Aussaatstärke erhöht. In den Varianten Konservierend, Konservierend Locker und Pflug wurde eine Ablageentfernung in der Reihe von 19 cm gewählt, in der Direktsaat-Variante lag diese bei 17 cm. Dies entspricht bei einer Reihenentfernung von 45 cm einer Aussaatstärke von ca. 117.000 bzw. 131.000 Samen*ha^{-1}. Aber auch die höhere Aussaatstärke in der Variante Direktsaat konnte eine geringere Bestandesdichte und insbesondere einen ungleichmäßigeren Bestand im Vergleich zu allen anderen Varianten nicht ausgleichen (WEGENER 2001).

7.2 Auftreten von Unkräutern bzw. -gräsern, Pflanzenkrankheiten und Schädlingen

7.2.1 Auftreten von Unkräutern und Ungräsern in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Auf allen Versuchsstandorten wurden Bonituren zum Auftreten von Unkräutern und Ungräsern durchgeführt. Dabei stellten sich z.T. die bereits bekannte Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten heraus. In den dauerhaft pfluglos bearbeiteten Varianten konnte z.T. ein leicht erhöhtes Auftreten von Gräsern festgestellt werden, in den gepflügten Parzellen dominierte die zweikeimblättrige Begleitflora.

Aus Sicht der Umsetzung eines Bodenbearbeitungssystems ist es jedoch interessanter, ob sich nach den "üblichen" Herbizidapplikationen aufgrund der Bodenbearbeitung Unterschiede ergeben bzw. Probleme auftreten, die in der Folge zu erhöhten Aufwendungen führen bzw. Ertragseinbußen nach sich ziehen. Dies war auf keiner Untersuchungsfläche der Fall.

Vor Zuckerrüben wurde in den konservierend bestellten Varianten eine zusätzliche Behandlung mit einem nicht selektiven Herbizid durchgeführt. Zur Maisaussaat am Standort Niederstriegis erfolgte in der Variante Konservierend eine sehr intensive (drei Grubbergänge) nicht wendende Bodenbearbeitung, so dass hier keine Anwendung eines nicht selektiven Herbizides erfolgte. Nach der Ernte von Getreide wurde auf der Fläche Niederstriegis in Abhängigkeit von der Witterung und vom Feldzustand sowohl bei nachfolgender konservierender als auch bei konventioneller Bodenbearbeitung eine Behandlung mit einem nicht selektiven Herbizid durchgeführt. Die Behandlungen im Nachauflauf mit selektiven Herbiziden wurden entsprechend den Vorgaben der guten fachlichen Praxis für den Pflanzenschutzeinsatz unter Berücksichtigung des Auftretens von Unkräutern und Ungräsern durchgeführt. Hier ergaben sich zwischen den Bearbeitungsvarianten keine Unterschiede in den Bekämpfungsentscheidungen.

Dies bedeutet: Der Unterschied im Herbizidaufwand im Untersuchungszeitraum auf den Untersuchungsflächen bestand lediglich in einem Einsatz eines nicht selektiven Herbizids (Glyphosat) vor Zuckerrüben.

Auf dem Standort Lüttewitz konnte in den Varianten Direktsaat und Pflug nesterweise ein verstärktes Auftreten von Disteln beobachtet werden. Dies lag jedoch nach Aussagen des Betriebsleiters nicht an der Form der Bodenbearbeitung, sondern resultierte aus einem Distelauftreten bereits vor der Versuchsanlage (1992). Dieses Problem trat im gesamten Versuchszeitraum in den Varianten Pflug und Direktsaat auf. In den Varianten Konservierend und Konservierend-Locker wurden Disteln nicht zum Problem.

Ein ähnliches Phänomen zeigte sich am Standort Zschortau. Hier wurde bis 1998 vor der Versuchsanlage, eine Maisfruchtfolge angebaut. Entsprechend trat in den Folgejahren

verstärkt Hirse auf. Insbesondere galt dies für die Zuckerrüben. Der Schwerpunkt des Hirseproblemes lag in Teilbereichen der Varianten Pflug und Direktsaat. Auch hier ist also eher ein "altes" Fruchtfolgeproblem ausschlaggebend für das Auftreten der Hirse.
Am Standort Littdorf konnte im Jahr 2001 ein leicht erhöhtes Auftreten von Trespen beobachtet werden. Diese Pflanze gilt als das dominierende Problemungras der konservierenden Bodenbearbeitung. Es zeigte sich jedoch, dass bei einer zielgerichteten Stoppelbearbeitung und einer Gräserbehandlung in der Blattfrucht (Zuckerrübe) die Trespe selbst bei einem Wintergetreideanteil von 66 % weitgehend beherrschbar bleibt. Sicherer ist jedoch im Hinblick auf die Trespenbekämpfung eine Änderung der Fruchtfolge mit dem Ziel eines höheren Anteils von Blattfrüchten bzw. Sommerungen.

7.2.2 Auftreten von Krankheiten in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Das Auftreten von Krankheiten wurde an den Standorten Zschortau und Lüttewitz seitens des Institutes für Zuckerrübenforschung, Göttingen untersucht. Auf allen anderen Standorten erfolgte im Rahmen der eigenen Untersuchungen eine Kontrolle bzw. Bonitur hinsichtlich des variantenspezifischen Auftretens von Pflanzenkrankheiten. Der Schwerpunkt wurde hierbei auf die Getreidekrankheiten gelegt.

