

1 EINLEITUNG

Die gelegentliche Anwendung pflugloser Bodenbearbeitungssysteme zur Bestellung von Körnerfrüchten wird in der landwirtschaftlichen Praxis bereits in erheblichem Umfang durchgeführt. Insbesondere nach Blattfrüchten mit geringen Mengen an Ernterückständen wird auf den Einsatz des Wendepfluges verzichtet und somit die ökologische und ökonomische Vorzüglichkeit pflugloser Bodenbearbeitungssysteme genutzt (TEBRÜGGE & EICHHORN 1992). Demgegenüber ist die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitungssysteme zu allen Früchten der Rotation bisher noch die Ausnahme.

Versuche zu dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen werden in Deutschland jedoch schon seit nahezu 30 Jahren durchgeführt. So begannen BAEUMER et al. (1971) und KAHNT (1969) bereits Ende der 60er Jahre in Deutschland mit Bodenbearbeitungsversuchen. In diesen Versuchen, die ausschließlich auf kleineren Parzellen angelegt wurden und später auch an weiteren Standorten von anderen Autoren vertieft wurden (EHLERS & CLAUPEIN 1994, HOFFMANN 1996, MAIDL et al. 1988, SOMMER & ZACH 1993, TEBRÜGGE 1994), ließ sich mit dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen bis auf wenige Standorte und Fruchtarten zumeist ein vergleichbarer Ertrag erzielen wie bei einer Bearbeitung mit dem Pflug.

In der landwirtschaftlichen Praxis wird zur Zuckerrübenbestellung jedoch noch weitestgehend der Pflug eingesetzt (MERKES et al. 1996), obwohl gerade in dieser Fruchtart viele ökologische Gründe für den Pflugverzicht sprechen. So zeigen starke Erosionsschäden auf, daß vor allem aus Gründen des Bodenschutzes erosionsmindernde Bodenbearbeitungssysteme bis hin zur Direktsaat in Erwägung gezogen werden müssen (BAEUMER 1988, EHLERS 1975). Wegen der schützenden Mulchauflage kommt es nach der Zuckerrübenaussaat weniger häufig zu Verschlammung und Verkrustung (BRUNOTTE 1990), wodurch die Bestandesetablierung deutlich sicherer wird. Durch Pflugverzicht wird auch das Bodenleben positiv beeinflusst (FRIEBE & HENKE 1992) und Nützlinge werden geschont und gefördert (GARBE & HEIMBACH 1992). Eine höhere Tragfähigkeit pfluglos bewirtschafteter Flächen und damit verbunden eine bessere Befahrbarkeit bei Pflegemaßnahmen und zur Ernte (GRUBER 1989, SOMMER & ZACH 1993) sind von Vorteil.

Daneben zeigt eine ökonomische Betrachtung, daß bei Anwendung pflugloser Bodenbearbeitungssysteme große Einsparmöglichkeiten im Bereich der Maschinen- und Arbeitskosten bestehen. Diese Rationalisierungsmöglichkeiten müssen insbesondere vor dem Hintergrund der mit der EU-Agrarreform verbundenen Preissenkungen im Körnerfruchtanbau genutzt werden. So zeigen BRAATZ & JOCHIMSEN (1997) beispielsweise für Norddeutschland auf, daß die Einsparmöglichkeiten bei den Spezialaufwendungen im wesentlichen ausgeschöpft sind, zukünftig aber noch erhebliche Kostensenkungen im Bereich der Maschinen- und Arbeitskosten realisiert werden können und müssen, um die Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe zu verbessern. Insbesondere die komplette Umstellung des Betriebes auf pfluglose Bodenbearbeitungssysteme ermöglicht deutliche Einsparungen bei den Maschinenkosten (BECKER 1996), und dies könnte speziell in Großbetrieben in den östlichen Bundesländern ein wesentlicher Anreiz sein, dauerhaft auf pfluglose Bewirtschaftung überzugehen (KÖLLER 1994).

