

zu schaffen; am bekanntesten ist das selbstschärfende Pflugschar der Firma Fraudge in Dänemark. Beim selbstschärfenden Fraudge-Schar ([4] Bild 22 und 27) ist das Scharblatt, soweit es nicht auf dem Pflugkörper aufliegt, möglichst dünn gehalten, eine Verbiegung der Pflugscharspitze wird dadurch verhindert, daß an der Schneide ein Winkel nach oben angebogen ist, der dieselbe Funktion übernimmt, wie der Winkel beim Winkelschar. Allerdings bewirkt der nach oben gebogene Winkel lediglich eine Vergrößerung der Biegesteifigkeit, nicht aber eine bessere Abstützung des Schares auf der Anlage. Auch die Firma Eberhardt in Ulm hat bei der Einführung ihres „Hartstahlschares“ die Schneide wesentlich dünner gemacht. Bei diesen Scharen ist aber noch nicht erreicht worden, daß der Verkaufspreis so billig war, daß sich das Wegwerfen des stumpf gewordenen Schares vertreten ließ.

Bei der zu erwartenden Einführung der „Razor-Blade-Shares“ könnte die Pflugindustrie die Umgestaltung ihrer bewährten Pflugkörperformen mit einer ganz drastischen Vereinheitlichung der Pflugkörperformen verbinden. Damit könnte die Typenzahl der Pflugkörper und der daran verwendeten Schare wesentlich, d. h. auf 3 bis 4 Pflugkörperformen in je drei verschiedenen Größen, vermindert werden, ein Vorgang also, der sehr im Interesse der Landwirtschaft und der Ersatzteilversorgung liegen würde. Die Einführung der „Razor-Blade-Shares“ gibt uns also Gelegenheit, den Typenwirrwarr hinsichtlich der Pflugkörper zu bereinigen und damit der Landwirtschaft zu dienen. Diese Aufgabe ist eine Gemeinschaftsaufgabe ersten Ranges.

Zusammenfassung

Der Schlepper ist nicht die alleinige Ursache der Bodenverdichtung. Mit einfachen Meßmethoden läßt sich nachweisen, daß die Schleifsohle gerade beim Anbaupflug an der Bodenverdichtung

mitbeteiligt ist. Mit einfachen Mitteln läßt sich diese schädliche Wirkung der Schleifsohle beim Anbaupflug vermeiden, während das hinsichtlich der Wirkung des Schlepperhinterrades nicht möglich ist.

Stumpfe Pflugschare verursachen Bodenverdichtungen. Die „Zungenbildung“ ist vielleicht ein Mittel, um die Entstehung von Bodenverdichtungen an der Bearbeitungsgrenze zu vermeiden.

Der Mangel an Arbeitskräften in den ländlichen Schmiedebetrieben wird dazu zwingen, sich dem „Rasierklängen“-Pflugschar zuzuwenden. Die Einführung dieser neuen Scharform gibt die Möglichkeit, innerhalb der Pflughersteller die Zahl der verschiedenen Schare zu vereinheitlichen. Diese Vereinheitlichung der Pflugschare wäre eine Gemeinschaftsaufgabe, deren Lösung nicht nur im Interesse der Pflughersteller, sondern viel stärker im Interesse der Landwirtschaft läge.

Schrifttum

- [1] Graf, Karl: Neue Anforderungen an die Bodenbearbeitung. Mitt. d. DLG 74 (1959) Heft 13, S. 353/54.
- [2] Witt, F. K.: Die Luftdurchlässigkeit des Bodens als Kriterium des Strukturzustandes und die Methodik ihrer Messung. Diss. Univers. Greifswald 1952.
- [3] Eggenmüller, Alfred: Untersuchungen an schwingenden Häufelkörpern. In: 15. Konstrukteurheft. Düsseldorf: VDI-Verlag 1958. S. 143/50 (Grundlagen der Landtechnik, Heft 10).
- [4] Stroppel, Th.: Über die Güte, den Verschleiß und die Schneidenform fabrikneuer Pflugschare. In: 18. Konstrukteurheft (2. Teil). Düsseldorf: VDI-Verlag 1961. S. 35/43 (Grundlagen der Landtechnik, Heft 13).
- [5] Riemer, G.; P. W. Bakker Arkema und L. H. Huisman: Handboek voor Landbouwwerktuigen en Trekkers. Deel 1. Zwolle 1957.