Für bestimmte Erreger ist eine Beeinflussung des Auftretens in Abhängigkeit vom Bodenbearbeitungssystem bekannt. Dies gilt besonders für die Krankheiten, deren Infektion vom abgestorbenen Pflanzenmaterial an der Bodenoberfläche ausgeht. Im Getreide sind die beiden wichtigsten hier zu nennenden Pathogene die Drechslera-Blattdürre (DTR-*Drechslera tritici repentis*) (KREYE ET AL. 1998) und die Ährenfusariosen (insb. *Fusarium graminearum* und bedingt *F. culmorum*).
Für die DTR-Blattdürre ist als wichtigster Risikofaktor der pfluglose Anbau von Winterweizen nach Winterweizen bekannt. Dieser Selbstfolge kommt in Sachsen nur eine untergeordnete Bedeutung zu, da bei Teilnahme an der Grundförderung des Agrarumweltprogrammes "Umweltgerechte Landwirtschaft (UL)" keine Selbstfolgen gestattet sind. Insgesamt werden etwa 70 % der sächsischen Ackerfläche nach den Vorgaben der UL-Grundförderung bewirtschaftet. Im Untersuchungszeitraum wurde nur am Standort Lüttewitz diese Selbstfolge von Winterweizen nach Winterweizen praktiziert. In der Variante Direktsaat konnte im Stoppelweizen nach eigenen Beobachtungen ein deutlich höherer DTR-Befall als in der gepflügten und den konservierend bearbeiteten Varianten beobachtet werden, eine eigene gezielte Bonitur erfolgte hier allerdings, wie dargestellt, nicht.

Dem Befall von Winterweizen durch Ährenfusariosen kommt eine sehr hohe Bedeutung zu, da die relevanten Fusarium-Arten in der Lage sind, Toxine zu bilden, die sowohl

humantoxisch sind aber auch in der Viehfütterung zu großen Problemen führen können. Neben Weizen sind auch Hafer, Roggen und Triticale anfällig für den Fusariumbefall (AUFHAMMER ET AL. 1999). Das wichtigste, durch die Fusarium-Erreger *F. graminearum* und *F. culmorum* gebildete Toxin ist das Deoxynivalenol (DON), jedoch treten auch weitere toxische Pilzgifte aufgrund des Fusariumbefalls auf. Neben der Toxinbildung wird durch einen Befall mit Fusariosen der Ertrag sowie die Qualität des Erntegutes gemindert (PAWELZIK ET AL. 1998).
Nach Untersuchungen der Bayrischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau besteht die größte Infektionsgefahr bei den Vorfruchten Körnermais und Silomais. Darüber hinaus ist auch nach Feldgras mit einer hohen Infektionsgefahr zu rechnen (GEBHART 1998). Aber auch nach anderen Vorfrüchten kann immer wieder ein erhöhter Fusariumbefall beobachtet werden.
Als eine der wichtigsten vorbeugenden Maßnahmen gegen den Fusariumbefall wird in der Literatur vielfach die wendende Bodenbearbeitung angegeben, mit dem Ziel der Beseitigung der infektiösen (Mais-)Rückstände von der Bodenoberfläche. Dies hat zur Folge, dass aufgrund des Fusariumrisikos oftmals die Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung unterbleibt, bzw. nur teilweise konservierend gewirtschaftet wird. Um den scheinbaren Zielkonflikt Boden- und Gewässerschutz einerseits und Erzeugung von unbelastetem Qualitätsgetreide andererseits aufzulösen, bedarf es also einer nachhaltigen Strategie gegen das Auftreten der Ährenfusariosen im Rahmen der konservierenden Bodenbearbeitung.
Aus diesem Grund wurde ein Schwerpunkt der Untersuchungen auf den Fusariumbefall gelegt.
Einerseits erfolgte in allen drei Untersuchungsjahren ein Screening von Winterweizen-Partien verschiedener Betriebe aus ganz Sachsen. Die Kornproben wurden unter Berücksichtigung verschiedener Weizensorten, Vorfrüchte und Bodenbearbeitungsverfahren genommen. Für alle Proben erfolgte eine Analyse auf den Gehalt an DON.
Über das Screening hinaus wurde im sächsischen Lößhügelland in den Jahren 1999/2000 und 2000/2001 in Zusammenarbeit mit einem Landwirtschaftsbetrieb ein gezielter Versuch zur Fusariumproblematik angelegt. Nach der Vorfrucht Körnermais wurden die Faktoren Sorte (stark anfällig versus wenig anfällig) und Bodenbearbeitung (Pflug, Konservierend und Direktsaat) geprüft.
Aus den erhaltenen Daten wurde eine Vorsorgestrategie gegen Fusariumbefall sowohl für konventionelle als auch für konservierende Bodenbearbeitungsverfahren abgeleitet, die bereits Eingang in die Empfehlungen der sächsischen Offizialberatung gefunden hat.

Die Ergebnisse des Screenings der Kornproben sind in Tabelle 43 zusammengefasst. Deutlich wird, dass in allen drei Jahren sowohl Weizenpartien mit sehr niedriger Belastung als auch Partien mit ausgesprochen hoher Belastung auftraten. In allen drei Jahren war der höchste

Befall bei Anbau einer anfälligen Weizensorte nach Vorfrucht Körnermais aufgetreten, in den Jahren 1999 und 2001 nach Winterweizendirektsaat und 2000 nach konservierender Bodenbearbeitung (ebenfalls nach Körnermais). In allen Fällen handelte es sich bei den sehr hoch befallenen Proben um anfällige Winterweizensorten. Aber auch nach einer Pflugfurche wurden 1999 bis 2001 bei der Vorfrucht Körnermais und Silomais sehr hohe DON-Gehalte im Winterweizen ermittelt. Diese Ergebnisse bestätigen die allgemein hohe Gefährdung von Winterweizen, der nach Körnermais angebaut wird. Deutlich wird aber auch, dass das Unterpflügen der Maisrückstände i.d.R. nicht ausreicht, um das Befallsrisiko gänzlich auszuschliessen. Ursache hierfür ist, dass insbesondere nach Körnermais sehr viel Pflanzenrückstände anfallen, die oftmals nicht sauber in den Boden eingepflügt werden können, so dass auch nach dem Pflügen noch infektiöses Material an der Bodenoberfläche verbleibt. Gleiches gilt für die Rückstände von Silomais, der zunehmend sehr hoch geschnitten wird, so dass die langen Rückstände beim Pflügen nicht sauber in den Boden eingearbeitet werden können.

