

Aussichten für eine exakte Beurteilung des Arbeitserfolges von Bodenbearbeitungsgeräten

Von Helmut Frese

Wenn ein Landwirt zu der Frage nach den Möglichkeiten für eine wissenschaftliche Beurteilung des Arbeitserfolges von Bodenbearbeitungsgeräten dem Landtechniker gegenüber seine Gedanken äußert, dann geschieht dies keinesfalls mit dem Anspruch, einen erprobten Weg für eine exakte Definition, Beurteilung oder gar Messung des Arbeitserfolges von Bodenbearbeitungsgeräten aufzuzeigen. Der Landwirt empfindet eine Auseinandersetzung mit dieser Frage als genau so wichtig und ist an ihr ebenso lebhaft interessiert wie der Landtechniker, er sieht und wertet sie jedoch aus einem ganz anderen Aspekt. Die Verschiedenartigkeit dieser Betrachtungsweise, der Gegebenheiten und der Arbeitsmethodik bei Ingenieur und Landwirt erschwert aber eine gemeinsame Arbeit an dieser bedeutungsvollen Aufgabe. Der erste Schritt zu ihrer Lösung wird sein müssen, die Gründe für diese unterschiedliche Betrachtungsweise klarzulegen, die Aufgaben der Bodenbearbeitungsgeräte in ihrer Vielfältigkeit zu kennzeichnen und geeignete Untersuchungsmethoden auszuwählen, um schließlich ein Beurteilungsverfahren oder ein Bewertungsschema auszuarbeiten, das dem Ingenieur möglichst viele, genügend genaue Daten liefert, dem Landwirt aber die Möglichkeit schafft, sich ein Gerät mit denjenigen Eigenschaften auszuwählen, das jeweils den besonderen Bedingungen und Anforderungen am besten entspricht.

Der Ingenieur geht bei seinen Untersuchungen von einem bestimmten Ausgangszustand aus und strebt ein möglichst genau umrissenes Ziel an. Er ist im allgemeinen gewohnt und in der Lage, zu messen und zu zählen, er vermag Ausgangszustand, Endprodukt und die zwischen beiden aufgewandte Arbeit genau zu bestimmen und zu reproduzieren, wobei er meist unter bestimmten, möglichst konstanten Bedingungen arbeitet. Bei der spanabhebenden Formung etwa, die sich wohl am besten mit den Vorgängen bei der Bodenbearbeitung vergleichen läßt, geht es darum, ein Werkstück mit gegebenen Formen und Abmessungen aus einem Werkstoff mit meßbarer Zusammensetzung (z.B. nach C- oder Mn-Gehalt) und meßbaren Eigenschaften (Härte und Zähigkeit) mit möglichst geringem Aufwand und unter

Beibehaltung von Zusammensetzung und Eigenschaften des Werkstoffes in eine andere Form zu bringen.

Geht es dem Ingenieur um die Ermittlung der Gebrauchseigenschaften eines Werkzeuges, dann kann er ein bekanntes, reproduzierbares Testmaterial verwenden und Vorschub, Spanstärke und alle anderen, ihm geeignet erscheinenden Daten messen. Bearbeitet er denselben Werkstoff mit verschiedenen Werkzeugen, so kann er vergleichend messen und beurteilen, in welcher Relation z.B. schnelleres Arbeiten zu einer stärkeren Abnutzung und zu den Bearbeitungskosten bzw. der Wirtschaftlichkeit steht. Dabei ist das jeweilige Werkzeug (ein Drehstahl, Fräser oder dergleichen) für einen verhältnismäßig eng begrenzten Zweck entwickelt; ferner ist die Homogenität des Werkstoffes für den Ingenieur eine in gewissen Grenzen gegebene Voraussetzung bei der von ihm anzustellenden Untersuchung.

