

Saatbettbereitung

Feines Saatbett: Hoher Energiebedarf und Feldaufgang, aber kein Mehrertrag bei Winterweizen

Thomas Anken und Thomas Hilfiker, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon
Ruggero Sandri e Luigi Sartori, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, I-35020 Legnaro

Ein feines Saatbett entspricht dem Idealbild einer «ordentlichen» Bodenbearbeitung und sichert einen hohen Feldaufgang. Eine zu intensive Bearbeitung fördert aber die Verschlammung und die Erosion und verursacht einen unnötigen Treibstoff- und Werkzeugverschleiss. Je

intensiver ein Boden bearbeitet wird, desto stärker belastet dies die einzelnen, gewachsenen Bodenaggregate. Eine dreijährige Versuchsserie mit Winterweizen beweist, dass mit einem feinen Saatbett wohl ein höherer Feldaufgang, aber kein besserer Ertrag erzielt wird.

Die Praktiker stehen oftmals vor dem Problem, kein Hilfsmittel zur Abschätzung der richtigen Saatbettfeinheit zur Verfügung zu haben. Der neu entwickelte «Fünflibertest» schafft Abhilfe.

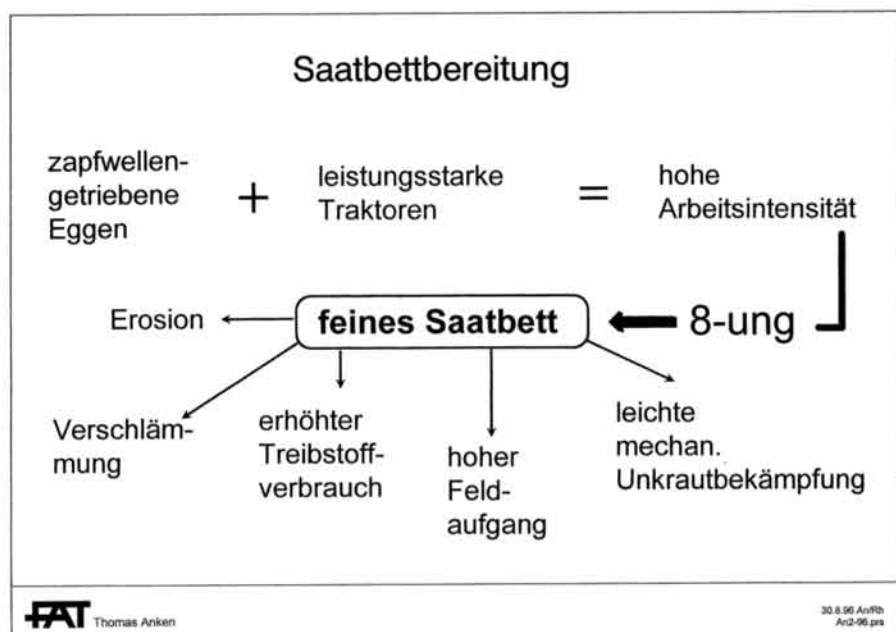


Abb. 1. Ein feines Saatbett bewirkt einen hohen Feldaufgang und erleichtert die mechanische Unkrautbekämpfung. Es ist aber mit Nachteilen wie erhöhter Gefahr von Verschlämmung sowie Erosion verbunden und benötigt viel Energie. Ein feines Saatbett führt bei Winterweizen nicht zu einem Mehrertrag.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Feldversuche	2
Feines Saatbett bringt keinen Mehrertrag	4
Saatbettfeinheit	5
Digitale Bildanalyse	6
Fünfliberprobe	8
Schlussfolgerungen	8
Literatur	9

Problemstellung

Die Verdrängung der gezogenen Saatbettbereitungsgeräte durch die zapfwellengetriebenen Eggen hat generell zu einer Intensivierung der Saatbettbereitung geführt. Neben den Vorzügen des verstopfungsfreien Arbeitens, der effizienten Kraftübertragung und der intensiven Bearbeitungswirkung werden zunehmend auch negative Auswirkungen dieser Technik sichtbar. Das feine Saatbett scheint leider für eine Mehrheit der Landwirte als das wichtigste Qualitätsmerkmal der Saatbettbereitung zu gelten. Dabei sind die Bearbeitungsintensität und der Ertrag der Kulturpflanzen nicht miteinander gekoppelt. Weiter kommt hinzu, dass es die Technik heute ermöglicht, auch unter nassen Bodenverhältnissen zu arbeiten. Dies kann die Bodenstruktur stark in Mitleidenschaft ziehen. Grobe Fehler werden in der Praxis begangen, wenn besonders unter schlechten Bedingungen intensiv, mit hohen Drehzahlen und tiefer Fahrgeschwindigkeit gearbeitet wird. Konkrete Empfehlungen zu Maschineneinstellungen und zu erzielender Saatbettfeinheit liegen leider nur vereinzelt vor.



Abb. 2. Der Zinkenrotor besitzt einen guten Einarbeitungseffekt und einen geringen Zugkraftbedarf.



Abb. 3. Die Kreiselegge ebnet die Felder gut ein, arbeitet am feinsten und benötigt bei höheren Fahrgeschwindigkeiten einen erhöhten Zugkraftbedarf.

Feldversuche

Die FAT hat eine Kreiselegge und einen Zinkenrotor (Tab. 1) immer mit denselben Einstellungen auf fünf verschiedenen Standorten (Tab. 2) eingesetzt. Die Versuche waren als Split-Plot-Anlage (Hauptfaktor = Gerät, Nebenfaktor = Fahrgeschwindigkeit) mit drei Wiederholungen angelegt. Auf drei Standorten diente die Federzinkenegge als Vergleichsvariante. Anschliessend an die Saatbettbereitung erfolgte auf drei Standorten die Saat von Winterweizen der Sorte Arina mit einer Scheibenscharmaschine (Amazone D8).