Auch nach anderen Vorfrüchten (Zuckerrüben, Kartoffeln, Getreide etc.) konnten z.T. sehr hohe DON-Gehalte im Winterweizen festgestellt werden. Meist handelte es sich bei diesen Proben um stark fusariumanfällige Weizensorten.

Das geometrische Mittel der DON-Gehalte lag in den Jahren 2000 und 2001 deutlich niedriger als im Jahr 1999. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Probenauswahl nicht repräsentativ erfolgte. So stand im Jahr 1999 bei 18 von 28 Proben (64 %) als Vorfrucht Mais, im Jahr 2000 in 30 % und im Jahr 2001 in 31 % der Fälle. Dagegen steht im Durchschnitt in Sachsen nur etwa 10 % des Weizens nach der Vorfrucht Mais.

Bei einem erheblichen Teil der Proben konnte mittels des DON-ELISA Verfahrens keine Toxinbelastung festgestellt werden. Die Nachweisgrenze dieses Verfahrens liegt bei 110 ppb.

Tabelle 43: Minimaler und maximaler Gehalt an Deoxynivalenol (DON) in Winterweizen-Proben der Jahre 1999 bis 2001 von sächsischen Betrieben nach unterschiedlichen Vorfrüchten, unterschiedlicher Bodenbearbeitung und bei verschiedenen Weizensorten (DON-ELISA, Nachweisgrenze: 110 ppb)

Jahr	Probenanzahl	min. DON-Gehalt [ppb]	geom. Mittel [ppb]*	max. DON-Gehalt [ppb]
1999	28	< 110	1490	4600
2000	95	< 110	350	3800
2001	97	< 110	520	> 6000

*: Die Auswahl der Proben erfolgte nicht repräsentativ. Der Anteil an Winterweizenproben, z.B. nach Vorfrucht Körnermais war in allen Jahren höher als der tatsächlich in Sachsen nach Körnermais angebaute Winterweizenanteil. Darüber hinaus erfolgte ein großer Teil der Probenauswahl durch die Landwirte, so dass nicht auszuschließen ist, dass bevorzugt Verdachtsproben abgegeben wurden.

Mit der Winterweizenaussaat 1999 und 2000 wurde an einem Standort im Sächsischen Lößhügelland jeweils ein Versuch zur Bedeutung der Faktoren Winterweizensorte und Bodenbearbeitung auf den Fusariumbefall nach der Vorfrucht Körnermais angelegt.
Die Ergebnisse zur DON-Belastung in Tabelle 44 verdeutlichen den starken Einfluss der Sorte. Die anfällige Sorte Bandit wies im Erntejahr 2000 unabhängig von der Bodenbearbeitung einen DON-Gehalt von 940 bis 1600 ppb auf. Im Jahr 2001, unter extremen Befallsbedingungen, lag der Befall dieser Sorte in allen Fällen sogar über 6000 ppb. In diesem Fall wurde bei der Analyse keine weitere Verdünnung durchgeführt. Es kann aufgrund des Zustandes der Kornproben nur vermutet werden, dass der DON-Gehalt ein Vielfaches der bestimmten Belastung ausmachte.
In beiden Jahren konnte durch den Anbau einer wenig anfälligen Sorte eine deutliche Reduktion des DON-Gehaltes erreicht werden. Dies galt für alle Bodenbearbeitungsvarianten. Im Erntejahr 2000 wurden bei Anbau der Sorte Petrus sowohl nach wendender als auch nach konservierender Bodenbearbeitung DON-Gehalte nahe der Nachweisgrenze ermittelt. Nach Direktsaat stieg jedoch im Jahr 2000 auch bei dieser Sorte der DON-Gehalt auf 960 ppb an (Tabelle 44). Im Jahr 2001 wies die Sorte Petrus bei wendender Bodenbearbeitung Werte zwischen 720 und 1150 ppb auf, bei konservierender Bodenbearbeitung lagen die Werte zwischen 1050 und 1250 ppb. Nur bei Direktsaat kam es wiederum zu einem deutlichen Anstieg. Die Sorte Vergas wies im Durchschnitt einen leicht höheren DON-Gehalt auf.
Die Ergebnisse des Jahres 2001 zeigen sehr klar, dass die Minderung des Fusariumbefalls mit einer Fungizidbehandlung (Tebuconazol) im Infektionszeitraum (Blüte des Weizens) trotz optimaler Bedingungen nur sehr geringe bzw. unzuverlässige Erfolgsaussichten bietet. In keinem Fall konnte der DON-Gehalt durch diese Behandlung in einen unkritischen Bereich gesenkt werden.
Insbesondere die Ergebnisse des Jahres 2001 zeigen, dass selbst unter extremen Befallsbedingungen (Witterung, Vorfrucht), allein durch den Anbau einer wenig anfälligen Sorte der DON-Gehalt deutlich gesenkt werden kann. Allerdings wird auch deutlich, dass in diesem Jahr weder durch den Einsatz des Pfluges noch durch konservierende Bodenbearbeitung ein Gehalt im "unbedenklichen" Bereich erreicht wurde, d.h. ein DON-Gehalt <500 ppb, dem derzeit diskutierten Grenzwert für Getreide. Sicher abzuleiten ist jedoch, dass eine Direktsaat von Weizen nach Körnermais auch bei Anbau einer wenig anfälligen Sorte ein nicht zu beherrschendes Risiko in Bezug auf einen hohen DON-Gehalt birgt und somit in jedem Fall vermieden werden sollte.
Die Ergebnisse legen nahe, dass auf eine weitere Minderung des Inokulums in Form von Pflanzenresten hingearbeitet werden sollte. Aus diesem Grund sollte unabhängig von der folgenden Bodenbearbeitung eine Förderung der Rotte der Maisrückstände erreicht werden. Die hierzu entwickelten Empfehlungen sind am Ende dieses Abschnittes dargestellt.