Bei der ihm eigenen Denk- und Arbeitsweise kann man vom Ingenieur nicht ohne weiteres erwarten, daß er die völlig anders geartete Arbeitsweise des Landwirtes versteht und anerkennt, der sich ja mit ungezählten Imponderabilien auseinandersetzen muß und dessen persönliche Auffassung – oft als Ergebnis der Erfahrungen von Generationen – vieles in seiner Arbeit bestimmt. Verständlicherweise hat der Ingenieur auch die Vorstellung, daß sich der „Werkstoff Ackerboden“ ebenso definieren und beherrschen lassen müsse wie der Werkstoff Metall. Und tatsächlich verhält sich auch der Boden nach bestimmten physikalischen Gesetzen, wenn er etwa hohen Druckbeanspruchungen ausgesetzt ist (wie z.B. in der Baugrundforschung). Bei der Bearbeitung des Ackerbodens ist aber eine Gesetzmäßigkeit schwer zu erkennen, da sich Scher-, Reibungs- und Schlagkräfte neben verhältnismäßig geringen Drücken überlagern, wo wir meist auch keinen Verdichtungs-, sondern einen Lockerungseffekt anstreben, und wo auch immer die Bodendynamik und die Bodenbiologie die physikalischen Eigenschaften des Bodens stark beeinflussen. Der Boden ist ein offenes System, dem ständig neue Stoffe zugeführt

werden und das wechselnden Einflüssen ausgesetzt ist, die seinen Zustand verändern und bestimmen. Während also die Bodenmechanik, soweit sie die Baugrundforschung betrifft, in das Gebiet der Statik gehört, unterliegt die Mechanik des Ackerbodens den Gesetzen der Dynamik, und zwar sowohl hinsichtlich der kurzzeitigen Vorgänge bei der Bodenbearbeitung als auch hinsichtlich der inneren Dynamik des Ackerbodens über längere Zeitabschnitte, die durch die ununterbrochen ablaufenden physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge bestimmt wird.

Wir werden deshalb, zumindest vorläufig, der Tatsache Rechnung tragen müssen, daß der Ackerboden nicht einfach ein Werkstoff im technischen Sinne ist, und wir können auch als Ackerbauer nur wünschen, daß er niemals ein solcher „Werkstoff“ werden möge. Deshalb ist auch die Bearbeitung der Metalle eine Wissenschaft, die Bearbeitung des Bodens aber – um mit dem Amerikaner *Yoder* zu sprechen – bis heute eine schwierige Kunst, die erst einmal zu einer Wissenschaft werden soll. Diesem Ziel näherzukommen, liegt durchaus im gemeinsamen Interesse des Landwirtes wie des Ingenieurs.

Dabei erschwert die Tatsache, daß die Bodenbearbeitungsgeräte und -verfahren bis heute fast ausnahmslos empirisch entwickelt und angewandt werden, dem Wissenschaftler (dem Ingenieur wie dem Landwirt) die Erforschung der Zusammenhänge zwischen der Werkzeugform und dem technologischen Arbeitserfolg. Ohne Zweifel aber würde eine Kenntnis der hierbei geltenden Gesetzmäßigkeiten nicht nur Möglichkeiten für die systematische Entwicklung wirksamerer und Zugkraft sparender Geräte eröffnen, sondern vermutlich auch eine objektive Prüfung von Bodenbearbeitungsgeräten sehr erleichtern bzw. überhaupt erst ermöglichen.

Bei dem Bemühen, in dieser Richtung einen Schritt voranzutun, müssen wir uns, um die natürlichen Gegebenheiten berücksichtigen und Voraussetzungen und Zielsetzung unserer Arbeit klar umreißen zu können, einige Fragen vorlegen:

I. Welche Aufgabe hat die Bodenbearbeitung?

Vielleicht müßte man diese Frage sogar noch etwas vorsichtiger so fassen: „Welche Aufgaben weisen wir nach dem heutigen Stand unseres Wissens der Bodenbearbeitung zu?“ und mit allem, leider notwendigem Vorbehalt kann man eine Antwort in einem Satz vielleicht so formulieren:

Einen gegebenen Boden mit möglichst geringem Aufwand in einen Zustand zu versetzen, der die Anforderungen der anzubauenden Kulturpflanzen möglichst weitgehend erfüllt.

Der kritische Leser, vor allem der Ingenieur, wird diese Definition als sehr allgemein empfinden.

