

## BODENBEARBEITUNG – URALTES TUN, JUNGES FORSCHUNGSGEBIET

Mit der Bearbeitung des Bodens verbindet nicht nur der Bauer selbst, sondern auch der Außenstehende im allgemeinen die Vorstellung von einer uralten Beschäftigung des Menschen, der den Acker bebaut, um seinen und seiner Familie Hunger zu stillen. Bildliche Darstellungen des pflügenden oder die Erde bearbeitenden Bauern auf alten Reliefs oder eingeritzt in Tonvasen gehören mit zu den ältesten Zeugen der Geschichte der menschlichen Kultur. Die Bevölkerung der gesamten Erde lebt von diesem im Grunde einfachen Tun, das für Millionen von bäuerlichen Familien in aller Welt zum täglichen Inhalt ihres Lebens gehört.

### Statt Erfahrungen ...

In einer Zeit, in der die Erforschung auch sehr einfach erscheinender Vorgänge des Lebensvollzuges zu einer Selbstverständlichkeit geworden ist, sollte man annehmen, daß uns auch die Bearbeitung des Bodens nicht mehr allzu viele ungelöste Rätsel aufzugeben vermag. Selbstverständlich hat dieses Gebiet die Landbauwissenschaft immer wieder beschäftigt. Doch gemessen an seiner weltweiten Bedeutung und dem allgemeinen Fortschreiten und Stand der Erkenntnisse in der landwirtschaftlichen Forschung zeigt das Wissen um ackerbauliche Eigenschaften und Verhalten des Bodens sowie um die rationellste Art seiner Bearbeitung noch breite Lücken. Dies mag sonderbar anmuten, hat aber seine gewichtigen Gründe.

Solange es nicht darauf ankam, die natürliche Leistungsfähigkeit der Böden auszuschöpfen, mochte die individuelle Empirie für ihre Bewirtschaftung ausreichen. Seit es aber gilt, das Leistungspotential eines Bodens voll und dabei rationell zu nutzen, reicht eine subjektive, und möglicherweise falsche, Beurteilung nicht mehr aus, sondern muß durch objektiv richtiges Erkennen von Ursachen und Wirkung ersetzt werden.

### ... wissenschaftlich-experimentelle Grundlagen

Dies setzt aber drei Dinge voraus:

Eine sehr genaue Kenntnis des Bodens, den wir bearbeiten.

Ein gesichertes Wissen über die Ansprüche der Pflanzen an den (landläufig als „Struktur“ bezeichneten) Bodenzustand und die Möglichkeit, ihn wenigstens für eine bestimmte Zeit wunschgemäß zu beeinflussen.

Klare Vorstellungen darüber, wie die angesetzten Geräte grundsätzlich und unter den im Augenblick der Bearbeitung gerade gegebenen Verhältnissen die Bodenstruktur beeinflussen werden.

Diese Voraussetzungen waren aber bis in die neueste Zeit weder für eine wissenschaftliche Bearbeitung noch für den praktischen Landwirt gegeben. Dazu waren noch zu viele Fragen aus dem Gebiet der Grundlagenforschung ungeklärt. Zwar wird auch heute noch häufig die Ansicht vertreten,

daß bei einem durch Generationen ererbten Schatz an sorgfältigen Naturbeobachtungen die Erfahrungen der Praktiker nicht allzu weit von der Wahrheit entfernt liegen könnten. Der Wissenschaft mit ihren exakten Methoden bleibe eigentlich nur noch übrig, das Fingerspitzengefühl des Landwirtes zu bestätigen.