Tabelle 44: Gehalt an Deoxynivalenol (DON) in Winterweizenproben in den Jahren 2000 und 2001 in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, der Sorte und einer Fungizidapplikation (nur 2001)

Bodenbearbeitung	Weizensorte*	DON-Gehalt (2000)	DON-Gehalt (2001) ohne Ährenbehandlung	DON-Gehalt (2001) mit Ährenbehandlung
Pflug	Bandit	940	>6000	>6000
	Petrus	210	720	1150
	Vergas	-	1550	1250
Konservierend	Bandit	1050	-	-
	Petrus	220	1250	1050
	Vergas	-	-	-
Direktsaat	Bandit	1600	>6000	>6000
	Petrus	960	2200	1600
	Vergas	-	3800	1050

*: Sorte Bandit: stark fusariumanfällig, Sorten Petrus und Vergas: gering fusariumanfällig

Die in Tabelle 45 dargestellten Erträge des Winterweizens zeigen, dass die stark fusariumanfällige Sorte in beiden Jahren bei wendender Bodenbearbeitung im Ertrag um etwa 10 % über der wenig anfälligen Sorte Petrus liegt. Gleiches gilt für die Konservierende Bodenbearbeitung im Jahr 2000. Deutlich wird aber auch, dass bei dem extremen Befall nach Direktsaat im Jahr 2001 die Sorte Bandit im Ertrag stärker einbricht als die beiden wenig anfälligen Sorten.

Der scheinbare Ertragsanstieg aufgrund der Fungizidbehandlung ist kritisch zu hinterfragen, da aufgrund der Großparzellenanlage die Fläche ohne Blütenbehandlung etwa 300 m von der Fläche mit Ährenbehandlung entfernt lag, so dass trotz sehr homogener Bodenbedingungen auch der Standort einen Anteil an den Ertragsunterschieden gehabt haben könnte.

Die bisher verfügbaren, wenig fusariumanfälligen Weizensorten liegen im Ertrag i.d.R. unterhalb der stark anfälligen Sorten. Die geringere Ertragserwartung wird aber durch eine größere Sicherheit ausgeglichen, Getreide zu produzieren, welches aufgrund geringer Toxinbelastung gut zu vermarkten ist. Jedoch sind in diesem Zusammenhang auch die Pflanzenzüchter gefordert, größeres Augenmerk auf die Bereitstellung ertragreicher, wenig anfälliger Sorten zu legen, wie dies in den letzten Jahren auch zunehmend zu beobachten ist.

Tabelle 45: Winterweizenertrag in den Jahren 2000 und 2001 in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, der Sorte und einer Fungizidapplikation (nur 2001)

Bodenbearbeitung	Weizensorte*	Ertrag [dt*ha^{-1}]	Ertrag [dt*ha^{-1}] ohne Ährenbehandlung	Ertrag [dt*ha^{-1}] mit Ährenbehandlung
Erntejahr		2000	2001	2001
	Bandit	87,52	90,04	103,19
Pflug	Petrus	78,44	82,47	94,00
	Vergas	-	81,29	90,28
	Bandit	86,09	-	-
Konservierend	Petrus	79,79	93,59	94,07
	Vergas	-	-	-
	Bandit	89,69	61,98	69,16
Direktsaat	Petrus	80,57	73,73	80,15
	Vergas	-	70,01	86,02

*: Sorte Bandit: stark fusariumanfällig, Sorten Petrus und Vergas: gering fusariumanfällig

Aus den vorab dargestellten Ergebnissen lassen sich wesentliche Anknüpfungspunkte für eine Strategie zur nachhaltigen Minderung des Fusariumbefallsrisikos bei Gtreide unabhängig von der Form der Bodenbearbeitung ableiten, die im Folgenden dargestellt werden.

1. Verzicht auf die Vorfrucht Mais.

Durch einen Verzicht des Winterweizenanbaus nach Mais lässt sich das Infektionsrisiko beträchtlich senken. Jedoch kann auch bei anderen Vorfrüchten ein hoher Befall nicht ausgeschlossen werden.

2. Anbau wenig anfälliger Winterweizensorten.

Grundlage jeder Strategie gegen das Fusariumauftreten sollte der Anbau wenig anfälliger Getreidesorten sein. Dies ist die beste Absicherung gegen extreme DON-Werte. Hoch anfällige Sorten sollten auf keinen Fall nach Maisvorfrucht angebaut werden (unabhängig von der Bodenbearbeitung). Aber auch nach anderen ("ungefährlichen") Vorfrüchten bergen die stark anfälligen Sorten in Befallsjahren ein hohes Risiko.

3. Die Bekämpfung der Fusariosen mit Fungiziden stellt keine sichere Maßnahme dar.

Aufgrund der nur kurzen Infektionsphase durch den Erreger, die außerdem nur schwer zu bestimmen ist, kann die Bekämpfung durch Fungizide nicht als Maßnahme gegen den Fusariumbefall empfohlen werden. I.d.R. wird von einem maximalen Bekämpfungserfolg von 50 % ausgegangen, teilweise traten nach Ährenbehandlung sogar höhere Befallswerte auf.

4. Reduzierung des Mulchmaterials und Förderung der Rotte.

Eine wichtige Voraussetzung zur Minderung des Befallsrisikos ist die Verminderung des Fusarium-Inokulumpotenzials an der Bodenoberfläche zum Zeitpunkt der Infektion (Blüte des

Weizens). Wie dargestellt, geht die höchste Gefährdung vom Mais aus. Neben der guten Eignung des Maises als Substrat für den Pilz, hat dies seine Ursache auch darin, dass die Maisrückstände (Strünke, Stängel, Spindeln) aufgrund ihrer Größe nur sehr schlecht aufgeschlossen werden und in Folge dessen nur langsam verrotten. Das bedeutet, um einen schnellen Abbau zu gewährleisten, müssen die großen Rückstände zunächst kleingeschlegelt werden und dann in den umsetzungsaktivsten Bodenbereich eingearbeitet werden. Dies ist in der Regel die Oberkrume. Insbesondere bei dauerhaft konservierender Bodenbearbeitung ist das Abbaupotenzial in diesem Bodenbereich mit seiner höheren biologischen Aktivität stark erhöht (vgl. Kapitel 4.3). Aus diesem Grund bietet insbesondere die konservierende Bodenbearbeitung eine gute Voraussetzung, das Fusariumproblem nachhaltig zu lösen.

