

# Schnellbestimmung des Zerkleinerungsergebnisses bei der Saatbettbereitung

Dr.-Ing. S. Anisch, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

## 1. Problemstellung

Die Erhöhung von Qualität und Effektivität bei der Bodenbearbeitung als eine wichtige Voraussetzung für Ertragssteigerungen erfordert das objektive Messen und Bewerten des Arbeitsergebnisses bei der Saatbettbereitung. Das Zerkleinerungsergebnis als ein wesentliches Kriterium der Saatbettqualität wird durch die Aggregatgrößenzusammensetzung des Bodens gekennzeichnet. In der landwirt-

schaftlichen Praxis und im landwirtschaftlichen Versuchswesen erfolgt hierzu vorwiegend das visuelle Einschätzen durch Bonitur. Die „Gütevorschriften für Arbeiten der Pflanzenproduktion“ (Standard TGL 33 738) fordern Mindestanteile von Bodenaggregaten < 10 mm und < 40 mm im Saatbett. Diese werden mit Hilfe eines aufgelegten Rasters als Flächenanteile der Bodenoberfläche geschätzt. Für Untersuchungen mit höheren Genauigkeitsansprüchen, die vor allem für vergleichende Bewertungen notwendig sind, wird international die Siebanalyse angewendet. Mit dem Rundlochsiebsatz entstehen durch Abrieb und Prallzerkleinerung größere Meßfehler. Besonders für den Bodentransport vom Entnahmeort auf dem Feld zur stationären Sieb- und Wägeeinrichtung müssen hohe personelle Aufwendungen erbracht werden. Diese Probleme führten dazu, daß sich die Siebanalyse im Versuchswesen und erst recht in der landwirtschaftlichen Praxis nicht durchsetzen konnte. Auch andere mittelbare Verfahren sind für das objektive

Kennzeichnen des Zerkleinerungsergebnisses nicht geeignet [1], da sie entweder zu ungenau sind oder ebenfalls hohe Aufwendungen erfordern.