So einleuchtend dieses Argument klingt, es läßt sich zumindest in seiner Allgemeingültigkeit un schwer widerlegen. Zunächst ist dieser landwirtschaftliche Erfahrungsschatz größtenteils unter wirtschaftlichen und technischen Voraussetzungen gesammelt worden, die heute weit überholt sind. Bei dem Tempo und den vielseitigen Wegen, die besonders die landtechnische Entwicklung eingeschlagen hat, ist gar nicht zu erwarten, daß er sich den völlig veränderten Voraussetzungen schon angepaßt hätte. Davon abgesehen, wissen wir auch aus der wissenschaftlichen Versuchsarbeit, wie viele scheinbar wohlbegründete Erfahrungen auf falschen Voraussetzungen, und noch mehr auf zwar alten, naturwissenschaftlich aber längst überholten Vorstellungen beruhen. Gerade hierbei ist die vielgerühmte Erfahrung sehr oft gleichbedeutend mit einem Nicht-Erkennen oder einer falschen Deutung der kausalen Zusammenhänge. Deshalb muß zunächst eine ganze Reihe in der Praxis fest verankelter „Erfahrungen“ und Vorurteile auf dem Gebiet der Bodenbearbeitung noch ausgemerzt und durch eine neue, wissenschaftlich-experimentell fundierte Grundlage ersetzt werden.

### Individuelle Bodeneigenschaften ...

So ist z. B. lange Zeit nicht genügend bedacht worden, daß allgemeine Erfahrungen und auch Ergebnisse von Versuchen unter gegebenen Boden- und Standortverhältnissen im mehrfachen Sinne des Wortes individuell sind. Einmal ist jeder Boden beinahe selbst ein „Individuum“. Einzelfälle sind auch meist die gerade herrschenden Bedingungen, und damit ist das Resultat einer Bearbeitungsmaßnahme stets mehr oder weniger zufällig. Als dritter individueller Faktor tritt schließlich der Mensch hinzu, der in seinem Bestreben nach einer Ordnung der Dinge sehr verschiedene Wege einschlagen kann. Da es ein Unding wäre, jeden einzelnen Boden als ein besonderes Individuum zu betrachten und zu behandeln, muß man versuchen, mit einer Ordnung und Gruppierung schon möglichst frühzeitig zu beginnen. Dabei kann man deduktiv vorgehen, also alles gleichartig Erscheinende zunächst zusammenfassen, und erst später nach näherem Studium unterscheiden, differenzieren und kategorisieren. Solange aber Auge, Erfahrung und Wissen nicht genügend geschult sind, solange wir nur einzelne, die Bodeneigenschaften mitbestimmende Faktoren berücksichtigen und selbst diese nur durch unzureichende Methoden erfassen können, mögen zwei Objekte ähnlich oder gleichartig erscheinen, die sich tatsächlich in wichtigen Eigenschaften unterscheiden.

Heute erscheint es kaum glaublich, daß noch fast sämtliche vor und während des zweiten Weltkrieges angelegten Bodenbearbeitungsversuche

ohne nähere Kenntnis und Berücksichtigung der geologischen Grundlage und der genetischen Entwicklung des zu bearbeitenden Ackerbodens begonnen worden sind. Doch auch die Bodenkunde und die Bodenmorphologie sind selbst noch junge Wissensgebiete und trotz der Pionierdienste, die MITSCHERLICH (1) und STEBUTT (2) mit ihren Arbeiten geleistet haben, können wir von einer landwirtschaftlich-angewandten Bodenkunde im allgemeineren Sinne seit kaum mehr als einem Jahrzehnt sprechen.

#### ... und ihre unzureichende Kennzeichnung ...

Die Kennzeichnung des Bodens hat sich deshalb früher meist auf die Angabe der Bodenart, etwa nach dem Rahmen der Reichsbodenschätzung, beschränkt, obwohl auch hier HEUSER (3) und v. NITZSCH (4) schon relativ früh neue Wege aufgezeigt haben. Auch seine Zusammensetzung nach Grobsand, Feinsand, Schluff und Ton wurde nur vereinzelt angegeben.