Über einige morphologische Beobachtungen an Pflugsohlen

Von H. Frese und H.-J. Altemüller

Das Problem der Bodenverdichtung unter der Bearbeitungsgrenze in Ackerböden ist schon lange Gegenstand von wissenschaftlichen Untersuchungen, praktischen Versuchen und Diskussionen. Dabei wurde immer wieder auch auf eine verdichtende Wirkung der Pflugarbeit selbst aufmerksam gemacht, die sich besonders bei ständig gleichbleibender Bearbeitungstiefe nachteilig bemerkbar macht [1; 2].

Bei der Versuchsanstellung im Feld steht man jedoch vor der Schwierigkeit, daß sich verschiedene andere Faktoren, die verdichtend auf den Untergrund einwirken können, wie Huftritte, Radspuren usw., dem Einfluß der Pflugarbeit überlagern. Vor allem muß berücksichtigt werden, daß der jeweilige Zustand eines Ackerbodens vom Zusammenwirken unendlich vieler Einzelwirkungen bestimmt wird und etwa vorhandene Pflugsohlen¹⁾ meist erst im Verlauf einer längeren Zeit angewachsen sind. Man kann solche Sohlenbildungen zwar durch mechanische Eingriffe lockern, aber es ist unmöglich, dadurch wieder ein Bodengefüge herzustellen, wie es z. B. einem nicht durch Ackernutzung beeinflussten Boden eigen ist. Es hat sich in unseren Untersuchungen, die vor allem mit Hilfe von Dünnschliffen durchgeführt wurden, immer wieder gezeigt, daß eine Feinporosität, wie sie z. B. für Lößböden charakteristisch ist, durch die Einwirkung der Ackernutzung vor allem dort, wo häufig nasse Bearbeitung stattfindet, verlorengelht und allenfalls durch längere Grünlandnutzung wieder hergestellt werden kann.

Versuchsanstellung

Eine Beurteilung von Verdichtungseffekten durch den Pflug ist nur in einer Versuchsanstellung möglich, bei der alle anderen Wirkungsfaktoren nach Möglichkeit ausgeschaltet werden. Da dies im freien Feld nur unbefriedigend zu erreichen ist, wurde vom Institut für Bodenbearbeitung eine Freilandbodenrinne gebaut, um in mehrjährigen Versuchen die Wirkung verschiedener Bearbeitungsverfahren und Bearbeitungsgeräte im Hinblick auf die Verdichtung des Untergrundes zu untersuchen. Die Versuchsarbeiten werden seit 1953 nach einem für etwa 10 Jahre festgelegten Versuchsplan unter Leitung von W. Feuerlein durchgeführt. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird an anderer Stelle eingehend berichtet werden. Hier soll lediglich auf einige Beobachtungen hingewiesen werden, die durch die Anwendung der Dünnschliffmethode möglich wurden. Sämtliche Angaben beziehen sich auf Versuche in der Bodenrinne, die mit gesiebttem Lößbodenmaterial vom Typ einer durchschlammten Parabraunerde gefüllt ist.

Morphologische Beobachtungen am Handstück

Die Aufgabe der morphologischen Untersuchung besteht zunächst darin, alle mit dem bloßen Auge erkennbaren morphologischen und Gefüge-Eigenschaften in ihren räumlichen Verhältnissen festzuhalten, um sozusagen ein „Bezugssystem“ zu schaffen, in welches die Ergebnisse der Laboruntersuchungen eingebaut werden können. Solche Beschreibungen sind für die

Prof. Dr. Helmut Frese ist Direktor des Institutes für Bodenbearbeitung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode, und Dr. Hans-Jürgen Altemüller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im gleichen Institut.

¹⁾ durch das Pflügen verdichtete Bodenschicht unmittelbar unter der bearbeiteten Ackerkrume (engl. plow sole) nach „Multilingual Vocabulary of Soil Science, FAO 1960“.

ackerbaulichen und feldbodenkundlichen Untersuchungen grundlegend wichtig. Auch die mikroskopische Untersuchung an Schliffpräparaten, die ja niemals in so breiter Streuung angewandt werden kann wie die Feldbeobachtung, soll letzten Endes mit dazu dienen, das Beobachtungsvermögen zu schulen, um die Untersuchungsmöglichkeiten im Feld und die Anwendung geeigneter bodenphysikalischer Meßverfahren zu verbessern.