## 2. Gesetzmäßigkeit der Aggregatgrößenzusammensetzung

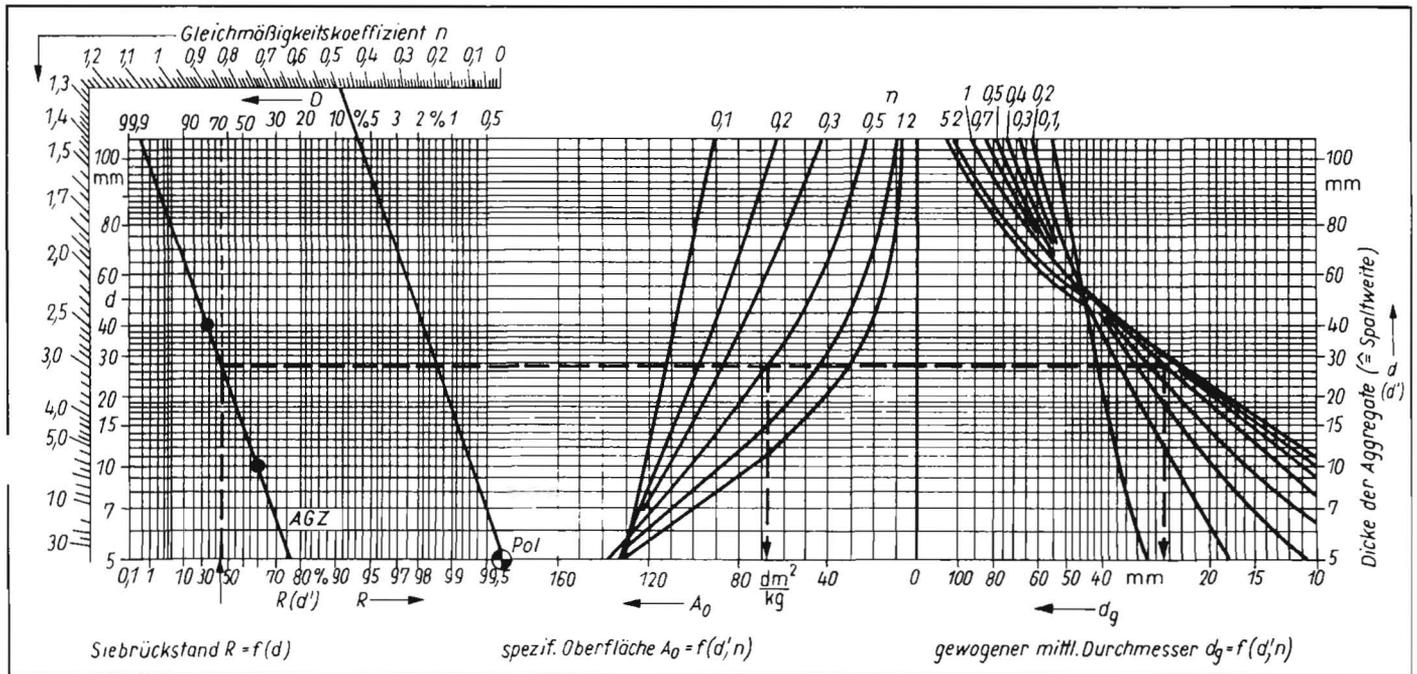
Mit einem Planschwiingsieb, dessen geneigt angeordnete ebene Siebfläche aus Spaltenflächen mit geometrisch gestuften Spaltweiten zwischen 5 und 80 mm besteht [2], wurden über 500 Untersuchungen zum Nachweis einer vorhandenen Gesetzmäßigkeit der Aggregatgrößenzusammensetzung des Bodens nach der mechanischen Bodenbearbeitung durchgeführt. Ausgehend von Ergebnissen der Siebanalyse in der Aufbereitungs- und Zerkleinerungstechnik [3], konnte eine Gesetzmäßigkeit der Aggregatgrößenzusammensetzung für den auf der Siebfläche verbleibenden Siebrückstand  $R$  als prozentualer Anteil nach einer doppelten Exponentialfunktion ermittelt werden:

$$R = 100 e^{-(z/d)^n} \quad (1)$$

Bild 1. Formblatt zur Auswertung der Aggregatgrößenzusammensetzung im Saatbett nach den Gln. (1) und (2) mit  $c = 3$  mm und  $d_{max} = 120$  mm [Ermittlung der Siebrückstände  $R_{10}(d > 10$  mm) und  $R_{40}(d > 40$  mm) mit Hilfe der Siebschaukel]

Schritte:

1.  $R_{10}$ ,  $R_{40}$  eintragen
2. Gerade AGZ zeichnen
3. aus Schnittpunkt AGZ mit  $R(d') \rightarrow d'(AGZ)$
4. aus Parallele AGZ durch Pol  $\rightarrow n(AGZ)$
5. mit  $d'(AGZ)$  und  $n(AGZ) \rightarrow A_0(AGZ)$  und  $d_g(AGZ)$



Fortsetzung von Seite 302

- [7] Anisch, S.: Analyse des Betriebsverhaltens rollender Bodenbearbeitungswerkzeuge und Schlußfolgerungen für ein angetriebenes Saatbettbereitungswerkzeug. Tagungsbericht 5. Dresdener Landtechnisches Kolloquium am 8. und 9. Juni 1989. Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik.
- [8] Anisch, S.; Soucek, R.: Voraussetzungen für Kontrolle und Steuerung der Bodenbearbeitung. agrartechnik, Berlin 34(1984)1, S. 6–9.
- [9] Soucek, R.; Anisch, S.; Büschel, R.: Bestimmung des Zerkleinerungsergebnisses bei der