Das Makro-Gefüge (meist als „Struktur“ bezeichnet), wichtiges Kriterium für das Pflanzenwachstum, wurde sehr lange allein durch visuelles Beurteilen des Krumbodens gekennzeichnet, im günstigsten Falle ergänzt durch die Messung des Gesamtporenraumes (nach v. NITZSCH) und einfache Verfahren zur Bestimmung der Stabilität der Bodenaggregate gegen Wasser. Entscheidend war jedoch, daß dabei fast durchweg von bestimmten Arbeitshypothesen ausgegangen wurde, die ihren Schwerpunkt entweder auf der mechanisch-physikalischen Seite (Porosität) oder aber in der biologischen Blickrichtung (Garebetrachtung) hatten.

Aber nicht nur diese Einengung der gedanklichen Konzeption, sondern auch manche aus ihr abgeleiteten Versuchsfragen haben auf Umwege oder in Sackgassen geführt. Das Ergebnis eines Versuches ist ja stets die Summenwirkung einer großen Zahl von Faktoren. Diese lassen sich aber nur sehr bedingt steuern und es ist außerordentlich schwierig, ihre qualitative und quantitative Bedeutung im Einzelfall festzulegen. Damit fehlt sehr vielen bisher durchgeführten Versuchen eines der entscheidenden Kennzeichen des wissenschaftlichen Experiments, nämlich die Reproduzierbarkeit.

#### ... erschwerten das Erkennen gesetzmäßiger Zusammenhänge

Darin liegt keine Kritik, sondern das Eingeständnis, daß wir uns beim Boden, seiner strukturellen Veränderung durch die Bearbeitung und deren Auswirkung auf das Pflanzenwachstum wohl vor eine der schwierigsten Aufgaben im Ackerbau überhaupt gestellt sehen, die durch die Unübersehbarkeit des Witterungsablaufes noch zusätzlich erschwert wird. Es leuchtet ein, daß unter solchen Bedingungen das Ergebnis eines Bodenbearbeitungsversuches nicht a priori auf einen anderen, unter scheinbar gleichartigen Verhältnissen angelegten, übertragen werden kann. Ein solches Experiment hat den Charakter der Einmaligkeit und ist für das wissenschaftliche Streben, Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, nur bedingt fruchtbar. Werden trotzdem daraus bestimmte Beurteilungs- und Bewirtschaftungsverfahren abgeleitet, sind Fehlschläge kaum zu vermeiden.

Es kommt hinzu, daß die frühere Versuchstechnik für Freilandversuche und die mathematische Verrechnung der Ergebnisse keinen Vergleich mit den heutigen Verfahren aushalten. Bei der Nachprüfung früherer Versuchsfelder nach modernen bodenkundlichen Gesichtspunkten konnten wir immer wieder feststellen, daß erhebliche Ungleichmäßigkeiten im Bodenmaterial und Profilaufbau die Ergebnisse fragwürdig oder unbrauchbar machen. (Dies gilt übrigens sicher nicht weniger für viele Düngungs- und Sortenversuche.) So können wir uns bei unserer weiteren Arbeit nur beschränkt auf gesicherte Erfahrungen und Ergebnisse stützen, sondern müssen nahezu von vorn beginnen.

#### Neue Wege ...

Dabei gehen wir heute in der wissenschaftlichen Arbeit einen anderen, den induktiven Weg, der mit der Kennzeichnung möglichst zahlreicher, charakteristischer Bodeneigenschaften beginnt, um erst danach wirklich Gleichartiges oder nahe Verwandtes einander zuzuordnen und nach ganz bestimmten Aspekten zu gruppieren. Denn erst das Erkennen ganz bestimmter Gesetzmäßigkeiten in Entstehung, Eigenschaft und Verhalten eines Bodens schafft die Voraussetzungen dafür, Erfahrungen und Ergebnisse von einem Fall auf einen anderen, vergleichbaren zu übertragen. Nur unermüdliche Geduld, zähe Kleinarbeit in vielen methodischen Fragen, das Zusammentragen vieler fehlender Bausteine aus der Bodenkunde, der Bodenphysik, der Pflanzenphysiologie und der Landtechnik konnten und können unsere Erkenntnisse schrittweise erweitern.