Er möge aber nicht vergessen, daß selbst diese Definition noch recht anspruchsvoll ist. Denn wir können zwar u.U. die physikalischen Eigenschaften der Böden im Ausgangszustand und nach der Bearbeitung methodisch kennzeichnen, aber selbst der fähigste Acker- oder Pflanzenbauer vermag heute nicht zu sagen, welche bestimmten Anforderungen die einzelne Pflanze an die physikalischen Eigenschaften des Bodens stellt, und dies selbst dann nicht, wenn die atmosphärischen Bedingungen nach Belieben gesteuert werden könnten. Wir beginnen erst jetzt, uns langsam in dieses schwierige Wissensgebiet vorzutasten. Darüber hinaus stellen sich der Anwendung ingenieurmäßigen Denkens und mathematisch klarer Definition in der Landwirtschaft noch andere, vorläufig unüberwindlich erscheinende Hemmnisse entgegen, die in der Natur des Bodens liegen. Denn im Gegensatz zum Ingenieur geht der Landwirt bei seiner Arbeit

- a) von stets wechselnden Ausgangszuständen aus (und zwar nicht nur auf seinen verschiedenen Böden, sondern auch immer wieder auf ein und demselben Boden),
- b) arbeitet er unter inkonstanten, nicht voraussehbaren und kaum beeinflussbaren Witterungsbedingungen,
- c) strebt er schließlich mit der Bearbeitung einen Bodenzustand an, der ihm zwar die größte Wahrscheinlichkeit für das Gelingen all seiner ackerbaulichen Maßnahmen bietet, aber niemals genau festgelegt werden kann, schon weil von 10 erfahrungsgemäß wechselnden Jahreswitterungen bestenfalls 8 oder 9 mit einem Kompromiß angesteuert werden können, 1 bis 2 Versager einer „normalen“ Bearbeitungsweise aber in Kauf genommen werden müssen.

Deshalb gibt es im praktischen Ackerbau kaum eine ideale oder optimale, genau definierbare Struktur für eine bestimmte Pflanze, sondern immer nur einen mehr oder weniger breiten Strukturbereich, in dem sich die Pflanze voraussichtlich gut entwickeln kann. Denn die Gesamtheit der Wachstumsbedingungen unserer Kulturpflanzen stellt den Summeneffekt einer großen Zahl von Faktoren dar, von denen die Bodenstruktur nur ein einziger ist, und wobei diese nicht nur selbst durch die Witterung unmittelbar beeinflusst wird, sondern ihrerseits wiederum einen wesentlichen Einfluß darauf hat, wie die einzelne Pflanzenart oder Varietät auf die Witterung und den Bodeneinfluß reagiert.

Neben diesen Schwierigkeiten muß der Landwirt noch folgenden Gegebenheiten Rechnung tragen:

- d) Ein großer Teil aller Bearbeitungsgänge erfolgt in einem unterschiedlich langen Abstand vor dem Augenblick, in dem die Pflanze den Boden in Anspruch zu nehmen beginnt.

- e) Deshalb ist es nur in seltenen Fällen der Zweck von Bodenbearbeitungsmaßnahmen, in einem Arbeitsgang, z.B. vom Stoppelacker zum Saatbeet zu kommen.
- f) In sehr vielen Fällen brauchen wir gewisse Zwischenstufen der Bearbeitung, um Zeit und eine gewisse Struktur- (Gerüst-) reserve für bestimmte Arbeitsgänge (wie Düngerstreuen und -earbeiten, Unkrautkeimen und -bekämpfen, Abtrocknen) zu behalten und natürlichen Bodenschluß und Homogenität der Lagerung zu erzielen (die mit einem Gerät in einem Zug auf die gesamte Bearbeitungstiefe entweder gar nicht oder aber sehr teuer oder unter Verschwendung von Wasser oder nur unter unerwünschter Beeinflussung der Struktur zu schaffen sind).
- g) Ferner ist es fraglich, ob der meßbare Bodenzustand nach Beendigung der Arbeitsreihe auch gleichzeitig das Ende der Strukturveränderungen darstellt, in dem die Pflanze nun weiterhinwachsen muß, d.h. bodeneigentümliche Setzungs- und Lockerungsvorgänge müssen stets miterwogen werden.
- h) Schließlich und wiederum kennen wir weder den Einfluß der Atmosphären während der gesamten Bearbeitungszeit noch deren Nachwirkungen auf den Boden nach der Einsaat der Pflanzen, noch den Witterungsablauf während der Vegetationsperiode selbst.

