

# Originalarbeiten

---

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur,  
Wien, Vorstand: o. Prof. Dr. P. Ruckebauer, Abteilung Pflanzenbau,  
Leiter: o. Prof. Dr. H. Stützel)

## **Einfluß der Primärbodenbearbeitung auf Textur und organische Substanz von Ackerböden im oberösterreichischen Zentralraum (Teil 1)**

Von P. LIEBHARD

(Mit 2 Abbildungen)

### **Zusammenfassung**

Auf einer tiefgründigen, mittelschweren, kalkfreien Lockersedimentbraunerde in semihumider Klimlage (Alpenvorland) werden in einem Langzeit-Primärbodenbearbeitungsversuch bei konstant vorgegebenem viergliedrigem Fruchtwechsel Kriterien der Bodenfruchtbarkeit untersucht. Die praxisrelevanten Bearbeitungsverfahren mit ausschließlich Pflug, Grubber (Bearbeitungstiefen 17, 24, 30 cm), Fräse (Bearbeitungstiefe 10 cm) und Kombination (wechselnd ein Jahr Pflug — 24 cm Bearbeitungstiefe — Folgejahr Fräse — Bearbeitungstiefe 10 cm) werden gegenübergestellt. Neben der zunehmend stärkeren Differenzierung im Pflanzenwachstum, der Menge an oberirdischer Pflanzenmasse und den Erträgen kann aus den angeführten Ergebnissen folgendes festgestellt werden:

Im Hauptdurchwurzelungsbereich ist in der Textur des Feinbodens (von 0,002 bis 2 mm) weder in der Größenfraktion noch in der Verteilung eine Veränderung feststellbar. Die sehr stabilen Beziehungen der Korngrößenverteilung werden in der Literatur bestätigt.

Die Höhe des Humusgehaltes wird durch das Bearbeitungsverfahren gesichert beeinflusst. Bei der standortüblichen Bearbeitung mit jährlichem Pflügen konnte bei Einarbeitung der gesamten Ernterückstände der bestehende Humusgehalt von ca. 1,95 % gerade noch gehalten werden. Je tiefer die Pflugbearbeitung erfolgt, umso niedriger ist der Humusgehalt sowohl im Ober- als auch im Unterboden. Nichtwendende Verfahren führten zur signifikanten Erhöhung des Humusgehaltes (Grubbervarianten auf 2,3 bis 2,6 %; auf den Fräseparzellen stieg der Gehalt sogar auf 2,9 % an).

Schlüsselworte: Primärbodenbearbeitung, Textur, organische Substanz.

### **Influence of primary tillage on texture and organic matter (part 1)**

#### Summary

Criteria of soil fertility of a deep medium-heavy loose-sedimentary brown calcium-free soil in semihumid climate („Alpenvorland“) were investigated. Data

were collected from a long-term primary tillage experiment — which was carried out with a constant crop rotation — for plant growth, above-ground biomass and yield. The following results are presented in this contribution:

The results confirmed the data given in the literature about the stability of the major mineral soil fractions from 0.002 to 2.0 mm; also their distribution in the root development region despite the tillage systems applied.

On the other hand both cultivation methods and cultivation depth influenced humification. The existing humus content of about 1.95 % could be maintained by ploughing in the total crop residues every year (normal local tillage). Non-turning methods resulted in a significant increase of the content of organic matter (up to 2.3 to 2.6 % on plots treated with the field cultivator and up to 2.9 % after cultivation with the rotary tiller). The humus content decreased with increasing ploughing depth.

Key-words: Primary tillage, texture, organic matter.

### 1. Einleitung und Problemstellung

Aufgrund des Strukturwandels und der geänderten Produktionstechnik im Ackerbau hat der Boden in seiner Filter-, Puffer-, Transformations- und Produktionsfunktion sowohl im gesamten Naturraum als auch in der Landwirtschaft eine wesentlich stärkere Beanspruchung erfahren. Als dynamischer Körper verändert sich der Boden nicht nur in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein, von der geomorphologischen Lage und den Klimafaktoren, sondern auch infolge der Bearbeitung. In den vergangenen Jahrzehnten kam es durch den Einsatz leistungsfähiger, aber meist schwerer Maschinen verstärkt zu Bodenverdichtungen mit all ihren negativen Auswirkungen auf chemische, physikalische und biologische Bodeneigenschaften, auf die Bodenerosion und auf die Bodenfruchtbarkeit.

Die Böden stehen als offene Systeme mit der Pflanze, mit benachbarten Bodeneinheiten und der Umwelt in intensiver Wechselwirkung (BLUM und WENZEL 1989). Die Einwirkungen durch den Landwirt und die Umwelt kommen je nach Puffervermögen des Bodens unterschiedlich früh zum Tragen. Die wichtigsten Einflußgrößen, welche die Belastbarkeit des Bodens determinieren, sind nach BLUM et al. (1989) sowie SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1992) der Tongehalt, die Austauschkapazität, der Humusgehalt und die biologische Aktivität.

Eine unterschiedliche Primärbodenbearbeitung führt zu spezifischen Bedingungen im Boden, die in Verbindung mit verschieden tief eingebrachten oder an der Oberfläche verbliebenen Pflanzenrückständen die Umsetzungsvorgänge und die Nährstoffbewegung und -speicherung in der Krume beeinflusst (BAEUMER 1984).