Die Proben zur Herstellung von Schliffpräparaten werden als etwa $20 \times 15 \times 15$ cm große Bodenquader in ungestörter Lagerung entnommen und vor der weiteren Verarbeitung ebenfalls sorgfältig morphologisch beschrieben. Einige Beobachtungen, die an solchen Bodenproben in ungestörter Lagerung vorgenommen wurden, seien hier kurz mitgeteilt.

Allein die Wirkung normaler Pflugarbeit durch Lockerung und Schüttung des gewendeten Bodenmaterials muß — wenigstens vorübergehend — einen Unterschied der Lagerung zwischen Krume und Untergrund hinterlassen, so daß das Bild eines dichter gelagerten Untergrundes auch dann entsteht, wenn kein Druck auf den Untergrund eingewirkt hat.



Bild 1. Senkrechter Schnitt durch eine Bearbeitungsgrenzschicht in der Bodenrinne (Löß, Parzelle 7).

Maßstab 1 : 1

Wirkt aber außerdem noch ein Druck auf den Untergrund ein, so prägt er sich im locker gelagerten Bodenmaterial des Untergrundes sehr deutlich durch Zusammendrücken der Bodenaggregate aus, wie es in **Bild 1** zu erkennen ist. Die Probe wurde ein Jahr nach der letzten Bearbeitung entnommen und zeigt oben einen Teil der locker gelagerten, aber doch kohärenten Ackerkrume mit rundlichen Aggregaten. Unter einer scharf gezogenen Bearbeitungsgrenze folgt ein vor allem im oberen Teil dichter gelagerter Untergrund. Durch den senkrechten Schnitt mit einem Messer erscheint der Unterschied der beiden Gefüge noch verstärkt, denn der Schnitt prägte sich im dichteren Untergrund deutlicher aus, als im lockeren Krumenmaterial.

Räumt man das Krumenmaterial beiseite und betrachtet die freigelegte Bearbeitungsgrenze von oben, so wird deutlich ihre uneinheitliche Ausbildung erkennbar, **Bild 2**. Wie ein breites Band legt sich der Eindruck der Schleifsohle des Pfluges auf die Oberfläche. Der Eindruck prägt sich aber nicht nur an der Oberfläche aus, sondern wirkt auch mehr oder weniger in die Tiefe, was man leicht an dem Querschnitt durch die Furchensohle in **Bild 3** erkennen kann. Auch Bild 2 und 3 zeigen den Zustand ein Jahr nach der letzten Bearbeitung. Die Schleifsohle erscheint deshalb

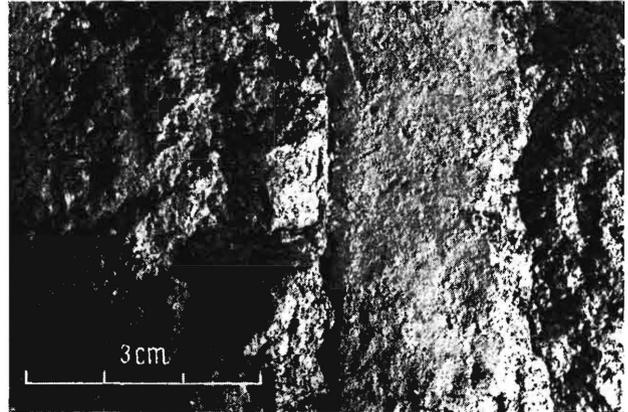


Bild 2. Sicht auf die freigelegte Bearbeitungsgrenze mit Spur einer Schleifsohle und den Scharschnittflächen in der Bodenrinne ein Jahr nach der letzten Bearbeitung (Löß, Parzelle 4).



Bild 3. Gleiche Bodenoberfläche wie in Bild 2, jedoch in schräger Aufsicht. Die untere Hälfte des Bildes zeigt den (etwas dunkler erscheinenden) senkrechten Schnitt durch den Untergrund quer zur Richtung des Pfluges. Man erkennt die balkenartige Verdichtungszone unter der Schleifspur.

nicht mehr völlig glatt, sondern hat eine etwas aufgeraute, mit feinen Poren und Einprägungen versehene Oberfläche.

Die vom Schar geschnittene Bodenoberfläche ist zumeist rau und rissig und bleibt offenbar für den Luft- und Wasseraustausch und für die Wurzelentwicklung durchlässig. Trotzdem zeigen sich auch hier bisweilen charakteristische Bildungen. In **Bild 4** sind in einer Scharschnittfläche parallel angelegte Risse zu erkennen, die in sehr feiner Ausbildung und enger Aufeinanderfolge immer wieder in solchen Schnittflächen anzutreffen sind. Auf diese Erscheinung wird später noch kurz eingegangen.