Wenn also der Landwirt der Frage und Forderung des Ingenieurs: „Sage mir, welche Struktur du verlangst, und ich werde dir ein Gerät schaffen, das diesen Effekt auf schnellstem und billigstem Weg erzielt“ – mit Skepsis begegnet, dann liegt sein Zögern darin begründet, daß er sich nicht in der Lage sieht, dem Ingenieur etwa folgende Arbeitsaufgabe zu stellen:

Stelle aus einem Boden unbestimmter, weil stets wechselnder Konsistenz (nach Härte, Feuchtigkeit, Dichte, Form und Größe der Strukturelemente) heute ein Gemisch von Bröckeln (Aggregaten) in einem Verhältnis von

$$a \% (> 40 \text{ mm}) + b \% (40 \text{ bis } 20 \text{ mm}) + c \% (20 \text{ bis } 10 \text{ mm}) \\ + d \% (10 \text{ bis } 5 \text{ mm}) + e \% (5 \text{ bis } 2 \text{ mm}) + f \% (< 2 \text{ mm})$$

her, welches sicherstellt, daß nach einer Zeit t und einer in ihrer Verteilung und ihrem Einfluß unbekanntem Wassermenge W Bröckel (Aggregate) in einem Gemisch von

$$r \% (> 40 \text{ mm}) + s \% (40 \text{ bis } 20 \text{ mm}) + t \% (20 \text{ bis } 10 \text{ mm}) \\ + u \% (10 \text{ bis } 5 \text{ mm}) + v \% (5 \text{ bis } 2 \text{ mm}) + w \% (< 2 \text{ mm})$$

übrig bleiben, wobei sich ein Porenanteil von x Vol. % und eine Stabilität y des Gemisches eingestellt hat, vorausgesetzt, daß es danach nicht mehr als z mm in einer bestimmten Verteilung regnet.

Der Landwirt traut sich die Lösung einer solchen Aufgabe nicht zu und erwartet dies auch von dem

Ingenieur nicht. Alle diese Einwände ändern aber nichts an der Tatsache, daß der Landwirt, wenn er ein bestimmtes Gerät einsetzt, auch einen bestimmten technologischen Erfolg erwartet. Unterstellen wir, daß die gestellten Forderungen „richtig“ sind, dann wird das eine Gerät sie besser erfüllen als das andere. Und dieser Unterschied muß oder sollte sich irgendwie messen und definieren lassen.

Nachdem wir so die Schwierigkeiten der Aufgabenstellung umrissen haben, wenden wir uns als nächstem der Wirkungsweise derjenigen Geräte zu, deren sich der Landwirt bei der Lösung der ihm gestellten Aufgabe bedient. Wir fragen:

II. Welchen Arbeitserfolg verlangen wir von unseren wichtigsten Bodenbearbeitungsgeräten Pflug, Egge und Walze ?

Der Pflugkörper soll bröckeln (entweder gleichförmig oder in abgestuften Größen) und dabei gleichzeitig lockern, wenden, mischen, formen (gleichförmig ablegen) und leichtzügig sein.

Von der Egge verlangen wir, daß sie zerkleinert, lockert, Bröckel an die Oberfläche bringt, mischt oder entmischt (und damit sortiert und packt) und Unkraut vernichtet.

Von der Walze erwarten wir durch Einwirkung von Druck-, Scher- und Schneidwirkung, daß sie zerkleinert und zerdrückt, verdichtet, setzt und packt, Bröckel in den Boden eindrückt und Krusten bricht. Dabei streben wir an, daß die Verdichtung einmal unmittelbar an der Oberfläche, in einem anderen Falle etwas unterhalb der Oberfläche eintritt und darüber eine lose Krümelerdecke gebreitet ist.

Wir sehen also, daß im Vergleich zum ingenieurmäßig verwendeten Werkzeug das einzelne Bodenbearbeitungsgerät keineswegs ein Einzweck-, sondern ein ausgesprochenes Vielzweckgerät ist und seine Aufgaben durchaus nicht scharf begrenzt, sondern recht vielgestaltig und teilweise einander widersprechend sind. Hinzu kommt, daß sich bei einem gegebenen Bodenzustand nur vermuten läßt, welche Wirkung das Gerät voraussichtlich haben wird. Erfüllt außerdem z.B. ein Pflug eine der gestellten Aufgaben, wie etwa das Wenden, dann ist auf einem milden, krümelnden oder schüttenden Boden eine gleichzeitig starke Auflockerung nicht zu vermeiden, auch dann, wenn wir dies nicht beabsichtigen. Umgekehrt gelingt es bei schweren Böden sehr häufig nicht, zwei Aufgaben, wie etwa das Wenden und Lockern gleichzeitig und gleichmäßig gut zu erfüllen, sondern wir müssen uns zunächst mit einer möglichst guten Wendung begnügen und die erforderliche Lockerung durch zusätzliche Arbeitsgänge oder durch Mithilfe der Natur anstreben. Wir erkennen also, daß wir es bei dem technologischen Erfolg eines Bodenbearbeitungsgerätes in

jedem Fall mit einer Summierung von Wirkungen zu tun haben. Nur mit allen Vorbehalten, die sich aus dieser Tatsache ergeben, können wir uns nun die dritte Frage vorlegen:

III. Wie können wir den technologischen Erfolg eines Gerätes beurteilen oder messen?

Wir werden sehen, daß vermutlich die einzige Möglichkeit, unsere Aufgabe zu lösen, in einer Kombination objektiver und subjektiver Methoden zu finden sein wird.

A. Was können wir messen?

Für eine objektive Messung stehen uns schon heute eine Reihe von Möglichkeiten offen, als da sind:

1. die Schollenanalyse, d.h. die Bestimmung des prozentualen Anteils verschieden großer Bröckel,
(Die Schwierigkeiten liegen in der Notwendigkeit, sie in verschiedenen, sehr dünnen Schichten vornehmen zu müssen, und in der Tatsache, dass Bearbeitungsfähigkeit bzw. Zustand bei der Bearbeitung nicht immer gleich „Siebfähigkeit“ des Bodens ist)
2. die Fallprobe, die anzeigen könnte, wie weit das Gerüst der Bodenstruktur noch stabil oder bereits angebrochen ist,
3. die Bestimmung der Krümel- (Aggregat-) Stabilität,
(Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Aggregate gleicher Größe mit hoher Wahrscheinlichkeit unterschiedliche Stabilitätseigenschaften haben werden, je nachdem, ob sie z.B. bei der Pflugarbeit entstanden sind aus dem Zerlegen des Bodens in die natürliche vorgebildeten Aggregate oder bei der Fräse durch Zerschlagen grösserer Bröckel, d.h. also, ob es sich um natürlich aufgebaute oder mechanisch abgebaute Aggregate handelt)
4. die Bestimmung des Porenvolumens, die allerdings vor und unmittelbar nach der Bearbeitung sowie zum Zeitpunkt der Saat bestimmt werden müßte,
5. die Stechwiderstandsmessung,
(Sie vermag etwas über die Dichte bzw. Härte des Bodens auszusagen, sofern der Wassergehalt konstant ist; sie wird deshalb vorwiegend für einen Testboden anwendbar sein)
6. die Wassergehaltsbestimmung,
(Die grosse Schwierigkeit liegt hierbei darin, dass die Widerstandsfähigkeit der einzelnen Bodenbröckel gegen ein Bearbeitungsgerät auch bei gleicher absoluter Feuchtigkeit sehr verschieden sein kann, je nachdem, ob sich der Wassergehalt im auf- oder absteigenden Ast bewegt)
7. die Wasserhaltefähigkeit, die ebenfalls vor und nach der Bearbeitung und nach der Ablagerung zu bestimmen wäre,
8. die Bestimmung der Porengrößenverteilung,
9. der Effekt der Mischung und Wendung,
(Durch vorheriges Markieren bestimmter Bodenzonen und mit gewissen Schwierigkeiten der Wertung der erzielten Ergebnisse)

10. der Zugkraftaufwand für die Bearbeitung eines bestimmten Querschnittes,
11. die Plastizität des Bodens,
12. die Scherfestigkeit.

Darüber hinaus können wir noch weitere, allerdings weniger exakte und vielfach subjektive Feststellungen treffen, wie etwa

- Überhöhung der Furche gegen das feste Land,
- Einebnung (Deckung, Anschluß an die Vorfurche und Form der Oberfläche),
- Messung des Profils der offenen Furche (Ausräumen),
- Visuelle (optisch-photographische) Fixierung des Bearbeitungseffektes durch Lack-Profilen¹⁾.