#### ... mit Hilfe der Bodenkunde ...

Eine sehr wesentliche Voraussetzung hierfür ist zunächst durch die im letzten Jahrzehnt erarbeiteten Erkenntnisse auf dem Gebiet der Bodenkunde und Bodenmorphologie geschaffen worden. Durch sie sind die Möglichkeiten, das Bodengefüge zu beurteilen und zu bewerten, in ein ganz neues Stadium getreten.

Vom makroskopischen und mikroskopischen Aufbau des Bodengerüstes hängen ja zahlreiche, für das Pflanzenwachstum entscheidend wichtige physikalische Faktoren ab (so Wasserführung und -haltung, Durchlüftung, Erwärmung, mechanischer Widerstand gegen das Eindringen der Pflanzenwurzeln, strukturelle Veränderungen durch Setzen, Quellen, Schrumpfen und Gefrieren). Heute wissen wir, daß eine sehr genaue Kenntnis der geologischen Grundlagen und der genetischen Entwicklung des zu bearbeitenden Bodens eine Grundvoraussetzung für die Gefügebeurteilung und damit unsere gesamte Arbeit ist. Wir wissen weiter, daß bestimmte Strukturformen, die in der Vergangenheit als „gut“ oder „schlecht“ betrachtet und oft auf unzweckmäßige Bearbeitungsmaßnahmen zurückgeführt wurden, vorwiegend bodenbedingt sind und durch das Einwirken atmosphärischer Kräfte auf den Boden entstehen. Hierüber haben wir jedoch erst Klarheit erhalten, nachdem wir in zielbewußten Versuchen diese Kräfte nachzuahmen und systematisch abzuwandeln versucht haben, und nachdem es uns gelungen war, die

Dynamik dieser Vorgänge sogar im Film festzuhalten (5). Auf diese Weise erhielten wir dann Anhaltspunkte dafür, welche natürlichen Makrogefüge-Typen oder „Strukturelemente“ wir in einem bestimmten Boden überhaupt zu erwarten haben und welche Änderungen dieser Struktur wir durch den Einsatz bestimmter Geräte erreichen oder doch anstreben können. Schließlich wissen wir heute, daß sich einige ackerbaulich unerwünschte Bodeneigenschaften (etwa die Neigung zur Instabilität und zum Verschlämmen) zwar in gewissen Grenzen beeinflussen lassen, daß sie aber im wesentlichen in der Entwicklung eines Bodens durch Jahrhunderte begründet sind.

### ... der Mikromorphologie ...

Als besonders wertvoll und interessant hat sich das mikroskopische Studium des Bodens erwiesen. Ein wesentlicher Schwerpunkt unserer Arbeit lag

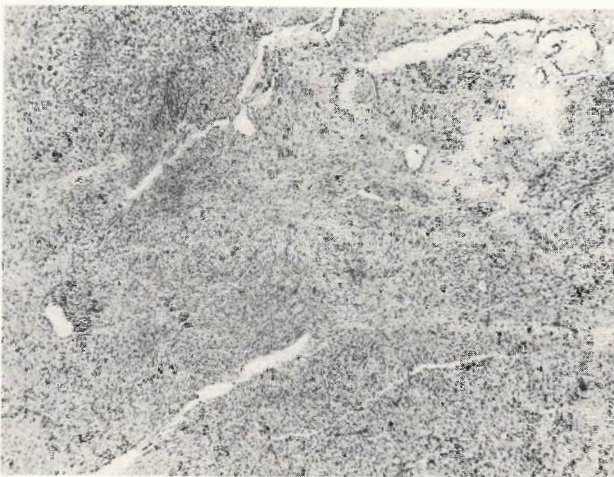


Bild 1: Nahezu homogen verwitterter Ton aus dem Gipskeuper von Limbach, Kreis Crailsheim/Württ. Tongehalt 71 %. Einige Schwundrisse sind regellos angeordnet, führen aber nicht zur Absonderung von Aggregaten. Dünnschliff, M 60 : 1.



