

# Krümelerung und Einebnung des Bodens mit neuen Werkzeugkombinationen

Dr. agr. O. Bosse/Dr.-Ing. W.-D. Kalk, KDT, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

## 1. Einleitung

Bei der Saatbettbereitung soll durch schonende Bearbeitung des Bodens und mit geringem Energieaufwand eine den Pflanzenansprüchen entsprechend gekrümelte Saatgutablagezone mit ebener Bodenoberfläche geschaffen werden. Zur Einschränkung der Erosions- und Verschlämmungsgefahr sowie von Wasserverlusten muß die Oberfläche nach jedem Arbeitsgang aufgeraut sein. Sie darf nicht glattgestrichen oder glattgedrückt vorliegen.

Zum Krümeln und Einebnen des Bodens werden Schleppen und Eggen einzeln oder in

Kombinationen angewendet. Besonders bewährt hat sich eine Werkzeugkombination aus Eggenzinken und einem 70 bis 80 mm hohen Schleppwerkzeug, die sich der Bodenoberfläche anpassen und bodenartenspezifisch belastet werden kann [1]. Mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen war die Eignung neuer Werkzeugkombinationen dieser Bauart [2] hinsichtlich der Form des Schleppwerkzeugs und des Schnittwinkels der Flachstahlschlepp für ein schonendes und effektives Einebnen und Krümeln des Bodens unter verschiedenen Einsatzbedingungen zu prüfen.

## 2. Material und Methoden

Die Bodenoberfläche ist vor der Saatbettbereitung je nach der Bodenart und der vorausgegangenen Witterung mehr oder weniger stark profiliert. Durch Saatbettbereitungswerkzeuge ist der Boden für die einzelnen Fruchtarten in einer bestimmten Tiefe gleichmäßig zu krümeln, und lockerer Boden der über das mittlere Niveau der Oberfläche hinausreichenden Kuppen ist in die Vertiefungen zu transportieren. Die zu untersuchenden Werkzeugbaugruppen und -kombinationen mit einer Arbeitsbreite von 1,25 m (Tafel 1) kamen in einer speziellen Feldversuchseinrichtung, die das Bearbeiten von unbefahrenem Boden zwischen den Traktorspuren ermöglichte, zum Einsatz. Die einzelnen Werkzeugbaugruppen oder -kombinationen waren in der Höhe und seitlich frei beweglich angebracht, der Zugpunkt wurde jeweils optimal eingestellt. Die Errechnung der aufgewendeten Energie erfolgte auf der Basis der tensiometrisch ermittelten Zugkraft. Zur Kennzeichnung der erreichten Arbeitsqualität wurden die Auflockerung bzw. Verdichtung sowie die Rauigkeit der Bodenoberfläche mit Hilfe der Festpunktmethode vor und nach dem Bearbeiten des Bodens gemessen, der für den Pflanzenaufgang wichtige Anteil der Bodenaggregate < 40 mm Ø mit der Zählrahmenmethode an der Bodenoberfläche bestimmt und die Ebenheit sowie der ackerbauliche Gesamteindruck bonitiert. Die statistische Verrechnung der Ergebnisse erfolgte nach dem Newman-Keuls-Test mit  $\alpha = 0,05$ . Gesicherte Unterschiede zwischen Varianten auf den einzelnen Standorten sind in den Säulen der Bilder 1 und 2 anhand von schwarzen und weißen Symbolen gleicher Form gekennzeichnet.

Die vergleichende Bewertung der untersuchten Werkzeugvarianten wurde anhand des Energiefehlbetrags  $W_f$  vorgenommen [3]:

$$W_f = W_a \left( \frac{100}{E_a} - 1 \right);$$

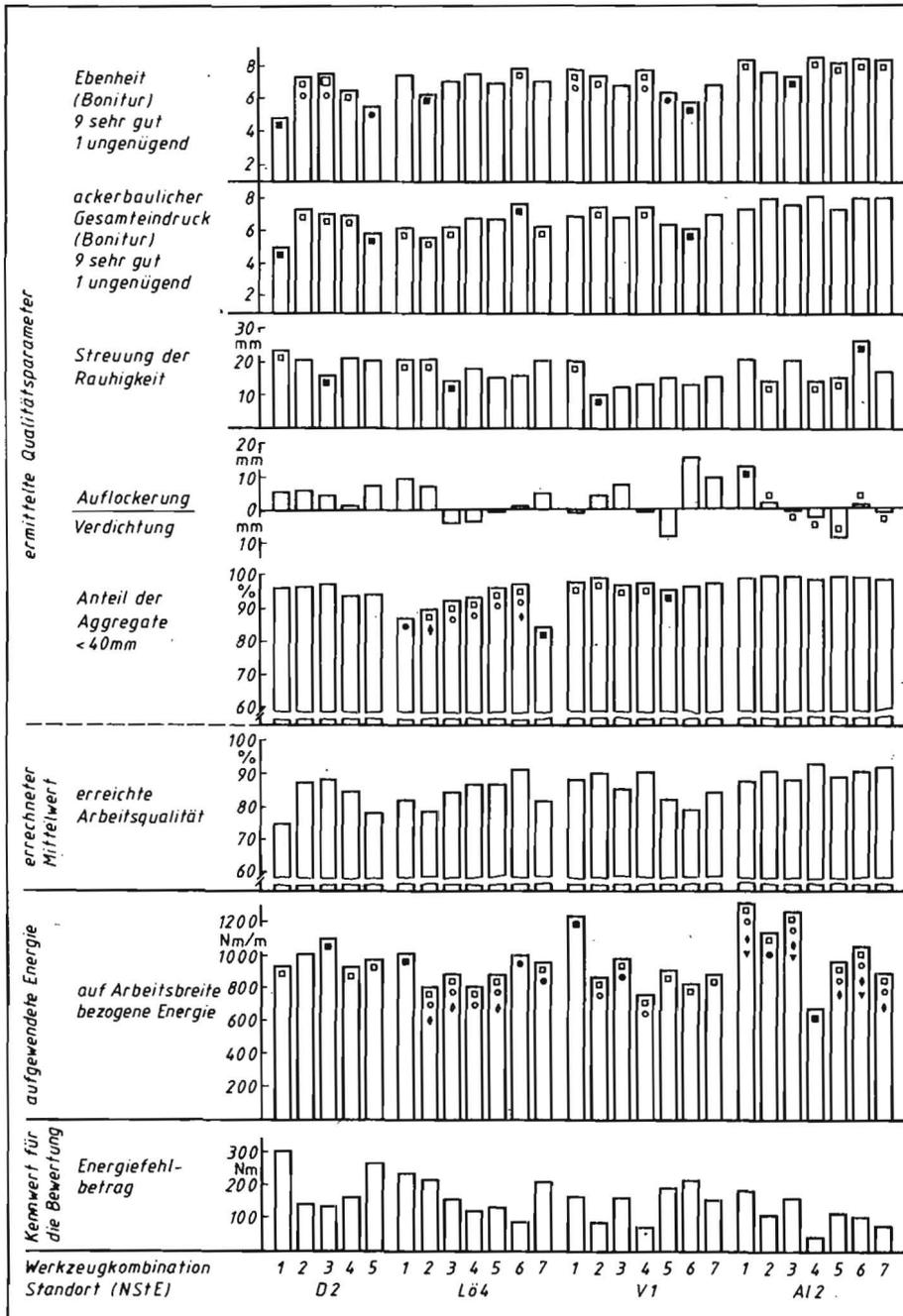
$W_f$  Differenz zwischen der für eine 100%ige Arbeitsqualität erforderlichen Energie und der für die erreichte prozentuale Arbeitsqualität aufgewendeten Energie

$W_a$  aufgewendete Energie je Meter Arbeitsbreite

$E_a$  erreichte prozentuale Arbeitsqualität; errechneter Mittelwert aus

- prozentualem Anteil der Aggregate < 40 mm Ø
- prozentualer Auflockerung bzw. Verdichtung (Ausgangshöhe der Bodenoberfläche entspricht 100 %, davon werden jeweils die gemessenen Millimeter Auflockerung bzw. Verdichtung subtrahiert)
- prozentualer Streuung der Rauigkeit (eine Streuung von 10 mm entspricht 100 %, davon werden die gemessenen Millimeter Abweichung subtrahiert)
- prozentualer Ebenheit (Boniturnote 1 entspricht 0 %, Note 9 entspricht 100 %)

Bild 1. Ergebnis der Saatbettbereitung mit Varianten von Zinkenschleppen sowie nacheinander angeordneten Werkzeugbaugruppen auf verschiedenen Böden im Frühjahr nach Herbstfurche



Tafel 1. Untersuchte Werkzeugkombinationen (Zinkenschleppen)

Versuchstermin	Variante	Werkzeugkombination
März 1983 (Bild 1)	1	EGge mit gelenkig befestigter Rohrschlepe – EGge
	2	EGge – Rohrschlepe (15 kg Zusatzbelastung) – Federzinkenreihe
	3	EGge – Rohrschlepe (25 kg Zusatzbelastung) – Federzinkenreihe
	4	Zinkenschlepe (Rohrschlepe) <sup>1)</sup>
	5	Zinkenschlepe (Flachstahlschlepe 150°) <sup>2)</sup>
	6	Zinkenschlepe (Flachstahlschlepe 135°)
	7	Zinkenschlepe (Flachstahlschlepe 120°)
August 1983 (Bild 2)	1	EGge mit gelenkig befestigter Rohrschlepe – EGge mit gelenkig befestigter Federzinkenreihe
	2	EGge – Flachstahlschlepe (145° Schnittwinkel; 20 kg Zusatzbelastung) mit gelenkig befestigter Federzinkenreihe
	3	EGge – Flachstahlschlepe (145° Schnittwinkel; 30 kg Zusatzbelastung) – Federzinkenreihe
	4	Zinkenschlepe (Rohrschlepe)
	5	Zinkenschlepe (Flachstahlschlepe 160°)
	6	Zinkenschlepe (Flachstahlschlepe 145°)
	7	Zinkenschlepe (Flachstahlschlepe 130°)
	8	Zinkenschlepe (Flachstahlschlepe 115°)

- zwei Reihen Eggenzinken sind vor einer Rohrschlepe angebracht; eine nachgeordnete Federzinkenreihe ist gelenkig befestigt und dient der Belastung der Schlepe und der oberflächigen Feinkrümelung des Bodens
- Zinkenschlepe, bei der anstatt der Rohrschlepe eine Flachstahlschlepe mit stumpfem Schnittwinkel von 150° angebracht ist

prozentualer ackerbaulicher Gesamteindruck (Note 1 entspricht 0%, Note 9 entspricht 100%).

Die Charakteristik der Versuchsflächen ist in Tafel 2 enthalten.

### 3. Ergebnisse und ihre Diskussion

Die Ergebnisse der Frühjahrserprobung nach Herbstfurche (Bild 1) verdeutlichen, daß mit den als Zinkenschleppen bezeichneten Werkzeugkombinationen auf allen Versuchsstandorten eine gute Arbeitsqualität erzielt wird und gegenüber zwei hintereinander angeordneten Eggen (Variante 1) ein geringerer Energieaufwand erforderlich ist. Dabei ist zu beachten, daß Zinkenschleppen wesentlich kürzer sind als zwei Eggen. Die gelenkige Befestigung der Federzinkenreihe an der Baugruppe aus Eggenzinken und Schleppwerkzeug bewirkte eine ausreichende Belastung der Schlepe, so daß ohne weitere Zusatzbelastung mit den Zinkenschleppen die gleiche Ebenheit wie mit einer Egge und einer belasteten Rohrschlepe (Variante 2) erreicht werden kann, sofern das für den jeweiligen Boden effektivste Schleppwerkzeug berücksichtigt wird. Eine größere Belastung der Rohrschlepe (Variante 3) führte zu keiner signifikanten Verbesserung der Arbeitsqualität gegenüber Variante 2, jedoch zum erwarteten eindeutigen Anstieg der aufgewendeten Energie [4]. Hinsichtlich der Krümelung des Bodens wurde bei der Bearbeitung krümelfähigen Bodens mit allen Werkzeugvarianten ein gutes Ergebnis erreicht. Liegt jedoch der Boden verschlämmt vor, so wie auf dem LÖ-Standort (Tafel 2), krümeln Zinkenschleppen den Boden wesentlich besser als Eggen (Bild 1, Variante 1) gegenüber Varianten 4 bis 6). Nur die Flachstahlschlepe mit einem Schnittwinkel von 120° (Variante 7) zerteilte die von den Eggenzinken gelockerten Bodenaggregate der verschlämmten Schicht nicht ausreichend, da sie infolge des steil stehenden Schleppwerkzeugs die organischen Rückstände und auch Bodenaggregate zusammenschob und dann über Aggregate- und Restanhäufungen hinwegglitt. Deshalb war auch der ackerbauliche Gesamteindruck dieser Variante nicht befriedigend. Anhand des Energiefehlabetrags (Bild 1) kann

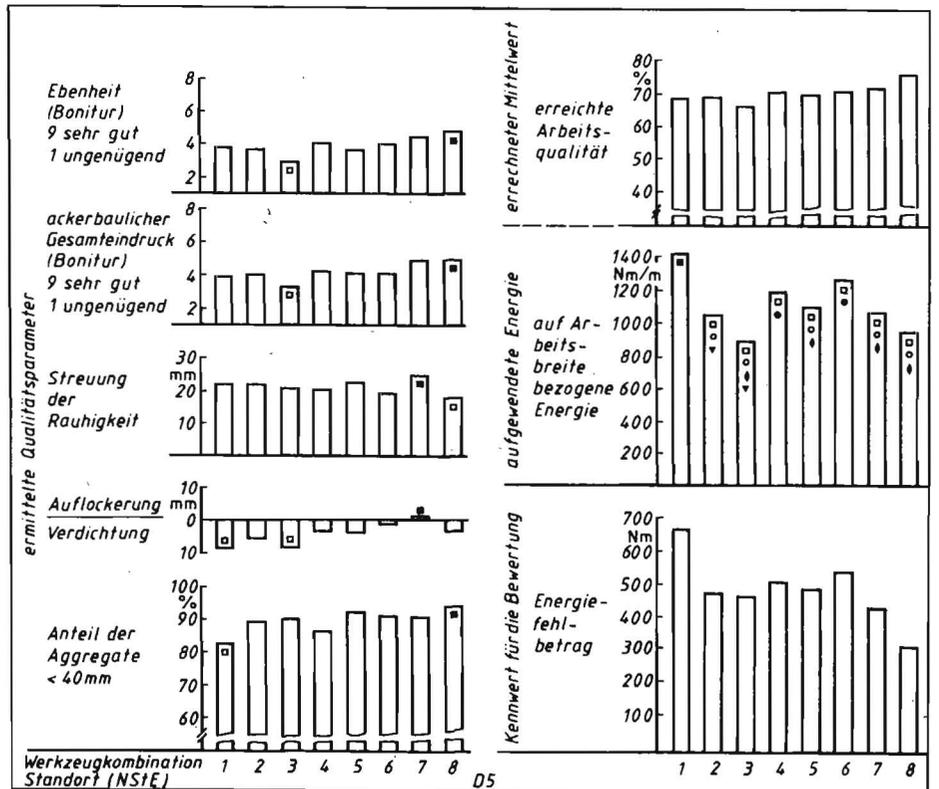
abgeleitet werden, daß Zinkenschleppen, bestehend aus zwei Reihen Eggenzinken, einer Rohrschlepe und einer zur Belastung des Schleppwerkzeugs sowie zur oberflächigen Feinkrümelung des Bodens nachgeordneten, gelenkig befestigten Federzinkenreihe, zur Saatbettbereitung im Frühjahr auf krümelfähigen LÖ-, V- und Al-Böden besser geeignet sind als zwei hintereinander angeordnete Eggen. Zwei Eggen erfordern für etwa die gleiche Arbeitsqualität bedeutend mehr Energie. Ist der Boden verschlämmt, bringt bei Zinkenschleppen der Austausch der Rohrschlepe gegen eine Flachstahlschlepe mit einem stumpfen Schnittwinkel von 135° Vorteile hinsichtlich der Krümelung

des Bodens und damit der erreichbaren Arbeitsqualität (Variante 6, LÖ 4). Trotz höheren Energieverbrauchs ist der Energiefehlabetrag dann kleiner als bei Verwendung der Rohrschlepe. Flachstahlschleppen mit einem Schnittwinkel von 150° (Variante 5) bewirken ebenfalls einen guten Arbeitseffekt, verdichten und verschmieren jedoch relativ feuchten Boden schon zu stark.

Zur Bearbeitung des anlehmigen Sandbodens ist die Zinkenschlepe mit eingebauter Rohrschlepe besser geeignet als zwei hintereinander angeordnete Eggen, da mit dem gleichen Energieaufwand eine bessere Arbeitsqualität erreicht wird (Bild 1, Varianten 1 und 4). Das gleiche gute Arbeitsergebnis wie mit der Zinkenschlepe (etwa gleicher Energiefehlabetrag) läßt sich auf diesem D2-Standort mit einer Egge, einer dahinter angeordneten belasteten Rohrschlepe und einer Federzinkenreihe realisieren (Varianten 2 und 3). Die Zinkenschlepe mit eingebauter Flachstahlschlepe hat sich auf diesem Standort nicht bewährt, da das relativ hohe Schleppwerkzeug den anlehmigen Sandboden im Frühjahr zu stark transportiert, wodurch ein unebener Acker mit nur befriedigender ackerbaulicher Qualität entsteht (Variante 5). Mit entsprechend der Bodenart bestückten Zinkenschleppen kann im Frühjahr unter günstigen Bedingungen in einem Arbeitsgang ein nahezu fertiges Saatbett bereitet werden, denn im Vergleich zur aufgewendeten Energie für den durchgeführten Arbeitsgang wurden nur sehr kleine Energiefehlabeträge ermittelt.

Bei der Saatbettbereitung im Sommer nach Saatfurche wurde mit den geprüften Werkzeugen und Werkzeugkombinationen kein so gutes Arbeitsergebnis erzielt wie im Frühjahr. Die absoluten Beträge des Energiefehlabetrags waren auf dem relativ klutigen Boden (Bild 2) wesentlich größer als auf dem krümelfähigen Boden im Frühjahr (Bild 1).

Bild 2. Ergebnisse der Saatbettbereitung mit Varianten von Zinkenschleppen sowie nacheinander angeordneten Werkzeugbaugruppen auf sandigem Lehm Boden nach Saatfurche



Tafel 2. Charakterisierung der Versuchsflächen

NSiE		D 2	Lö 4	V 1	Al 2	D 5
Körnungsart		IS	IU	L	IT	sL
Standort		Müncheberg	Dobitschen	Vippachedelhausen	Schulzendorf	Woldegk
Versuchstermin		3/1983	3/1983	3/1983	3/1983	8/1983
Bodenfeuchtigkeit (Massenanteil)	%	9,2 (feucht)	21,6 (sehr feucht)	22,6 (sehr feucht)	23,0 (sehr feucht)	12,2 (optimal)
Feldkapazität	%	71	83	78	77	64
Ausgangszustand größte Rauhtiefe	mm	Herbstfurche 150	Herbstfurche 115	Herbstfurche 130	Herbstfurche 140	Saatfurche <sup>1)</sup> 145
Verschlämmung organische Rückstände	%	gering 3	mittel 23	ohne 2	ohne 4	gering 6
Bewuchs	%	9	2	8	7	0
Arbeitsgeschwindigkeit	km/h	6,2	5,4	5,9	6,0	6,9

1) Scharpflug B 550 kombiniert mit Saatbettbereitungsgesät B 601

Auf dem frisch gepflügten, bereits mit Packern und Krümlern bearbeiteten sandigen Lehmboden war der Energieverbrauch für die beiden nacheinander angeordneten Eggen (Bild 2, Variante 1) signifikant höher als für die anderen geprüften Werkzeugvarianten, die erreichte Arbeitsqualität aber nur etwa gleich und der Anteil der Aggregate < 40 mm Ø am geringsten. Beim Vergleich der Zinkenschleppenvarianten ist ersichtlich, daß unter den Prüfbedingungen nach Saatsfurche steil stehende Schleppwerkzeuge (Varianten 7 und 8) ein besseres Arbeitsergebnis erreichen als flach stehende mit sehr stumpfem Schnittwinkel (Varianten 5 und 6) und als Rohrschleppen (Variante 4). Da bei steilerer Anstellung der Flachstahlschleppen (130° und 115°) sich die Arbeitsqualität infolge intensiverer Krümelung und Einebnung des Bodens etwas verbesserte und die aufgewendete Energie signifikant abnahm, wurde mit der Zinkenschleppe, bestehend aus zwei Eggenzinkenreihen, einer Flachstahlschleppe mit einem Schnittwinkel von 115° und einer nachgeordneten Federzinkenreihe, der geringste Energiefehlbetrag ermittelt.

#### 4. Schlußfolgerungen

Aus zwei Reihen Eggenzinken, einer Rohrschleppe und einer gelenkig angebrachten Federzinkenreihe bestehende Zinkenschleppen sind zur effektiven und schonenden Saatsfurchebereitung im Frühjahr auf allen krümel-fähigen Böden besser geeignet als zwei nacheinander angeordnete Eggen bzw. Eggen-Schleppen-Kombinationen. Die Zinkenschleppen sind außerdem wesentlich kürzer als zwei Eggen.

Auf im Frühjahr verschlämmten Lehm- und Schluffböden ist das Arbeitsergebnis, besonders der Krümelungseffekt, der Zinkenschleppe besser, wenn anstatt der Rohrschleppe eine Flachstahlschleppe mit stumpfem Schnittwinkel von 135° verwendet wird.

Auch bei der Saatsfurchebereitung im Sommer nach Saatsfurche haben sich Zinkenschleppen bewährt. Für die weitere Krümelung und Einebnung des gepflügten, mit Packern und Krümlern vorbereiteten sandigen Lehmbodens sind Zinkenschleppen gut geeignet, deren Flachstahlschleppe einen Schnittwinkel von 115° hat.

#### Literatur

- [1] Bosse, O.; Kalk, W.-D.: Untersuchungen an Schleppwerkzeugen zur Einebnung des Bodens im Frühjahr. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 29 (1985) 7, S. 409-415.
- [2] Bosse, O., u. a.: Vorrichtung zur Belastung von Arbeitswerkzeugen. DDR-Patentschrift Nr. 219 929 vom 20. März 1985 (A 01 B 49/02).
- [3] Bosse, O.; Kalk, W.-D.: Vorschlag zur Bewertung von Bodenbearbeitungswerkzeugen hinsichtlich Arbeitsqualität und Energieaufwand. agrartechnik, Berlin 35 (1985) 10, S. 444-446.
- [4] Kalk, W.-D.; Bosse, O.: Untersuchungen zur Ermittlung der Einflußgrößen auf den Zugkraftbedarf von Schleppwerkzeugen. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 28 (1984) 9, S. 537-543.

A 4852

## Mit Kettenantrieb gekoppelte rotierende Werkzeuge für die mit dem Pflug kombinierte Saatsfurchebereitung

Dipl.-Ing. J. Kranz, KDT/Dr.-Ing. W.-D. Kalk, KDT/Dr. agr. O. Bosse  
Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen		$n_{zi}$	Zähnezahl des Kettenrades auf der Welle des treibenden Werkzeugs	$l'$	mm	Teilung der Wirkelemente auf dem Werkzeugumfang
B	mm		Werkzeug	ZE	mm/(kNm/m <sup>2</sup> )	Zerkleinerungserfolg
$D_w$	mm	$Q_N$	kn/m	$\beta$	°	Spitzenwinkel
$F_{K9}$	kN	$R_{w9}$	mm	$\gamma$	°	Anstellwinkel
$F_{K1}$	kN	$R_{w1}$	mm	$\Delta GMD$	mm	Änderung des gewogenen mittleren Durchmessers (Zerkleinerungswirkung)
$F_N$	kN	$s_w$	%/ (kNm/m <sup>2</sup> )	$\Delta Q_{rel}$	%	relative Verdichtungswirkung
$F_{N9}$	kN	VE	%/ (kNm/m <sup>2</sup> )	$\eta_0$		Übertragungswirkungsgrad
$F_{N1}$	kN	$v_i$	m/s	$\mu_R$		Drehmomentbeiwert
$L_s$	mm	$v_u$	m/s	$\mu_{R9}$		Drehmomentbeiwert bei getriebenem Werkzeug
$M_{w9}$	kNm	W	%	$\mu_{R1}$		Drehmomentbeiwert bei treibendem Werkzeug
$M_{w1}$	kNm	$w_G$	kNm/m <sup>2</sup>			
$n_{zg}$		$w_R$	kNm/m <sup>2</sup>			
		$w_T$	kNm/m <sup>2</sup>			

#### 1. Einleitung

Die Bearbeitung des Bodens mit Werkzeug- bzw. Gerätekombinationen zur Grundboden-