Die Qualität und die Mengenanteile der Mineralien in den verschiedenen Größenfraktionen des Feinerdeanteils im durchwurzelten Bodenhorizont sind für die Bodenfruchtbarkeit von großer Bedeutung (REUTER und LEINWEBER 1989). Weiters ist auch der Grad der Auswirkung einer Bodenverdichtung auf das Pflanzenwachstum und die Ertragsminderung vom Tongehalt, den makro- und mikro-klimatischen Bedingungen und der Bodenbearbeitung abhängig (HÄKANSSON 1990). Die Sand- und Schlufffraktion besteht überwiegend aus den bei der Verwitterung relativ angereicherten, stabileren, magmatischen Mineralien, wie Quarz, Kalifeldspate, Glimmer und zahlreichen Schwermineralien. Die Tonfraktion enthält überwiegend Verwitterungsprodukte, vor allem Tonminerale und Oxide (SCHWERTMANN 1992).

Der Humusgehalt eines Ackerbodens, wie er sich unter langjähriger Nutzung und vorgegebenen, standortspezifischen Bedingungen allmählich einstellt, ist

etwas sehr Stabiles (DIEZ und BACHTALER 1978, OBERLÄNDER 1992). Er kann kurzfristig durch hohe Gaben organischer Substanz und durch unterschiedliche Bewirtschaftungsarten, im besonderen durch eine verschiedene Bodenbearbeitung (HAIDER und GRÖBLINGHOFF 1991) im Gehalt verändert werden. Bei Aussetzen der intensiven organischen Düngung oder längerer Dauer der speziellen Bewirtschaftungsart fällt er wieder auf ein geringfügig verändertes Ausgangsniveau zurück (OBERLÄNDER 1992).

Auch die Bewirtschaftungsintensität wirkt sich grundlegend auf den Humusgehalt aus. Bei langjährig gleicher Nutzungsart stellt sich je nach Höhe der Bewirtschaftungsintensität das Gleichgewicht auf einem bestimmten Niveau ein, wie es Ergebnisse von Langzeitversuchen zeigen (TAMM und KRZYSCH 1964, 1964/65, STEINECK und RUCKENBAUER 1976, KÖPPEN und EICH 1991).

Nach BLUME (1992) bildet die Gesamtheit der organischen Substanz des Bodens den Humus. Neben der kurz- oder langfristigen Veränderung der Quantität ist auch die Qualität der organischen Bodensubstanz von großer Bedeutung. Sie dient als Substrat und wird teilweise mineralisiert, in lebende Biomasse, in CO<sub>2</sub> und zum Teil allmählich in Huminstoffe umgewandelt. Der rasch umsetzbare „aktive Humusanteil“ hat eine kurze Verweildauer von nur ein bis zwei Jahren. Dieser mengenmäßig kleine Anteil besteht überwiegend aus mikrobieller Biomasse und mikrobiellen Produkten. Ein weiterer Teil der pflanzlichen Rückstände fließt nach mikrobieller Umwandlung in einen langsamer umsetzbaren Humusanteil ein, der chemisch, aber auch physikalisch stabilisiert ist und eine Verweilzeit von etwa 25 Jahren hat. Der Hauptanteil des Humus besteht aus einem „passiven Anteil“, der chemisch — also durch seine Struktur — und zusätzlich durch seine Bindung und Sorption an Metalloxyde und Tonminerale in der organischen Matrix stabilisiert ist. Er hat eine Verweilzeit von 200 bis 1500 Jahren oder mehr und steht in einem geringen Austausch mit den „aktiven“ und den langsamer umsetzbaren Humusbestandteilen. Wegen seines raschen Umsatzes ist der aktive Anteil für den Kohlenstoff- und Nährstoff-Fluß und das Bodenleben wichtig und muß immer wieder aus Pflanzenrückständen oder organischen Düngern aufgefüllt werden (HAIDER und GRÖBLINGHOFF 1991).

Aus dem komplexen Bereich der Bodenfruchtbarkeit erfolgt in dieser Arbeit nach einer zehnjährigen unterschiedlichen Primärbodenbearbeitung eine Beurteilung der Bodenkennwerte von Sand-, Schluff- und Tongehalt sowie der organischen Substanz.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Großraum und Klima

Das Versuchsfeld „Ansfelden“ liegt 271 m über NN im zentralen Ackerbaugebiet des östlichen Alpenvorlandes nahe der Linzer Stadtgrenze. Der Standort befindet sich mit einer Jahresmitteltemperatur von 9,1 °C im wärmsten Teil von Oberösterreich, die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge beträgt 848 mm. Die Vegetationsperiode ist mit 229 Tagen für den angeführten Großraum lang.

### 2.2 Boden

Die sichtbare Oberflächenform des Standortes hat ihre Prägung im Tertiär und Quartär erhalten. Das grobe Schwemmaterial aus der Würmeiszeit wurde im gesamten Niederterrassebereich entlang der Donau und der Traun von älterem, feinem Schwemmaterial fluvialer Herkunft überlagert (ÖSTERR. BODENKARTIERUNG 1976). Sowohl im Profilaufbau als auch im Muttergestein ist die Versuchsfläche sehr homogen (STADLER 1990). Der Bodentyp ist eine pseudovergleyte, kalkfreie Lockersedimentbraunerde aus feinem Schwemmaterial.

Der A<sub>p</sub>-Horizont (0 bis 30 cm) ist durch sichtbaren Humus dunkler gefärbt, durch Pflugarbeit beeinflusst, mittelhumos, kalkfrei und besteht aus schluffigem Lehm oder Lehm.