Unsere nächste Frage lautet nun:

B. Wie sollen wir messen?

Für die Prüfung bzw. Beurteilung eines Gerätes und seiner technologischen Wirkung bleiben uns folgende Alternativen:

1. Die Verwendung eines definierbaren, variierbaren und reproduzierbaren Testbodens für alle diejenigen Fälle, wo das zu untersuchende Gerät (z.B. Pflug, Fräse, Grubber oder Egge) aus dem Vollen (in der Natur im gewachsenen, abgelagerten Boden) arbeiten soll.

Dieser Weg lässt sich zwar mit hohem Aufwand durchaus beschreiten, wenn auch die Ergebnisse nur einen bedingten Anhalt für das Verhalten und den Erfolg des geprüften Gerätes unter den unterschiedlichen Bedingungen wechselnder Bodenarten und Zustände in der Praxis geben können.

2. Der Vergleich mit Testgeräten oder die reine Vergleichsprüfung.

Dieser Weg würde eine Prüfung einzelner Geräte unter verschiedenartigen Bedingungen im Feld erlauben, wobei allerdings auch das Testgerät selbst unterschiedliche Ergebnisse erzielen und ein Vergleich der geprüften Geräte untereinander dann schwieriger würde, wenn sie nicht gleichzeitig, also unter gleichen Bedingungen, mit dem Testgerät verglichen werden könnten.

3. Eine Kombination der unter 1. und 2. genannten Verfahren.

Sie ist dort denkbar und auch notwendig, wo für die Prüfung bestimmter Geräte (wie z.B. Walzen, Eggen) ein unberührtes Ausgangsmedium nicht verwendbar ist, sondern der Boden erst durch ein Testgerät anderer Art (z.B. Pflug oder Grubber) in einen Zustand gebracht werden muss, der den zu prüfenden Geräten die erforderlichen Ausgangsbedingungen schafft. Da aber auch hierbei gewisse Ungenauigkeiten und Abweichungen kaum vermeidbar sein werden, wird möglicherweise auf ein echtes Test-(Vergleichs-) Gerät der gleichen Art bei der Prüfung selbst nicht verzichtet werden können.

Aus den angedeuteten Möglichkeiten bei der Anwendung einzelner oder einer Gruppe von Meßverfahren

1) Ein durch Tränken mit einem Speziallack in seiner natürlichen Lagerung haltbar gemachter Bodenquerschnitt.

Bild 1. Entwurf eines Prüfprotokolles für ein Bodenbearbeitungsgerät auf einem bestimmten Boden und die ackerbauliche Bewertung des Arbeitserfolges.

Prüfgerät:		Bodenart ¹⁾ :		
Hersteller:		Stein- und Kiesgehalt: %		
Bauart:		Mechanische Analyse:		
Grösse:		Grobsand: %	Feinsand: %	
Arbeitstiefe: cm		Arbeitsbreite: cm	Schluff: %	Ton: %

Ausgangszustand	Messgrösse		Nach der Bearbeitung				Ackerbauliche Bewertung				
			Testgerät	Prüfgerät	Differenz bzw. Relation einzelner Prüfgerät Testgerät	Note für die Messgrössen	Saatfurche Faktor Wertzahl	Winterfurche Faktor Wertzahl	Umbruch Faktor Wertzahl		
-	1. Porenanteil PV ²⁾	Vol. %									
	2. Porenanteil nach x Tagen bei gegebenem Witterungsablauf	Vol. %									
	3. Wassergehalt WG ³⁾	Vol. %									
	4. Wasserhaltefähigkeit WH ⁴⁾	Vol. %									
	5. Porengrössenverteilung pF ⁵⁾	Vol. %									
	6. Stechwiderstand ⁶⁾	kg									
-	7. Stechwiderstand nach x Tagen	kg									
-	8. Scherwiderstand nach x Tagen ⁷⁾	kg/cm ²									
-	9. Schollen-Analyse ⁸⁾										
-	10. Schollen-Analyse n. Fallprobe										
-	11. Aggregat-Stabilität ⁹⁾										
-	12. Wendung										
-	13. Mischung										
-	14. Deckung, Anschluss										
-	15. Überhöhung										
-	16. Furchenzustand										
-	17. Zugwiderstand	kg									
-	18. Arbeitsquerschnitt	dm ²									
-	19. Spez. Zugwiderstand	kg/dm ²									
-	20.										
-	21.										