Eine aussagekräftige ökonomische Bewertung dauerhaft pflugloser Bodenbearbeitungssysteme kann jedoch nur anhand von Daten aus praxisüblicher Bewirtschaftung von Großflächen erfolgen. Auch kann sich der Einfluß dauerhaft pflugloser Bodenbearbeitungssysteme auf Pflanze und Boden auf Großflächen deutlich von dem auf Kleinparzellen unterscheiden. So kann zum Beispiel die für Großbetriebe zur Verfügung stehende Maschinenteknik aufgrund der geringen Flächenabmessungen in Parzellenversuchen nicht eingesetzt werden. Spezifische Effekte der verwendeten Geräte wie Zerkleinerung und Verteilung von Ernterückständen (BRINKMANN 1980) oder bodenverdichtende Wirkungen von Fahrverkehr (BRUNOTTE 1995) können jedoch für das Gelingen eines Bodenbearbeitungssystems im Großflächenmaßstab von erheblicher Bedeutung sein und müssen deshalb auch unter diesen Bedingungen geprüft werden. Dies gilt um so mehr für den Vergleich von Bodenbearbeitungssystemen, die in einer kompletten Rotation aus Zuckerrüben und Körnerfrüchten dauerhaft differenziert durchgeführt werden. Im Vergleich zu einjährigen Bodenbearbeitungsversuchen können sich hier Interaktionen zur eingesetzten Technik deutlich verstärken.

Diesen Vorteilen von Großflächenversuchen ohne Wiederholungen stehen als Nachteile Probleme bei der korrekten statistischen Auswertung der gewonnenen

Daten gegenüber. Großflächenversuche müssen deshalb auf möglichst homogenen Schlägen angelegt werden, mit der Maßgabe, vorhandene Bodenunterschiede gleichmäßig auf die Bearbeitungsvarianten zu verteilen.

Im Gegensatz zu bisherigen Untersuchungen wurde deshalb in dieser Versuchsserie ein Anbau einer Fruchtart je Bodenbearbeitungssystem und Standort auf Großflächen mit direktem räumlichen Vergleich der Systeme nebeneinander angestellt. Bei gegebenem Projektumfang konnte dabei im Vergleich zu bisherigen, zumeist sich auf einen Standort beziehenden Untersuchungen, die Anlage auf 9 klimatisch und bodenkundlich sehr unterschiedlichen Standorten Süd- und Ostdeutschlands durchgeführt werden. Durch die langjährige Konzeption (mindestens 3 Rotationen) wird später auch eine Quantifizierung von Standort- und Jahreseffekten möglich sein.

Hauptziel dieser Arbeit war es, die verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme hinsichtlich ihrer pflanzenbaulichen und ökonomischen Vorzüglichkeit unter Berücksichtigung verschiedener Fruchtarten und Standorte zu bewerten, um damit die Grundlage für eine weitere Optimierung dieser Bodenbearbeitungssysteme zu schaffen. Im einzelnen sollten folgende Versuchsfragen beantwortet werden:

- 1) Wie entwickeln sich Ertrag, Ertragskomponenten und Qualität von Zuckerrüben, Winterweizen, Triticale und Körnerleguminosen bei mehrjähriger Anwendung differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf Großflächen unter verschiedenen Standortbedingungen?
- 2) Welche ökonomischen Effekte hinsichtlich variabler Kosten und Deckungsbeitrag werden bei Anwendung differenzierter Bodenbearbeitungssysteme kurzfristig wirksam?
- 3) Welche Einsparungen lassen sich durch die pfluglose Bodenbearbeitung mittel- bis langfristig bei den Kosten der Arbeitserledigung erwarten, und wirkt sich dies auf die ökonomische Vorzüglichkeit der betrachteten Bodenbearbeitungssysteme in Betrieben unterschiedlicher Größe aus?

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Beschreibung der Versuchsstandorte

2.1.1 Versuchsflächen

Die Versuche wurden an 9 Standorten in typischen Ackerbaugebieten Süd- und Ostdeutschlands angelegt (Abb. 1 u. Tab. 1). Diese Standorte unterschieden sich deutlich bezüglich der Bodenverhältnisse (BIOPLAN 1997, TEIWES 1997), waren jedoch für den Zuckerrübenanbau geeignet. Die Bodentypen waren Schwarzerde bzw. Auen-schwarzerde und Parabraunerde mit Ackerzahlen zwischen 68 und 85 sowie Para-braunerde-Pseudogley und Braunerde mit wechselndem Steinanteil und Acker-zahlen zwischen 47 und 58. Die Bodenart war an sechs Standorten durch hohe Schluffanteile gekennzeichnet. Diese Standorte zeichneten sich durch eine leichte Bearbeitbarkeit aus. An den Standorten Gieshügel und Sailtheim traten auf den Versuchsflächen teilweise tonig-lehmige und somit schwer bearbeitbare Teilflächen auf. Der Standort Insultheim war durch einen mittleren Schluffanteil, aber sehr hohen Tonanteil gekennzeichnet und daher sehr schwer bearbeitbar. Detaillierte Angaben zu Korngrößenzusammensetzung, Bodenreaktion und Nährstoffversorgung finden sich in Anh. 1.