Bild 2: Tonige Grundmasse mit eingesprengten Schiefertongplättchen aus dem Lettenkeuper von Böttingen, Kreis Gundelsheim/Neckar. Tongehalt 68 %. Die Schiefertongplättchen üben als Gesteinsreste noch eine schwache Skelettfunktion aus und sind daher für die Durchlüftung des Bodens bedeutsam. In der Schlämmanalyse treten diese Reste nicht in Erscheinung, da sie dispergiert werden und dem Tongehalt zufallen. Dünnschliff, M 60 : 1.

deshalb auf dem Bemühen, das von KUBIENA (6) entwickelte Verfahren der Bodendünnschliffe hinsichtlich der Schlifftchnik und der optischen Auswertung zu vervollkommen und auszubauen. Diese jetzt in enger Zusammenarbeit mit KUBIENA weitgehend ausgereifte Methode eröffnet ganz neue Wege, ein bestimmtes Verhalten des Bodens zu erklären und Schlüsse daraus zu ziehen, wie er sich bestimmten Bewirtschaftungsmaßnahmen gegenüber verhalten wird (7). Besondere Bedeutung gewinnt diese Arbeitsrichtung in dreifacher Beziehung. Einmal ist es auf diesem Wege möglich, Gefügeunterschiede auch dort noch festzustellen, wo diese durch physikalische Untersuchungsmethoden nicht mehr aufgezeigt werden oder deren Ergebnisse scheinbar widerspruchsvoll sind (Bild 1 und 2). Zweitens ist sie eine wertvolle Kontrolle und Sicherung bei der makroskopischen Gefügebeurteilung. Und drittens schließlich ist sie die feinste uns bisher bekannte Unterscheidungsmöglichkeit beim Abgrenzen der Streubereiche, in die wir nach Aufbau und Verhalten gleichartige Böden eingruppiert sollen. So liegen allein schon in diesem bodenkundlichen und bodenmorphologischen Rüstzeug wertvolle Möglichkeiten, den Ackerboden genauer als bisher zu kennzeichnen.

### ... und der Bodenphysik ...

Eine zweite, sehr wesentliche Hilfe sind uns hierbei ferner die schnellen Fortschritte in der Bodenphysik, einem Forschungsgebiet, das in den USA und in Rußland schon länger gepflegt, in Westeuropa aber erst neuerdings intensiver bearbeitet wird. An die Stelle einfacher und recht grober Verfahren sind überall in stiller und zäher Arbeit neue, verfeinerte Methoden getreten, die einen sehr viel umfassenderen Einblick in die physikalischen Eigenschaften des Ackerbodens erlauben. Neben feiner differenzierten, übernommenen Verfahren zur Bestimmung der Korngrößenverteilung, der Aggregatstabilität und des Lufthaushaltes sollen uns vor allem die im Institut entwickelten Verfahren zur Bestimmung der Porengrößenverteilung, des Aufnahme- und Nachlieferungsvermögens für Wasser helfen, mechanisch-physikalische Eigenschaften und Verhalten des Bodens genauer als bisher zu bestimmen. Daß mit ihnen auch Untersuchungen an gewachsenen Böden (also im freien Feld!) und die Verarbeitung umfangreicher Serien möglich wird (8), ist bei der inzwischen erkannten Vielfalt der Böden eine wichtige Voraussetzung dafür, feinere Bodenunterschiede zu erfassen. Neuerdings versuchen wir auch die Messung der plastischen Eigenschaften des Bodens, die ja für den Erfolg fast aller Bodenbearbeitungsgeräte von ausschlaggebender Bedeutung sind, in unsere Untersuchungen einzubeziehen. Dies verspricht wertvolle neue Erkenntnisse und Hinweise dafür, wie wir unsere Bodenbearbeitungsgeräte sinnvoll einzusetzen haben. Es ist selbstverständlich, daß auch die modernen Verfahren der chemischen Bodenanalyse in dieser Arbeit ihren Platz haben.