Auch der AB-Horizont (30 bis 60 cm) besteht aus Lehm, ist schwach humos und kalkfrei. Im B<sub>g1</sub>-Horizont (60 bis 90 cm) ist der Humus visuell nicht mehr erkennbar, er besteht aus Lehm und ist kalkfrei. Der B<sub>g2</sub>-Horizont (90 bis 120 cm) weist eine leichte Vergleyung auf, besteht aus schluffigem Lehm und ist ebenso kalkfrei. Der Boden wird als mittelschwerer bis schwerer Lehm eingestuft. Der pH-Wert steigt ab der Oberkrume bis 1 m Bodentiefe von 6,4 auf 6,7 geringfügig an. Die Wasserverhältnisse sind günstig. Der Boden weist eine hohe Speicherkraft mit mäßiger Durchlässigkeit auf.

### 2.3 Versuchsanlage

Der Versuch wurde im Herbst 1980 auf einer Fläche von ca. 3,2 ha mit acht Bearbeitungsvarianten als Blockanlage mit zwei Wiederholungen angelegt. Mit drei verschiedenen Geräten und bei unterschiedlichen Bearbeitungstiefen wurden standortspezifische, praxisrelevante Primärboden-Bearbeitungsverfahren durchgeführt (Tab. 1). Dem Pflug und Grubber als gezogene Geräte wurde die zapfwellengetriebene Fräse gegenübergestellt. Neben diesen Varianten kam noch eine Kombination — vor Getreide Fräse und vor Hackfrüchten Pflug — zum Einsatz. Außer der unterschiedlichen Grundbodenbearbeitung wurden alle Kultur- und Pflegemaßnahmen, Düngung und Pflanzenschutz sowie die Ernte in gleicher Art und Weise durchgeführt. Auch die Fruchtfolge konnte bisher mit Zuckerrübe — Winterweizen — Körnermais — Winterweizen beibehalten werden. Die Ernterückstände wurden jeweils vollständig eingearbeitet.

Tabelle 1

*Bearbeitungsvarianten — Feldversuch Ansfelden*  
*Methods of cultivation, field experiment Ansfelden*

Variante	eingesetztes Gerät	Bearbeitungstiefe in cm
Pflug 17 cm	Pflug	17
Pflug 24 cm (standortüblich)	Pflug	24
Pflug 30 cm	Pflug	30
Grubber 17 cm	Grubber	17
Grubber 24 cm	Grubber	24
Grubber 30 cm	Grubber	30
Fräse 10 cm	Fräse	8—10
Fräse + Pflug 10 + 24 cm	Fräse + Pflug	10 + 24

Die mathematisch-statistische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SAS (Statistik-Analyse-System). Für die Kennwerte des Profils sowie für die Parameter Sand, Schluff und Ton wurde in der varianzanalytischen Verrechnung der acht Bearbeitungsvarianten das Modell einer einfaktoriellen Blockanlage gewählt.

Im Humusgehalt konnte bei der Verrechnung als Split-Plot-Anlage die zeitliche Veränderung berücksichtigt werden. Zusätzlich erlaubten die Bearbeitungsverfahren ausschließlich Pflug oder Grubber eine Verrechnung als Split-Plot mit den Bearbeitungstiefen (17, 24 und 30 cm) als Kleinteilstücke.

### 2.4 Chemische Bodenanalysen

Die Bodenproben zur Ermittlung der Korngrößenverteilung wurden im Sommer 1990, des Humusgehaltes im Herbst 1980 und 1990 entnommen. Die angeführten Ergebnisse sind Mittelwerte aus Analyseergebnissen (Doppelbestimmung) von vier Mischproben. Zusätzlich erfolgte eine Feinkartierung im November 1989 (STADLER 1990).

Korngrößenverteilung: Im Gelände wurde die Bodenart mit der Fingerprobe nach BLUM et al. (1986) festgestellt. Die Ermittlung der Korngrößenverteilung nach prozentuellen Anteilen erfolgte nach Dispergierung mittels Natriumpyrophosphatlösung in einer Suspension. Dabei wurde ein nach BLUM et al. (1989) kombiniertes Sieb- und Sedimentationsverfahren angewandt.

Humusbestimmung: durch Na $\beta$ oxidation mit Kaliumdichromat-Schwefelsäure (ÖNORM L 1081—88).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Textur

Der Feinboden wurde nach den Kartierungsrichtlinien (DIN 4220 im Dreieckskoordinatensystem) in die drei Fraktionen Sand, Schluff und Ton unterteilt. Über das gesamte Profil ist der Sandanteil beinahe konstant (Tab. 2). Ähnlich ausgeglichen mit ca. 54 % in der Horizontabfolge ist der Schluffgehalt, der nur beim Übergang in den pseudogley-beeinflußten Horizont (60 bis 90 cm Bodentiefe) abnimmt, parallel dazu steigt der Tonanteil.

Tabelle 2

*Korngrößenverteilung in % im Profil von 0 bis 120 cm Bodentiefe, standortübliche Variante, 1990*  
*Distribution of the particle size (in %) in profile at different soil depths from 0 to 120 cm, standard tillage method at location, in 1990*

Horizont	Entnahmetiefe in cm	Sand 2—0,063 mm	Schluff 0,063—0,002 mm	Ton <0,002 mm
A <sub>p</sub>	0— 30	14,50	54,50	30,00
AB	30— 60	14,25	53,00	33,00
B <sub>g1</sub>	60— 90	14,25	50,75	35,00
B <sub>g2</sub>	90—120	14,00	54,00	32,00
GD 5 %		ns	3,36	2,83

Bezüglich der Bodenart weist die Versuchsfläche sowohl im Ober- (Tab. 3) als auch im Unterboden (Tab. 4) hohe Homogenität auf. Die zehnjährige unterschiedliche Primärbodenbearbeitung hat weder im Ober- noch im Unterboden in der Korngrößenzusammensetzung eine statistisch meßbare Veränderung bewirkt (Tab. 3 und 4). Auch zwischen den verschiedenen Bearbeitungsverfahren und Bearbeitungstiefen kam es zu keinen abweichenden Gehaltszahlen. Im Unterboden ist der Einfluß der Primärbodenbearbeitung auf die Korngrößenverteilung noch wesentlich geringer (siehe Tab. 4).

