

# Zur Ermittlung des Leistungsbedarfs von Saatbettbereitungskombinationen

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

## 1. Problemstellung

Eine wichtige Aufgabe der Pflanzenproduktionsbetriebe der DDR ist die Sicherung der den Pflanzenansprüchen entsprechenden Saatbettqualitäten und die Einhaltung der agrotechnisch günstigen Aussaatzeitspannen. Das ist nur möglich, wenn z. B. bei der Saatbettbereitung optimale Arbeitseffekte durch zweckmäßige Werkzeug- bzw. Gerätekombinationen erreicht und gleichzeitig die leistungsstarken Traktoren bei der erforderlichen Arbeitsgeschwindigkeit ausgelastet werden. Bisher gibt es keine ausreichenden Anhaltspunkte über den Zugleistungsbedarf von Werkzeug- oder Gerätekombinationen bei unterschiedlicher Arbeitsbreite und Bautiefe (Länge der Werkzeugkombination in Arbeitsrichtung). Die Leiter und Mechanisatoren der Bodenbearbeitungsbrigaden kombinieren und koppeln z. Z. nach Erfahrungswerten ihre Saatbettbereitungskombination. Bei der Arbeit sind dann entweder die Traktoren nicht ausgelastet, wobei kostbare Zeit innerhalb der agrotechnisch günstigen Zeiträume sowie Traktoren- und Arbeitskapazität verschenkt werden, oder überlastet, wobei die bei der Saatbettbereitung für optimale Arbeitseffekte erforderliche Arbeitsgeschwindigkeit von 8 bis 12 km/h nicht erreicht wird. Bei Überlastung der Traktoren tritt außerdem erhöhter Schlupf auf, was starke Spurbildung, Strukturschäden, Kraftstoffvergeudung und erhöhten Verschleiß zur Folge hat. Auch bei der wissenschaftlichen Erarbeitung neuer Verfahren für die Saatbettbereitung und bei der Entwicklung neuer Saatbettbereitungskombinationen für die zur Verfügung stehenden Traktorenklassen wird ein Richtwert zum Leistungsbedarf benötigt. Mit der folgenden Arbeit soll deshalb ein Richtwert abgeleitet werden, mit dem in der Praxis aus vorhandenen Geräten den Leistungen der Traktoren entsprechende und für die Erfüllung der agrotechnischen Forderungen günstige Saatbettbereitungskombinationen zusammengestellt werden können. Aber auch bei der Entwicklung von neuen Saatbettbereitungskombinationen für die vorhandenen und zu erwartenden Leistungsklassen der Traktoren können kombinierte Aggregate mit dem richtigen Verhältnis von Arbeitsbreite und Bautiefe näherungsweise festgelegt werden.

## 2. Ableitung eines Richtwertes

Bei der Erprobung und beim Einsatz von Saatbettbereitungskombinationen für Getreide, Zuckerrüben, Futtersaaten, Zwischenfrüchte und kleinsamige Sonderkulturen zeigte sich, daß enge Beziehungen zwischen Zugleistungsbedarf und der aus Arbeitsbreite und Bautiefe errechneten Werkzeugfläche bestehen. Diese Erkenntnis beruht sowohl auf ackerbaulichen als auch auf technischen Zusammenhängen. Für die oben genannten Fruchtarten bestehen hinsichtlich Saatbettqualität und Tiefe der Saatbettbereitung (kleiner als 8 cm) nur geringe Unterschiede [1]. Meßergebnisse mit Werkzeugkombinationen zur Saatbettbereitung (Tafel 1) weisen aus, daß der Einfluß der Bodenart auf den auf die Werkzeugfläche bezogenen Zugleistungsbedarf bei bodenart-spezifisch gleicher Bodenfeuchtigkeit nur gering ist [2].