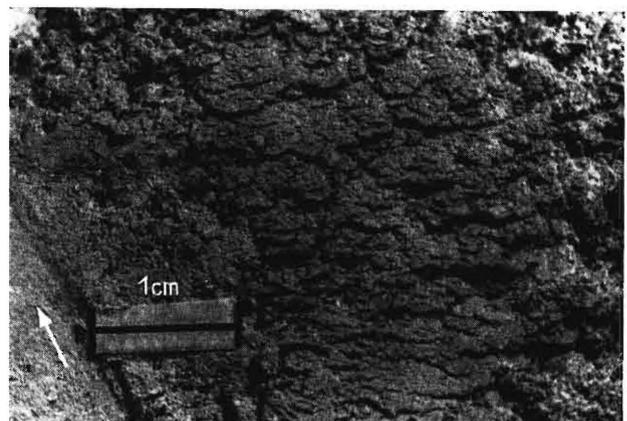


Bild 4. Scharschnittfläche mit Bildung feiner parallel angelegter Risse quer zur Richtung des Pfluges (Bodenrinne: Löß, Parzelle 4).

Vergleiche dazu auch Bild 10

Beobachtungen an Dünnschliffen

Schon bei der näheren Betrachtung des Handstückes können also aufschlußreiche Beobachtungen gemacht werden. Sie lassen sich jedoch noch wesentlich verfeinern, wenn von den Bodenproben Dünnschliffe hergestellt werden.

Zur Dünnschliffherstellung verarbeiten wir Proben bis zu einer Größe von etwa $6 \times 6 \times 9$ cm. Aus den oben erwähnten Bodenblöcken werden vorsichtig entsprechend kleinere herauspräpariert und nach vorheriger Trocknung mit einer Harzlösung im Vakuum durchtränkt, so daß die Probe vollständig darin eintaucht. Das Verfahren ist an anderer Stelle im einzelnen beschrieben [3; 4]. Die Harzlösung geht nach einiger Zeit durch Polymerisation vollkommen aus dem flüssigen in einen glasartigen, festen Zustand über und schließt dadurch die Bodenprobe bis in die feinsten Poren fest ein. Nach vollständiger Erhärtung kann die Bodenprobe mit Diamantsägen zersägt werden, ohne daß Störungen des Gefüges zu befürchten sind. Es wird zunächst eine Schnittfläche glatt angeschliffen, poliert und mit dem gleichen Harz auf einem Objektträger aus Glas auf-

gelegt. Darunter ist ein langsamer Übergang in eine mehr lockere Lagerung festzustellen (einfache Schraffur). Die dichtere Zone geht etwa halbkreisförmig nach unten in das lockere Bodenmaterial über. Die jüngere Schleifsohle an der linken Oberseite der Bilder ist nicht ganz so gleichmäßig ausgeprägt. Das hängt z. T. mit dem Vorhandensein von größeren Aggregaten zusammen, die eine gewisse Stützwirkung im Boden entfalten.

Aus den beiden Bildern wird deutlich, daß mehrere über- und nebeneinanderliegende Spuren von Schleifsohlen einen wesentlichen Faktor bei der Bildung von Pflugsohlen im freien Feld darstellen können.

Ein Querschnitt durch die Druckzone der Schleifsohle in Pflugrichtung ist in **Bild 7 und 8** wiedergegeben. Die Bodenprobe stammt hier aus einer Versuchspartelle, die bis an die Oberfläche mit reinem Untergrundmaterial angefüllt wurde, so daß der Schnitt des Schares und die Schleifspur also im reinen Untergrundmaterial liegen. Dieses Untergrundmaterial hat sich überraschender Weise vielfach gegenüber Verschlammungswirkungen widerstandsfähiger erwiesen als das Krumenmaterial. Am Dünnschliff