Auf den Untersuchungsflächen konnte bei keiner weiteren Krankheit ein differenzierter Befall in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung festgestellt werden.

7.2.3 Auftreten von Schädlingen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Das Auftreten von Schädlingen wurde auf allen Untersuchungsflächen regelmäßig beobachtet. In mehreren Fällen wurden Insektizide eingesetzt (z.B. im Winterraps (gegen Kohltriebrüssler und Rapsglanzkäfer) und Winterweizen (gegen Blattläuse)). Daher kam es nicht zu erheblichen Ertragseinbussen, die sich auf den Schädlingsbefall zurückführen ließen. In keinem Fall konnten Unterschiede im Auftreten von Schädlingen beobachtet werden, so dass aufgrund der unterschiedlichen Bodenbearbeitung auch keine unterschiedliche Bekämpfungsentscheidungen getroffen werden mussten.
Oftmals wird das verstärkte Auftreten von Schnecken mit der konservierenden Bodenbearbeitung in Verbindung gebracht. Aus Kapazitätsgründen wurde das Schneckenauftreten auf den Untersuchungsflächen nicht exakt erfasst. Jedoch wurde während des Projektzeitraumes in keinem Fall ein deutlicher Einfluss von Schnecken auf den Feldaufgang der Bestände beobachtet. In der Direktsaatparzelle am Standort Lüttewitz kam es zu großen Fehlstellen beim Weizenaufgang im Herbst 2000. Dies konnte jedoch nicht auf Schneckenfraß zurückgeführt werden. Hier war offenbar eine schlechte Saatgutablage und eine daraus resultierende ungenügende Wasserversorgung die Ursache.
Auf allen Untersuchungsflächen wurde nach der Bodenbearbeitung und der Aussaat eine gute Rückverfestigung durch den Einsatz einer Walze durchgeführt, mit dem Ziel Bodenhohlräume zu reduzieren und die Bewegungs- sowie Eiablagemöglichkeiten für Schnecken einzuschränken. Es kann vermutet werden, dass diese Maßnahme erheblich dazu beigetragen hat, Schäden durch Schnecken auf den Untersuchungsflächen zu minimieren.

7.3 Durchwurzelung des Bodens in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Im Jahr 1999 wurden an den Standorten Lüttewitz, Niederstriegis und Littdorf und im Jahr 2000 an den Standorten Lüttewitz und Niederstriegis Untersuchungen zur Durchwurzelung des Bodens in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung durchgeführt.
Neben der Anwendung der Bohrkernmethode an allen drei Standorten wurde am Standort Lüttewitz im Jahr 1999 eine Profilwandaufnahme der Durchwurzelung durchgeführt.

Die Abbildung 42 zeigt, dass die Durchwurzelungsintensität am Standort Lüttewitz im Jahr 1999 in der Oberkrume (Bodentiefe: 0-10 cm) bei konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat höher war als bei wendender Bodenbearbeitung. In der Unterkrume (Bodentiefe: 20-30 cm) war dagegen die Durchwurzelung in der gepflügten Variante höher. Unterhalb der Pflugtiefe (> 30 cm) ließ sich dann in dieser Variante ein plötzlicher Rückgang der Wurzellängendichte feststellen. In den beiden anderen, pfluglos bestellten Varianten war dieser abrupte Rückgang der Durchwurzelungsdichte nicht festzustellen. In diesen beiden Varianten erfolgte ein allmählicher Rückgang der Wurzellängendichte bis in den Unterboden, der zu einer stärkeren Durchwurzelung in dem Bereich zwischen 60 und 100 cm Tiefe führte. Viele Wurzeln wuchsen gerade in den pfluglos bestellten Varianten in vertikalen Makroporen (Regenwurmgänge) in den Unterboden ein und breiteten sich dort wieder in die Bodenmatrix aus.

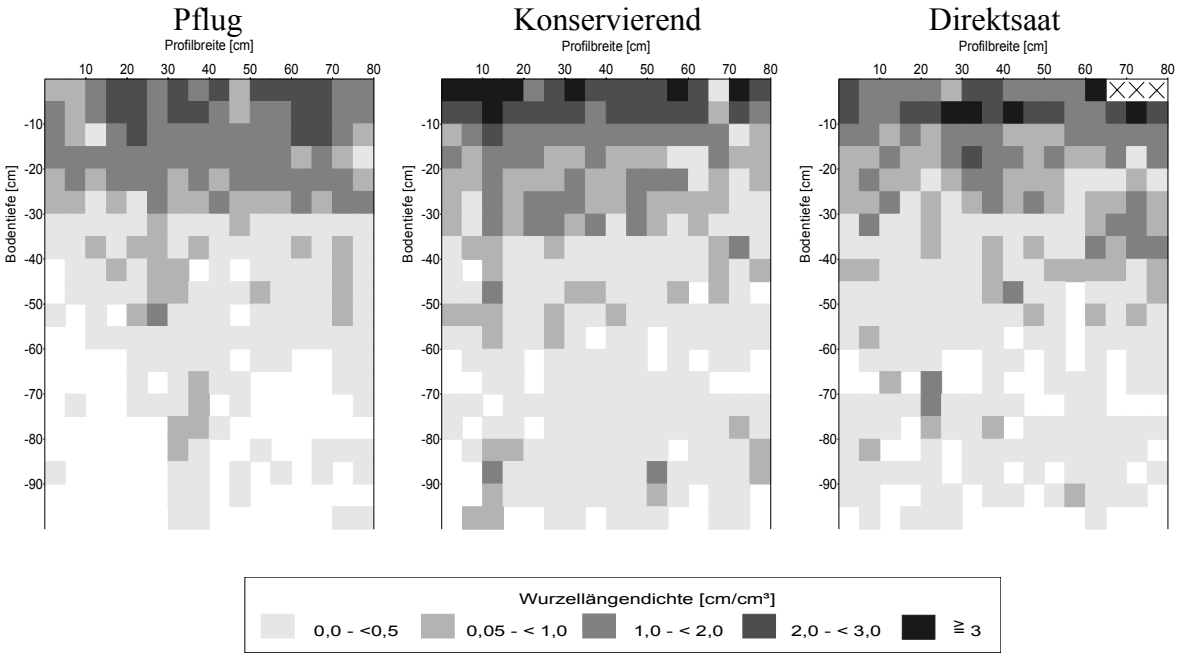

Abbildung 42: Wurzellängendichte am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im August 1999, Kultur: Zuckerrüben, Profilwandmethode