Tabelle 3

*Korngrößenverteilung in % von 0 bis 20 cm Bodentiefe bei unterschiedlicher Primärbodenbearbeitung, 1990*  
*Distribution of the particle size (in %) at a soil depth of 0 to 20 cm using different primary tillage methods, in 1990*

Variante	Sand 2—0,063 mm	Schluff 0,063—0,002 mm	Ton <0,002 mm
Pflug			
17 cm	12,75	55,00	31,75
24 cm	12,75	56,75	29,00
30 cm	14,75	56,00	29,00
Grubber			
17 cm	14,00	56,75	29,00
24 cm	15,00	56,00	28,75
30 cm	15,00	55,50	30,00
Fräse			
10 cm	14,25	56,75	29,00
Fräse + Pflug			
10 + 24 cm	13,00	56,50	30,25
GD 5 %	ns	ns	ns

Tabelle 4

*Korngrößenverteilung in % von 20 bis 40 cm Bodentiefe bei unterschiedlicher Primärbodenbearbeitung, 1990*  
*Distribution of the particle size (in %) at a soil depth of 20 to 40 cm using different primary tillage methods, in 1990*

Variante	Sand 2—0,063 mm	Schluff 0,063—0,002 mm	Ton < 0,002 mm
Pflug			
17 cm	13,00	54,50	32,00
24 cm	12,00	55,75	31,25
30 cm	14,00	55,75	29,75
Grubber			
17 cm	13,75	55,00	30,75
24 cm	14,00	56,00	29,75
30 cm	13,25	56,75	29,75
Fräse			
10 cm	11,75	56,25	32,00
Fräse+Pflug			
10+24 cm	12,00	55,75	31,50
GD 5 %	ns	ns	ns

### 3.2 Organische Substanz

Der Humusgehalt ( $\text{Humus} = C_{\text{org}} \times 1,72$ ) erreicht im Oberboden 2 % und vermindert sich im pseudogley-beeinflußten Horizont ( $B_{g1}$  und  $B_{g2}$ ) aufgrund geringer Durchwurzelung und fehlender Durchmischung durch Regenwürmer auf ca. 0,6 % (Tab. 5).

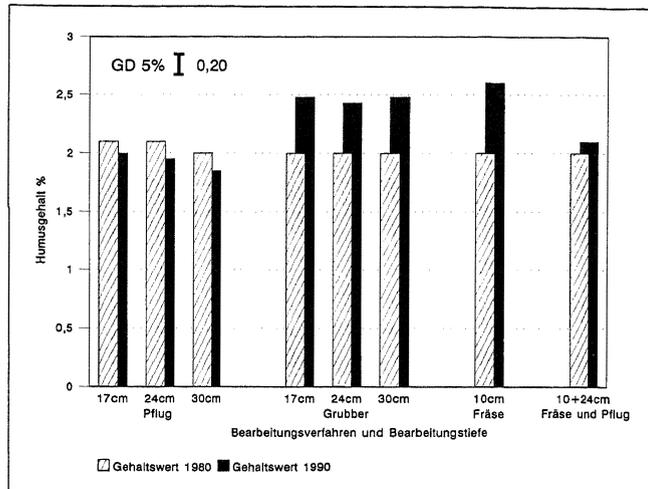
Tabelle 5

*Humusgehalt in % nach ÖNORM L 1081—88 im Profil von 0 bis 100 cm Bodentiefe, standortübliche Variante, 1980 und 1990*  
*Humus content in % (according to ÖNORM L 1081—88) in profile at different soil depths from 0 to 100 cm, standard tillage method at location, in 1980 and 1990*

Entnahmetiefe in cm	1980	1990
0— 15	2,00	2,00
15— 50	1,40	1,45
50— 75	0,65	0,60
75—100	0,60	0,75
GD 5 %	0,09	0,28

Die Zufuhr an organischer Substanz erfolgte ausschließlich über die jeweiligen gesamten Ernterückstände. Nach einer zweieinhalbfach durchlaufenen Fruchtfolgerotation (ZR — WW — KM — WW) reichte diese Menge an Ernterückständen im Oberboden nur bei den Grubber- und Fräsparzellen zu einer deutlichen Humusgehaltserhöhung (Abb. 1 und Tab. 6) aus. Bei den Pflugvarianten und der Kombination Fräse+Pflug hingegen trat keine Änderung des Humusgehaltes ein. Im Gegensatz dazu nahm im Untersuchungszeitraum von 1980 bis 1990 der Humusgehalt im Unterboden bei allen Bearbeitungsvarianten zu. Wie bereits angeführt, weist die gesamte ausgewählte Versuchsfläche eine hohe Homogenität in der Krümmenmächtigkeit und bei den wesentlichen bodenchemischen und bodenphysikalischen Komponenten auf. Daher sind im Humusgehalt — bezogen auf die Schläge — weder in der Krume noch im Unterboden signifikante Differenzen vorzufinden (Tab. 6 und 7).