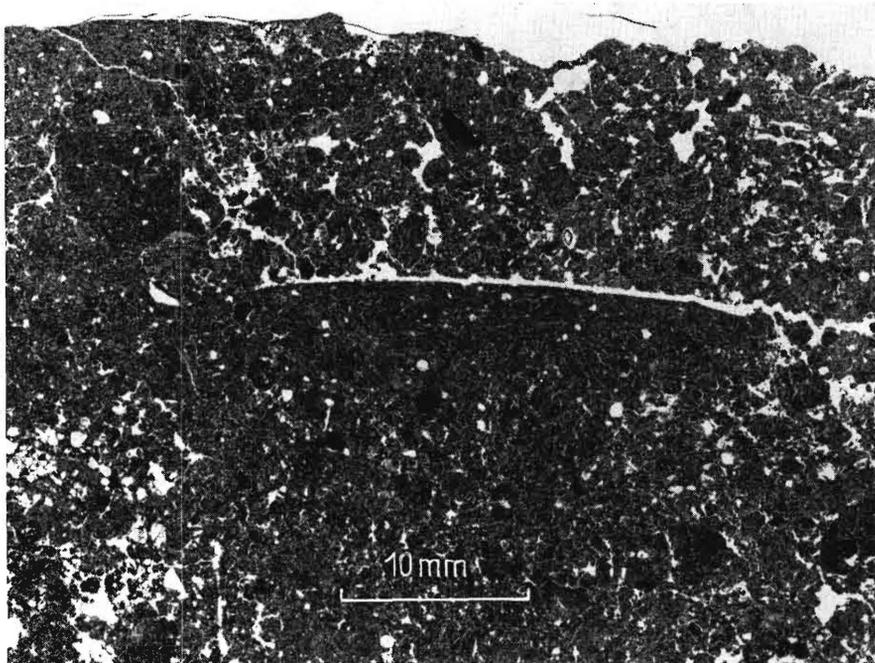


Bild 5. Senkrechter Schnitt (Dünnschliff) quer zur Arbeitsrichtung des Pfluges durch zwei übereinanderliegende Bearbeitungsgrenzen mit Eindrücken der Schleifsohlen und Scharschnittgrenzen (Bodenrinne: Löß, Parzelle 4).

gekittet. Anschließend wird die Bodenmaterial auf der Gegenseite soweit abgeschliffen, bis nur noch eine dünne Bodenschicht von guter Transparenz auf dem Objektträger verbleibt. Der Schliff wird mit einem Deckglas versehen und ist damit für die mikroskopische Auswertung vorbereitet.

In den folgenden Bildern sind schwach vergrößerte Aufnahmen von Dünnschliffen dargestellt. **Bild 5 und 6** zeigen einen Bodenschnitt unterhalb der Bearbeitungsgrenze quer zur Pflugrichtung in photographischer und schematischer Darstellung. In Bild 6 ist die Bodenmasse weiß, der Hohlraumanteil schwarz angelegt. Man erkennt am oberen Rand der Bilder die Bearbeitungsgrenze, die links eine Schleifsohlenspur und rechts einen Scharschnitt wiedergibt. Das Bodenmaterial ist unter dem Scharschnitt deutlich lockerer gelagert als unter der Schleifspur. Etwa 1 cm tiefer befindet sich jedoch eine ältere Schleifspur von einer vorausgegangenen Bearbeitung, die am rechten Bildrand ebenfalls eine lockere Lagerung unter dem Scharschnitt erkennen läßt.

Die tiefer liegende Verdichtungszone läßt einen sehr gleichmäßigen Aufbau erkennen, wie er auch theoretisch zu erwarten ist. Unmittelbar unter der Schleiffläche der Schleifsohle des Pfluges befindet sich eine Zone besonders starker Verdichtung, die im Dünnschliffbild fast homogen erscheint. In der schematischen Darstellung wurde diese Zone mit Kreuzschraffur

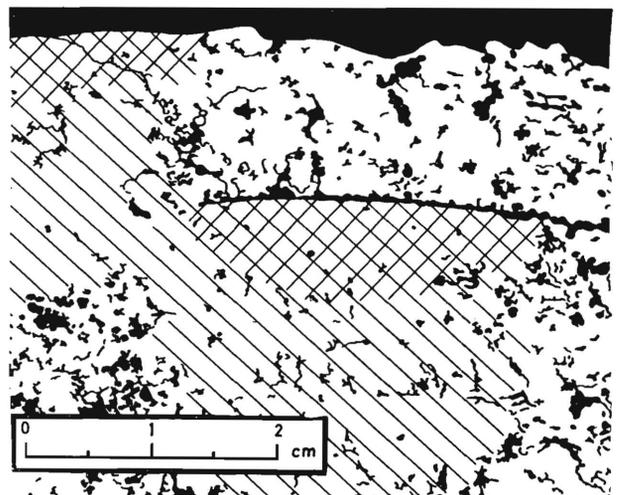


Bild 6. Schematisierter Schnitt nach dem Dünnschliff in Bild 5: Bodenmasse weiß, Hohlräume schwarz, Zone mit deutlicher Verdichtung: einfache Schraffur, Zone mit starker Verdichtung unter den Schleifsohlen: Kreuzschraffur.