¹⁾ Th. Stoppel, Die Kennzeichnung der Ackerböden nach der Textur. In: Grndl. d. Landtechn. Heft 3. Düsseldorf 1952, S. 101/108.

²⁾ Mit Stechzylinderproben bestimmten Volumens wird das Raumgewicht des feuchten Bodens ermittelt. Nach der Wassergehaltsbestimmung ergibt sich daraus das „scheinbare spezifische Gewicht“ des lufttrockenen Bodens. Mit dem spezifischen Gewicht der festen Bodensubstanz lässt sich daraus der Volumenanteil der Bodensubstanz und der Porenanteil errechnen. Mit dem Luft-Pyknometer lässt sich mit etwas grösserem Aufwand direkt der Luftporenanteil und nach Ofentrocknung der gesamte Porenanteil bestimmen.

³⁾ Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgt durch Wägung des Bodens in feuchtem Zustand und nach Ofentrocknung bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz. Der Wassergehalt wird in Prozent (Vol. % WG) des Entnahmenvolumens oder in Prozent (Gew. % WG) des Bodentrockengewichtes berechnet.

⁴⁾ Wasserhaltefähigkeit WH wird hier als diejenige Wassermenge in Vol. % bestimmt, die in einer 10 cm hohen Säule natürlich gelagerten Bodens nach vollständiger Durchtränkung festgehalten wird. (W.v. Nitsch, Bessere Bodenbearbeitung. Berlin 1939, S. 18, sowie Methodenbuch, Band I. Thun, R., R. Hermann, E. Knickmann, Untersuchung der Böden. Radebeul und Berlin 1955.)

⁵⁾ Die Porengrössenverteilung lässt sich aus den Wasserbindungskräften bestimmen, denn es besteht eine Relation zwischen den Porengrössen und der Kapillarkraft, durch die das Wasser in den Poren gebunden ist. Ein Mass für die Wasserbindungskräfte ist der pF-Wert, d.i. der Logarithmus der Länge einer Wassersäule in cm, die im Gleichgewicht mit der Saugspannung des Bodenwassers steht (s.a. Methodenbuch, Bd. I).

⁶⁾ Der Stechwiderstand kann mit einer Bodensonde gemessen werden. Er hängt von der Lagerungsdichte, der Feuchtigkeit und der Bodenart ab.

⁷⁾ Der Scherwiderstand ist von entscheidender Bedeutung bei der Bodenbearbeitung. Es gibt verschiedene Apparate und Methoden, z.B. das Ringschergerät, den Scherwiderstand zu messen.

⁸⁾ Schollenanalyse nach Puchner. Siehe auch: W. Söhne, Krümel- und Schollenanalyse als ein Mittel zur Beurteilung der Güte der Bodenbearbeitung. Landtechn. Forsch. 4 (1954) H.3.

⁹⁾ Die Aggregatstabilität wird mit der Tauchsiebmethode bestimmt und gibt an, in welchem Umfang die Krümel beim Sieben im Wasser zerfallen.

werden uns bei der Prüfung von Geräten eine Reihe relativ genauer, wenn auch heterogener Zahlen und Werte mit gegensinniger Aussage anfallen. Damit erhebt sich zwangsläufig die nächste Frage:

IV. Wie sollen und können wir die gefundenen Messzahlen auswerten und daraus ein Urteil ableiten?

Zunächst kann man sie tabellarisch zusammenfassen (Bild 1). Man hat dann ein Haufwerk von Zahlen, die jedoch nicht ohne weiteres einander zugeordnet werden können. Eine Bezugsgrösse ließe sich entweder in den Werten eines Testgerätes finden, und man könnte dabei etwa an die Verwendung eines Gerätes wie der Fräse denken, die, mit allen Einschränkungen, in ihrem Erfolg unter

gewissen Umständen dem angestrebten Endzustand wahrscheinlich näher kommt als alle anderen Geräte. Oder man könnte daran denken, den Erfolg eines zu prüfenden Gerätes durch den Arbeitsaufwand zu kennzeichnen, der noch notwendig ist, um den angestrebten und schließlich erreichten Endzustand herzustellen. Schließlich kann man den Versuch machen, auf experimentellem oder empirischem Wege eine Zahlenskala von 0 bis 100 für jede einzelne meßbare Eigenschaft zu schaffen, und, praktisch gesehen, ist dies wohl der richtige Weg. Denn für den Landwirt wird je nach den gegebenen Voraussetzungen und dem anzustrebenden Ziel in einem Fall die eine, im anderen Fall eine andere Eigenschaft des Gerätes von vordringlicher Bedeutung sein, und dementsprechend wird er einen bei der Prüfung mit 90 oder 95 Punkten bewerteten Effekt für weniger wichtig erachten als einen anderen, der nur mit 50 oder 60 Punkten erreicht ist. Er muß also das gedachte Bewertungsschema von Fall zu Fall auf die speziellen Bedürfnisse seines Betriebes abwandeln und etwa (z.B. für Winter- oder Saatzfurche, für Löß- oder Tonboden) positive oder negative Multiplikationsfaktoren einsetzen (Bild 1 „Ackerbauliche Bewertung“), die mit dem Boden und der Aufgabenstellung wechseln und damit den einzelnen absoluten Meßwerten verschiedenes Gewicht beimessen.

Nicht gangbar wird der Weg sein, eine Art „Gebrauchswert“ aus einer irgendwie gearteten Mittelwertbildung der gefundenen Meßzahlen zu bilden, wie das etwa im Saatguthandel aus der Berücksichtigung von Reinheit und Keimfähigkeit der Fall ist. Denn immer wird das an Hand der gemessenen Zahlen gebildete, subjektive Urteil des Abnehmers, also des Landwirtes, den Ausschlag für die Wahl des Gerätes bilden. Sollte dagegen eingewandt werden, daß ja dann auch wieder das subjektive Moment bestimmend wird, so muß darauf hingewiesen werden, daß der Landwirt beim Kauf eines Schleppers oder Lastwagens aus den gemessenen Testergebnissen sich ja ebenfalls diejenigen Eigenschaften herausucht, die seinen Anforderungen

am besten entsprechen. In jedem Fall muß für uns das Urteil des Landwirtes die letzte Entscheidung sein, der wir nicht vorgreifen dürfen.

Der Landwirt steht mehr und mehr vor einer Vielfalt von Typen, die er nicht mehr zu übersehen in der Lage ist. Er verliert nicht zuletzt dadurch auch zunehmend sein Fingerspitzengefühl. Wir müssen uns deshalb mehr an seinen Verstand und Intellekt wenden und ihm beim Abwägen der Vor- und Nachteile der guten und mangelhaften Eigenschaften eines Gerätes durch die Ermittlung möglichst vieler Meßwerte behilflich sein, das für ihn Geeignete zu finden.

Damit kommen wir gleichzeitig der Möglichkeit einen Schritt näher, Bodenbearbeitungsgeräte konstruktiv systematisch zu verbessern, wofür sich berechnete Aussichten aber erst dann eröffnen, wenn wir erst einmal wissen, welche konstruktiven Eigenschaften welche Wirkungen haben, d.h. wenn wir also wissen, wie z.B. beim Pflug eine Veränderung des Scharschnittwinkels, des Scharschneidenwinkels, der Form des Streichbleches, der Arbeitsgeschwindigkeit und mancher anderen Merkmale sich auf die vorhin besprochenen Forderungen hinsichtlich des Arbeitserfolges auswirken. Dahin zu gelangen ist zweifellos ein weiter Weg, und die Voraussetzungen dazu werden nur durch langwierige, gründliche wissenschaftliche Untersuchungen auf verschiedenen Fachgebieten geschaffen werden können.

Die letzte Frage allerdings nach den Aussichten für eine exakte Beurteilung des Bearbeitungserfolges von Bodenbearbeitungsgeräten wage ich nach der Darstellung und Diskussion der Gegebenheiten, der Schwierigkeiten und der erforderlichen Voraussetzungen noch nicht zu beantworten. Denn wie diese Antwort einmal lautet, wird wesentlich bestimmt werden von den Mitteln und Möglichkeiten, die uns für diese schwierige Aufgabe zur Verfügung stehen werden, sowie von der sich gegenseitig befruchtenden Arbeit aller, die in der Beantwortung dieser Frage eine Aufgabe sehen.

Eingegangen am 7.1.1956

Institut für Bodenbearbeitung
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode
Direktor: Prof. Dr. H. Frese

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Helmut Frese, (20b) Braunschweig, Bundesallee 50