Abb. 1: Humusgehalt in % nach ÖNORM L 1081–88 von 0 bis 20 cm Bodentiefe (Tab. 6)  
 Humus content in % (according to ÖNORM L 1081–88) in the top soil (0 to 20 cm depth) as a function of different cultivation methods and cultivation depths (Table 6)



Die Gesamthumusgehalte des Oberbodens zeigen eine deutliche Abhängigkeit von den Bodenbearbeitungsgeräten (Tab. 6). Die nichtwendenden Bearbeitungsverfahren (Fräse- und Grubbervarianten) bewirken gegenüber den Pflugvarianten und der Kombination Fräse + Pflug einen um bis zu 0,6 % höheren Humusgehalt (Abb. 1). Der abwechselnde Einsatz von Pflug und Fräse führt gegenüber den Pflugvarianten zu keiner Erhöhung des Humusgehaltes. Mit der standortüblichen Bodenbearbeitung — jährliches Pflügen — konnte bei der vorgegebenen Bewirtschaftungsintensität und Zuführung von organischer Substanz in Höhe der gesamten Ernterückstände der bestehende Humusgehalt noch gehalten werden (Abb. 1). Im Unterboden hingegen nahm der Humusgehalt bereits im Untersuchungszeitraum von 1980 bis 1990 in allen Bearbeitungsvarianten zu (Abb. 2). Durch die unterschiedliche Bearbeitungstiefe kam es nur bei den Pflugvarianten zu einer Veränderung im Humusgehalt (Tab. 7 und Abb. 2); die tiefe Pflugfurche verminderte den Humusgehalt im Ober- und Unterboden.

Abb. 2: Humusgehalt in % nach ÖNORM L 1081–88 von 20 bis 40 cm Bodentiefe (Tab. 7)  
 Humus content in % (according to ÖNORM L 1081–88) in the soil at a depth of 20 to 40 cm as a function of different cultivation methods and cultivation depths (Table 7)

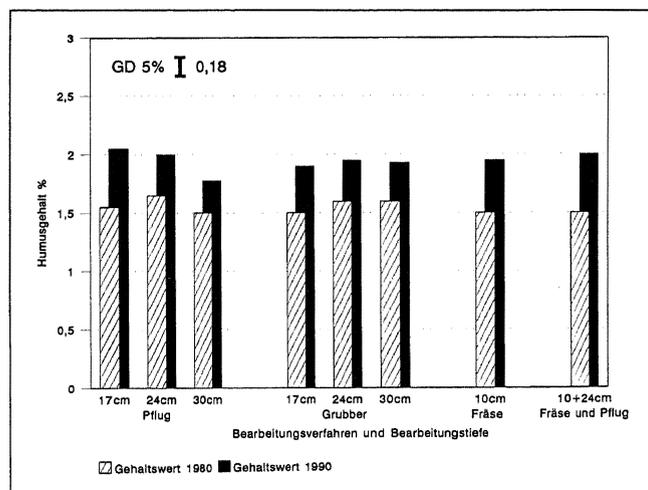


Tabelle 6

*Einfluß der Bearbeitungsvariante, des Bearbeitungsgerätes und der Bearbeitungstiefe auf den Humusgehalt in % im Oberboden (Entnahmetiefe 0 bis 20 cm), 1980 und 1990*  
*Influence of soil tillage implements on humus content (in %) of the top soil (soil sampling at a depth of 0 to 20 cm), in 1980 and 1990*

Split-Plot	Streuungsursache	FG	DQ	F-Wert
Bearbeitungsvarianten	Schlag (= Block)	1	0,015	15,00 ns
	Jahr	1	0,320	320,00*
	J × S (Fehler I)	1	0,001	
	Bearbeitungsvariante	7	0,082	16,40***
	J × B	7	0,098	19,60***
Gerätevariante Pflug-Grubber (1990)	Rest (Fehler II)	14	0,005	
	Gerät	1	0,853	256,00*
	Schlag (Block)	1	0,008	2,25 ns
	G × S (Fehler I)	1	0,003	
	Bearbeitungstiefe	2	0,008	1,61 ns
	G × BT	2	0,010	2,13 ns
	Rest (Fehler II)	4	0,005	

Tabelle 7

*Einfluß der Bearbeitungsvariante, des Bearbeitungsgerätes und der Bearbeitungstiefe auf den Humusgehalt in % im Unterboden (Entnahmetiefe 20 bis 40 cm), 1980 und 1990*  
*Influence of soil tillage implements on humus content (in %) in the subsoil (at a soil depth of 20 to 40 cm), in 1980 and 1990*

Split-Plot	Streuungsursache	FG	DQ	F-Wert
Bearbeitungsvarianten	Schlag (= Block)	1	0,001	0,25 ns
	Jahr	1	1,182	295,50*
	J × S (Fehler I)	1	0,004	
	Bearbeitungsvariante	7	0,010	1,25 ns
	J × B	7	0,005	0,63 ns
Gerätevariante Pflug-Grubber (1990)	Rest (Fehler II)	14	0,008	
	Gerät	1	0,001	0,01 ns
	Schlag (Block)	1	0,005	0,31 ns
	G × S (Fehler I)	1	0,017	
	Bearbeitungstiefe	2	0,019	4,55*
	G × BT	2	0,020	4,85*
	Rest (Fehler II)	4	0,004	