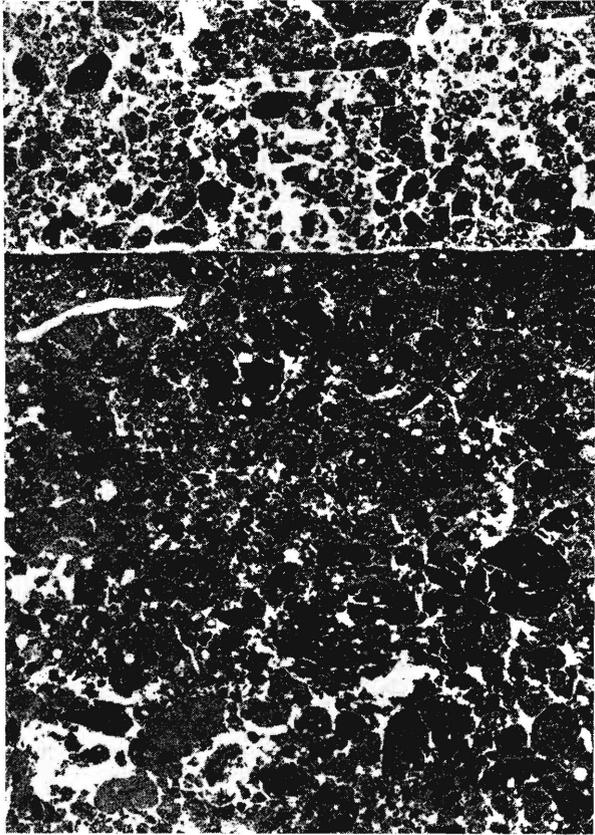


Bild 7. Senkrechter Schnitt (Dünnschliff) durch die Druckzone einer Schleifsohlenspur in Arbeitsrichtung des Pfluges (Bodenrinne: Löß, Parzelle 7).

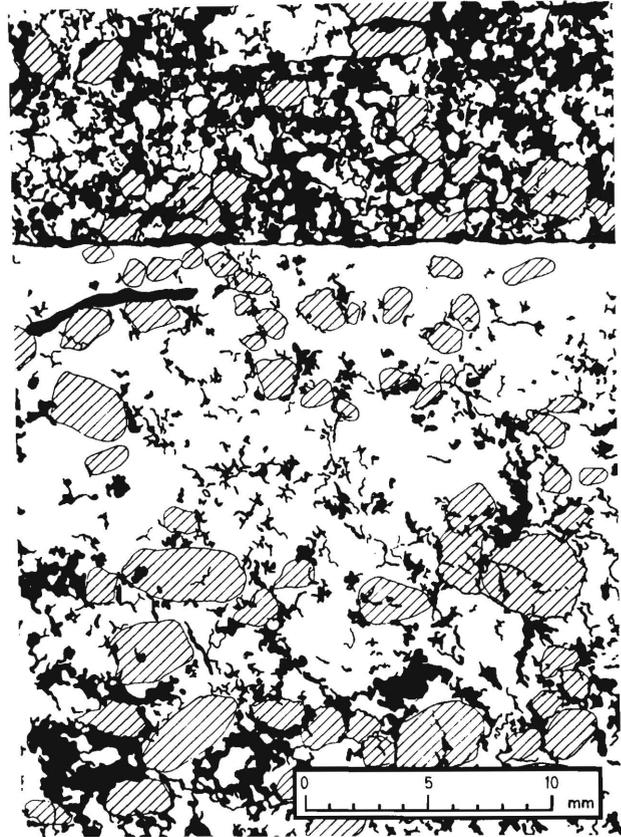


Bild 8. Schematisierter Schnitt nach dem Dünnschliff in Bild 7: Bodenmasse weiß, Hohlräume schwarz. Einige deutlich abgegrenzte Aggregate sind durch Schraffur kenntlich gemacht.