- Bodenbearbeitung mit einem Spaltensieb. agrartechnik, Berlin 34(1984)1, S. 9–11.
- [10] Anisch, S.: Schnellbestimmung des Zerkleinerungsergebnisses bei der Saatbettbereitung. agrartechnik, Berlin 40(1990)7, S. 303–304.
- [11] Soucek, R.; Anisch, S.; Kretschmer, G.: Beziehungen zwischen Aggregatgrößenzusammensetzung und Oberflächenrelief des Bodens nach der Saatbettbereitung. Tagungsbericht der 3. Wiss. Tagung „Agrophysik“ der Physikalischen Gesellschaft und des Arbeitskreises Physik der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Reinhardbrunn, 3. bis 6. Dez. 1984, S. 292–298.

- [12] Bertuzzi, B.; Stengel, P.: Measuring Effects of Tillage Implements on Soil Surface Geometry with a Laser Reliefmeter (Messung der Wirkung von Bodenbearbeitungswerkzeugen auf die Oberflächengeometrie mittels eines Laserstrahls). Bericht des Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Station de Science du Sol, Domaine Saint Paul, BP 91, 84140 Montfavet (France).
- [13] Staffort, I. V.; Ambler, B.: Seedbed Assessment using Video Image Analysis (Bewertung des Saatbetts durch Analyse eines Videobildes). Paper No 88-3541, ASEA Meeting Prentation, Chicago, 13. bis 16. Dez. 1988. A 5840



Bild 2. Siebschaukel in Wägestellung

mit

$$z = d_{\max}(d-c)/(d_{\max}-d); \quad (2)$$

R Siebrückstand mit einer Dicke der Aggregate  $> d$ , bezogen auf die Gesamtmasse, in %

d Dicke der Aggregate in mm

$d_{\max}$  Dicke des im Gemisch vorkommenden größten Aggregats in mm

c kleinste absehbare Aggregatgröße in mm

d' Aggregatgrößenkennziffer in mm

n Gleichmäßigkeitskoeffizient.

Wird diese Exponentialfunktion zweimal logarithmiert, läßt sie sich in eine lineare Form überführen und in einem speziellen Diagramm als Gerade darstellen (AGZ im Bild 1) [4]. Damit sind die Aggregatgrößenzusammensetzungen durch eine Aggregatgrößenkennziffer d' (bei der der Siebrückstand  $R = 100/e = 36,8\%$  beträgt) und durch den Gleichmäßigkeitskoeffizienten n (Anstieg der Geraden AGZ) gekennzeichnet. Für das Ermitteln eines vorliegenden Zerkleinerungsergebnisses genügen somit 2 Meßwerte. Diese ergeben sich zweckmäßig entsprechend den Forderungen des Standards TGL 33 738 mit den Fraktionen  $< 10$  mm und  $< 40$  mm.

### 3. Gerät zur Schnellbestimmung

Werden nicht die beim Sieben durch die Siebfläche hindurchgehenden Fraktionsmassen, sondern die auf den Siebflächen verbleibenden Siebrückstände bestimmt, läßt sich ein tragbares und somit leicht handhabbares Gerät konzipieren. Die Siebschaukel (Bild 2) besteht aus einer polygonförmigen Siebtrommel, die in den Holmen einer Stielgabel in Rasten drehbar gelagert ist. Sie klassiert die Bodenaggregate nach deren kleinstem Durchmesser, der Dicke d. Am Umfang der Siebtrommel sind als Mantelflächen ein Schaufelboden und zwei Siebflächen mit den Spaltweiten 10 mm und 40 mm angeordnet. An der Stielgabel befinden sich eine Stütze und zwei Handgriffe. Die Siebtrommel ist in 3 Stellungen (Aufnahme der Probe, Absieben der Aggregate  $< 10$  mm und  $< 40$  mm) arretierbar, was vom oberen Handgriff aus vorgenommen wird. Die beiden Gabelholme enthalten Biegestäbe mit in 2 Vollbrücken geschalteten Dehnungsmeßstreifen, die von einer Konstantstromquelle gespeist werden. Über Differenzverstärker und 3 1/2 DIGIT-CMOS-A/D-Wandler gelangt der Meßwert zu einer LCD-Anzeige. Am freien Ende der Biegestäbe stützt sich die Siebtrommel über Pendelgleitlager ab. Einstellbare Anschläge verhindern die Überlastung der Biegestäbe bei einer Probenmasse von max. 8 kg.