#### 4. Diskussion

Die Texturanalyse am Standort ergab bodenartlich einen schluffigen Lehm mit einem von der Krume ( $A_p$ -Horizont) bis zum  $B_{g1}$ -Horizont (90 cm Bodentiefe) von 30 auf 35 % ansteigenden Tongehalt. Die Korngrößenzusammensetzung wurde — wie es die Tabellen 3 und 4 zeigen — bis zu einer Tiefe von 40 cm durch die unterschiedliche Primärbodenbearbeitung in keinem statistisch sicherbaren Ausmaß verändert. Die vollständige Mineralienzusammensetzung der Größenfraktionen des Feinbodenanteils von 0,002 bis 2,0 mm unterliegt in Übereinstimmung mit bisherigen Erfahrungen keiner wesentlichen Beeinflussung durch unterschiedliche Primärbodenbearbeitung (MACHADO und GERZABEK 1993). Nach den Ergebnissen in der Literatur geht eine Tonverlagerung im wesentlichen von der Steuerung der De- und Adsorptionsmechanismen durch physikochemische Wechselwirkungen zwischen Tonteilchen und Trägersubstanz aus. Tonminerale (von kolloidaler Größe)

können auch mechanisch durch einen Wasserstrom von ihrem Träger abgeschert werden (BECHER und HARTGE 1976, ALLEN 1985). Nur auf erosionsanfälligen Böden mit niedrigem Ton- und hohem Schluffgehalt konnte BORCHERT (1988) bei anhaltendem Starkregen bei einer Fließgrenze von 33 % Wasser eine Zerteilung feststellen. Daneben besitzt nach LESSING (1991) aufgrund einer Reihe von Beobachtungen und Untersuchungen auch die Wasserdynamik große Bedeutung. Die mechanische Abscherung der Tonteilchen von ihren Trägern kann entweder bei hohen Porenwassergeschwindigkeiten, die selten auftreten, oder bei hohen Wasserspannungsänderungen an der Befeuchtungsfront erfolgen.

Nach HARTGE (1975) wird die mechanische Festigkeit oder Stabilität von Ackerböden, im besonderen mit hohem Sandanteil, bereits durch geringfügige Erhöhung der organischen Substanz erheblich verbessert. Auch sorptionsschwache Böden können durch Erhöhung des Humusgehaltes und des pH-Wertes sowie durch eine Anreicherung des Schluff- und Tongehaltes (im A<sub>p</sub>-Horizont) in der Qualität wirksam angehoben werden (REUTER 1980, THIÈRE et al. 1986).

Die organische Bodensubstanz steht in einem labilen Gleichgewicht zwischen Auf-, Um- und Abbau. Durch die Bodenbearbeitung kommt es — wie Tabelle 6 und die Abbildungen 2 und 3 zeigen — zu einer Verschiebung des Gleichgewichtes der Humusgehalte, wie es auch HAIDER und GRÖBLINGHOFF (1991) an anderer Stelle ermittelten. Die unterschiedliche Bewirtschaftungsart macht sich zuerst in der Menge an mikrobieller Biomasse und ihren enzymatischen Aktivitäten bemerkbar (BECK 1990). Die angeführten Ergebnisse des Humusgehaltes zeigen den Status nach einer zehnjährigen unterschiedlichen Primärbodenbearbeitung. Der Humusgehalt ist im Oberboden in den Grubber- und Fräsvarianten erwartungsgemäß und auch statistisch gesichert höher als bei praxisüblicher oder tiefer Pflugarbeit (Abb. 1 und Tab. 7).

Unter dem Einfluß einer fehlenden Wendung ist er in der Krume (0 bis 20 cm) von 1980 bis 1990 von ca. 2,1 auf 2,3 bis 2,6 % (Grubberparzellen) und bei der Fräsvariante auf 2,9 % angestiegen. Die Wechselwirkung zwischen Bearbeitungsgeräten und Bearbeitungstiefe war in der bisherigen Versuchsdauer jedoch gering. Je weniger ein Ackerboden während eines Jahres oder in einer Fruchtfolgerotation bearbeitet wird und je seltener wendende Geräte eingesetzt werden, umso stärker wird der Humusgehalt zu einem höheren Gleichgewichtswert verschoben (Abb. 2, Variante Fräse, Grubber und Kombination Fräse + Pflug). Das durch das Pflügen verursachte intensive Belüften des Bodens — verbunden mit einem stärkeren Humusabbau — kann durch einen teilweisen oder gänzlichen Ersatz in der Primärbodenbearbeitung mit nur lockernden Geräten stark reduziert werden. Unterhalb der Bearbeitungsgrenze — von 20 bis 40 cm Bodentiefe — sind die Differenzen zwischen flachgründiger und tiefer bzw. wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung erwartungsgemäß geringer (Abb. 2 und Tab. 8).

Die am Versuchsstandort eingebrachte Menge an Ernterückständen ist durch die Fruchtfolge bedingt relativ hoch (ZR — WW — KM — WW), und daher bewirkte das Verbleiben der gesamten organischen Substanz an der Bodenoberfläche bzw. die flache Einarbeitung bei den Fräs- und Grubberparzellen eine beträchtliche Humusanreicherung. Die Werte des Humusgehaltes auf den flachgründig bearbeiteten Parzellen sind nach der angeführten Methode (ÖNORM L 1081—88) deshalb wesentlich höher, da bei dieser Methode nicht nur der Humus, sondern der gesamte Anteil an organischer Substanz bestimmt wird (SCHNEIDER und DANNEBERG 1991). Bei den Bearbeitungsvarianten Pflug 24 cm, 30 cm und Grubber 30 cm sind die eingearbeiteten Ernterückstände auf einen wesentlich mächtigeren Krumbereich verteilt. Die einzelnen humuschemischen Kennzahlen reagieren unter-

schiedlich auf die Bewirtschaftungsweise und die Menge und Art der eingearbeiteten Ernterückstände.