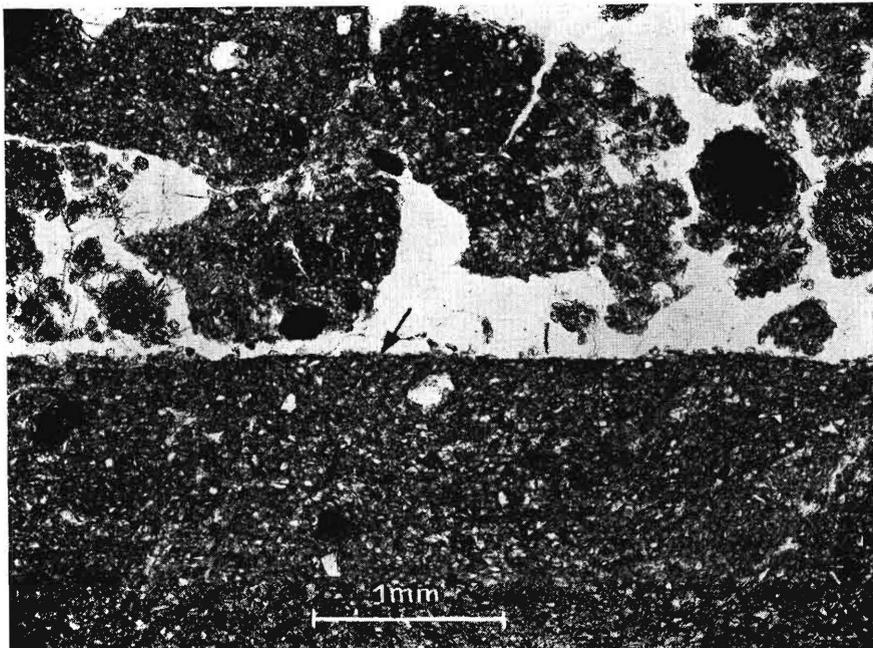


Bild 9. Vergrößerter Ausschnitt aus dem Dünnschliff in Bild 7. Durch die Schleifsohle glatt gestrichene Bearbeitungsgrenze, an deren Oberfläche ein sehr dünner Film (s. Pfeil) aus Tonteilchen angelagert ist (Bodenrinne: Löß).

schliff lassen sich einige Feststellungen machen, die eine Erklärung dieser Eigenschaften erlauben. Man sieht, daß im ganzen Bodenquerschnitt gut ausgeprägte Bodenaggregate vorhanden sind, die in der photographischen Aufnahme meist etwas dunkler erscheinen und auf der schematischen Darstellung durch Schraffur besonders kenntlich gemacht sind. Es handelt sich hier

um Material, das durch die natürliche Bodenentwicklung durch Ton- und Eisenanreicherung teilweise stabilisiert wurde und durch das Sieben beim Einfüllen des Versuchsbodens in diesen Aggregatformen anfiel. Solche Aggregate sind im lose gepflügten Material und ebenso im verdichteten Material unter der Schleifsohle zu erkennen. Betrachtet man die Verdichtungszone genau,

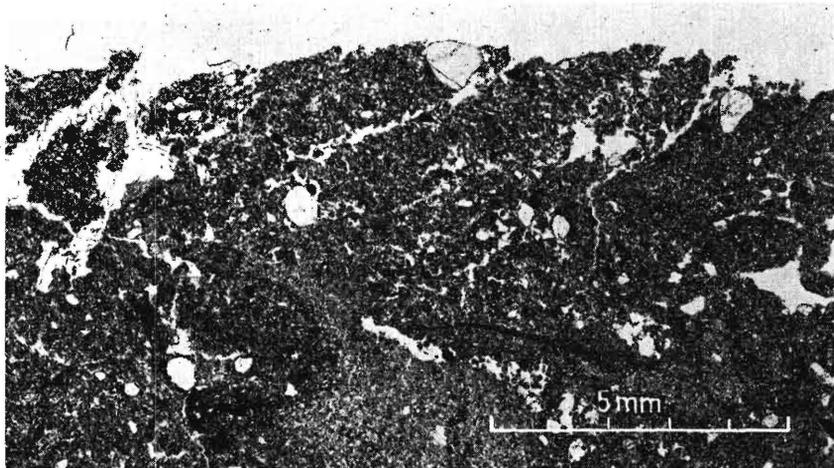


Bild 10. Querschnitt (Dünnschliff) durch die in Bild 4 dargestellte Scharschnittgrenze. Die feinen Risse sind deutlich als Zungenbildungen erkennbar (Bodenrinne: Löß, Parzelle 4).

so zeigt sich, daß dort noch überall unzerstörte Aggregate vorhanden sind. Das dicht verschmierende Bodenmaterial in Bild 5 und 6 setzt sich dagegen vorwiegend aus etwas helleren, tonäreren Anteilen von geringerer Stabilität zusammen.