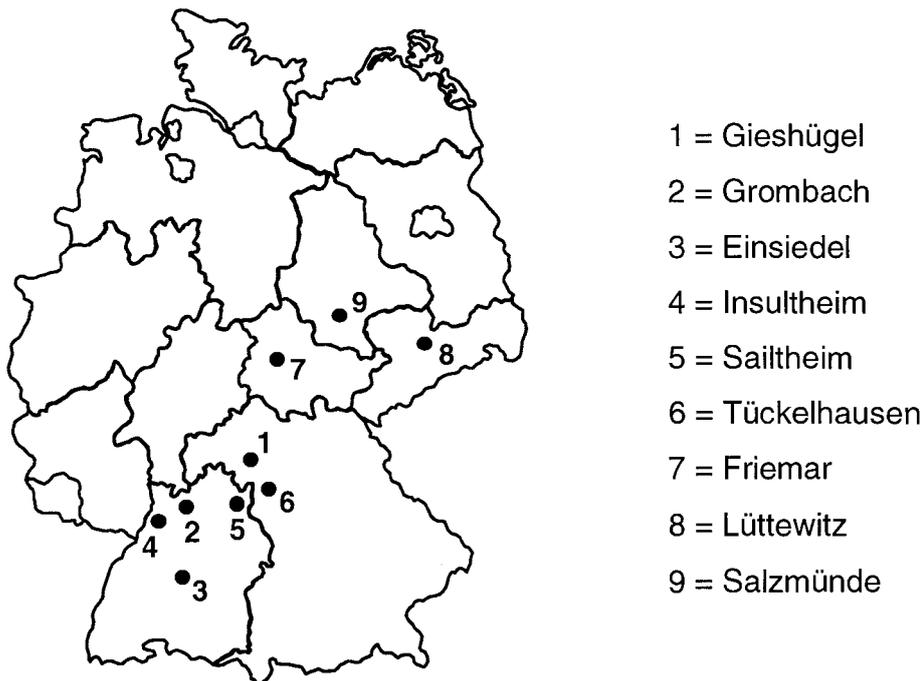


Abb. 1: Versuchsstandorte des Großflächenversuchs zu unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen

Tab. 1: Standortspezifische Kenngrößen der Versuchsstandorte
(BIOPLAN 1997, TEIWES 1997)

Ort	Region	Höhe ü. NN [m]	Bo- den- art	Bodentyp(en)	Acker- zahl
Gieshügel	Unterfranken	325	tL	Parabraunerde/Braunerde	47
Grombach	Kraichgau	270	tU	Parabraunerde/Pararendzina	68
Einsiedel	Schwäbische Alb	480	tU	Parabraunerde-Pseudogley	58
Insultheim	Rheinebene	95	tL	Auenswarzerde	72
Sailtheim	Tauber-Bauland	360	tL	Parabraunerde/Braunerde	54
Tückelhsn.	Ochsenfurter Gau	270	tU	Parabraunerde	75
Friemar	Thüringer Becken	310	uL	Braunerde-Schwarzerde	80
Lüttewitz	Lommatzscher Pflege	290	tU	Parabraunerde	75
Salzmünde	Hallesches Ackerland	160	IU	Schwarzerde	85

2.1.2 Witterungsdaten

Die Witterungsdaten für die verschiedenen Standorte (Tab. 2) wurden nahegelegenen Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD 1993-1996) entnommen. Bezugszeitraum war jeweils von Oktober des Vorjahres bis zum September des Erntejahres. An den Werten des langjährigen Mittels (1961-1990) zeigt sich, daß die Standorte sich sowohl hinsichtlich Niederschlag als auch Temperatur deutlich unterscheiden. In Grombach und Einsiedel fallen im langjährigen Mittel etwa 800 mm Niederschlag, in Sailtheim etwa 700 mm, in Gieshügel, Insultheim, Tückelhausen

Tab. 2: Witterungsdaten der Versuchsstandorte (DWD 1993-1996)

Ort	Niederschlag, Mittel Okt.-Sept. Differenz zu 61-90				Temperatur, Mittel Okt.-Sept. Differenz zu 61-90			
	61-90 [l/m ²]	93/94 [l/m ²]	94/95 [l/m ²]	95/96 [l/m ²]	61-90 [°C]	93/94 [°C]	94/95 [°C]	95/96 [°C]
Gieshügel	602	+ 110	+ 148	- 106	9,1	+ 1,0	+ 1,2	- 0,8
Grombach	776	+ 203	+ 154	- 121	9,3	+ 1,4	+ 1,5	- 0,3
Einsiedel	837	+ 180	+ 97	- 114	8,3	+ 1,0	+ 0,8	- 0,6
Insultheim	588	+ 191	+ 152	- 82	10,4	+ 1,0	+ 1,2	- 0,6
Sailtheim	709	+ 236	+ 206	- 73	8,6	+ 1,3	+ 1,2	- 0,5
Tückelhsn.	630	+ 155	+ 202	- 49	9,1	+ 1,0	+ 1,2	- 0,8
Friemar	517	+ 123	+ 70	- 108	7,8	+ 0,6	+ 0,8	- 1,6
Lüttewitz	572	+ 196	+ 126	- 112	8,6	+ 0,8	+ 1,2	- 1,3
Salzmünde	487	+ 141	+ 93	+ 18	8,8	+ 0,8	+ 1,2	- 1,3

und Lüttewitz etwa 600 mm. Friemar und Salzmünde können mit etwa 500 mm als Trockenstandorte bezeichnet werden. Die Jahresdurchschnittstemperaturen variieren von 10,4 °C (Insultheim) bis zu 8,3 bzw. 7,8 °C (Einsiedel und Friemar).

Im Vergleich zum langjährigen Mittel unterschieden sich die Witterungsverhältnisse im Versuchszeitraum deutlich. 1993/94 und 1994/95 war der Niederschlag zwischen 70 und 236 mm höher und die Temperaturen um 0,6 bis 1,5 °C höher als im langjährigen Mittel. 1995/96 war eher durch ein Niederschlagsdefizit und relativ niedrige Temperaturen infolge eines sehr trockenen und kalten Winters gekennzeichnet. Die Böden waren an den meisten Standorten im Frühjahr nicht wassergesättigt, der hohe Wasserbedarf der Kulturpflanzen von Mai bis August wurde jedoch durch niedrige Temperaturen bei erhöhten Niederschlägen zumeist kompensiert.

2.2 Aufbau und Durchführung der Versuche

2.2.1 Versuchsanlage und Bodenbearbeitungssysteme

Die Versuche wurden als Streifenanlage von Großflächen ohne Wiederholungen angelegt. Dazu wurden an jedem Standort vier Großflächen von je 2,5-10 ha Größe auf einem Schlag mit möglichst homogenen Bodenverhältnissen erstellt. Mit der Anlage der Versuchsserie wurde in Gieshügel und Grombach 1990, in Einsiedel, Insultheim, Sailtheim und Tüchelhausen 1991 und in Friemar, Lüttewitz und Salzmünde 1992 begonnen. Im Untersuchungszeitraum befanden sich die Versuchsanlagen je nach Standort und Jahr somit im 2. bis 6. Versuchsjahr. Die Rotation war an die jeweiligen Standortverhältnisse angepaßt und beinhaltete immer Zuckerrüben. Nach Zuckerrüben wurde einheitlich Winterweizen angebaut, gefolgt von Triticale, Körnererbsen, Ackerbohnen und Flächenstilllegung (Anh. 2). Zur Abschätzung möglicher Vorfruchteffekte auf die Folgefrucht sind in Anh. 2 auch die Feldfrüchte des Erntejahres 1993 aufgeführt.

Aufgrund witterungs- und standortbedingter Besonderheiten wurden im Zeitraum 1994-1996 vier Versuche nicht berücksichtigt. Wegen starker Hagelschäden konnten die Versuche in Sailtheim 1994 (Sommergerste) und Grombach 1995 (Winterweizen), wegen extremer Ungleichmäßigkeit der Bodengüte Gieshügel 1994 (Winterweizen) und Sailtheim 1995 (Zuckerrüben) nicht ausgewertet werden. In den

folgenden Jahren wurden hier Ertragsermittlungen nur im Bereich gleichmäßiger Bodengüte durchgeführt. Es konnte deshalb nur an sechs von neun Standorten eine Auswertung aller Feldfrüchte einer Rotation erfolgen.