Das Ansteigen des Humusgehaltes bei nur geringer Bearbeitungstiefe ist mehrfach nachgewiesen (DIEZ et al. 1988, MACHADO und GERZABEK 1993). Im Gegensatz zu den angeführten Ergebnissen (Abb. 1 und Abb. 2) wiesen auf dem Standort Müncheberg und anderen Dauerversuchen bei ähnlicher Versuchsanstellung die pfluglos bearbeiteten Parzellen bis 10 cm Tiefe etwa gleiche und in 20 bis 40 cm Tiefe geringere Humuswerte als die Pflugvarianten auf (HERZOG 1986). Auch KAHNT (1986) erhielt auf drei verschiedenen Böden nach vierjähriger Direktsaat ähnliche Ergebnisse.

Der Humusgehalt in den einzelnen Horizonten eines Bodens und der mittlere Gehalt variieren in weiten Grenzen und unterliegen außerdem einem jahreszeitlichen Rhythmus (BLUME 1992). Um Veränderungen im Humusgehalt und in der meßbaren Qualität objektiv beurteilen zu können, wäre es notwendig, die Gehaltswerte und Qualitätsparameter in Perioden von zwei bis vier Jahren nach der Ernte einer gleichen Hauptfrucht — und vor dem Einarbeiten der Ernterückstände — durchzuführen.

Auch die qualitativen Unterschiede in der organischen Bodensubstanz, wie sie durch verschiedene Bodenbearbeitungsmaßnahmen entstehen, wirken sich auf die Nährstofffreisetzung — im besonderen auf die N-Mineralisierung — stärker aus als die absoluten Gehalte (JANSEN 1984, DORAN und SMITH 1987, HAIDER und GRÖBLINGHOFF 1991). Ein höherer Gehalt an junger organischer Bodensubstanz beeinflusst zusätzlich die mikrobielle Tätigkeit und den Gehalt an mikrobieller Biomasse in einem größeren Ausmaß als die gesamte organische Substanz (FOLLETT und SCHIMMEL 1989).

Humuswirtschaftlich sind die nichtwendenden Verfahren und die Verfahren mit reduziertem Pflugeinsatz auf dem Versuchsstandort mit mittelschweren Böden gegenüber den Pflugvarianten in der Primärbearbeitung günstiger zu beurteilen, da der Gehalt an organischer Bodensubstanz im Hauptdurchwurzelungsbereich (bis 40 cm Bodentiefe) höher ist. Die Struktur des Oberbodens ist im Ackerbau häufig starken Belastungen ausgesetzt. Überwiegend werden Gefügestabilität, Infiltration, Wurzelwegsamkeit, Verrottung der Ernterückstände, Nährstofffreisetzung und Regenwurmtätigkeit mit steigendem Humusgehalt verbessert. Im weiteren ist die wesentlich stärkere Anreicherung von rasch zersetzbarer Biomasse in der Oberkrume physiologisch mehrfach vorteilhaft (EHLERS 1975, EDWARDS und LOFTY 1980, DIEZ et al. 1988, BAUCHHENSZ 1991).

#### Danksagung

Dr. A. SCHREIBERHUBER danke ich für die großzügige Bereitstellung des Feldes und der langjährigen kostenlosen Versuchsdurchführung. Weiters danke ich dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, für die Übernahme der Analysenkosten.

#### Literatur

- ALLEN, J. R. L., 1985: Principles of Physical Sedimentology. Allen & Unwin, London.  
BAUCHHENSZ, J., 1991: Regenwurmtaxozönosen auf Ackerflächen unterschiedlicher Düngungs- und Pflanzenschutzintensitäten. Bayer. Landwirtsch. Jahrb. 68, 335—354.  
BAEUMER, K., 1984: Auswirkungen langjähriger Mineralbodenbearbeitung. Arb. DLG, Frankfurt/M., 179, 38—113.  
BECHER, H. H. und K. G. HARTGE, 1976: Feststofftransport in wasserungesättigten Böden. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 23, 161—172.  
BECK, T., 1990: Der Einfluß langjähriger Bewirtschaftungsweise auf bodenmikrobiologische Eigenschaften. Kali-Briefe 20, 17—29.