Eine aus dem Saatbett mit dem Schaufelboden der arretierten Siebtrommel entnommene Bodenprobe belastet die Biegestäbe. Bei gelöster Arretierung und waagerechter Stellung der Gabelholme entsteht eine massenproportionale Anzeige am Meßgerät. Durch Veränderung des stufenlos verstellbaren Verstärkers wird der Probenmasse der Anzeigewert 100% zugewiesen.

Zur Ermittlung des ersten Siebrückstands R 10 ( $d > 10$  mm) wird die Siebtrommel in der Lage arretiert, in der sich der Boden auf der entsprechenden Siebfläche befindet. Schwingungen der Siebschaukel durch oszillierendes Abrollen der Stütze auf der Feldoberfläche beim Abstützen an den Handgriffen führen zum Durchgang des Feinkorns. Der verbleibende Siebrückstand R 10 kann nun in der Wägestellung an der LCD-Anzeige in Prozent der aufgenommenen Probenmasse abgelesen werden. Für das Ermitteln des Siebrückstands R 40 wird die Siebtrommel weitergedreht und der Ablauf wiederholt.

### 4. Darstellung der Ergebnisse

Nach Standard TGL 33 738 werden Mindestanteile von Bodenaggregaten  $< 10$  mm und  $< 40$  mm im Saatbett gefordert. Die auf einem Feld oder auf einer Parzelle vorliegende Aggregatgrößenzusammensetzung ist durch eine größere Anzahl von Einzelmessungen mit der Siebschaukel zu kennzeichnen. Hierzu muß der Nutzer entsprechende statistische Untersuchungen selbst vornehmen. Für die Darstellung der einzelnen oder der zusammengefaßten Ergebnisse wird das Diagramm nach Bild 3 empfohlen. Es enthält bereits die Anforderung an das Saatbett für Winterweizen nach TGL 33 738. Erfüllung oder Abweichung des Zerkleinerungsergebnisses und Unterschiede zwischen einzelnen Versuchen lassen sich hiermit übersichtlich darstellen.

Ausgehend von der Gesetzmäßigkeit der Aggregatgrößenzusammensetzung nach Gl.(1) wurde das Formblatt nach Bild 1 entwickelt. Als zusammengefaßte Gemischkenngrößen, mit denen eine weitere Bewertung, beispielsweise im Vergleich mit den energetischen Aufwendungen, vorgenommen werden kann, haben sich bisher die „spezifische innere Oberfläche“  $A_0$  und der „gewogene mittlere Durchmesser“  $d_g$  bewährt. Entsprechend den mathematischen Beziehungen

$$A_0 = 0,06 \int_c^{d_{\max}} (D'/d) dd \quad (3)$$

$$d_g = \int_c^{d_{\max}} (D'd) dd \quad (4)$$

ergibt sich ein Nomogramm, in dem mit den Gemischkenngrößen Aggregatgrößenkennziffer d' und Gleichmäßigkeitskoeffizient n die spezifische Oberfläche  $A_0$  und der gewogene mittlere Durchmesser  $d_g$  abgelesen werden können [5]. Dabei wurden nach mathematischer Untersuchung unterschiedliche Gemische mit Variation der kleinsten absehbaren Aggregatgröße c und des größten im Gemisch vorkommenden Aggregats  $d_{\max}$  ( $60 \leq d_{\max} \leq 200$  mm) für die praktische Anwendung vernachlässigbare Unterschiede bei  $A_0$  und  $d_g$  festgestellt. Das Bestimmen der spezifischen Oberfläche und des gewogenen mittleren Durchmessers von Aggregatgrößenzusammensetzungen nach der Saatbettbereitung kann deshalb mit  $c = 3$  mm und  $d_{\max} = 120$  mm aus den mit der Siebschaukel