Tabelle 1. Einstellung und Eigenschaften der eingesetzten Geräte

Gerät	Fabrikat	Ausrüstung	Einstellung	Fahrgeschwindigkeit km/h	Arbeitsbreite cm	Arbeits-tiefe cm
Zinkenrotor ZR	Rau RDL 30	53 Zinken Packerwalze	250 U/min des Rotors	1 = 1,6 km/h 2 = 3,7 km/h 3 = 5,4 km/h	300 cm	8
Kreiselegge KE	Rabe MKE 300	12 Kreisel mit Prallblech hinten, Packerwalze	177 U/min der Kreisel	1 = 1,6 km/h 2 = 3,6 km/h 3 = 5,2 km/h	300 cm	8
Federzinkenegge FZ	Rau	Strichabstand, 10 cm mit Doppelzahnkrümmer		ca. 8 km/h	300 cm	8



Abb. 4. Die Federzinkenegge benötigt einen sehr kleinen Energiebedarf, ist sehr kostengünstig und erzeugte auf den mittelschweren Böden grobe Saatbetten, die bei Winterweizen aber nie Mindererträge zur Folge hatten.

Kreiselegge: feine Arbeit mit hohem Energiebedarf

Die Kreiselegge bearbeitete das Saatbett am feinsten, benötigte aber auch die grösste Leistung (Abb. 5). Der Zinkenrotor bearbeitete gröber, benötigte aber weniger Leistung. Das Verlangsamen der Fahrgeschwindigkeit und somit das Verkleinern der Bissenlänge der Zinken führte beim Zinkenrotor zu einer stärkeren Verfeinerung des Saatbetts als bei der Kreiselegge. Bei dieser führte die Änderung der Geschwindigkeit zu keinem grossen Unterschied in der Saatbettfeinheit.

Auffallend bei der Kreiselegge ist, dass der Zugkraftbedarf mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit stark ansteigt, was beim Zinkenrotor nicht der Fall ist. Dieser hat einen kleinen Zugkraftbedarf, weil die horizontal angeordnete, in Fahrtrichtung drehende Welle einen Vortrieb verursacht. Bei der Kreiselegge werfen die Zinken Erde nach vorne, was bei höheren Fahrgeschwindigkeiten und der gewählten niedrigen Kreiseldrehzahl (177 U/min) zu einem Erdstau vor der Egge führt. Dies verursacht ein starkes Ansteigen des Zugkraftbedarfs. Diese Stauwirkung ist mit ein Grund, weshalb die Kreiselegge bei der höchsten Fahrgeschwindigkeit nur unwesentlich gröber als bei der tiefsten arbeitete. Landwirte mit leistungsschwachen Traktoren arbeiten häufig mit hoher Drehzahl und kleiner Fahrgeschwindigkeit, damit die Traktorleistung nicht überfordert wird. Aus der Sicht des Bodenschutzes sollte dies unbedingt vermieden werden.

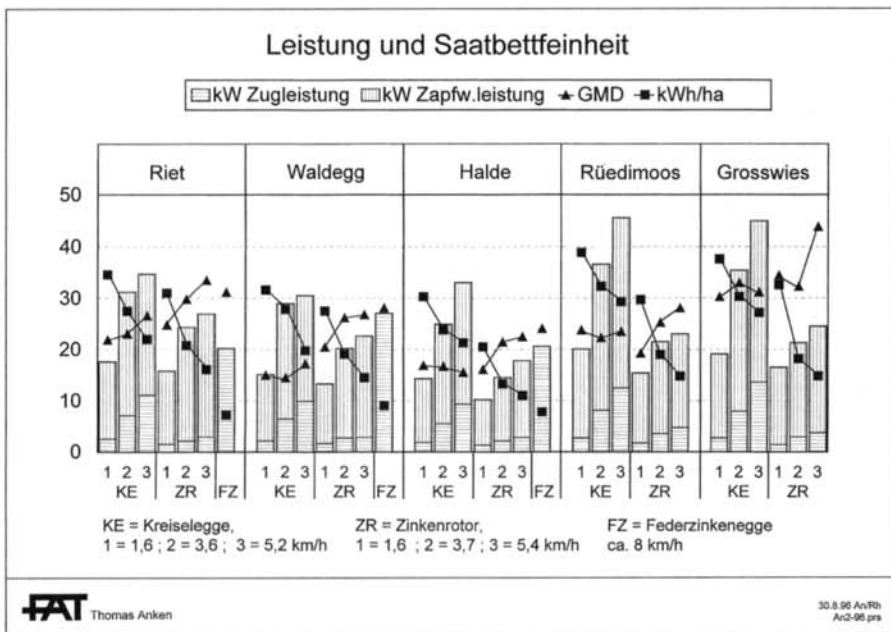


Abb. 5. Zugleistung [kW], Zapfwellenleistung [kW], Energiebedarf pro Hektare [kWh/ha] und gewogener mittlerer Schollendurchmesser der Siebanalyse [GMD], gemessen auf fünf Standorten.

