

# Ertrag und Qualität von Winterweizen, Triticale und Körnerleguminosen nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Großflächen verschiedener Standorte

Yield and Quality of Winter Wheat, Triticale and Grain Legumes after Different Soil Tillage in On-farm Trials at Different Sites

C. Becker & H.-J. Koch,  
Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

## Zusammenfassung

Ergebnisse aus Bodenbearbeitungsversuchen, die als Parzellenversuche auf Kleinflächen angelegt wurden, müssen aufgrund des starken Einflusses der im Einzelfall eingesetzten Maschinenteknik auch auf Großflächen überprüft werden. Hierzu wurden an 9 Standorten Süd- und Ostdeutschlands ab 1992 vier, zu allen Früchten einer Rotation mit Zuckerrüben, Winterweizen, Triticale und Körnerleguminosen differenziert eingesetzte Bodenbearbeitungssysteme (konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug, konservierende Bodenbearbeitung mit und ohne Lockerung, Direktsaat), verglichen. Die Kornerträge von Winterweizen, Triticale und Körnerleguminosen wurden in den Versuchsjahren 1994–1996 bei allen Früchten im Mittel der jeweiligen Standorte nur wenig durch die Bodenbearbeitung beeinflusst. Mit abnehmender Bearbeitungsintensität sank die Pflanzendichte im Vergleich zur Variante Pflug um bis zu 10%. Dieser Rückgang wurde durch eine Erhöhung des Einzelpflanzenenertrages kompensiert. Die Bodenbearbeitung hatte nur einen geringen Einfluß auf die Qualität der Früchte. Der Kornertrag differenzierte zwischen den Einzelversuchen erheblich stärker als zwischen den Bodenbearbeitungssystemen.

**Schlüsselworte:** Winterweizen, Triticale, Körnerleguminosen, Bodenbearbeitung, Ertrag, Qualität

## Summary

Results of tillage trials, which were conducted on small plots, have also to be tested on a larger scale because of the large influence of the used machinery. Therefore, four tillage systems (conventional tillage with plough, reduced tillage with and without loosening, direct drilling) were compared in a continuous on-farm trial for their suitability for production of sugar beet, winter wheat, triticale and grain legumes at 9 sites in Southern and Eastern Germany. In mean of sites grain yield of winter wheat, triticale and grain legumes in 1994–1996 differed only slightly as affected by tillage. Plant population decreased after reduced tillage in maximum by about 10% compared to plough. This decrease was compensated by higher yield of the single plant in reduced tillage systems. Quality of winter wheat, triticale and grain legumes was similar in all tillage systems. Yield of these crops showed more variation between sites and years than between tillage systems.

**Key words:** winter wheat, triticale, grain legumes, soil tillage, yield, quality

## Einleitung

Der innerhalb einer Rotation gezielte und einmalige Verzicht auf den Pflug ist in der landwirtschaftlichen Praxis insbesondere zur Getreidebestellung nach Blattfrüchten mit geringen Mengen an Ernterückständen wie Kartoffeln, Zuckerrüben, Silomais, Körnerleguminosen und Raps bereits seit Jahren anzutreffen. Demgegenüber ist die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitungssysteme zu allen Früchten der Rotation bisher noch die Ausnahme. Wegen der EU-Agrarreform und der damit verbundenen Preissenkungen wurde der Zwang zur Rationalisierung insbesondere im Körnerfruchtanbau forciert (BML 1993). Dabei zeigen BRAATZ & JOCHIMSEN (1997) beispielsweise für Norddeutschland auf, daß die Einsparmöglichkeiten bei den Spezialaufwendungen im wesentlichen ausgeschöpft sind, aber noch erhebliche Kostensenkungen im Bereich der Maschinenkosten realisiert werden können. Insbesondere die komplette Umstellung des Betriebes auf pfluglose Bodenbearbeitungssysteme ermöglicht deutliche Einsparungen bei den Maschinenkosten (BECKER 1996). Dies könnte speziell in Großbetrieben in den östlichen Bundesländern ein wesentlicher Anreiz sein, dauerhaft auf pfluglose Bewirtschaftung überzugehen (KÖLLER 1994).

Bereits Ende der 60er Jahre wurden in Deutschland Dauerversuche zu pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen angelegt (BAEUMER et al. 1971, KAHNT 1969). In diesen Versuchen, die ausschließlich auf kleineren Parzellen angelegt wurden, ließ sich mit langjährig pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen zumeist ein ähnlicher Ertrag erzielen wie bei einer Bearbeitung mit dem Pflug (EHLERS & CLAUPEIN 1994, MAIDL et al. 1988, TEBRÜGGE 1994). Versuche auf lößbürtigen Böden in verschiedenen gemäßigten Klimaregionen Europas erbrachten vergleichbare Ergebnisse (CANNELL & HAWES 1994).

Der Einfluß dauerhaft pflugloser Bodenbearbeitungssysteme auf Pflanze und Boden kann sich jedoch auf Großflächen deutlich von dem in Kleinparzellen unterscheiden. So kann zum Beispiel die für Großbetriebe zur Verfügung stehende Maschinenteknik aufgrund der geringen Flächenabmessungen in Parzellenversuchen mit Wiederholungen nicht eingesetzt werden. Spezifische Effekte der verwendeten Geräte wie Zerkleinerung und Verteilung von Ernterückständen (BÖHRNSEN 1992, WIENECKE 1991) oder bodenverdichtende Wirkungen von Fahrverkehr (BRU-

NOTTE 1995) können jedoch für den erfolgreichen Einsatz eines Bodenbearbeitungssystems im Großflächenmaßstab von überragender Bedeutung sein und müssen deshalb auch unter diesen Bedingungen untersucht werden. Vor allem kann aber eine ökonomische Bewertung dauerhaft pflugloser Bodenbearbeitungssysteme nur anhand von Daten aus praxisüblicher Bewirtschaftung von Großflächen erfolgen. Diesen Vorteilen von Großflächenversuchen ohne Wiederholungen stehen als Nachteil Probleme bei der 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. Weiterhin kann die Aussagekraft erhöht werden, indem identische Versuchsanlagen an mehreren Standorten und über mehrere Jahre als Wiederholungen betrachtet werden.

Vor diesem Hintergrund wurden an 9 Standorten Süd- und Ostdeutschlands langjährige Vergleiche zu vier unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen auf Großflächen begonnen, deren Ziel es ist, die pflanzenbauliche und ökonomische Eignung dieser Verfahren für landwirtschaftliche Betriebe zu prüfen. Im vorliegenden Beitrag werden ausschließlich pflanzenbauliche Aspekte des Anbaus von Körnerfrüchten aus dem ersten Versuchsabschnitt nach der Einführung unterschiedlicher Bodenbearbeitung vorgestellt. Die langjährige Konzeption über mindestens drei Rotationen und die Verteilung der Versuche auf klimatisch und bodenkundlich unterschiedliche Standorte wird später auch eine Quantifizierung von Standort- und Jahreseffekten erlauben. Ebenso können auf dieser Datenbasis betriebswirtschaftliche Erfolgsgrößen kalkuliert werden.

## Material und Methoden

Die Versuche wurden an 9 Standorten in typischen Ackerbaugebieten Süd- und Ostdeutschlands in den Jahren 1990–1992 angelegt und befanden sich im Untersuchungszeitraum im 2. bis 6. Jahr mit differenzierter Bearbeitung (Abb. 1). An jedem Standort wurden die vier untersuchten Bodenbearbeitungssysteme als großflächige Streifen (je 2,5–10 ha) auf einem Schlag mit möglichst homogenen Bodenverhältnissen nebeneinander plaziert (BIOPLAN 1997, TEIWES 1997). Als Bodentypen treten Schwarzerden bzw. Auenschwarzerden und Parabraunerden mit Ackerzahlen über 70 sowie Parabraunerde-Pseudogleye und Braunerden mit wechselndem Steinanteil und Ackerzahlen unter 60 auf (Tab. 1). Die Witterungsdaten für die verschiedenen Standorte (Tab. 2) wurden von nahegelegenen Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes zur Verfügung gestellt (DWD 1993–1996). Bezugszeitraum war jeweils die Periode vom Oktober des Vorjahres bis September des Erntejahres. Die Standorte unterscheiden sich im langjährigen Mittel (1961–1990) deutlich sowohl im Niederschlag als auch in der Temperatur. Die Versuchsjahre 1993/94 und 1994/95 waren an allen Standorten überdurchschnittlich feucht und warm, während das Jahr 1995/96 im Gegensatz dazu kühl und trocken ausfiel.

Die Rotation war den jeweiligen Standortverhältnissen angepaßt und daher nicht an allen Standorten identisch. Neben den hier zu betrachtenden Feldfrüchten Winterweizen (*Triticum aestivum*), Triticale (*Triticosecale*), Körnererbsen (*Pisum sativum*) und Ackerbohnen (*Vicia faba*) wurden Zuckerrüben (*Beta vulgaris*) sowie Sommergerste (*Hordeum vulgare*) und Körnermais (*Zea mays*) angebaut (Tab. 3). Die Zuckerrübe war an allen Standorten tragende Frucht. Ihr folgte einheitlich Winterweizen nach und als



Abb. 1: Lage der Standorte des Großflächenversuchs zur Bodenbearbeitung

Location of the different sites in the on-farm soil tillage trial

drittes Glied der Rotation je nach Standort Triticale, Körnererbsen, Ackerbohnen oder Flächenstilllegung (Tab. 3).

Aufgrund witterungs- und standortbedingter Besonderheiten konnten zwei Standorte nicht ausgewertet werden. Starker Hagel zerstörte die Ernte in Sailtheim 1994 (Sommergerste) und Grombach 1995 (Winterweizen). Wegen Ungleichmäßigkeit der Bodengüte wurde der Standort Gieshügel 1994 (Winterweizen) ebenfalls von der Auswertung ausgeschlossen. Hier wurde die Ertragsermittlung in den folgenden Jahren nur in Bereichen vergleichbarer Bodengüte durchgeführt, so daß an diesem Standort die Fortführung des Versuchs gesichert werden konnte.

Zu allen Früchten der Rotation wurden vier verschiedene Bodenbearbeitungssysteme eingesetzt (Tab. 4). In der Variante Pflug wurde der Boden jährlich mit dem Pflug auf 25–35 cm Tiefe bearbeitet, in der Variante Locker erfolgte jährlich eine nichtwendende Lockerung maximal bis auf 35 cm Tiefe. Durch eine flach mischende Bodenbearbeitung (max. 10 cm Arbeitstiefe) war die Variante Mulch gekennzeichnet, während in der Direktsaat auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet wurde. In den Varianten Pflug, Locker und Mulch konnte mit der auf landwirtschaftlichen Betrieben üblichen Bestelltechnik gearbeitet werden. In der Direktsaat wurden spezielle Direktsaatmaschinen mit Meißelscharen (Fa. Amazone) oder mit Einscheibenscharen (Fa. John Deere) eingesetzt.

Die Aussaat erfolgte in allen Varianten mit gleicher Saatmenge und am gleichen Tag. Die Sorten wurden ebenfalls einheitlich und nach regionaler Präferenz gewählt. Die Stickstoffdüngung der Körnerfrüchte wurde in der Höhe betriebsüblich und aus versuchstechnischen Gründen in allen Varianten einheitlich gegeben. Zu Winterweizen wurden 125–187 kg N ha<sup>-1</sup>, zu Triticale 122–162 kg N ha<sup>-1</sup> und zu Körnerleguminosen 0–35 kg N ha<sup>-1</sup> gedüngt.

Tab. 1: Ausgewählte Bodenkenngrößen der Versuchsstandorte

*Selected soil parameters at different sites*

Ort	Abkürzung	Region	Bodenart	Bodentyp	Ackerzahl
Gieshügel	Gies	Unterfranken	tL	Parabraunerde/Braunerde	47
Grombach	Grom	Kraichgau	tU	Parabraunerde/Pararendzina	68
Einsiedel	Eins	Schwäbische Alb	tU	Parabraunerde-Pseudogley	58
Insultheim	Insu	Rheinebene	tL	Auenswarzerde	72
Sailtheim	Sailt	Tauber-Bauland	tL	Parabraunerde/Braunerde	54
Tüchelshn.	Tüchel	Ochsenfurter Gau	tU	Parabraunerde	75
Friemar	Frie	Thüringer Becken	uL	Braunerde-Schwarzerde	80
Lüttewitz	Lütte	Lommatzcher Pflege	tU	Parabraunerde	75
Salzmünde	Salz	Hallesches Ackerland	IU	Schwarzerde	85

Tab. 2: Witterungsdaten der Versuchsstandorte

*Weather data of different sites*

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

Fettdruck kennzeichnet auswertbare Standorte mit Körnerfrüchten, siehe Text

Tab. 3: Feldfrüchte der Rotation an den verschiedenen Standorten, 1993–1996

*Crops at different sites, 1993–1996*

Standort	1993	1994	1995	1996
Gieshügel	Zuckerrüben	Winterweizen	<b>Triticale</b>	Zuckerrüben
Grombach	Sommergerste	Zuckerrüben	Winterweizen	<b>Körnererbsen</b>
Einsiedel	Sommergerste	Zuckerrüben	<b>Winterweizen</b>	<b>Triticale</b>
Insultheim	Körnermais	<b>Winterweizen</b>	Zuckerrüben	<b>Winterweizen</b>
Sailtheim	Winterweizen	Sommergerste	Zuckerrüben	<b>Winterweizen</b>
Tüchelshausen	Winterweizen	Flächenstillegung	Zuckerrüben	<b>Winterweizen</b>
Friemar	Sommergerste	Zuckerrüben	<b>Winterweizen</b>	<b>Körnererbsen</b>
Lüttewitz	Winterweizen	<b>Ackerbohnen</b>	<b>Winterweizen</b>	Zuckerrüben
Salzmünde	Zuckerrüben	<b>Winterweizen</b>	<b>Körnererbsen</b>	Zuckerrüben

Fettdruck kennzeichnet auswertbare Standorte mit Körnerfrüchten, siehe Text

Pflanzenschutzmaßnahmen wurden bis auf den Einsatz von Herbiziden einheitlich durchgeführt. Zusätzliche Herbizidanwendungen mit einem nichtselektiven Herbizid waren in den Varianten Locker, Mulch und Direktsaat vor der Aussaat der Körnerleguminosen und in der Variante Direktsaat vor der Aussaat des Triticale aufgrund starker Altverunkrautung notwendig. In den Varianten Locker, Mulch und Direktsaat erfolgte in Körnerleguminosen wegen des Auftretens von Ungräsern zusätzlich eine Graminidapplikation. Eine detaillierte Beschreibung der pflanzenbaulichen Maßnahmen findet sich bei BECKER (1997).

Die Bestandesdichte wurde zwischen EC 13 und EC 21 bestimmt. Die Zählung erfolgte an jeweils 30 auf einer

diagonalen Linie über eine Großfläche liegenden Zählstellen (zwei Reihen entsprechend einer Fläche von 0,2 m<sup>2</sup>). Die Ährendichte beim Getreide wurde analog dazu bestimmt. Getreide und Körnerleguminosen wurden mit den auf den jeweiligen Betrieben vorhandenen Mäh-dreschern geerntet. Das Erntegut jeder einzelnen Großfläche wurde getrennt erfaßt, gewogen, und es wurde eine repräsentative Probe zur Bestimmung der Qualität entnommen. An dieser Probe wurde die Erntefeuchte ermittelt. Zur Bestimmung der Tausend Kornmasse wurden pro Variante zwei Proben à 500 Körner gewogen. Die Kornzahl pro Ähre wurde aus den übrigen Ertragskomponenten errechnet. Die Qualitätsuntersuchung der Getreide- und

Tab. 4: Maßnahmen der Bodenbearbeitung in den verschiedenen Versuchsgliedern

Soil tillage operations conducted in the different treatments

Arbeitsgang	Pflug	Locker	Mulch	Direktsaat
<b>Winterweizen (Vorfucht, Zuckerrüben, Körnermais oder Ackerbohnen)</b>				
Grundbodenbearbeitung	Pflug	Lockerung mit Schichten- grubber evtl. kombiniert mit Zinkenrotor	Scheibenegge oder Spatenrollegge (<10 cm)	–
Aussaat	Kreiselegge mit Drillmaschine	Kreiselegge mit Drillmaschine	Kreiselegge mit Drillmaschine oder Direktsaatmaschine	Direktsaatmaschine
<b>Triticale und Körnerleguminosen (Vorfucht Winterweizen)</b>				
Stoppelbearbeitung	Scheibenegge, Spatenrollgrubber oder Schwergrubber	Scheibenegge, Spatenrollgrubber oder Schwergrubber	Scheibenegge oder Spatenrollegge (<10 cm)	–
Stoppelnachbearbeitung	Scheibenegge, Spatenrollgrubber oder Schwergrubber	Scheibenegge, Spatenrollgrubber oder Schwergrubber	–	–
Grundbodenbearbeitung	Pflug	Lockerung mit Schichtengrubber evtl. kombiniert mit Zinkenrotor	Scheibenegge oder Spatenrollegge (<10 cm)	–
Aussaat	Kreiselegge mit Drillmaschine	Kreiselegge mit Drillmaschine	Kreiselegge mit Drillmaschine oder Direktsaatmaschine	Direktsaatmaschine

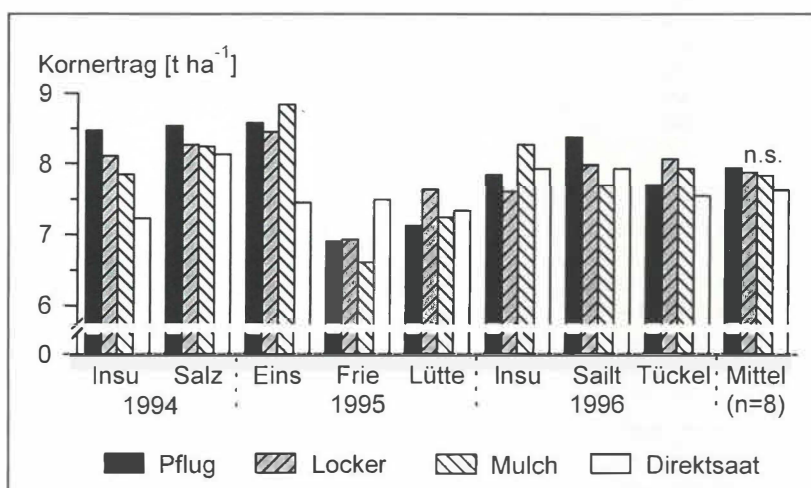


Abb. 2: Korntrag von Winterweizen nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 8 Versuche 1994–1996

n. s. = keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0,05$ ; Tukey-Test)

Grain yield of winter wheat as affected by different continuous tillage systems, 8 trials 1994–1996

n.s. = no significant differences ( $p < 0,05$ ; Tukey)

Körnerleguminosenproben erfolgte in einem unabhängigen Labor. Alle Ertrags- und Qualitätswerte wurden auf einen Trockensubstanzgehalt von 85% umgerechnet.

Da die Versuche ohne Wiederholungen durchgeführt wurden, konnten die Effekte von Standort und Jahr nicht untersucht werden. Zur Quantifizierung von Unterschieden zwischen den Bodenbearbeitungssystemen wurden die Einzelversuche als Wiederholungen betrachtet. Es wurde eine Varianzanalyse mit nachfolgendem F-Test durchgeführt. Bei signifikantem F-Wert erfolgte ein Mittelwertvergleich mit dem Test nach Tukey bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. Die statistische Analyse erfolgte mit dem Programmpaket SAS, Version 6.03 (SAS INSTITUTE INC. 1988).

## Ergebnisse

### Winterweizen

Der Korntrag des Winterweizens nahm im Mittel der Standorte von der Variante Pflug mit  $7,9 \text{ t ha}^{-1}$  über die Varianten Locker und Mulch bis zur Direktsaat mit

$7,7 \text{ t ha}^{-1}$  tendenziell ab (Abb. 2). Dabei wurde an den Standorten Salzmünde und Einsiedel ein Korntrag von über  $8 \text{ t ha}^{-1}$  erzielt. Insultheim, Sailtheim und Tüchelhausen wiesen ein Korntragniveau zwischen  $7,5$  und  $8 \text{ t ha}^{-1}$  auf, während der Korntrag in Friemar und Lüttewitz unter  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$  lag. An Einzelstandorten und in Einzeljahren wurde der Korntrag teilweise erheblich durch die Bodenbearbeitung beeinflusst. So ergab sich in Insultheim 1994 ein deutlicher Rückgang im Korntrag von der Variante Pflug mit  $8,4 \text{ t ha}^{-1}$ , über Locker und Mulch bis auf  $7,2 \text{ t ha}^{-1}$  bei Direktsaat. In Salzmünde 1994 war ein solcher Rückgang in sehr viel geringerem Ausmaß festzustellen. In Einsiedel 1995 ergaben sich zwischen den Varianten Pflug, Locker und Mulch nur geringe Unterschiede, nach Direktsaat fiel der Korntrag jedoch um etwa  $1 \text{ t ha}^{-1}$  zurück. Ein erheblich höherer Korntrag als in den Varianten Pflug, Locker und Mulch war bei Direktsaat in Friemar 1995 zu verzeichnen. In Lüttewitz 1995 war der Korntrag in der Variante Locker geringfügig höher als in den übrigen Varianten. Der in Insultheim 1994 ausgeprägte Rückgang des Korntrages bei abneh-

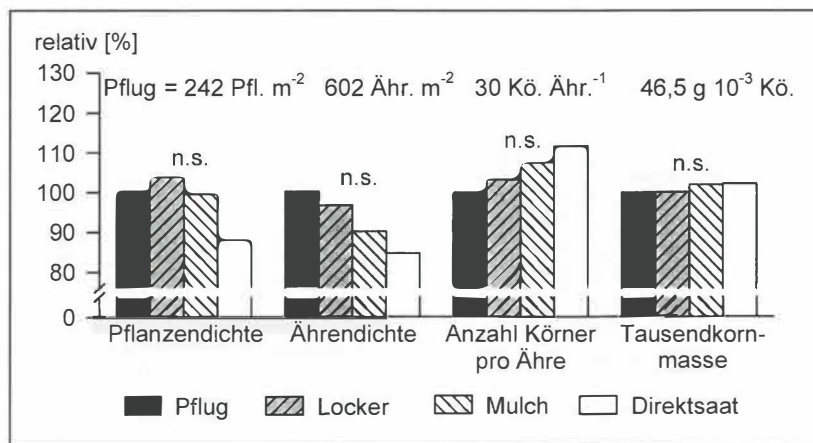


Abb. 3: Ertragskomponenten (Pflug = 100%) von Winterweizen nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 8 Versuche 1994–1996

Die Zahl über einer Säulengruppe beschreibt den absoluten Wert der jeweiligen Ertragskomponente in der Pflugvariante; n. s. = keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0,05$ ; Tukey-Test)

Yield components (plough = 100%) of winter wheat as affected by different continuous tillage systems, 8 trials 1994–1996

The number above a group of bars describes the absolute value of the yield component in treatment plough; n. s. = no significant differences ( $p < 0,05$ ; Tukey)

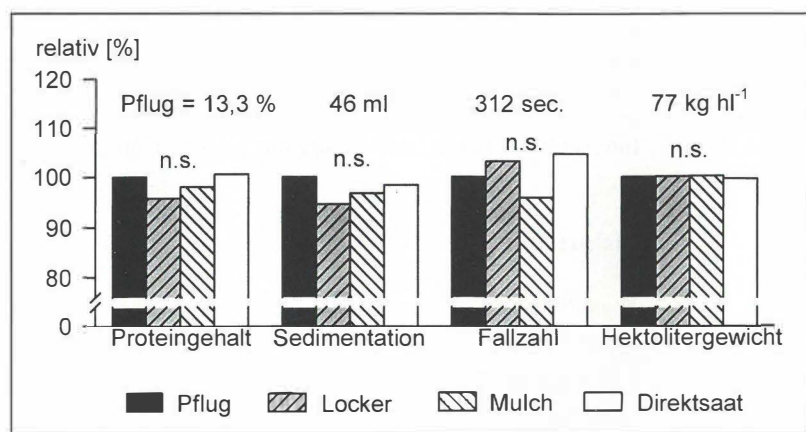


Abb. 4: Proteingehalt, Sedimentationswert und Fallzahl (Pflug = 100%) von Winterweizen nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 8 Versuche 1994–1996

Die Zahl über einer Säulengruppe beschreibt den absoluten Wert des jeweiligen Qualitätsparameters in der Pflugvariante; n. s. = keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0,05$ ; Tukey-Test)

Protein content, sedimentation value and falling number (plough = 100%) of winter wheat as affected by different continuous tillage systems, 8 trials 1994–1996

The number above a group of bars describes the absolute value of the quality parameter in treatment plough; n. s. = no significant differences ( $p < 0,05$ ; Tukey)

mender Bearbeitungsintensität war 1996 nicht wiederzufinden. In Sailtheim wurde 1996 in der Pflugvariante der höchste Kornertrag erzielt, während der Kornertrag in Tüchelhausen 1996 in den Varianten Locker und Mulch über dem der Varianten Pflug und Direktsaat lag.

Die Ertragskomponenten reagierten auf die verringerte Intensität der Bodenbearbeitung im Mittel der Standorte teilweise deutlich, jedoch waren die Unterschiede, ebenso wie beim Kornertrag, nicht signifikant (Abb. 3). Die Pflanzendichte lag in den Varianten Pflug, Locker und Mulch bei etwa 250 Pfl. m<sup>-2</sup> und sank bei Direktsaat gegenüber der Pflugvariante um 10%. Die Ährendichte nahm mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung von etwa 600 Ähren m<sup>-2</sup> in der Pflugvariante kontinuierlich auf etwa 85% dieses Wertes in der Variante Direktsaat ab. Demgegenüber stieg die Anzahl der Körner pro Ähre von der Pflugvariante mit 30 Körnern pro Ähre über die Varianten Locker und Mulch bis zur Direktsaat um 10% an. Keinerlei Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen zeigten sich in der Tausendkornmasse.

Die für die Vermarktung von Winterweizen entscheidenden Qualitätsparameter Proteingehalt, Sedimentationswert, Fallzahl und Hektolitergewicht reagierten auf eine verringerte Intensität der Bodenbearbeitung nur mit geringen und ungerichteten Veränderungen (Abb. 4).

### Triticale

Der Kornertrag des Triticale betrug im Mittel von zwei Standorten in den Varianten Locker und Mulch 7,9 t ha<sup>-1</sup>, bei Direktsaat 7,5 t ha<sup>-1</sup> und in der Variante Pflug lediglich 7,3 t ha<sup>-1</sup> (Abb. 5). An beiden Standorten wurde ein Er-

tragsniveau zwischen 7,6 und 7,7 t ha<sup>-1</sup> erzielt. In Gieshügel 1995 veränderte sich der Kornertrag mit der Bodenbearbeitung nur sehr wenig. In Einsiedel dagegen wurde der Kornertrag der Pflugvariante mit 6,8 t ha<sup>-1</sup> von dem in der Variante Direktsaat mit 7,4 t ha<sup>-1</sup> und dem in den Varianten Locker und Mulch mit 8,1 t ha<sup>-1</sup> deutlich übertroffen.

Bei den Ertragskomponenten (Abb. 6) ergaben sich zwischen den Varianten der Bodenbearbeitung ungerichtete und nicht signifikante Unterschiede. Bei flacher oder ganz fehlender Bodenbearbeitung (Varianten Mulch und Direktsaat) sank die Pflanzendichte gegenüber den Varianten Pflug und Locker mit etwa 210 Pfl. m<sup>-2</sup> um 10% bzw.

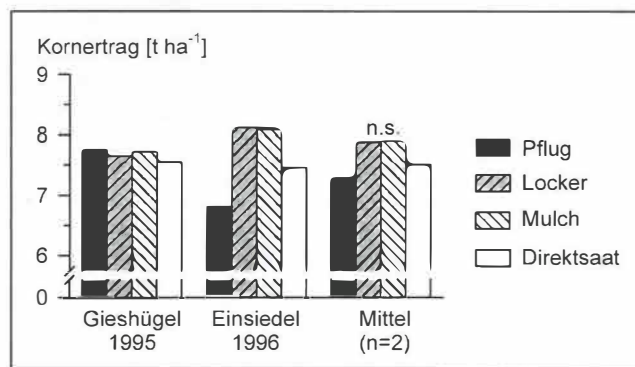


Abb. 5: Kornertrag von Triticale nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 2 Versuche 1995–1996

n. s. = keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0,05$ ; Tukey-Test)

Grain yield of triticale as affected by different continuous tillage systems, 2 trials 1995–1996

n. s. = no significant differences ( $p < 0,05$ ; Tukey)

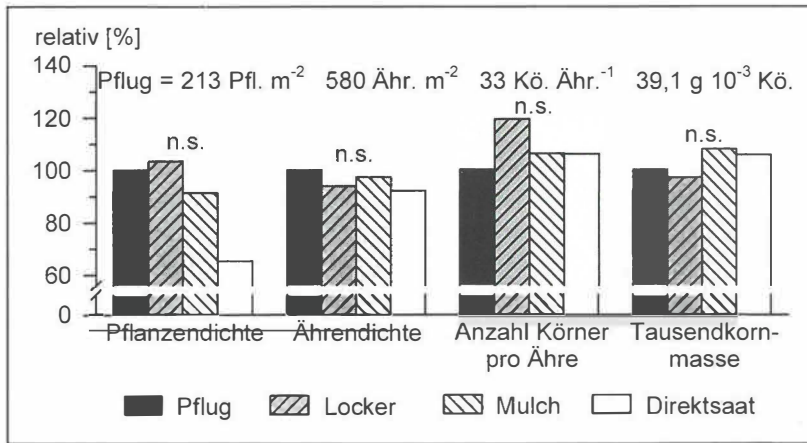


Abb. 6: Ertragskomponenten (Pflug = 100%) von Triticale nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 2 Versuche 1995–1996

Die Zahl über einer Säulengruppe beschreibt den absoluten Wert der jeweiligen Ertragskomponente in der Pflugvariante; n. s. = keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0,05$ ; Tukey-Test)

*Yield components (plough = 100%) of triticale as affected by different continuous tillage systems, 2 trials 1995–1996*

*The number above a group of bars describes the absolute value of the yield component in treatment plough; n. s. = no significant differences ( $p < 0,05$ ; Tukey)*

30%. Geringe Unterschiede zwischen den Varianten der Bodenbearbeitung ergaben sich bei der Ährendichte mit 580 Ähren  $m^{-2}$  und der Tausendkornmasse mit etwa 40 g. Die Kornanzahl pro Ähre ist lediglich in der Variante Locker um 15% gegenüber den übrigen Varianten erhöht. Proteingehalt und Stärkegehalt als wichtigste Qualitätseigenschaften des Triticale reagierten lediglich geringfügig auf unterschiedliche Bodenbearbeitung (Abb. 7).

#### Körnerleguminosen

Der Kornertrag der Körnerleguminosen Ackerbohnen und Körnererbsen betrug im Mittel der Standorte in der Variante Pflug  $4,7 t ha^{-1}$  und stieg in den Varianten Locker, Mulch und Direktsaat auf etwa  $5 t ha^{-1}$  (Abb. 8). Deutlichere Unterschiede waren demgegenüber im Ertragsniveau an den verschiedenen Standorten zu verzeichnen. In Lütewitz 1994 wurde bei Ackerbohnen im Mittel der Bodenbearbeitungssysteme ein Kornertrag von etwa  $4 t ha^{-1}$  erzielt. Der Ertrag der Körnererbsen in Salzmünde 1995 betrug lediglich  $3,3 t ha^{-1}$  und lag in Grombach und Friemar 1996 mit  $6,2 t ha^{-1}$  fast doppelt so hoch. Wie im Mittelwert waren die Unterschiede im Kornertrag zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten auch an den Einzelstandorten nur gering.

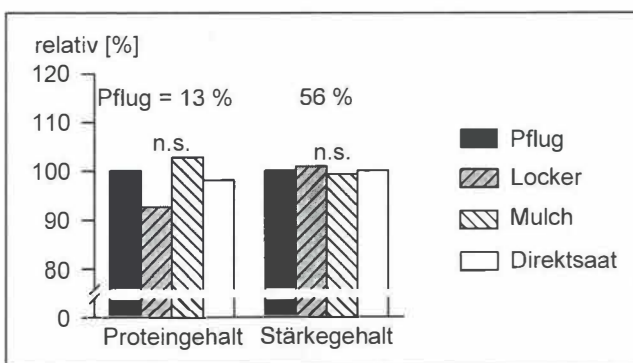


Abb. 7: Proteingehalt und Stärkegehalt (Pflug = 100%) von Triticale nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 2 Versuche 1995–1996

Die Zahl über einer Säulengruppe beschreibt den absoluten Wert des jeweiligen Qualitätsparameters in der Pflugvariante; n. s. = keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0,05$ ; Tukey-Test)

*Protein content and starch content (plough = 100%) of triticale as affected by different continuous tillage systems, 2 trials 1995–1996*

*The number above a group of bars describes the absolute value of the quality parameter in treatment plough; n. s. = no significant differences ( $p < 0,05$ ; Tukey)*

Bei den Ertragskomponenten nahm die Pflanzendichte von der Variante Pflug über Locker und Mulch bis zur Direktsaat ab (Abb. 9). Die Tausendkornmasse reagierte kaum auf die unterschiedlichen Bodenbearbeitungssysteme, und auch der Proteingehalt zeigte mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung nur geringe Unterschiede.

#### Diskussion

##### Winterweizen

Die im Mittel der Standorte ermittelten sehr geringen Unterschiede im Kornertrag des Winterweizens zeigen, daß es möglich ist, mit unterschiedlich intensiven Bodenbearbeitungssystemen einen vergleichbaren Ertrag zu erzielen. Bereits seit Ende der 60er Jahre werden in Deutschland Versuche zu pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen durchgeführt. So fanden EHLERS & CLAUPEIN (1994) in mehreren über 20jährigen Versuchen auf Lößböden Südniedersachsens zwischen der Bearbeitung mit und ohne Pflug keine Unterschiede im Kornertrag. Sie wiesen aber deutlich auf mögliche Probleme mit Ungräsern bei pflugloser Bearbeitung hin, wie sie auch von BRÄUTIGAM (1990) beschrieben wurden. TEBRÜGGE (1994) fand auf vier verschiedenen texturierten Böden Hessens bei langjährig differenzierter Bodenbearbeitung einen ähnlichen Kornertrag von Winterweizen. Unter den Bedingungen hoher Niederschläge des bayerischen Alpenvorlandes beobachteten MAIDL et al. (1988) in einem 12jährigen Versuch auf einem Moränenstandort dagegen einen geringeren Kornertrag nach flacher Bodenbearbeitung. Untersuchungen aus weiteren gemäßigten Klimaregionen Europas auf vorwiegend lößbürtigen Böden zeigten keine Ertragsunterschiede zwischen unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen (CANNELL & HAWES 1994).

In Einzeljahren und an Einzelstandorten können die Erträge nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung stark voneinander abweichen. Deutlich positiv auf einen vollständigen Bodenbearbeitungsverzicht reagierte der Winterweizen in Friemar 1995. Hier spielt möglicherweise die unter trockenen Bedingungen bessere hydraulische Leitfähigkeit und höhere Wasserkapazität im unbearbeiteten Boden eine große Rolle (FREDE et al. 1994). Aufgrund der Vorfrucht Zuckerrüben führten die relativ geringen Mengen an Ernterückständen auch nicht zu Beeinträchtigungen der Saatgutablage und des Feldaufgangs.

In Insultheim 1994 hingegen sank der Kornertrag des Winterweizens mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung deutlich. Da größere Bodenunterschiede zwischen den Varianten hier ausgeschlossen werden können

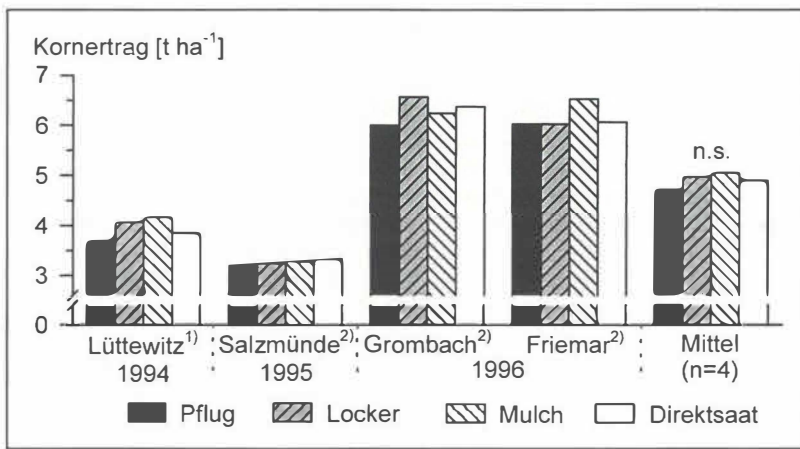


Abb. 8: Kornertrag von Körnerleguminosen (<sup>1</sup>Ackerbohnen, <sup>2</sup>Körnererbsen) nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 4 Versuche 1994–1996

n.s. = keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0,05$ ; Tukey-Test)

Grain yield of grain legumes (<sup>1</sup>faba bean, <sup>2</sup>field pea) as affected by different continuous tillage systems, 4 trials 1994–1996

n.s. = no significant differences ( $p < 0,05$ ; Tukey)

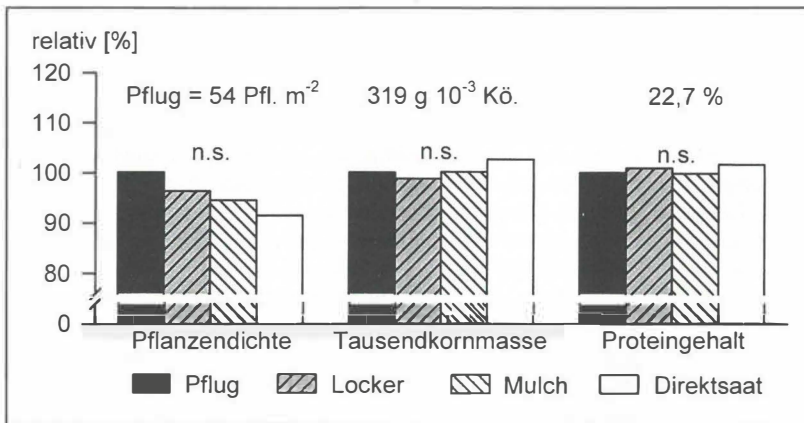


Abb. 9: Pflanzendichte, Tausendkornmasse und Proteingehalt (Pflug = 100%) von Körnerleguminosen nach mehrjährig differenzierter Bodenbearbeitung, 4 Versuche 1994–1996

Die Zahl über einer Säulengruppe beschreibt den absoluten Wert des jeweiligen Parameters in der Pflugvariante; n.s. = keine signifikanten Unterschiede ( $p < 0,05$ ; Tukey-Test)

Plant density, thousand grain weight and protein content (plough = 100%) of grain legumes as affected by different continuous tillage systems, 4 trials 1994–1996

The number above a group of bars describes the absolute value of the parameter in treatment plough; n.s. = no significant differences ( $p < 0,05$ ; Tukey)

(BIOPLAN 1997), ist dieser Rückgang des Kornertrages möglicherweise mit den hohen Mengen an Ernterückständen der Vorfrucht Körnermais in Verbindung mit einer recht späten und unter feuchten Bedingungen durchgeführten Bestellung des Winterweizens begründet. Dadurch war die Pflanzen- und Ährendichte in den pfluglos bestellten Varianten, insbesondere in der Direktsaat, gegenüber der Variante Pflug erheblich verringert. Vor allem in den flach oder nicht bearbeiteten Varianten Mulch und Direktsaat kommt die Aussaattechnik bei hohen Mengen an Ernterückständen bezüglich der Ablagegenauigkeit des Saatgutes daher deutlich an ihre Grenzen (METZNER 1982, BÖHRNSEN 1992). Dabei traten bei den mit Meißelscharen ausgerüsteten Maschinen häufig Verstopfungen durch sich vor dem Schar aufbauende Ernterückstände auf. Bei Verwendung von Scheibenscharen wurden Ernterückstände in den Saatschlitz gedrückt und beeinträchtigten möglicherweise die Keimung des Saatgutes. So lag die Pflanzendichte in der Direktsaat auf allen Standorten trotz gleicher Aussaatmenge unter den Werten der übrigen Varianten. Dieser Effekt eines geringeren Feldaufgangs wird auch von anderen Autoren beschrieben (CHRISTIAN & MILLER 1986, OLIPHANT 1982). Um eine gleiche Pflanzendichte zu erzielen, sollte die Aussaatmenge in der Direktsaat leicht erhöht werden. In ausgesprochen niederschlagsarmen Gebieten gewährleistet jedoch die Direktsaat oftmals einen höheren Feldaufgang und somit eine höhere Pflanzendichte als Systeme mit Bodenbearbeitung, da das Saatkorn an die wasserführende Schicht unter die Pflanzenrückstände plaziert wird. Dort spielen die Ernterückstände als Evaporationsschutz eine große Rolle, während sie in den gemäßigt-feuchten Klimaten eher die Abtrocknung der Bodenoberfläche verzögern und somit eine Saatzeitverzögerung bewirken können (CARTER 1994).

Die tendenziell rückläufige Zahl der ährentragenden Halme mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung wird neben der niedrigeren Pflanzendichte möglicherweise auch durch eine verringerte Bestockung der Pflanzen verursacht. So erfolgt beispielsweise die Erwärmung eines nicht gepflügten und mit Ernterückständen bedeckten Bodens im Frühjahr langsamer als die eines gepflügten und unbedeckten Bodens (ESTLER 1987, STRUZINA 1990). Zusätzlich kann die Erhöhung der Trockenrohddichte und des Eindringwiderstandes zu einem geringeren Wurzelwachstum in der Krume führen (EHLERS et al. 1983) und somit die Bestockung verringern. Weiterhin könnte auch eine verringerte Stickstoffverfügbarkeit aufgrund des Einbaus von Stickstoff in die oberflächlich konzentrierten Pflanzenreste, wie sie von CLAUPEIN & BAEUMER (1990) für pfluglos bearbeitete Böden insbesondere in den ersten 10–15 Jahren nach Umstellung der Bearbeitung postuliert werden, ursächlich für eine geringere Bestockung sein. Die durch die geringere Ährendichte dünneren Bestände sind jedoch durchaus auch als positiv anzusehen. So ist die Gefahr des Befalls mit pilzlichen Erregern in dünneren Beständen abgemildert (BÖRNER 1990), und die Evapotranspiration eines dünneren Bestandes ist ebenfalls geringer als die eines dichten Bestandes (KRATZSCH 1993). Ein Einfluß der geringeren Ährendichte auf den Ertrag war wegen der in den dünneren Beständen durchschnittlich höheren Kornzahl pro Ähre bei vergleichbarer Tausendkornmasse im Mittel kaum nachweisbar.

Die Qualitätsparameter Proteingehalt, Sedimentationswert, Fallzahl und Hektolitergewicht zeigten keine Beeinflussung durch differenzierte Bodenbearbeitungssysteme. Auch andere Autoren fanden mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung einen vergleichbaren Proteingehalt wie in der Pflugvariante (KÖPKE & BAEUMER 1985). Da-

bei ist anzumerken, daß insbesondere die Qualitätsparameter Sedimentationswert und Fallzahl eher von der Witterung und vor allem von der verwendeten Sorte (BUNDES-SORTENAMT 1996) abhängig sind.

#### *Triticale*

Der Triticale zeigte in den Varianten Locker und Mulch einen leicht höheren Kornertrag als in den Varianten Pflug und Direktsaat. Dies wurde maßgeblich durch die Effekte am Standort Einsiedel verursacht. Dort war der Kornertrag in der Variante Pflug aufgrund des relativ früh aufgetretenen Lagerns des Bestandes sehr niedrig. Bei Direktsaat trat wie schon 1995 im Winterweizen auch 1996 im Triticale Staunässe auf, die zu einem gehemmten Wachstum und somit zu Ertragsabfall führte. Möglicherweise bedarf der dort vorherrschende Parabraunerde-Pseudogley des öfteren einer Bearbeitung, um ein Gefüge zu erzeugen, das eine optimale Gasdiffusion gewährleistet (EHLERS 1991).

Aufgrund hoher Mengen an Ernterückständen im Saatbett oder auf der Bodenoberfläche sank die Pflanzendichte des Triticale in den flach bzw. nicht bearbeiteten Varianten deutlich ab. Da Triticale jedoch wegen seiner engen genetischen Verwandtschaft mit dem Roggen im Vergleich zu anderen Arten ein hohes Bestockungspotential besitzt (GEISLER 1983), wurde der Unterschied in der Pflanzendichte durch eine erhöhte Bestockung kompensiert und war in der Ähreichte nicht mehr wiederzufinden. Wie beim Winterweizen zeigten Tausendkornmasse und Qualität keine Reaktion auf eine unterschiedliche Bodenbearbeitung.

#### *Körnerleguminosen*

Die pflanzenbaulichen Vorteile von Körnerleguminosen innerhalb einer Rotation, wie beispielsweise die gefügebessernde und phytosanitäre Wirkung sowie die symbiotische Stickstofffixierung, wurden wiederholt beschrieben (BAEUMER 1984, CLAUPEIN 1994, KÖPKE 1989). Wegen ihrer geringen Mengen an Ernterückständen eignen sich Körnerleguminosen in pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen hervorragend als Vorfrucht und bereiten kaum Schwierigkeiten bei der Aussaat der Folgefrucht. Zusätzlich kann in Körnerleguminosen als Blattfrucht aufgrund der Selektivität der Herbizide eine effektive Bekämpfung von Gräsern erfolgen, deren Dichte bei pflugloser Bearbeitung stark ansteigen kann (BRÄUTIGAM 1990). Eine Quantifizierung des Vorfruchtwertes der Körnerleguminosen ergibt je nach Standortbedingungen und Witterung einen finanziellen Vorteil von 100–265 DM/ha für die Folgefrucht (PAHL 1996). Zusätzlich ist der Anbau von Körnerleguminosen aufgrund der finanziellen Förderung von Eiweißfrüchten durch die Europäische Union (BML 1993) in den letzten Jahren auch wirtschaftlich lukrativ geworden.

Andererseits gelten Körnerleguminosen, insbesondere Erbsen, als Früchte, die sehr empfindlich auf eine Dichtlagerung des Bodens und feuchtere Bodenverhältnisse reagieren, wie sie in pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen durchaus anzutreffen sind (BAEUMER 1986, STEINBERGER 1985). In der vorliegenden Versuchsserie zeigte sich jedoch, daß die Körnerleguminosen auf eine Verbesserung der Durchlüftung, wie sie im allgemeinen durch intensive Bodenbearbeitung mit dem Pflug erzeugt werden soll (HENNING 1986), nicht mit Mehrertrag reagierten. Sowohl im Mittel der Standorte als auch an den Einzelstandorten ergaben sich keine Ertragsunterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen. Die Pflanzendichte war in den

ohne Pflug bearbeiteten Varianten tendenziell geringer. Dies weist auf einen gestiegenen Einzelpflanzenenertrag hin, da Ertrag und Tausendkornmasse gleich waren. Dadurch wurde die geringere Pflanzendichte ertraglich kompensiert. Im Feld bildeten die Bestände in den Varianten Locker, Mulch und Direktsaat augenscheinlich weniger vegetative Masse und erzielten den Bestandesschluß später, jedoch hatte dies keine Auswirkungen auf den erzielten Ertrag. In Bodenbearbeitungssystemen ohne Pflug bieten Körnerleguminosen daher pflanzenbaulich und auch betriebswirtschaftlich eine hervorragende Möglichkeit, die Nachteile von wintergetreidebetonten Rotationen abzumildern.

Aufgrund der bei Winterweizen, Triticale und Körnerleguminosen festgestellten geringen Ertrags- und Qualitätsunterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen bieten pfluglose Bodenbearbeitungssysteme eine hervorragende Möglichkeit, einen ökonomisch und ökologisch vorteilhaften Ackerbau zu betreiben. Daß auch Zuckerrüben in ein solches pflugloses System integriert werden können, ist von verschiedenen Autoren gezeigt worden (BAEUMER & PAPE 1972, BECKER & MÄRLÄNDER 1998, TEBRÜGGE 1994). Besonders bei Direktsaat bestehen jedoch unter mitteleuropäischen Verhältnissen noch Schwierigkeiten bei der Adaption der Technik an die hohen Mengen an Ernterückständen unter feuchten Bodenverhältnissen. Das Management dieser Ernterückstände spielt daher in den pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen eine große Rolle. Dies beginnt bei der Ausrüstung der Erntemaschinen mit effektiven Strohzerkleinerungs- und -verteilaggregaten (WIENECKE 1991, LISTNER & AXMANN 1993, DOUGLAS et al. 1989), setzt sich fort in einer flachen Einarbeitung der Rückstände (EHLERS & CLAUPEIN 1994) und endet in der Entwicklung von wirkungsvollen und funktionsicheren Drillscharen (CHAUDHRY & BAKER 1988). Einige Hersteller von Direktsaatmaschinen bieten daher mittlerweile auch Strohräumer als Zusatzausrüstungen an, die aber noch nicht optimal an die mitteleuropäischen Einsatzbedingungen mit hohen Strohmenge bei oft gleichzeitig hoher Bodenfeuchte angepaßt sind (LINKE 1996). Somit wird von technischen Weiterentwicklungen auf dem Gebiet des Managements von Ernterückständen eine weitere Ertragsstabilisierung in pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen, insbesondere bei Direktsaat, erwartet.

#### **Danksagung**

Besonderer Dank gilt dem Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ochsenfurt, für die finanzielle Förderung dieses Versuchsvorhabens sowie dem Geschäftsbereich Landwirtschaft der Südzucker AG, insbesondere Herrn Dir. H. Miller, für die stetige Unterstützung bei der Durchführung der Versuche.

#### **Literatur**

- BAEUMER, K., 1984: Körnerleguminosen – Lückenbüßer oder Glied einer leistungsfähigen Fruchtfolge? Raps **2**, 28–31.  
 BAEUMER, K., 1986: Zum Einfluß der Witterung auf die Ertragsbildung von Körnerleguminosen. II. Wasser. Raps **4**, 66–69.  
 BAEUMER, K. & G. PAPE 1972: Ergebnisse und Aussichten des Anbaus von Zuckerrüben im Ackerbausystem ohne Bodenbearbeitung. Zucker **25**, 711–718.  
 BAEUMER, K., W. EHLERS & G. PAPE, 1971: Erste Erfahrungen im Ackerbau ohne Bodenbearbeitung in Göttingen. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 26/I, 264–272.  
 BECKER, C., 1996: Zuckerrüben in dauerhaft pfluglosen Anbausystemen. Zuckerrübe **45**, 198–199.



- BECKER, C. 1997: Dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitungssysteme und Betriebsgröße – eine pflanzenbaulich-ökonomische Analyse. Diss., Göttingen.
- BECKER, C. & B. MÄRLÄNDER, 1998: Ertrag und Qualität von Zuckerrüben in dauerhaft pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. Pflanzenbauwiss. (im Druck).
- BIOPLAN, 1997: Bodenkartierung von Versuchsflächen der Südzucker AG. Bioplan Landeskulturgesellschaft, Sinsheim-Steinsfurt.
- BML, 1993: Die europäische Agrarreform. Wichtige Hinweise für die Anwendung im pflanzlichen Bereich. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn.
- BÖHRNSEN, A., 1992: Direktsaat von Getreide und Raps nach unterschiedlicher Strohbearbeitung. In: FRIEBE, B. (Hrsg.): Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen, 69–79.
- BÖRNER, H., 1990: Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BRAATZ, M. & H. JOCHIMSEN, 1997: Marktfruchtbau in Norddeutschland: für den Weltmarkt gerüstet? Schrift des Rationalisierungskuratoriums für Landwirtschaft (RKL), Heft 4.0, Rendsburg, 2041–2070.
- BRÄUTIGAM, V., 1990: Einfluß langjährig reduzierter Bearbeitung auf die Unkrautentwicklung und -bekämpfung. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz Sonderh. 12, 219–227.
- BRUNOTTE, J., 1995: Überlegungen zum Einsatz von Technik: Bodenbearbeitungs-, Pflege- und Erntetechnik, Radlasten und Schlaglängen. In: KTBL-Schrift 362: Bodenverdichtung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, 35–42.
- BUNDESSORTENAMT, 1996: Beschreibende Sortenliste 1996 – Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Landbuch-Verlag, Hannover.
- CANNELL, R. Q. & J. D. HAWES, 1994: Trend in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil Tillage Res.* **30**, 245–282.
- CARTER, M. R., 1994: A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions. *Soil Tillage Res.* **31**, 289–301.
- CHAUDHRY, M. A. & C. J. BAKER, 1988: Barley seedling establishment by direct drilling in a wet soil. I. Effect of openers under simulated rainfall and high water-table conditions. *Soil Tillage Res.* **11**, 43–61.
- CHRISTIAN, D. G. & D. P. MILLER, 1986: Straw incorporation by different tillage systems and the effect on growth and yield of winter oats. *Soil Tillage Res.* **8**, 239–252.
- CLAUPEIN, W., 1994: Symbiotische Stickstoffbindung bei Körnerleguminosen – Fluch oder Segen? *Raps* **12**, 61–64.
- CLAUPEIN, W. & K. BAEUMER, 1990: Einfluß der Bodenbearbeitung auf den Stickstoffumsatz in Ackerböden. In: Tagungsbericht Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Berlin, 145–159.
- DOUGLAS, J. C. L., P. E. RASMUSSEN & R. R. ALLMARAS, 1989: Cutting height, yield level, and equipment modification effects on residue distribution by combines. *Amer. Soc. Agric. Eng.* **32**, 1258–1262.
- DWD, 1993–1996: Monatlicher Witterungsbericht. Jahrgänge 41.–44. Deutscher Wetterdienst, Zentralamt, Offenbach.
- EHLERS, W., 1991: Wirkung von Bearbeitungssystemen auf gefügeabhängige Eigenschaften verschiedener Böden. *Ber. Landwirtsch. Sonderh.* **204**, 118–137.
- EHLERS, W. & W. CLAUPEIN, 1994: Approaches towards conservation tillage in Germany. In: CARTER, M. R. (Hrsg.), *Conservation tillage in temperate agroeco-systems*. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 141–145.
- EHLERS, W., U. KÖPKE, F. HESSE & W. BÖHM, 1983: Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Tillage Res.* **3**, 261–275.
- ESTLER, M., 1987: Verfahrenstechnische Lösungen zur Verminderung der Bodenerosion. *Landtechnik* **42**, 167–170.
- FREDE, H.-G., R. BEISECKER & S. GÄTH, 1994: Long-term impacts of tillage on the soil-ecosystem. *Z. Pflanzenern. Bodenk.* **157**, 197–203.
- GEISLER, G., 1983: Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Verlag Paul Parey, Berlin u. Hamburg.
- HENNING, K., 1986: So werden Erbsen angebaut. *Raps* **4**, 22–25.
- KAHNT, G., 1969: Ergebnisse zweijähriger Direktsaatversuche auf drei Bodentypen. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* **129**, 277–295.
- KÖLLER, K., 1994: Gezogene und zapfwellengetriebene Bodenbearbeitung – ein Vergleich. In: KTBL-Arbeitspapier 215: Bodenbearbeitung und Bestellung von Großflächen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, 38–46.
- KÖPKE, U., 1989: Körnerleguminosen: N<sub>2</sub>-Fixierung, Vorfruchtwirkung und Fruchtfolgegestaltung. *Raps* **7**, 90–92.
- KÖPKE, U. & K. BAEUMER, 1985: Stickstoffdüngung zu Winterweizen bei reduzierter Bodenbearbeitung. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* **154**, 145–156.
- KRATZSCH, G., 1993: Anpassungsstrategien bei Sortenwahl, Saattiefe, Düngung und Pflanzenschutz im Getreidebau. In: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (Hrsg.): *Pflanzenbau im Trokengebiet*. DLG-Arbeitsunterlagen Nr. R/93, Frankfurt/M.
- LINKE, C., 1996: Direktsaattechnik – Lösungsansätze für die Strohprobleme. *Direktsaat* **2** (6), 5–8.
- LISTNER, G. & M. AXMANN, 1993: Getreideernte mit reduziertem Strohannteil. *Landtechnik* **48**, 115–118.
- MAIDL, F. X., R. MÜLLER, J. DENNERT, W. HUTTERER & G. FISCHBECK, 1988: Wirkung differenzierter Bodenbearbeitung auf die Ertragsbildung von Getreide – dargestellt an einem langjährigen Dauerversuch. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **1**, 167–182.
- METZNER, C., 1982: Einfluß von Ernterückständen im Saatbett auf die Sätechnik bei Getreide. Diss., Bonn.
- OLIPHANT, J. M., 1982: The effect of straw and stubble on the yield of winter wheat after cultivations or direct drilling. *Exper. Husbandry* **38**, 60–68.
- PAHL, H., 1996: Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbskraft des Körnerleguminosenanbaus. In: BRINKMANN, J. & H. J. ABEL (Hrsg.): *Potentiale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland*. Bonn, 23–31.
- SAS INSTITUTE INC., 1988: *SAS/STAT User's Guide*, Release 6.03 Edition. Cary, NC.
- STEINBERGER, H., 1985: Körnerleguminosen – Erzeugung, Verwertung, Wirtschaftlichkeit. KTBL-Schrift 297. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt.
- STRUZINA, A., 1990: Der Einfluß von Mulch auf bodenphysikalische Wachstumsfaktoren. Diss., Bonn.
- TEBRÜGGE, F., 1994: Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen unter den Aspekten von Bodenschutz und Ökonomie. In: TEBRÜGGE, F. & M. DREIER (Hrsg.): *Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristigen Auswirkungen auf den Boden*. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Gießen, 5–16.
- TEIWES, K., 1997: Bodenkundliche Bestandsaufnahme auf Feldversuchsflächen der Südzucker AG zur Bodenbearbeitung. Göttingen.
- WIENECKE, F., 1991: Strohzerkleinerung – Einrichtungen am Mähdescher mit fasernd, spleißender Wirkung. *Landtechnik* **46**, 262–264.

Eingegangen am 8. August 1997;  
angenommen am 10. Oktober 1997

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. agr. Clemens Becker, Dr. Heinz-Josef Koch, Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstraße 77, D-37079 Göttingen