Der Zugleistungsbedarf für die Lockerungswerkzeuge steigt zwar bei konstanter Arbeitsgeschwindigkeit vom „leichten“ zum „schweren“ Boden analog dem spezifischen Pflugwiderstand [3] an, jedoch wird diese Tendenz im wesentlichen durch die Abnahme des Rollwiderstands der rollenden Werkzeuge und der Stützräder vom „leichten“ zum „schweren“ Boden ausgeglichen. Verschiedene Zinkenwerkzeuge erfordern bei gleicher Arbeitstiefe annähernd gleiche Zugleistungen [4]. Die Unterschiede im spezifischen Zugleistungsbedarf bei den einzelnen Zinkenformen (z. B. Feingrubberzinken, Eggenzinken) werden durch die entsprechenden Strichabstände

(Feingrubber 12 cm, Egge 6 cm) ausgeglichen. Vergleicht man verschiedene Saatbettbereitungswerkzeuge beim Einsatz im Frühjahr nach Herbstfurche und beim Einsatz nach Saatterfurche zu Zwischenfrüchten und Wintergetreide (Tafel 2), so ergeben sich aufgrund des unebenen abgesetzten Bodens im Frühjahr für Schleppen höhere Zugleistungswerte und für rollende Werkzeuge niedrigere Zugleistungswerte als nach Saatterfurche. In Kombinationen gleichen sich diese Differenzen im wesentlichen aus.

Es läßt sich verallgemeinern, daß beim Einsatz von Kombinationen aus Schleppen, Zinkenwerkzeugen und Krümlern mit praxisübli-

Tafel 1. Zugleistungsbedarf in kW/m<sup>2</sup> Werkzeugfläche bei der Saatbettbereitung nach Saatterfurche

Standort	Werkzeugkombination	gemessene Zugkraft kN/m Arbeitsbr.	gemessene Arbeitsgeschw. km/h	Bautiefe m	Zugleistungsbedarf kW/m <sup>2</sup>
Müncheberg D 2/4	LP-FZ-SK	4,41	7,4	2,70	3,29
	LP-FG-SK	3,55	7,9	2,70	2,83
	SK-FZ-SK	3,70	8,6	2,70	3,21
					<b>3,11</b>
Jesewitz D 4	SK-FZ-SK	3,66	8,9	2,70	3,25
	SK-FG-SK	3,68	8,7	2,70	3,23
	LP-FZ-SK	3,71	9,8	2,70	3,67
					<b>3,40</b>
Schwaneberg Lö 1	SK-FG-SK	4,00	8,2	2,70	3,31
	SL-SK-FZ-SK	4,05	7,6	3,35	2,83
	GS-SK-FZ-SK	4,37	7,9	3,35	2,81
	GS-SK-FG-SK	4,57	7,1	3,35	2,64
					<b>2,90</b>
Leuben Lö 3	SK-FZ-SK	3,04	8,9	2,70	2,73
	LP-FZ-SK	2,63	9,0	2,70	2,39
	LP-FG-SK	2,73	8,8	2,70	2,42
					<b>2,51</b>
Golzow A/2	GS-LP-FG-SK	4,88	8,7	3,35	3,45
	SK-LP-FG-SK	4,75	8,0	3,35	3,09
	SK-SK-FG-SK	6,00	6,8	3,35	3,32
	SK-SK-FZ-SK	3,14	8,4	3,35	2,14
					<b>3,00</b>

Erläuterung:

FZ Federzinken, FG Feingrubberzinken, SL Schleppescheibe, GS gewellte Scheiben, LP Linsenpacker, SK Stabkrümmer

Die Mittelwerte des Zugleistungsbedarfs auf den einzelnen Standorten sind halbfett hervorgehoben.