Tabelle 2. Bodeneigenschaften der Versuchsfelder

Standort	Bodenart	Ton %	Schluff %	Sand %	Humus %	Feuchte Gew. %
Riet	Lehm	21	32	44	3	22,5
Waldegg	Sandiger Lehm	18	35	44	2,9	15,2
Halde	Lehm	26	31	39	4	16,6
Grosswies	Toniger Lehm	39	31	25	5,5	22,6
Rüedimoos	Toniger Lehm	31	29	35	4,7	15

Zapfwellengeräte verschleissen Energie

Im Vergleich zu den beiden eingesetzten zapfwellengetriebenen Eggen benötigt die Federzinkenegge lediglich 20–50% der Energie pro ha (Abb. 5). Der tiefe Energiebedarf widerspiegelt sich aber im gröber bearbeiteten Saatbett. Trotzdem nutzt die Federzinkenegge bezogen auf die Saatbettfeinheit die eingesetzte Energie wesentlich effizienter als die zapfwellengetriebenen Eggen. Nach Weise (1995) verwendet ein Zinkenrotor von seiner gesamten Antriebsenergie nur zirka einen Drittel für die Zerkleinerungsarbeit. Der Rest geht in Form von Beschleunigung des Bodens sowie als Reibungsenergie

verloren. Zwei Drittel der Energie können also nicht nutzbringend eingesetzt werden, sondern beeinträchtigen einzig das Bodengefüge. Aus dieser Sicht sind zapfwellengetriebene Geräte mit möglichst hoher Fahrgeschwindigkeit und tiefer Drehzahl zu fahren, was den Energiebedarf pro Hektare stark senkt. Dies ist um so mehr zu beachten, als eine intensivere Arbeitsweise meist nur einen leicht besseren Arbeitseffekt zur Folge hat, was auch Herberg (1988) und Weise (1995) bestätigen.

Bodenzustand ist wichtiger als Gerät

Es ist auffallend, dass die Unterschiede in der Saatbettfeinheit zwischen den verschiedenen Standorten eindeutig grösser als zwischen den verschiedenen Geräten und Einstellungen sind. Weiter entscheidet die Körnung des Bodens nicht allein über die Feinheit des Saatbetts. Dies zeigt der Standort «Riet», welcher keinen hohen Ton- und Schluffgehalt aufweist, aber ein grobes Saatbett lieferte. Die Saatbettbereitung erfolgte auf diesem Standort unter sehr feuchten Bedingungen, was ein sehr grobes Saatbett bewirkte und einen schlechten Feldaufgang zur Folge hatte.

Es lohnt sich deshalb in jedem Fall, eine gute Bodenstruktur aufzubauen und die Saatbettbereitung unter günstigen Bedingungen vorzunehmen. Eine gute Bodenstruktur hilft stark mit, dass der Boden ohne übermässigen Geräteeinsatz ein gutes Saatbett liefert.

Feines Saatbett erzielt höheren Feldaufgang

Die Federzinkenegge erzielte auf allen drei Standorten einen signifikant tieferen Feldaufgang als die Kreiselegge, welche das Saatbett am feinsten bearbeitete. Die Unterschiede zwischen den zapfwellengetriebenen Geräten sind nur in einzelnen Fällen statistisch gesichert. Diese Beobachtung bestätigt die Lehrbuchmeinung, dass mit zunehmender Saatbettfeinheit auch der Feldaufgang zunimmt.

Der Vergleich des Feldaufganges mit der abgedrehten Saatgutmenge (Abb. 6) zeigt, dass sich die sehr feuchten Bedingungen und der späte Saattermin des Standortes «Riet» sehr negativ

auswirkten. Die leicht höhere Anzahl aufgelaufener Pflanzen als abgedrehte Körner auf den Standorten «Halde» und «Waldegg» zeigt, dass die Abdrehschneibe bei der verwendeten Sämaschine (Amazone D8) einige Prozent weniger misst, als die Sämaschine dann effektiv auf dem Feld aussät.

Die Federzinkenegge wies erstaunlicherweise in keinem der Fälle eine signifikant tiefere Anzahl Ähren pro m² als die anderen Verfahren auf. Demzufolge war die Bestockung bei der Federzinkenegge am stärksten.

Um so mehr überraschten die guten Erträge dieses Verfahrens. Es ist zu berücksichtigen, dass der Winterweizen mit seiner langen Vegetationszeit mehr Zeit zur Kompensation der Bestandesdichte besitzt, als dies bei Frühlingskulturen der Fall ist. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen aber die Resultate von Sturny (1990), welcher zum Schluss kommt, dass es häufig genügen würde, die Pflugfurche nur einzuebnen und nicht noch mit hohem Aufwand ein feines Saatbett herzurichten.

Feines Saatbett bringt keinen Mehrertrag

Die Federzinkenegge, welche die tiefsten Feldaufgänge erzielte, lieferte in allen drei Jahren im Vergleich zu den anderen Verfahren absolut ebenbürtige Erträge. Der Feldaufgang korreliert also bei Winterweizen nicht mit dem Ertrag. Dies erstaunt um so mehr, als die Saatbetten mit der Federzinkenegge in allen drei Jahren wesentlich rauher und gröber als diejenigen der zapfwellengetriebenen Geräte aussahen. Die Versuchsansteller säten zum Teil den Winterweizen nur mit Überwindung in die sehr groben Saatbetten der Federzin-

Hemmt intensive Bearbeitung die Pflanzenentwicklung?

Ein feines Saatbett bewirkt erwiesenermassen einen besseren Feldaufgang als ein grobes. In späteren Entwicklungsstadien scheint aber eine grobe Bearbeitung den Pflanzen sehr günstige Wachstumsverhältnisse zur Verfügung zu stellen. Nur so kann erklärt werden, dass die Federzinkenegge mit dem gröbsten Saatbett und dem tiefsten Feldaufgang die grösste Bestockungsrate aufwies und den Ertrag der anderen Verfahren voll egalisierte. Destain und Houmy (1990) haben nachgewiesen, dass intensives Arbeiten mit der Kreiselegge zu gleichmässigen, kleinen Poren führt. Ein grobes Saatbett hinterlässt viele und

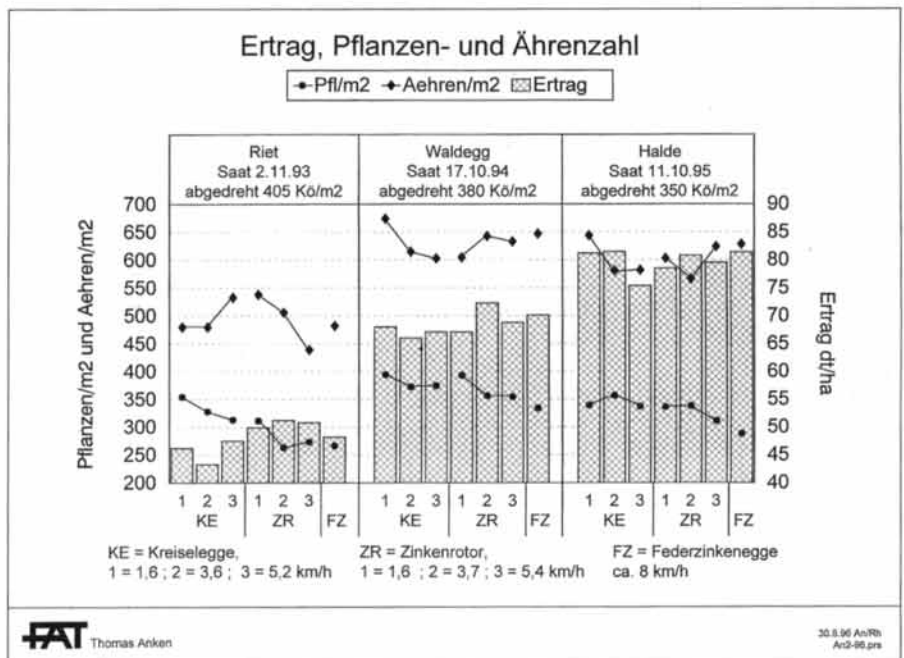


Abb. 6. Anzahl Pflanzen pro m², Anzahl Ähren pro m² und der Ertrag [dt/ha] von Winterweizen der Sorte Arina, erhoben auf drei Standorten.

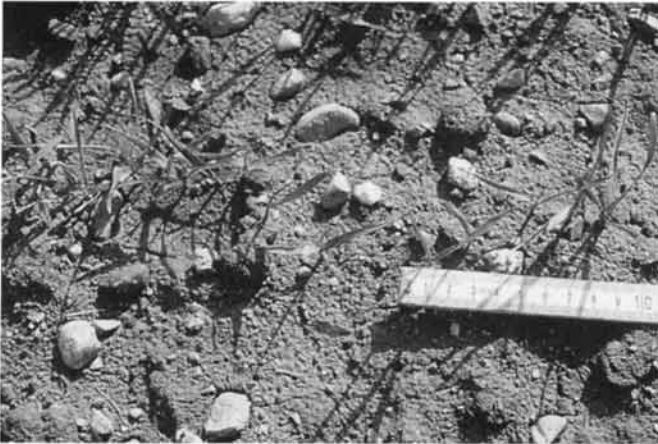


Abb. 7. Ein feines Saatbett (links) besitzt einen regelmässigeren Feldaufgang als ein grobes (rechts), ist aber anfälliger auf Verschlämmungen und Erosion und belastet das Bodengefüge.

ungleichmässig grosse Poren im Boden. Zudem entstehen in Folge der hohen Rauigkeit weniger Verschlämmungen und Verkrustungen. Gesamthaft gesehen scheint der Luft- und Wasseraustausch in groben Saatbetten besser zu funktionieren. Positiv kann sich auch auswirken, dass eine extensive Bearbeitung mit der Federzinkenege die Bodenstruktur schont und weniger Bodenaggregate zerstört.

Langjähriger Versuch zeigt keinen Ertragsunterschied

Seit acht Jahren bearbeitet die FAT die Saatbetten auf zwei Standorten (sandiger Lehm und toniger Lehm) mit zwei unterschiedlichen Verfahren. Mit dem Zinkenrotor (250 U/min, zirka 4 km/h) erfolgte beim ersten Verfahren eine Überfahrt, beim zweiten Verfahren erfolgen zwei Überfahrten. Im Durchschnitt über die Jahre zeigt sich die Tendenz, dass das Verfahren mit nur einer Überfahrt den gleichen oder einen leicht besseren Ertrag als das Verfahren mit zwei Überfahrten bringt. Selbst auf dem sehr schwer bearbeitbaren tonigen Lehm zahlt sich der zusätzliche Arbeitsgang mit dem Zinkenrotor nicht aus. In der Praxis sollte die Saatbettbereitung für Getreide mit zapfwellengetriebenen Geräten immer nur in einem Arbeitsgang erfolgen.

Saatbettfeinheit

Siebanalyse ist Standardverfahren

Bei der Siebanalyse wird mit dem Bodenhobel von jeder Fläche eine Erdprobe bis auf eine Tiefe von 5 cm entnommen (Abb. 8). Wie bei den beiden anderen Verfahren beträgt die Probenfläche 30 × 50 cm. Eine Siebmaschine teilt diese Bodenproben in die Fraktionen > 2,5 mm, 2,5 – 5 mm, 5 – 10 mm, 10 – 20 mm, 20 – 40 mm, 40 – 80 mm > 80 mm auf. Daraus wird der gewo-

gene mittlere Scholldurchmesser (GMD) gerechnet (Kemper und Rosenau 1986). Dabei wird das Gewicht jeder Klasse mit deren mittleren Durchmesser multipliziert, die Summe aller dieser Klassen gebildet und durch das Gewicht der gesamten Probe geteilt. Die mittleren Durchmesser der einzelnen Klassen betragen 1,25 mm, 3,75 mm, 7,5 mm, 15 mm, 30 mm, 60 mm, 100 mm.

Messung der Rauigkeit mit Laserprofilmeter

Nach Rüttimann et al. (1995) und verschiedenen anderen Autoren ist die

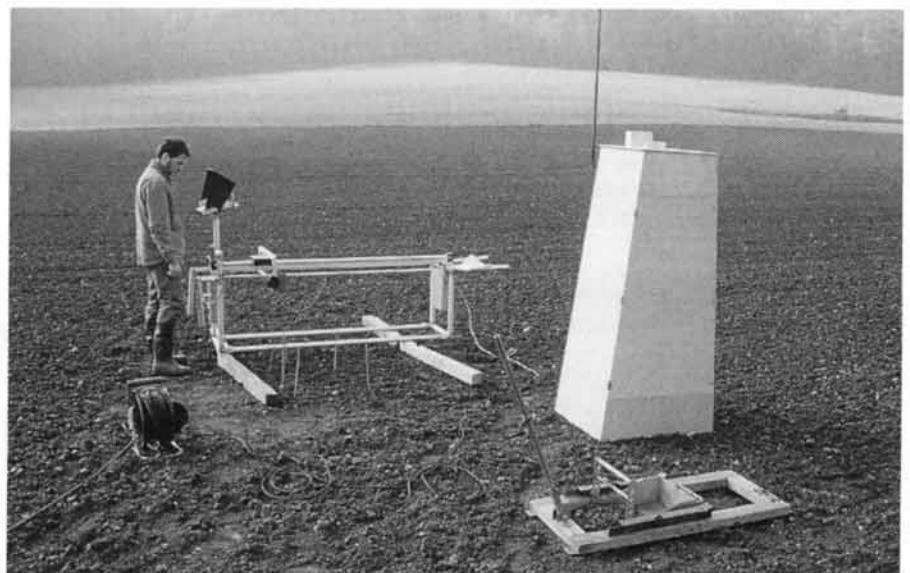
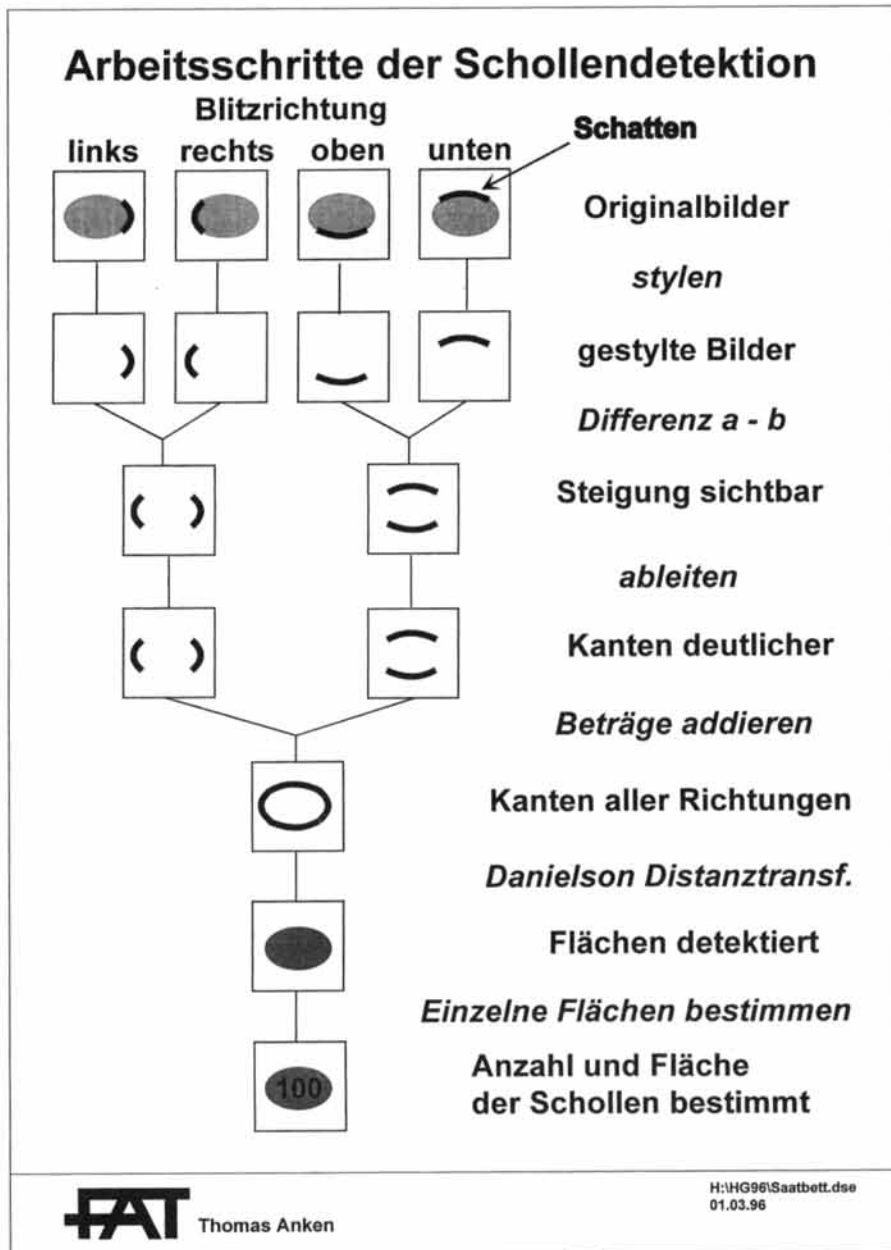


Abb. 8. Zur Bestimmung der Saatbettfeinheit mit der Siebanalyse erfolgte die Probenahme mit dem Bodenhobel (vorne im Bild). Das Laserprofilmeter (links) mass die Rauigkeit der Feldoberfläche. Die Fotografien für die Bildanalyse erfolgten mit Hilfe einer Dunkelkammer aus Holz (rechts), wobei jede Probenfläche vier Mal aus verschiedenen Blitzrichtungen fotografiert wurde.



Rauhigkeit der Feldoberfläche neben der Bodenbedeckung ein wichtiger Faktor, der das Auftreten von Boden-erosion mitbestimmt. Um diesen Einfluss messen zu können, hat die FAT ein Laserprofilometer konstruiert (Abb. 8). Dieses misst automatisch alle 2 mm die Distanz zwischen der Bodenoberfläche und dem Lasermessgerät, welches sich, durch einen Schrittmotor getrieben, auf einer Schiene fortbewegt. Von allen acht Probeflächen pro Verfahren mass das Profilometer 31 Profile im Abstand von 1 cm und 50 cm Länge aus. Der Mittelwert der Standardabweichung der 31 Profile einer Fläche dient als Parameter für die Quantifizierung der Rauigkeit der Feldoberfläche. Andere aufwendigere Rechenverfahren für die Bestimmung der Rauigkeit der Feldoberfläche liefern keine besseren Ergebnisse (Sandri et al. 1996) als die Standardabweichung.

Neuentwickelte digitale Bildanalyse

Die FAT hat zur optischen Beurteilung der Saatbettfeinheit ein neues Bewertungssystem mit digitaler Bildanalyse entwickelt (Abb. 8). Dieses Verfahren bestimmt die Anzahl Schollen und deren jeweilige Fläche. Die einzelnen Arbeitsschritte des Computerprogramms für die digitale Bildanalyse sind schematisch in Abbildung 9 dargestellt. Die Berechnung des GMD der Bildanalyse erfolgte analog zur Bestimmung des GMD der Schollenanalyse, nur dass statt der Gewichte der

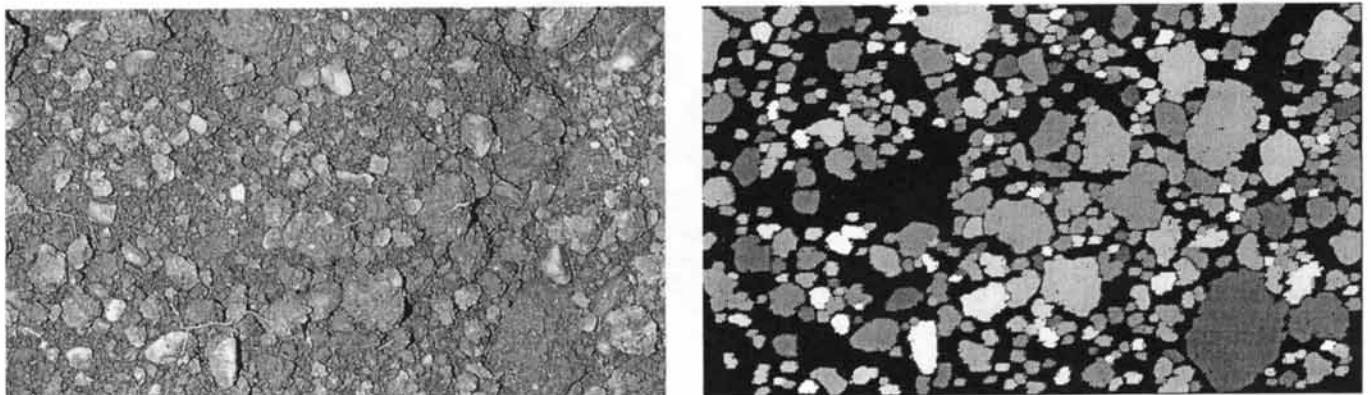


Abb. 10. Bodenoberfläche eines Saatbetts: Links, Originalaufnahme; Rechts, durch digitale Bildanalyse detektierte Schollen.

Durchmesser der als kreisförmig angenommenen Schollen benutzt wurde. Der Vergleich von Siebanalyse, Bildanalyse und Rauheitsmessung mit dem Profilmeter erfolgte für alle drei Verfahren auf denselben Probeflächen (30×50 cm). Zwölf Wiederholungen pro Verfahren dienten zur Messung der Saatbettfeinheit mit der Bild- und Schollenanalyse.

Gute Übereinstimmungen

Aumüller-Gruber (1993) fand eine hohe Übereinstimmung zwischen der Fläche einzelner Schollen und deren Volumen. Dies trifft nach unseren Untersuchungen nicht nur für einzelne Schollen, sondern zugleich auch für die Bewertung eines Saatbetts zu. Die Bildanalyse und die Siebanalyse korrelieren trotz etlicher Streufaktoren in gutem Masse (Abb. 11). Die Informationen der Bodenoberfläche lassen sich also zur Bestimmung der Saatbettfeinheit verwenden.

Die Rauigkeit weist zur Siebanalyse eine weniger enge Beziehung als die Bildanalyse auf (Abb. 12). Die Rauigkeit erfasst ebenfalls die Eindrücke und Verformungen der Walzen, was zu einer gewissen Verfälschung führt. Trotzdem lässt sich klar sagen, dass ein gröberes Saatbett auch eine erhöhte Rauigkeit und infolgedessen eine kleinere Erosionsanfälligkeit aufweist.

Mit einer Bestimmtheit von 53% lässt sich die Siebanalyse durch die Anzahl Schollen grösser als 40 mm ausdrücken (Tab. 3). Diese Anzahl Schollen ist in der Praxis auf einfache Weise bestimmbar. Obwohl keine sehr hohe Übereinstimmung mit der Siebanalyse besteht, genügt diese Genauigkeit für die grobe Feinheitsbestimmung in der Praxis.

Eine wesentlich engere Beziehung weisen die der Anzahl Schollen grösser 40 mm, ermittelt mit der Bildanalyse, und dem GMD der Bildanalyse (Bestimmtheitsmass 88%) auf. Dieses hohe Bestimmtheitsmass ist darauf zurückzuführen, dass sich bei der Bestimmung der beiden Parameter mit derselben Methode etliche Streufaktoren ausschalten lassen.

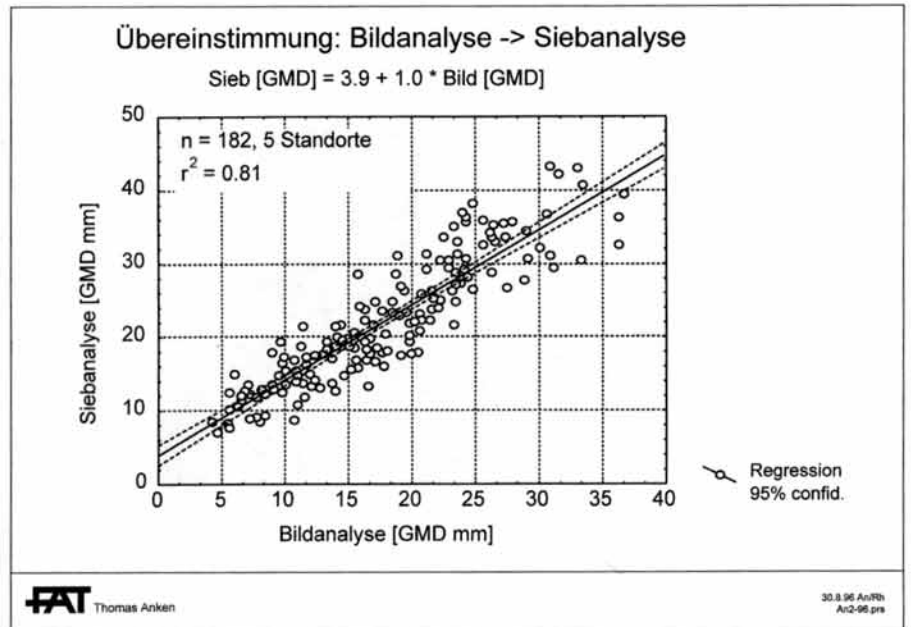


Abb. 11. Die Regressionsgerade zwischen der Siebanalyse [GMD] und der Bildanalyse [GMD] erklärt 81% der Streuung der gemessenen Werte.

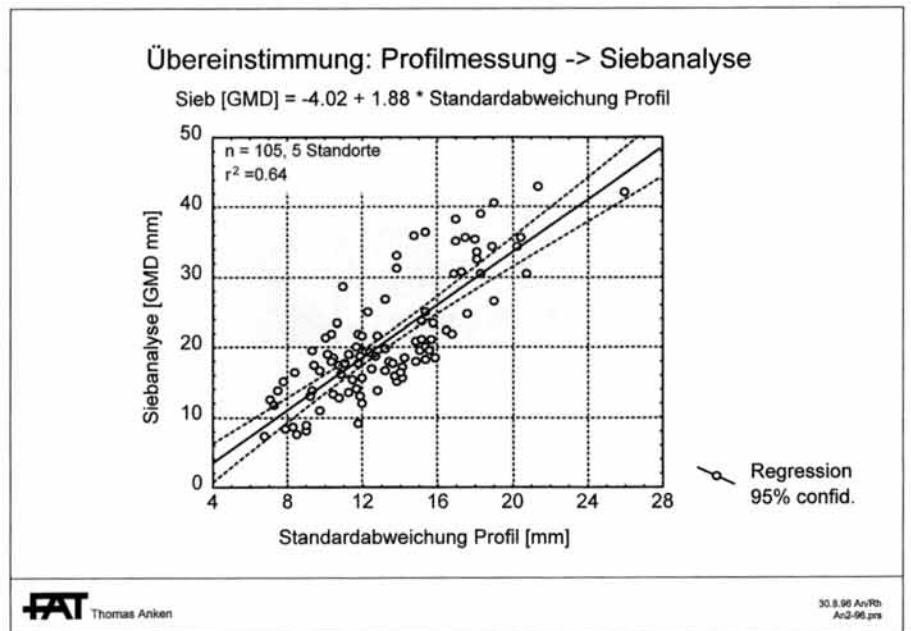


Abb. 12. Die Regressionsgerade zwischen der Siebanalyse [GMD] und der Rauigkeit [Standardabweichung der Profile in mm] erklärt 64% der Streuung der gemessenen Werte.

Tabelle 3. Regressionsgleichungen der verschiedenen Erhebungsarten der Saatbettfeinheit

Beziehung	Standorte	R ² ¹⁾	Regressionsgleichung
Siebanalyse - Bildanalyse	5	0,81**	Sieb _{GMD} = 3,9 + 1,0 * Bild _{GMD}
Siebanalyse - Rauigkeit	5	0,64**	Sieb _{GMD} = -4,0 + 1,9 * Profil _{Std.abw.}
Bildanalyse - Rauigkeit	5	0,77**	Bild _{GMD} = -5,8 + 1,66 * Profil _{Std.abw.}
Siebanalyse - Schollen > 40 mm _{Feld}	2	0,53**	Sieb _{GMD} = 11,7 + 0,80 * Schollen >40 _{Feld}
Bildanalyse - Schollen > 40 mm _{Bild}	1	0,88**	Bild _{GMD} = 6,8 + 1,1 * Schollen >40 _{Bild}

¹⁾ Das Bestimmtheitsmass R² bestimmt den Anteil der Streuung der gemessenen Werte, welcher durch die Regressionsgleichung erklärt werden kann. 0 = 0% ; 1 = 100% der Streuung können erklärt werden



Abb. 13. Oben links: Zu fein! Es sind kaum mehr Schollen mit einem Durchmesser > 40 mm vorhanden, die den Boden vor Verschlammung und Erosion schützen. Oben rechts: So sollte ein Saatbett etwa aussehen. Genügend Feinmaterial sichert den Felddaufgang, gröbere Schollen schützen vor Verschlammung. Links: Grosse Schollen über zirka 10 cm erschweren die Saat und vergraben einzelne Samen. Hier ist feiner arbeiten angezeigt.

Fünfliberprobe: Saatbettfeinheit selber bestimmen

Boisgontier (1993) weist nach, dass der Anteil der Schollen zwischen 5 und 10 cm Durchmesser einen entscheidenden Einfluss auf den Felddaufgang von Hartweizen besitzt. Diese Aussage stimmt mit unseren Beobachtungen überein. Je mehr grosse Schollen das Saatbett bedecken, desto stärker hüpfen die Säschare bei der Saat und desto mehr Körner werden zu tief vergraben. Bei groben Saatbetten muss darauf geachtet werden, bei der Saat eher mit einer mässigen Fahrgeschwindigkeit zu fahren, da sich dadurch die Tiefenführung der Säschare verbessern lässt.

Ein Saatbett soll entsprechend unseren Untersuchungen so fein bearbeitet sein, dass pro Rechteck (40 × 60 cm) ungefähr 15 – 25 Schollen mit einem

Durchmesser grösser 40 mm liegen. Dieses Mass lässt sich leicht mit Hilfe eines Doppelmeßers und eines Fünflibers (Durchmesser = 3,2 cm) bestimmen. Die Saatbettbereitung ist eindeutig zu fein, wenn kaum mehr Schollen in dieser Grössenordnung den Boden bedecken. Sie ist zu grob, wenn viele Schollen mit einem Durchmesser von zirka 10 cm und mehr den Boden bedecken und die Saat stark stören würden. Natürlich ist auf die Anforderungen der einzelnen Kulturen Rücksicht zu nehmen. Feine Samen verlangen auch ein feineres Saatbett. Laut unseren Erfahrungen mit der Anlage von Kunstwiesen wird dieser Punkt jedoch häufig überbewertet.

Schlussfolgerungen

- Feine Saatbetten liefern einen besseren Felddaufgang, aber keinen höheren Winterweizenertrag.
- Die Bodenverhältnisse haben einen wesentlich stärkeren Einfluss auf die Feinheit des Saatbetts als das Bodenbearbeitungsgerät. Die Saatbettbereitung sollte deshalb möglichst bei brüchigem Boden erfolgen. Bei nassen Verhältnissen ist der Boden so flach und extensiv wie möglich zu bearbeiten.
- Je gröber ein Saatbett, desto höher ist dessen Rauigkeit. Dies vermindert die Gefahr von Verschlammungen und Erosion.
- Die Federzinkenegge benötigt wenig Energie und schon das Bodengefüge, bearbeitet aber gröber als die zapfwel­lengetriebenen Eggen.
- Zapfwel­lengetriebene Geräte sind mit möglichst niedrigen Tourenzahlen

und hoher Fahrgeschwindigkeit zu fahren. Hohe Tourenzahlen verbessern den Arbeitseffekt nur bedingt, erhöhen aber den Verschleiss und belasten das Bodengefüge. Richtgrösse: Kreiselegge zirka 150 – 200 U/min, Zinkenrotor zirka 200 – 250 Touren. Ein Schaltgetriebe sollte generell zur Grundausstattung gehören!

- Die Bildanalyse korreliert gut mit der Siebanalyse. Die optische Beurteilung der Bodenoberfläche genügt demzufolge für die Beurteilung der Saatbettfeinheit.

- Richtige Saatbettfeinheit: Auf einer Fläche von 40 × 60 cm sollten 15–25 Schollen mit einem Durchmesser grösser als 40 mm zu finden sein, was sich mit Doppelmeter und Fünfliber überprüfen lässt. Das Saatbett ist zu fein, wenn kaum mehr Schollen über 4 cm vorhanden sind, und zu grob, wenn viele Schollen über 10 cm Durchmesser die Saat stark behindern würden. Kulturansprüche und Bodenverhältnisse sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Literatur

Aumüller-Gruber C., 1993. Bildverarbeitung zur Bewertung der Zerkleinerungswirkung von Bodenbearbeitungsmassnahmen. *Landtechnik* 1/2, p. 40–41.

Boiffin J. und Monnier G., 1991. Suppression du labour et érosion hydrique dans le contexte agricole français: bilan et possibilité d'application des références disponibles. *Simplification du travail du sol*, Les colloques Nr. 65 Paris, 16 mai 1991, INRA Editions 85–103.

Boisgontier D., 1993. Semis: assurer dès le départ. *Perspectives agricoles* 183. p.19–23.

Destain M.F. und Houmy K., 1990. Effects of design and kinematic parameters of rotary cultivations on soil structure. *Soil and tillage research* 17 p. 291–301.

Herberg F., 1988. Wirkungsmechanis-

men zapfwellengetriebener Bestellgeräte am Beispiel von Zinkenrotor und Kreiselegge. Dissertation der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München, 140 S.

Sturny W. G., 1990. Saatbettbereitung – grob oder fein? FAT-Bericht Nr. 392.

Rüttimann M., Schaub D., Prasuhn V. und Rüegg W., 1995. Measurement of runoff and soil erosion on regularly cultivated fields in Switzerland – some critical considerations. *Catena* 25, 127–139.

Kemper W. D. und Rosenau R. C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In *Methods of Soil Science of America Part 1 Physical and mineralogical Methods Agronomy Monograph* no 9, 2nd edition 425–443.

Weise G., 1995. Möglichkeiten zur Optimierung einer Bodenbearbeitungskombination. Dissertation der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München.