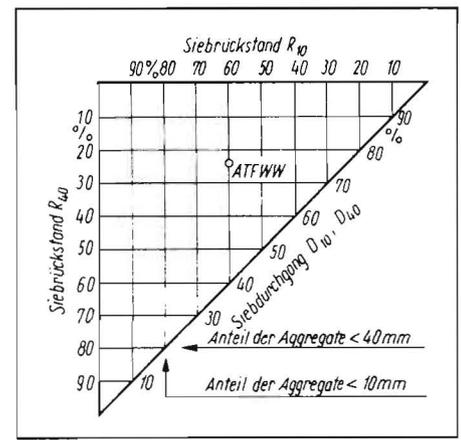


Bild 3. Darstellung der mit der Siebschaukel ermittelten Aggregatgrößenzusammensetzung (ATFWW: Agrotechnische Forderung für Winterweizen nach Standard TGL 33 738)

ermittelten Siebrückständen R 10 und R 40 nach dem Formblatt auf einfache Weise erfolgen (s. Bild 1).

### 5. Zusammenfassung

Die Kenntnis der Gesetzmäßigkeit der Aggregatgrößenzusammensetzung des Bodens nach mechanischer Bearbeitung ermöglichte das Konzipieren eines Geräts, mit dem das Zerkleinerungsergebnis als ein wesentliches Qualitätsmerkmal der Saatbettbereitung auf mittleren und schwer bearbeitbaren Standorten schnell und genau gemessen werden kann. Mit dem Einsatz der Siebschaukel, deren Eigenmasse rd. 11 kg beträgt, unmittelbar auf dem Feld entfallen im Unterschied zu bisherigen Verfahren der Siebanalyse

- der aufwendige Transport der Bodenproben vom Entnahmeort bis zur Siebeinrichtung
- das Auswiegen der Siebfraktionen mit einer zusätzlich mitgeführten Waage
- der Transport von Siebeinrichtung und Waage zum Feld
- die aufwendige rechnerische Auswertung der Siebergebnisse.

Das Zerkleinerungsergebnis wird objektiv und reproduzierbar dargestellt.

Nach dem Einsatz bei der Erprobung und Prüfung von Saatbettbereitungsgeräten u. im landwirtschaftlichen Versuchswesen, die Verwendung der Siebschaukel auch zur Qualitätskontrolle der Saatbettbereitung in Landwirtschaftsbetrieben vorstellbar.

### Literatur

- [1] Soucek, R.; Anisch, S.; Büschel, R.: Zur Ermittlung des Zerkleinerungsergebnisses beim Bodenbearbeiten. agrartechnik, Berlin 33(1983) 11, S. 491-496.
- [2] Soucek, R.; Anisch, S.; Büschel, R.: Bestimmung des Zerkleinerungsergebnisses bei der Bodenbearbeitung mit dem Spaltensieb. agrartechnik, Berlin 34(1984), 1, S. 9-11.
- [3] Rammler, E.: Gesetzmäßigkeiten in der Kornverteilung zerkleinerter Stoffe. VDI-Zeitschrift (1937) Beihefte zur Verfahrenstechnik, Heft 5.
- [4] Hillig, U.: Ermittlung der Gesetzmäßigkeit des Zerkleinerungsergebnisses durch ausgewählte Bodenbearbeitungswerkzeuge auf unterschiedlichen Standorten. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Dissertation A 1987.
- [5] Kübler, M.: Formblätter zur Bestimmung der Aggregatgrößenzusammensetzung des Ackerbodens nach der mechanischen Bearbeitung. TU Dresden, Büro zur Anwendung der Mathematik, Studentische Arbeit 1989 (unveröffentlicht). A 5881