Die Ergebnisse der Durchwurzelungsuntersuchung mittels Profilwandmethode konnten mit Hilfe der Bohrkernmethode nur zum Teil bestätigt werden (Abbildung 43). Die Varianten Direktsaat und Pflug zeigten eine fast gleichlaufende Durchwurzelung. In der Variante Konservierend konnte eine geringere Durchwurzelung in der Mittelkrume und eine stärkere Durchwurzelung zwischen 30 und 80 cm im Vergleich zu beiden anderen Varianten festgestellt werden.

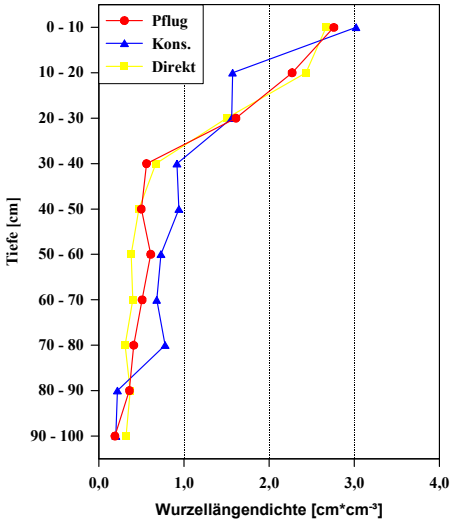

Abbildung 43: Wurzellängendichte am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im August 1999, Kultur: Zuckerrüben, Bohrkernmethode

Am Standort Niederstriegis konnten im Jahr 1999 nur in der Krume Unterschiede hinsichtlich der Durchwurzelung festgestellt werden. In der Oberkrume zeigte die Variante Pflug eine etwas geringere und in der Mittelkrume eine deutlich höhere Wurzellängendichte als die Variante Konservierend. Die Proben wurden aus Befahrbarkeitsgründen erst direkt nach der Maisernte im Oktober 1999 entnommen, unter der Annahme, dass die Wurzeln zu diesem Zeitpunkt noch weitestgehend erhalten sind. Zu beachten ist, das es sich im Jahr 1999 um das erste Jahr der konservierenden Bearbeitung an diesem Standort handelte.

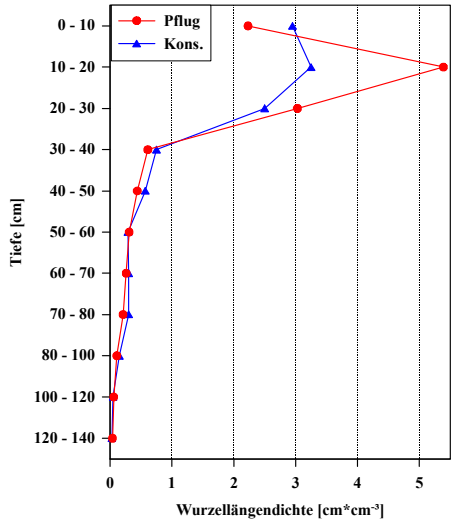

Abbildung 44: Wurzellängendichte am Standort Niederstriegis in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im Oktober 1999, Kultur: Körnermais, Bohrkernmethode

Auch am Standort Littdorf konnte im Jahr 1999 (dem erstmaligen Pflugeinsatz nach 8-jährig konservierender Bearbeitung) nur in der Krume ein Unterschied in der Durchwurzelung festgestellt werden. Sowohl in der Ober- als auch in der Mittelkrume war die Durchwurzelung nach Pflugeinsatz höher (Abbildung 45).

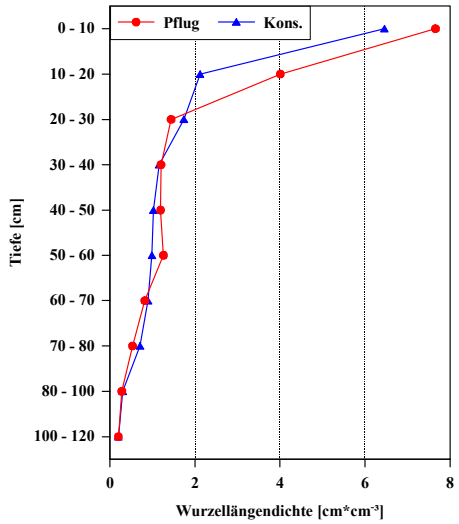

Abbildung 45: Wurzellängendichte am Standort Littdorf in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im Juni 1999, Kultur: Winterweizen, Bohrkernmethode

Im Jahr 2000 konnten am Standort Lüttewitz zwischen der Variante Pflug einerseits und den Varianten Konservierend und Konservierend-Locker andererseits wieder deutliche Unterschiede in der Durchwurzelung festgestellt werden (Abbildung 46). Deutlich zeigte sich eine sehr intensive Durchwurzelung in der Krume der Pflugvariante und dann ein starker

Rückgang im Bereich der Pflugsohle. Dagegen nahm die Durchwurzelung in den Konservierend bearbeiteten Varianten stetig von der Oberkrume bis in den Unterboden ab. Insbesondere im Bereich zwischen 30 und 70 cm zeigte sich eine erheblich höhere Wurzellängendichte als bei Pflugeinsatz (Abbildung 46). In der Variante Direktsaat wurde in nahezu allen Tiefenstufen die niedrigste Durchwurzelungsintensität festgestellt. Die Ursache hierfür konnte nicht sicher bestimmt werden.

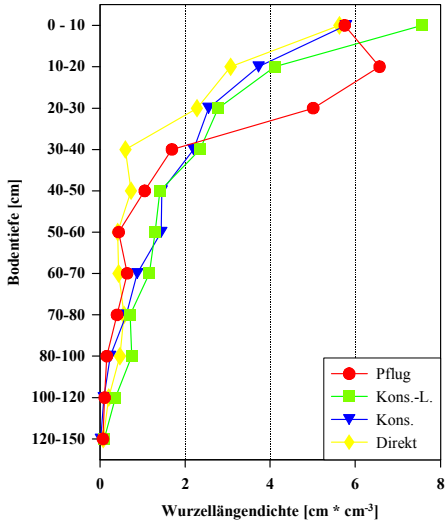

Abbildung 46: Wurzellängendichte am Standort Lüttewitz in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im Juni 2000, Kultur: Winterweizen, Bohrkernmethode

Am Standort Niederstriegis zeigte sich bereits im zweiten Jahr nach Anlage der Bodenbearbeitungsvarianten eine deutliche Differenzierung in der Durchwurzelung. In der Variante Konservierend konnte sowohl in der Krume als auch im Unterboden eine höhere Durchwurzelungsintensität als in der Variante Pflug festgestellt werden (Abbildung 47). Die höhere Durchwurzelung auch in der Mittel- und Unterkrume widerspricht den Beobachtungen auf den anderen Standorten. Eine sichere Erklärung für dieses Ergebnis kann nicht gegeben werden. Es steht aber zu vermuten, dass die intensive, nichtwendende Einarbeitung der Körnermaisrückstände bis in 20 cm Tiefe mit einem Grubber zu einem starken Abbau dieses organischen Materials und zu einer Förderung des Bodenlebens geführt hat. Dies kann sich positiv auf die Durchwurzelung in der Krume ausgewirkt haben. In der Variante Pflug wurde die große Masse an organische Substanz in die Unterkrume eingepflügt. Hierdurch kann es zu anaeroben Bedingungen in der Unterkrume gekommen sein, die die Durchwurzelung beeinträchtigt haben könnte.

Darüber hinaus wurde in der konservierend bearbeiteten Variante eine erhebliche Regenwurmaktivität, insbesondere der anektischen Arten, beobachtet. Dies hat wahrscheinlich zu einer guten Durchporung der Krumenbasis und des Unterbodens beigetragen und somit die Durchwurzelung in diesem Bereich gefördert.

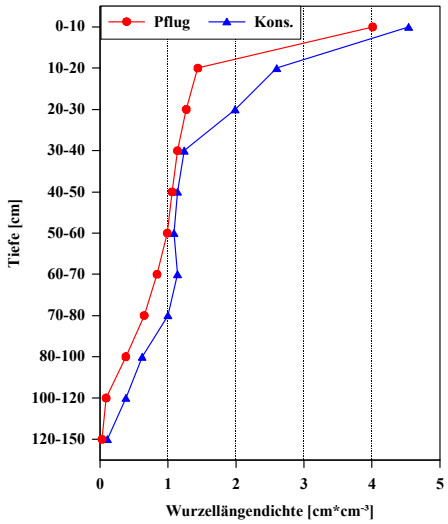

Abbildung 47: Wurzellängendichte am Standort Niederstriegis in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung im Juni 2000, Kultur: Sommergerste, Bohrkernmethode

Insbesondere bei langjährig konservierender Bodenbearbeitung zeigte sich eine intensivere Durchwurzelung der Oberkrume und des Unterbodens im Vergleich zu den langjährig gepflügten Flächen. Auf den gepflügten Flächen war die Hauptwurzelmasse i.d.R. in der Krume anzutreffen. An der Krumenbasis trat dann ein plötzlicher Rückgang der Durchwurzelungsintensität auf. Möglicherweise ist hierfür eine Pflugsohlenverdichtung verantwortlich. Außerdem spielt die an den Standorten Lüttewitz und Zschortau nachgewiesene bessere Porenkontinuität eine wichtige Rolle für ein ungestörtes Wurzelwachstum am Übergang von der humosen Ackerkrume zum Unterboden. Die bessere Durchwurzelungsintensität im Unterboden stellt für die Pflanzen insbesondere bei sehr trockenen Bedingungen eine wichtige Möglichkeit dar, auf Wasserreserven in diesem Bereich zurückzugreifen. Dagegen muss auf langjährig gepflügten Flächen ein Großteil des Wasserbedarfes aus dem stärker von Austrocknung betroffenen Oberboden gedeckt werden.
Auch eine verstärkte Ausschöpfung von Nährstoffen aus dem Unterboden ist bei besserer Durchwurzelung in diesem Bereich zu vermuten. Dies konnte jedoch im Rahmen der Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Zu prüfen wäre, ob hierdurch einer Verlagerung von Nährstoffen aus der durchwurzelten Zone aktiv begegnet werden kann, bzw. Nährstoffe, die bereits in tiefere Bodenhorizonte verlagert wurden, verstärkt für den Pflanzenbestand nutzbar gemacht werden können.
Im Untersuchungszeitraum trat an keinem Standort ein extremer Wassermangel auf, so dass dieser Effekt nicht ertragswirksam wurde.

7.4 Erträge auf den Untersuchungsflächen in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

In den Untersuchungsjahren wurden auf allen Standorten der jeweilige Ertrag in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung ermittelt. Bei den Druschfrüchten geschah dies entweder mit einem Parzellenmähdrescher oder durch eine Ertragsmesseinrichtung am Mähdrescher. Auf den Betrieben Lüttewitz und Zschortau wurde z.T. auch der gesamte Parzellenertrag getrennt abgefahren und gewogen. Nähere Angaben zu der jeweiligen Art der Ertragsermittlung sind den folgenden Tabellen (Tabelle 46 bis Tabelle 48) zu entnehmen.