- BLUM, W. E. H., O. H. DANNEBERG, G. GLATZEL, H. GRALL, W. KILIAN, F. MUTSCH und D. STÖHR, 1986: Waldbodenuntersuchung. Österr. Bodenkundl. Ges., Wien.
- BLUM W. E. H. und W. W. WENZEL, 1989: Bodenschutzkonzeption. Bodenzustandsanalyse und Konzepte für den Bodenschutz in Österreich. Arbeitsgruppe Bodenschutz der Österr. Bodenkundl. Ges., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- BLUM, W. E. H., H. SPIEGEL und W. W. WENZEL, 1989: Bodenzustandsinventur. Konzeption, Durchführung und Bewertung. Arbeitsgruppe Bodenzustandsinventur der Österr. Bodenkundl. Ges., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- BLUME, H. P., 1992: Lehrbuch der Bodenkunde. Scheffer und Schachtschabel, 13. Aufl, Kapitel VII, Enke, Stuttgart.
- BORCHERT, H., 1988: Bodenphysikalische Veränderungen eines Lößbodens bei langjähriger pflugloser Bewirtschaftung. Bayer. Landwirtsch. Jahrb. 65, 813—824.
- DIETZ, Th. und G. BACHTALER, 1978: Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolge, Düngung und Bodenbearbeitung auf den Humusgehalt der Böden. Bayer. Landwirtsch. Jahrb. 55, 368—377.
- DIEZ, Th., J. KREITMAYR und H. WEIGELT, unter Mitarbeit von J. BAUCHHENSZ, Th. BECK und H. BORCHERT, 1988: Einfluß langjähriger pflugloser Ackerbewirtschaftung (System Horsch) auf Pflanzenwachstum, Wirtschaftlichkeit und Boden. Bayer. Landwirtsch. Jahrb. 65, 789—812.
- DORAN, J. W. and M. S. SMITH, 1987: Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients. Soil Fertility and Organic Matter as Critical Components of Production Systems, J. J. Mortvedt and D. R. Buxton (eds). Soil Sci. Soc. Amer. 19, 53—72.
- EDWARDS, C. A. and J. R. LOFTY, 1980: Effects of Earthworm Inokulation upon the Root Growth of Direct Drilled Cereals. Journal of Applied Ecology 17, 533—543.
- EHLERS, W., 1975: Observations on Earthworm Channels and Infiltration on Tilled and Untilled Loess Soil. Soil Sci. 199, 242—249.
- FOLLETT, R. F. and D. S. SCHIMMEL, 1989: Effects of tillage practices on microbial biomass dynamics. Soil Sci. Soc. Amer. 53, 1091—1096.
- HAIDER, K. und F. F. GRÖBLINGHOFF, 1991: Biochemische Umsetzungen und Humusbildung in Böden unterschiedlicher Bewirtschaftung des Dauerversuches Neuhof. Bayer. Landwirtsch. Jahrb. 68, 369—380.
- HÄKANSSON, I., 1990: Soil compaction control-objektives, possibilities and prospects. Soil technology 3, 231—239.
- HARTGE, K. H., 1975: Organic matter contribution to stability of soil structure. Soil conditioners SSSA Special Publication No. 7, 103-110.
- HERZOG, R., 1986: Auswirkungen langjähriger differenzierter Grundbodenbearbeitung auf den Humus- und Nährstoffgehalt und den Durchdringungswiderstand eines anlehmigen Sandbodens bei Getreideanbau. Arch. Acker- und Pflanzenbau Bodenkd. 30, 655—660.
- JANSEN, B. H., 1984: A simple method for calculating decomposition and accumulation of "young" soil organic matter. Plant soil 76, 297—304.
- KAHNT, G., 1986: Biologischer Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart.
- KÖPPEN, D. und D. EICH, 1991: Einfluß 85jähriger differenzierter organischer und mineralischer Düngung auf Bodeneigenschaften im Statischen Versuch Bad Lauchstädt. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 154, 245—252.
- LESSING, R., 1991: Die Bestimmung des hydraulischen Gradienten an der Befeuchtungsfrent und seine Bedeutung für die Tonablösung im Boden. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 154, 41—45.
- MACHADO de A., P. L. O. and M. H. GERZABEK, 1993: Tillage and croprotation interactions on humic substances of a typic Haplorthox from Southern Brazil. Soil & Tillage Research (in Druck), Amsterdam.
- OBERLÄNDER, H. E., 1992: Humusbildung und Humuserhaltung in einer nachhaltig betriebenen Landwirtschaft. Tagungsbericht der Arbeitstagung Riesenschilfgras (*Miscanthus sinensis giganteus*) vom 11. und 12. 3. 1992, 47—72, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien.
- ÖNORM L 1081, 1988. Chemische Bodenuntersuchungen, Humusbestimmung. Österreichisches Normungsinstitut, Wien (in Druck).
- ÖSTERR. BODENKARTIERUNG, 1976: Erläuterungen zur Bodenkarte. BK 60 Linz Umgebung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- REUTER, G., 1980. Ermittlung des Bedarfs an Tonsubstraten für die Sandbodenmelioration. Arch. Acker Pflanzenbau Bodenkd. 24, 771—776.
- REUTER, G. und P. LEINWEBER, 1989: Die Ton- und Feinschluffminerale der Böden von 8 Dauerfeldversuchen der DDR. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd. 33, 651—659.
- SCHAEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL, 1992: Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Aufl., Enke, Stuttgart.
- SCHNEIDER, W. und O. H. DANNEBERG, 1991: Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnis-

- sen im Lichte der Ergebnisse der Bodenkartierung. Teil II: Folgeprojekt Lasse, Schönfeld, Zwerndorf, Bericht Nr. 8. Bundesanstalt für Bodenkunde, Wien.
- SCHWERTMANN, U., 1992: Lehrbuch der Bodenkunde. Scheffer und Schachtschabel, 13. Aufl., Kapitel IV, VII und XII, Enke, Stuttgart.
- STADLER, J., 1990: Profilbeschreibung Mitterfeld Ost, Mitterfeld West, Feinkartierung Versuchsfeld Ansfelden. Bundesanstalt für Bodenkunde, Wien, Außenstelle Linz.
- STEINECK, O. and P. RUCKENBAUER, 1976: Results of a 70 years long-term rotation and fertilization experiment in the main cereal growing area of Austria. *Ann. agron.* 27, 803—818.
- TAMM, E. und G. KRZYSCH, 1964: Veränderungen der chemischen und biologischen Bodeneigenschaften im Profil eines lehmigen Sandbodens durch langjährig differenzierte Bodenbearbeitungs- und Düngungsmaßnahmen. Teil 1. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 120, 197—231.
- TAMM, E. und G. KRZYSCH, 1964/1965: Veränderungen der chemischen und biologischen Bodeneigenschaften im Profil eines lehmigen Sandbodens durch langjährig differenzierte Bodenbearbeitungs- und Düngungsmaßnahmen. Teil 2. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 121, 1—28.
- THIERE, J., W. REITHER und H. MORGENSTERN, 1986: Analyse des Zusammenhanges von Austauschkapazität (T-Wert), Körnung, organischer Bodensubstanz und Bodenreaktion für verbreitete Substrat- und Horizontgruppen. *Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd.* 30, 211—218.

(Manuskript eingelangt am 6. Mai 1993, angenommen am 18. Mai 1993)

Anschrift des Verfassers:

Dr. Peter LIEBHARD, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien