

Anbausysteme wirken auf das Bodengefüge und den Ertrag

Fritz JÄGGLI, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz (FAP), CH-8046 Zürich

Sowohl der Schutz des Bodengefüges wie auch eine möglichst umweltschonende Saatpflege sind von aktuellem Interesse in der landwirtschaftlichen Produktion. Ziel des vorliegenden Versuches war es, für einen tonigen, wasserstauenden Boden geeignete Anbausysteme ausfindig zu machen. Das Beste für das Bodengefüge ist tieflockernde und flachwendende Bodenbearbeitung mit rein mechanischer Unkrautbekämpfung.

Mit der zunehmend stärker nach ökologischen Massstäben ausgerichteten Landwirtschaft werden vermehrt mechanische Saatpflegemassnahmen empfohlen und auch angewendet. In Verbindung dazu wird auch weiterhin nach Möglichkeiten zur Verbesserung der Gefügestabilität gesucht, dies insbesondere für Böden, deren Gefüge durch Druckbelastung besonders gefährdet ist. Um in diese beiden Fragenkomplexe eine bessere Einsicht zu erhalten, wurde in Oensingen/SO auf einem schweren Pseudogleyboden ein entsprechender Bodenbearbeitungsversuch durchgeführt (Jahresniederschläge: ca. 1300 mm/Jahr). Zur Anwendung gelangten die folgenden drei Verfahren:

1 = Konventionelle Bodenbearbeitung (Pflug) mit vorwiegend chemischer Unkrautbekämpfung.

2 = Wendende Bodenbearbeitung mit der Spatenmaschine und chemisch/mechanisch kombinierter Unkrautbekämpfung.

3 = Tieflockernde (Grubber) und flachwendende Bodenbearbeitung (Pflug) mit rein mechanischer Unkrautbekämpfung.

Damit eine Winterbegrünung möglich war, erfolgte die wendende Bodenbearbeitung in den Verfahren 2 und 3 im Frühjahr. So wurde die Pflugarbeit im Verfahren 3 gleichzeitig zu einer ersten Pflegemassnahme im Bereich Unkrautbekämpfung. Im Verfahren 1 wurde eine Herbstfurche gezogen.

Die Bodenart der Versuchsfläche ist ein schwach humoser, toniger Lehm. (Tab. 1).

Tab. 1. Feinerde-Körnung und Humusgehalt der Versuchsfläche

	Probenahmetiefe	
	5 bis 15 cm	25 bis 35 cm
Humusgehalt	3,2 %	—
Tongehalt	34,7 %	39,8 %
Schluffgehalt	36,9 %	36,8 %
Sandgehalt	25,2 %	23,4 %

Die Ertragserhebungen erfolgten in einer Fruchtfolge mit folgenden Kulturen:

- Mais
- Sommer-Weizen
- Futterrüben
- Hafer
- Kunstwiese

Die bodenphysikalischen Untersuchungen zur Charakterisierung des Bodengefüges wurden nach Abschluss des vierten Nutzungsjahres (Hafer) durchgeführt.

Um den Einfluss der verschiedenen Bearbeitungsverfahren auf die Bodenstruktur feststellen zu können, wurde im Oberboden (5 - 15 cm Tiefe) die Krümelstabilität und im anschliessenden Unterboden (25 - 35 cm Tiefe) die Porenverteilung bestimmt.

Tab. 2. Krümelstabilität (Stampfvolumeter; 5 bis 15 cm Tiefe)

	Bearbeitungsverfahren		
	1) Konventionell mit Pflug	2) Spatenmaschine	3) Kombiniert Pflug-Grubber
	Krümelstabilitäts-Index		
Fraktion 1 - 2 mm Ø	82,2 %	82,5 %	81,5 %
Fraktion 2 - 5 mm Ø	79,2 %	78,3 %	76,5 %
Fraktion 5 - 10 mm Ø	71,0 %	71,3 %	72,2 %

Tab. 3. Porenverteilung im Unterboden (25 bis 35 cm Tiefe)

	Bearbeitungsverfahren		
	1) Konventionell mit Pflug	2) Spatenmaschine	3) Kombiniert Pflug-Grubber
Gesamtporenvolumen	44,0 Vol. %	44,8 Vol. %	45,5 Vol. %
Grobporen (pF < 2)	1,8 Vol. %	2,2 Vol. %	1,9 Vol. %
Grobe Mittelporen (pF 2-3)	1,9 Vol. %	2,0 Vol. %	2,0 Vol. %
Mittlere Mittelporen (pF 3-3,7)	2,2 Vol. %	2,2 Vol. %	2,4 Vol. %
Feinporen (pF > 3,7)	38,1 Vol. %	38,4 Vol. %	39,2 Vol. %

pF = Einheit für die Saugspannung, die ein Mass für die Halbfestigkeit des Bodenwassers ist.

Flach wenden - tief lockern!

Die Druckstabilität der Bodenkrümel in sehr feuchtem Zustand wurde mit dem Stampfvolumeter nach 1500 Sackungsschlägen bei einer Sackungshöhe von 2 cm pro Schlag und einer Auflast von 4,5 g/cm² bestimmt. Das Stabilitätsmass ist die Veränderung des Bodenvolumens nach einem Schlag gegenüber demjenigen nach 1500 Schlägen. Das Resultat wird in Prozent ausgedrückt. Je höher also der Prozentwert, umso grösser ist die Krümelstabilität. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Sie zeigen, dass die Stabilität mit zunehmender Krümelgrösse generell abnimmt. Es ist daraus auch ersichtlich, dass die Stabilitätsunterschiede zwischen der feinsten und der grössten Fraktion bei Verfahren 3, Pflug-Grubber,



am geringsten ist, und dass die Stabilität der größten Fraktion gegenüber denjenigen der beiden anderen Bearbeitungsverfahren höher ist (Abb. 1). Daraus kann wohl geschlossen werden, dass das flachwendende Bodenbearbeitungsverfahren im besonderen die Stabilität der grösseren Krümel verbessert.

Spatenmaschine wirkt auch in den Unterboden

Die dichte Bodenlagerung ist anhand des Gesamtporenvolumens (Tab. 3) deutlich erkennbar. Bezüglich der für die Sickerung massgebenden Grobporen scheint der Einsatz der Spatenmaschine eine positive Wirkung zu haben: Im Verfahren «Pflug/Grubber, kombiniert» hat es mehr Mittelporen, die vornehmlich das für die Pflanzen verfügbare Wasser speichern. Wenngleich die Differenz gering ist, gilt es trotzdem zu bedenken, dass 1 Vol. % einer 10 cm mächtigen Bodenschicht pro Hektare einer zusätzlichen Wasserreserve von 10'000 Liter entspricht.

Ertragserhebungen

Die Auswirkungen der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren auf den Ertrag sind in Tabelle 4 für die Getreidearten und in Tabelle 5 für die Hackfrüchte zusammengestellt. Im Getreidebau sind die Unterschiede zwischen den Verfahren gering. Der höchste Gesamtertrag beim konventionellen Anbauverfahren mit Herbstfurche und der kleinste beim stark bodenlockernden Verfahren mit der Spatenmaschine bestätigen die positive Wirkung eines guten Bodenschlusses auf den Getreideertrag. Der Relativertrag von 98,6 % und auch die Feldbeobachtungen bezüglich Unkrautbesatz im Verfahren mit rein mechanischer Unkrautbekämpfung und kombinierter Bodenbearbeitung weisen darauf hin, dass der Anbau von Sommergetreide auf diese Weise ohne grosses Risiko erfolgen kann. Dabei sei nochmals auf die Bedeutung der flachwendenden Frühjahrsfurche als erste Unkrautbekämpfungsmassnahme hingewiesen. Grund dafür dürfte weitestgehend das Problem der Unkrautbekämpfung innerhalb der Pflanzreihen sein, insbesondere beim Maisanbau. Auch die konventionelle Anbauweise mit Herbstfurche und ganzflächiger chemischer Unkrautbekämpfung blieb beim dreijährigen Ge-



Abb. 1. Der Einsatz der Spatenmaschine ergibt eine deutlich krümelige Struktur des Oberbodens. Sie ermöglicht es, auch auf tonigen Böden die Grundbodenbearbeitung im Frühjahr nach der Winterbegrünung durchzuführen.

Tab. 4. Erträge der Getreidearten bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung

Jahr Kultur	Körnerertrag kg/Are (15% H ₂ O)		
	Verfahren 1 Pflug, chemische Unkrautbe- kämpfung	Verfahren 2 Spatenmaschine, mechanische Unkrautbe- kämpfung	Verfahren 3 Pflug-Grubber, mechanische Unkrautbe- kämpfung
1990 So-Weizen	49,4	47,6	49,1
1991 So-Weizen	60,6	59,8	59,4
1992 So-Hafer	57,8	50,7	55,9
Erträge total	167,8	158,1	164,4
Relativ	100 %	94,8 %	98,6 %

Bedeutend grössere Unterschiede gab es beim Anbau von Hackfrüchten (Tab. 5). Die höchsten Erträge sowohl pro Jahr, wie auch über die ganze Untersuchungsperiode erhielten wir im Verfahren 2. Grosse Ertragseinbussen wurden beim Verfahren 3 festgestellt.

Tab. 5. Erträge der Hackfrüchte bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Jahr Kultur	Körnerertrag kg/Are (15% H ₂ O)		
	Verfahren 1 Pflug, chemische Unkrautbe- kämpfung	Verfahren 2 Spatenmaschine, kombinierte Unkrautbe- kämpfung	Verfahren 3 Pflug-Grubber, mechanische Unkrautbe- kämpfung
1990 Silo-Mais:			
Trockensubstanz	119,7	137,2	99,1
Frischgewicht	341,6	400,0	304,4
1991 Futterrüben:			
Trockensubstanz	171,2	183,2	153,2
Frischgewicht	963,3	975,3	852,0
1992 Futterrüben:			
Trockensubstanz	142,0	142,7	140,2
Frischgewicht	755,3	745,0	755,0
Trockensubstanzerträge	432,9	463,1	392,5
Relativ	93,5 %	100 %	84,8 %

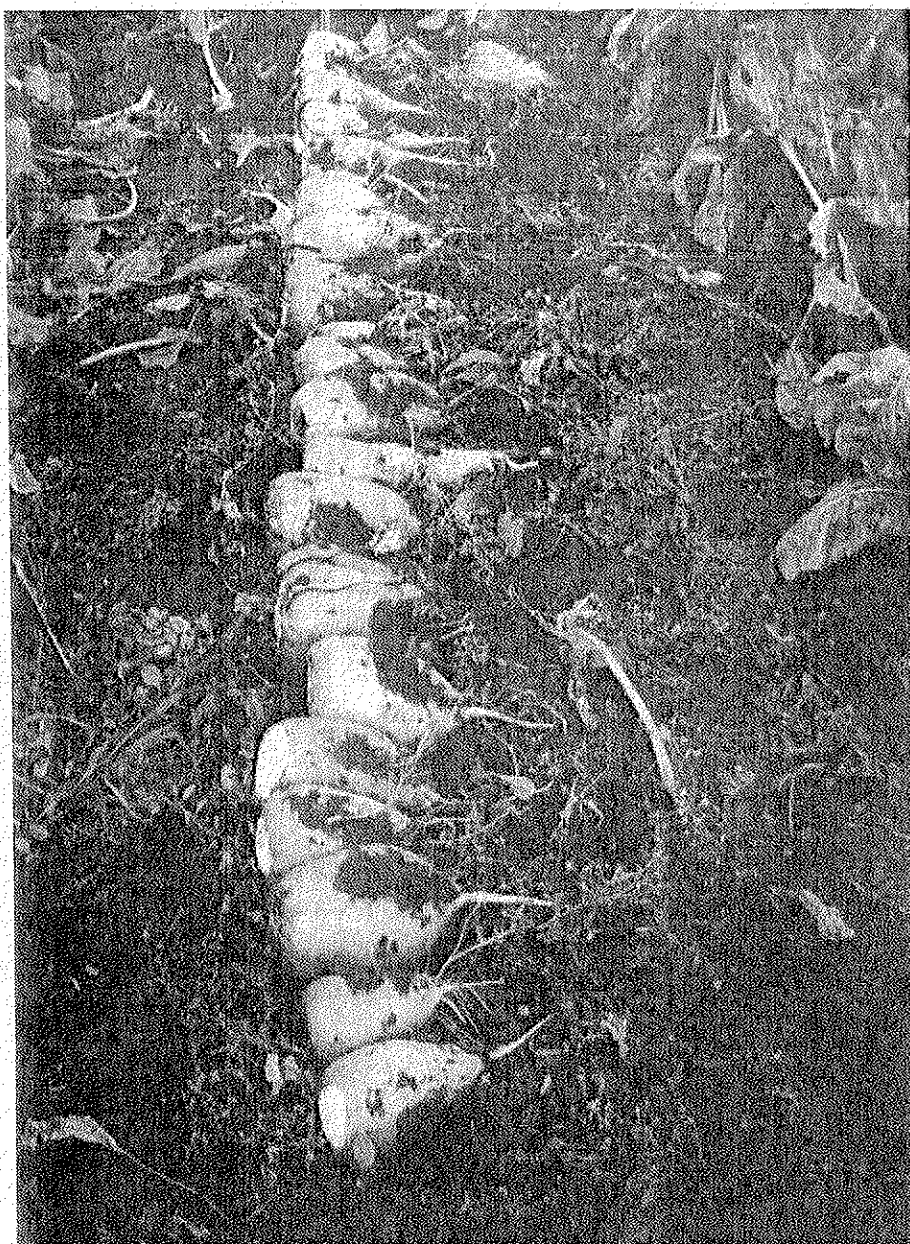


Abb. 2. Futterrübenanbau des Verfahrens mit Bodenlockerung (Grubber) im Frühherbst und anschließender flacher Frühjahrsfurche. Unter besonders günstigen Bedingungen ist auch mit rein mechanischer Unkrautbekämpfung ein gutes Ergebnis zu erreichen.

Ertrag mit 93,5 % deutlich hinter dem Verfahren 2 zurück.

Folgerungen für die Praxis

Der Vergleich der drei Anbausysteme bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Bodenstruktur ergibt, dass das kombinierte Verfahren mit tieflockender Grubberarbeit und flachwendendem Pflugeinsatz hinsichtlich der Krümelstabilität im Oberboden die beste Wirkung erreicht, indem vor allem die Druckstabilität der grossen Krümel (5 - 10 mm Ø) verbessert wird.

Der regelmässige Einsatz der Spatenmaschine erhöhte im Unterboden den Anteil an sickerfähigen Poren und verbesserte dadurch die Wasserdurchlässigkeit dieses staunassen Bodens.

Der Anbau von Sommergetreide bei rein mechanischer Unkrautbekämpfung war ohne grosses Ertragsrisiko möglich, wobei die flache Frühjahrsfurche als erste Unkrautbekämpfungsmassnahme sich besonders positiv auswirkte.

Grosse Ertragsunterschiede zeigten sich beim Hackfruchtanbau. Die höchsten Erträge wurden mit dem Verfahren «Spatenmaschine und Bandspritzen/Hacken» erreicht. Deutliche Ertragseinbussen

ergaben sich bei rein mechanischer Unkrautbekämpfung als Folge der starken Unkrautkonkurrenz innerhalb der Pflanzenreihe.

RÉSUMÉ

Les influences de différents systèmes de mise en culture sur la structure du sol et le rendement

Sur un sol assez difficilement labourable (taux d'argile 35 %) des procédés variables de travail du sol et d'entretien des semences ont été effectués.

Les analyses des qualités physiques du sol et des rendements ont abouti aux résultats suivants:

■ Après trois années d'essais, le système «labour superficiel/ameublissement en profondeur» montre une augmentation de la résistance à la pression des grumeaux du sol de diamètre 5-10 mm.

■ L'utilisation de la bêcheuse à action pendulaire augmente le volume des grands pores dans le sous-sol (25-40 cm de profondeur) et améliore la perméabilité du sol.

■ Les meilleurs rendements des cultures sarclées ont été obtenus en utilisant la bêcheuse, combinée à un traitement herbicide en bandes et le sarclage.

■ Aucune perte de rendement de céréales de printemps n'a été constatée avec la lutte uniquement mécanique contre les mauvaises herbes.

SUMMARY

Effects of different cultivation systems on soil structure and crop yields

The effects of different soil tillage systems and crop cultivation methods on soil structure and crop yields were studied on a clay soil (clay content 35 %).

■ Three years of shallow ploughing followed by subsoil loosening augmented the aggregate stability of the soil crumbs of 5-10 mm Ø.

■ The use of a pendular spading machine increased the volume of coarse pores in the subsoil (25-40 cm depth) and as a result ameliorated its permeability.

■ The best yield of root crops was obtained by the following procedure: spading machine for soil tillage, band application of herbicides and mechanical weed control between rows.

■ The yield of spring grains was not reduced by exclusively using mechanical weed control.

KEY WORDS: soil tillage, soil structure, yield, cultivation.