### ... eröffnen jetzt Möglichkeiten ...

All diese Erkenntnisse mußten erst gesammelt und die methodischen Grundlagen dazu erarbeitet sein, ehe wir daran denken konnten, zunächst die natür-

lichen Eigenschaften des zu bearbeitenden Bodenmaterials genügend genau zu charakterisieren und in Maß und Zahl festzulegen. Jetzt erst können wir auch mit besserer Aussicht auf Erfolg untersuchen, welche strukturellen Veränderungen im Boden wir durch bestimmte Bearbeitungsmaßnahmen erzielen (9) und wie lange sie im Boden erhalten bleiben. Die mechanische Beeinflussung des Bodengefüges und seine natürlichen, dynamischen Veränderungen ändern ja auch ständig die physikalischen Bodeneigenschaften. Da wir auf dem Boden bestimmte Pflanzen anbauen wollen, interessieren uns nicht weniger die Wechselbeziehungen zwischen strukturbedingten physikalischen Bodeneigenschaften und dem Pflanzenwachstum. Auch hierzu fehlten uns lange die notwendigen Untersuchungsverfahren. Seit wir uns aber auf die neuen bodenkundlichen Erkenntnisse und die verbesserten Methoden stützen können, gelang es wenigstens schon teilweise, an Stelle der Empirie ein besseres Wissen zu setzen. Zwar stehen wir auch hier noch am Anfang eines langen Weges, dennoch eröffnen neue Erkenntnisse, die wir über die Beziehungen ackerbaulich wichtiger Bodeneigenschaften zum Pflanzenwachstum erarbeiten konnten (10), Aussichten auf einen besseren Einblick in diese sehr verwickelten Wechselwirkungen.

### ... zu neuem Forschen an altem Tun

Leider können wir dies von dem Arbeitsgebiet, das der Wirkung der verschiedenen Geräte auf den Boden gilt, vorerst nur bedingt sagen. Seit Jahrtausenden wird der Boden geritzt, gewühlt oder gepflügt. Trotz der Einfachheit der benutzten Werkzeuge ist vor allem der Pflug noch heute eines der am wenigsten erforschten Hilfsmittel der Landwirtschaft. Noch ist es nämlich nicht gelungen, die Wechselbeziehungen zwischen der Form eines Pflugkörpers und seinem Arbeitserfolg unter gegebenen Bedingungen eindeutig zu bestimmen und die Gesetzmäßigkeiten aufzuzeigen, nach denen sie sich unter wechselnden Bedingungen ändern. Millionen von Landwirten in aller Welt arbeiten mit diesem Gerät, und hier hat noch jeder einzelne von ihnen seine ganz persönliche, von der seines Nachbarn oft abweichende Auffassung über seinen Einsatz und seine Wirkung. So ist es nicht verwunderlich, daß es auch heute noch tausende von verschiedenen Pflugformen gibt, weil nirgendwo klare Vorstellungen darüber bestehen — von Meßergebnissen ganz zu schweigen —, ob denn die geleistete Arbeit überhaupt den geeigneten Boden Zustand für günstige Wachstumsvoraussetzungen schafft und ob (heute besonders wichtig!) dieser Bearbeitungseffekt auch mit wirtschaftlich tragbarem Aufwand erreicht oder nicht viel billiger auf anderem Wege erzielt werden kann.