Zu allen Feldfrüchten der Rotation wurden vier verschiedene Bodenbearbeitungssysteme durchgeführt (Tab. 3). Im System Pflug wurde der Boden jährlich mit dem Pflug auf 25-35 cm Tiefe bearbeitet, im System Locker erfolgte jährlich eine nichtwendende Lockerung maximal bis auf 35 cm Tiefe. Durch eine flach mischende Bodenbearbeitung (max. 10 cm Arbeitstiefe) war das System Mulch gekennzeichnet. In den Systemen Pflug, Locker und Mulch wurden grundsätzlich Stoppelbearbeitung und auch Saatbettbereitung durchgeführt, während in der Direktsaat zunächst auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet wurde. Die Aussaat der Zuckerrüben erfolgte an allen Standorten mit einem Schneidscheiben-Einzelkornsägerät. Zur Direktsaat der Körnerfrüchte wurden spezielle Direktsaatmaschinen mit Meißelscharen (Fa. Amazone) oder Einscheibenscharen (Fa. John Deere) eingesetzt.

Aufgrund der teilweise sehr großen Entfernung zwischen den Versuchsstandorten konnte nicht an jedem Standort die gleiche Bearbeitungs- und Bestelltechnik eingesetzt werden. Die zeitliche Abfolge der Bearbeitung und die bei der Bearbeitung an den verschiedenen Versuchsstandorten eingesetzte Technik sind Anh. 3 bis Anh. 25 zu entnehmen.

Erfahrungen der ersten Versuchsjahre führten in der Direktsaat nur zu Zuckerrüben ab der Bearbeitung zum Erntejahr 1996 zu einer Modifizierung der Bodenbear-

Tab. 3: Skizzierung der zu allen Früchten der Rotation durchgeführten Maßnahmen der Bodenbearbeitung in unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen

	Pflug	Locker	Mulch	Direktsaat
Stoppelbearbeitung	+	+	+	-
Grundbodenbearbeitung	+ ¹	+ ²	-	-
Saatbettbereitung	+	+	+	-
Saat	+	+	+	+

+ = Maßnahme wurde durchgeführt; - = Maßnahme unterblieb

¹ = Pflug; ² = Flügelschar oder Meißelschar

beitung durch einmalige, flache Stoppelbearbeitung, zumeist zur Aussaat der Zwischenfrüchte. Dies erschien zwingend, weil die Sägeräte für Zuckerrüben bei Direktsaat, trotz sorgfältiger Maschinenwahl und Mulchsaatausrüstung, das Saatgut nicht ordnungsgemäß in den oft verhärteten Boden ablegen konnten und die anschließende Bodenbedeckung zu gering war. Die aus diesem Grund durchgeführte flache Bearbeitung führte zu einer Einebnung vorhandener Spuren sowie zu einer leichten Einmischung der Ernterückstände. Die Aussaat der Zuckerrüben erfolgte in der Direktsaat wie zuvor ohne Saatbettbereitung. Die auf die Zuckerrübe folgenden Körnerfrüchte wurden wieder als Direktsaat ohne jegliche Maßnahmen der Bodenbearbeitung bestellt.

2.2.2 Pflanzenbauliche Maßnahmen

Die Ablageentfernung von Zuckerrüben wurde in der Direktsaat in Insultheim, Tüchelhausen, Gieshügel und Salzmünde aufgrund erwarteten geringen Feldaufgangs infolge hoher Mengen an Ernterückständen oder verhärteten Bodens gegenüber den übrigen Systemen um 2 cm verringert. Bei den Körnerfrüchten wurden in allen Systemen gleiche Aussaatmengen gewählt. Die Stickstoffdüngung der Zuckerrüben erfolgte anhand von Bodenuntersuchungen (EUF-Methode) und der darauf basierenden Düngeempfehlung und wurde in allen Systemen mit gleicher Aufwandmenge durchgeführt. Zu den Körnerfrüchten erfolgte die Stickstoffdüngung betriebsüblich und ebenfalls in allen Systemen einheitlich.

Pflanzenschutzmaßnahmen wurden bis auf den Einsatz von Herbiziden und Molluskiziden einheitlich durchgeführt. Zusätzliche Anwendungen nichtselektiver Herbizide waren in den Systemen Locker, Mulch und Direktsaat vor der Aussaat der Sommerfrüchte aufgrund einer starken Altverunkrautung notwendig. In der Direktsaat erfolgten an einigen Standorten wegen höherer Unkrautdichte oder zusätzlichen Auftretens von Unkräutern Nachbehandlungen mit selektiven Herbiziden. Molluskizide wurden in Insultheim und Tüchelhausen zehn Tage nach Aussaat der Zuckerrüben in der Direktsaat eingesetzt. Mit Ausnahme von Einsiedel und Friemar erfolgte vor Zuckerrüben Zwischenfruchtanbau mit Gelbsenf. Eine genaue Aufstellung der Bestandesführung für die einzelnen Standorte ist Anh. 3 bis Anh. 25 zu entnehmen.