Im Durchschnitt der Jahre konnten keine Abweichungen im Ertrag zwischen der konservierenden und der wendenden Bodenbearbeitung festgestellt werden. Auch in den Einzeljahren waren die Abweichungen nur gering. Nur in einem Fall waren diese Unterschiede statistisch absicherbar (Littdorf 2000, Triticale, Tabelle 47). Bei einem erheblichen Teil der Ertragsermittlungen ließ die Ganzflächenbeerntung jedoch keine statistische Auswertung zu.

Die Erträge nach konservierender Bodenbearbeitung lagen teilweise über und teilweise unter den Vergleichserträgen nach Pflugeinsatz. Dies entspricht auch den Beobachtungen auf Betrieben, die nach Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung lediglich in den Anfangsjahren vereinzelt über Ertragsdepressionen berichten, die meist auf Managementfehler zurückzuführen sind. Wird das System der konservierenden Bodenbearbeitung acker- und pflanzenbaulich beherrscht, sind im Schnitt der Jahre keine Ertragsdepressionen zu erwarten.

Die Erträge in den Direktsaat-Varianten fielen in allen Jahren gegenüber den anderen Bodenbearbeitungsverfahren ab. Besonders galt dies für die Zuckerrüben im Jahr 1999 (Tabelle 46) und für die fusariumanfällige Winterweizensorte (Bandit) am Standort Lüttewitz im Jahr 2001 (Tabelle 48).

Tabelle 46: Erträge [dt*ha^{-1}] des Jahres 1999 auf den Untersuchungsstandorten in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Standort*	Kulturart	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt
Lüttewitz*	Zuckerrübe	674,4	733,2	656,5	631,3
Zschortau	Zuckerrübe	561,9	561,9	518,2	471,8
Niederstriegis*	Körnermais	107,5	-	107,9	-
Littdorf	Winterweizen	97,9 a	-	96,0 a	-
Lippersdorf**	Silomais	-	-	-	-

*: Ertragsermittlung durch Beerntung der gesamten Versuchsparzellen ohne Wiederholungen (Lüttewitz und Zschortau: Bereitstellung der Daten durch Südzucker AG, Niederstriegis: Beerntung mit Ertragsmesseinrichtung durch den Betrieb).

**: Am Standort Lippersdorf konnte im Jahr 1999 keine repräsentative Versuchsanlage etabliert werden, so dass eine Beerntung nicht sinnvoll war.

Tabelle 47: Erträge [dt*ha^{-1}] des Jahres 2000 auf den Untersuchungsstandorten in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Standort	Kulturart	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt
Lüttewitz*	Winterweizen	89,2	84,1	83,2	79,8
Zschortau*	Winterweizen	82,9	87,4	86,7	82,8
Niederstriegis	Sommergerste	59,7 a	-	56,4 a	-
Littdorf	Triticale	99,5 a	-	104,5 b	-
Lippersdorf*	Sommergerste	28,6	-	30,2	-
Krumhermersdorf	Wintergerste	64,1 a	-	61,5 a	-

*: Ertragsermittlung durch Beerntung der gesamten Versuchsparzellen ohne Wiederholungen (Lüttewitz und Zschortau: Bereitstellung der Daten durch Südzucker AG, Lippersdorf: Beerntung mit Ertragsmesseinrichtung durch den Betrieb).

Tabelle 48: Erträge [dt*ha^{-1}] des Jahres 2001 auf den Untersuchungsstandorten in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Standort	Kulturart	Pflug	Kons.-L	Kons.	Direkt
Lüttewitz	WW-Sorte Petrus	80,6 a	82,1 a	79,9 a	62,9 b
Lüttewitz	WW-Sorte Bandit	96,3 a	86,5 a	91,8 a	56,9 b
Zschortau*	Wintergerste	97,7	100,5	99,4	95,5
Niederstriegis	Winterraps	30,8 a	-	31,3 a	-
Littdorf	Zuckerrübe	654,2 a	-	643,1 a	-
Lippersdorf***	-	-	-	-	-
Krumhermersdorf**	Erbsen	-	-	-	-

*: Ertragsermittlung durch Beerntung der gesamten Versuchsparzellen ohne Wiederholungen (Bereitstellung der Daten durch Südzucker AG).
**: Durch einen Spritzfehler wurde die Variante Pflug so stark beeinträchtigt, dass eine vergleichende Beerntung nicht sinnvoll war.
***: Am Standort Lippersdorf wurde im Jahr 2001 keine Pflugvariante angelegt, der Betrieb hat seine Bodenbearbeitung vollständig auf kons. Bodenbearbeitung umgestellt.

7.5 Qualitätsparameter des Erntegutes in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Anhand von Ernteproben wurden verschiedene Qualitätsparameter und Inhaltsstoffe des Erntegutes in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung bestimmt.

Für Getreide waren dies: die Tausendkornmasse, der Protein- bzw. Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalt. Bei den Zuckerrüben wurde seitens der Südzucker AG der Zuckergehalt, der Natrium-, Kalium- und Amino-N-Gehalt, der Standardmelasseverlust und daraus der Bereinigte Zuckerertrag bestimmt.

Beim Getreide ergaben sich keine Unterschiede zwischen der konservierenden und der wendendenden Bodenbearbeitung hinsichtlich der untersuchten Parameter.

Die Zuckerrüben zeigten sehr geringe Unterschiede im Standardmelasseverlust. Dieser war am Standort Zschortau in der Pflugvariante leicht erhöht. Zurückzuführen ist dies auf geringfügig erhöhte Amino-N- und Natrium-Gehalte. Leicht erhöhte Amino-N-Gehalte konnten auch in der Variante Pflug am Standort Lüttewitz festgestellt werden. Diese Ergebnisse werden auch von WEGENER (2001) bestätigt, der neben den Standorten Lüttewitz und Zschortau acht weitere Untersuchungsflächen mit vergleichbarer Versuchsanlage

auswertete. Weitergehende Unterschiede bezüglich der Inhaltsstoffe wurden nicht nachgewiesen.