Eine der vordringlichen Aufgaben liegt deshalb in dem Fragenkreis um Form und Arbeitserfolg der Pflugkörper (11), der intensiv bearbeitet wird, nachdem wissenschaftlich und apparativ einigermaßen ausreichende Voraussetzungen dafür erarbeitet werden konnten. Aber auch die Anschauungen über Arbeitsweise und Bedeutung anderer Bodenbearbeitungsgeräte müssen dringend aus dem Bereich der Empirie gelöst und durch sorgfältige Messungen in exakten wissenschaftlichen Versuchen unterbaut werden (12). Sicher sind alle der-

artigen Untersuchungen wegen der Vielzahl der zusammenwirkenden Faktoren außerordentlich schwierig und erfordern einen großen Aufwand an Apparaturen, Personal und Zeit. Doch erst dann,

wenn wir sehr viel mehr darüber wissen, welche Möglichkeiten der Strukturbeeinflussung ein gegebener Boden überhaupt zuläßt;

wenn wir messen können, wie sich diese Veränderungen auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens auswirken;

wenn wir für abgegrenzte Bodengruppen wenigstens ungefähr angeben können, wie durch einen ganz bestimmten Einsatz sorgfältig ausgewählter Geräte eine solche Beeinflussung des Bodengefüges zu erreichen erreicht werden kann,

erst dann werden wir auch den Anschluß an die wissenschaftlich und praktisch wichtigste Frage herstellen können: Welche Bodenzustände wir unseren Kulturpflanzen anzubieten versuchen müssen, um ihnen unter sorgfältiger Berücksichtigung der ökonomischen Gesichtspunkte die ihnen zuzugenden Wachstumsbedingungen zu schaffen.

Dürfen wir angesichts dieser Fülle von Aufgaben auf dem so einfach erscheinenden, doch immer noch grundlegenden Gebiet der Bodenbearbeitung nicht mit Recht sagen: „Bodenbearbeitung — uraltes Tun, junges Forschungsgebiet“?

### Schrifttumsnachweis

1. MITSCHERLICH, E. A.: Bodenkunde für Land- und Forstwirte. — Berlin: Parey 1905.
2. STEBUTT, A.: Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. — Berlin: Bornträger 1930.
3. HEUSER, O. E.: Grundzüge der praktischen Bodenbearbeitung auf bodenkundlicher Grundlage. — Berlin: Parey 1928, 228 S.
4. v. NITZSCH, W.: Bessere Bodenbearbeitung. — Berlin 1935, 288 S. (RKTL-Schrift H. 70).
5. CZERATZKI, W. u. H. FRESE: Kinematographische Untersuchungen zur Strukturbildung. — Sixième Congrès int. de la Science du Sol, Paris 1956, Rapports Vol. 3, S. 173—178.
6. KUBIENA, W. L.: Entwicklungslehre des Bodens. — Wien: Springer 1948, 215 S.
7. ALTEMÜLLER, H.-J.: Neue Möglichkeiten zur Herstellung von Bodendünnschliffen. — Z. Pflanzenern., Dgg., Bodenkd., 72 (1956) H. 1, S. 56—62.
8. CZERATZKI, W.: Untersuchung der Wasserbewegung im Boden mit Hilfe von Unterdrucklysometern. — Z. Pflanzenern., Dgg., Bodenkd., im Dr., 86 (1959).
9. FRESE, H.: Die Beeinflussung der Bodenstruktur durch Bearbeitungsmaßnahmen. — In: Neue Forschungsergebnisse über Entstehung, Entwicklung und Bearbeitung unserer Böden. (Arbeiten der DLG, Bd. 54) 1959.
10. — Neue Gesichtspunkte für die Beurteilung und Bewirtschaftung unserer Ackerböden. — In: Stand u. Leistung agrikulturnchem. Forschung VI. 1959, S. 49—59 (Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 12).
11. „Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft“ 74 (1959) H. 13.
12. FEUERLEIN, W.: Die Fräse im landwirtschaftlichen Einsatz. — In: 14. Konstrukteurh. 1957, S. 88—98 (Grundlagen der Landtechnik, H. 9).