Die hauptsächlichste Verdichtungszone in Bild 7 ist nur wenige Millimeter mächtig. Darunter sind zahlreiche kleinere Hohlräume erhalten geblieben. Aber schon die außerordentlich dünne Schleifzone an der Oberfläche der verdichteten Schicht ist im Stande, die Durchlässigkeit der Bearbeitungsgrenze soweit zu vermindern, daß eine echte Störung für das Pflanzenwachstum auftreten kann. Durch die schmierende Wirkung der Schleifsole entsteht zudem vielfach ein sehr feiner, in starker Vergrößerung deutlich erkennbarer Tonfilm, der den Abschluß zum Untergrund noch weiter verstärkt, **Bild 9**.

Demgegenüber läßt sich die Ribbildung an der Schnittfläche des Schares, wie sie Bild 4 zeigt, im Dünnschliff nach **Bild 10** als „Zungenbildung“ erkennen, die allerdings hier gegenüber den Beobachtungen von Sack [5] in sehr feiner Ausbildung vorliegt.

Diese kurzen Darstellungen zeigen bereits den großen Unterschied zwischen der Wirkung der Schleifsole und dem Scharschnitt auf den Boden. Je nach den herrschenden Bedingungen können diese Einflüsse mehr oder weniger stark zur Wirkung kommen. Außerdem sind aber offensichtlich auch in denjenigen Teilen der Bearbeitungszone, die nicht durch den Druck der Schleifsole verdichtet wurden, Druckwirkungen eingetreten. Um diese Zusammenhänge näher zu erfassen, werden neben den

laufenden physikalischen Messungen nun auch Messungen an Dünnschliffen durchgeführt, über deren Ergebnisse zu gegebener Zeit zu berichten sein wird.

Wie aus den Bildern, insbesondere den Bildern 5 bis 9, klar hervorgeht, entstehen unter dem Einfluß der verschiedenen Bewirtschaftungsmaßnahmen deutlich erkennbare partielle Veränderungen im strukturellen Aufbau des Bodens. Sie sind räumlich mehr oder weniger eng begrenzt oder treten als sehr dünne Zonen auf. Durch die an den gleichen Objekten mit verschiedenen Methoden durchgeführten bodenphysikalischen Untersuchungen konnten diese Unterschiede aber nicht erfaßt werden. Es ist deshalb nicht ausgeschlossen, daß auch in anderen Fällen mit den bisher zur Verfügung stehenden Methoden bestimmte strukturelle Unterschiede nicht festgestellt werden konnten, obwohl sie tatsächlich vorhanden waren, und möglicherweise einen wesentlichen Einfluß auf bestimmte bodenphysikalische Eigenschaften und damit auf das Pflanzenwachstum selbst ausgeübt haben.

Die mikromorphologische Bodenuntersuchung mit Hilfe des Dünnschliffes erscheint uns in diesem Zusammenhang als eine neue, wertvolle Methode, um strukturelle Veränderungen im Ackerboden zunächst am Bild nach ihrer Art und ihrem Umfang zu kennzeichnen. Darüber hinaus kann sie ein besonders wertvolles Hilfsmittel sein, um geeignete bodenphysikalische Methoden sinnvoll anzuwenden, zu verfeinern oder aber neu zu entwickeln, mit denen dann die erkannten strukturellen Veränderungen auch meßtechnisch einwandfrei erfaßt werden können.

Schrifttum

- [1] Czeratzki, W.: Bodenphysikalische Ergebnisse aus Versuchen mit Zweischichtpflügen. Tag.ber. Nr. 28 d. Dtsch. Akad. d. Landwirtschaftswiss. Berlin, 1960.
- [2] Feuerlein, W.: Zum Einfluß des Schlepperrads auf den Acker. Landbauforsch. Völkenrode **11** (1961) H. 3, S. 69/72.
- [3] Altemüller, H.-J.: Neue Möglichkeiten zur Herstellung von Bodendünnschliffen. Z. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde **72** (1956) S. 56/62.
- [4] Altemüller, H.-J.: Verbesserung der Einbettungs- und Schleiftechnik bei der Herstellung von Bodendünnschliffen mit Vestopal. Z. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde **99** (1962) S. 164/177.
- [5] Sack, H.: Über die Ursache der Bodenverdichtung in der Sohle der Pflugfurche und deren Vermeidung (In diesem Heft).