Tafel 2. Mittlerer Zugleistungsbedarf in kW/m<sup>2</sup> Werkzeugfläche von auf verschiedenen Standorten eingesetzten Saatbettbereitungswerkzeugen bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 9 km/h

Saatbettbereitungswerkzeug	Einsatzzeit	gemessene Zugkraft	Bautiefe <sup>1)</sup>	Zugleistungsbedarf kW/m <sup>2</sup>
		kN/m Arbeitsbreite	m	
Schleppes	Frühjahr	0,73	0,65	2,8
	Herbst	0,57	0,65	2,2
Federzinken	Frühjahr	0,92	1,30	1,8
	Herbst	0,90	1,30	1,7
Feingrubberzinken	Frühjahr	1,14	1,30	2,2
	Herbst	1,22	1,30	2,3
Stabkrümmer vor den Zinken angebracht	Frühjahr	0,63	0,58	2,7
	Herbst	0,68	0,58	2,9
Stabkrümmer hinter den Zinken angebracht	Frühjahr	0,72	0,58	3,1
	Herbst	0,77	0,58	3,3

1) Summe aus Werkzeugabmessung in Arbeitsrichtung und der Hälfte der Freiräume zum davor und dahinter angeordneten Werkzeug

Tafel 3. Mittlerer Zugleistungsbedarf in kW/m<sup>2</sup> Werkzeugfläche von auf verschiedenen Standorten eingesetzten Saatbettbereitungskombinationen

	gemessene Zugkraft kN/m Arbeitsbr.	gemessene Arbeitsgeschw. km/h	Bautiefe m	Zugleistungs- bedarf kW/m <sup>2</sup>
<b>Werkzeugkombinationen</b>				
SK-FZ-SK	3,35	8,9	2,70	3,1
SK-FG-SK	3,84	8,5	2,70	3,4
LP-FZ-SK	3,58	8,7	2,70	3,2
LP-FG-SK	3,14	8,4	2,70	2,7
SK-LP-FG-SK	4,75	8,0	3,35	3,1
GS-LP-FG-SK	4,88	8,7	3,35	3,5
SK-SK-FG-SK	6,00	6,8	3,35	3,3
SK-SK-FZ-SK	3,14	8,4	3,35	2,5
GS-SK-FG-SK	4,57	7,1	3,35	2,7
GS-SK-FZ-SK	4,37	7,9	3,35	2,9
SL-SK-FZ-SK	4,05	7,6	3,35	2,5
<b>Kopplungswagen T 890 mit neuen Werkzeugen</b>				<b>2,99</b>
SL-FZ-SL-SSK	2,18	9,4	2,15	2,6
SL-FG-SL-SSK	2,75	8,1	2,15	2,8
SL-FZ-SL-WSK	1,29	12,5	2,15	2,1
SL-FG-SL-WSK	2,05	9,3	2,15	2,4
<b>Kopplungswagen T 890 mit 2 Feingrubbern B 231</b>				<b>2,48</b>
B 231 + Zinkenschlepp	2,36	9,4	2,20	2,8
B 231 + Schienenschlepp	2,40	11,2	2,20	3,3
				<b>3,05</b>

Erläuterung:

FZ Federzinken, FG Feingrubberzinken, SL Schlepp, GS gewellte Scheiben, LP Linsenpacker, SK Stabkrümeler, SSK Schrägstabkrümeler, WSK Winkelstabkrümeler

Die Mittelwerte des Zugleistungsbedarfs sind halbfett hervorgehoben.

Tafel 4. Zugleistungsbedarf in kW/m<sup>2</sup> Werkzeugfläche für Saatbettbereitungswerkzeuge bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 9 km/h

Saatbettbereitungs- werkzeug	spez. Zugkraftbedarf [7]	Bautiefe m	Zugleistungsbedarf kW/m <sup>2</sup>
	kN/m Arbeitsbreite		
Saatregge	0,15 ... 0,25	1,0	0,4 ... 0,6
Ackeregge	0,40 ... 0,50	1,4	0,7 ... 0,9
Löfflegegge	0,50 ... 0,80	1,4	0,9 ... 1,4
Glattwalze	0,60 ... 0,85	0,5 ... 0,7	2,8 ... 3,2
Cambridgewalze	0,65 ... 1,00	0,6 ... 0,7	2,9 ... 3,5
Crosskillwalze	0,80 ... 1,20	0,5 ... 0,7	3,8 ... 4,1

chen Werkzeugabständen für die Saatbettbereitung zu Getreide, Zuckerrüben, Futtersaaten, Zwischenfrüchten und Sonderkulturen auf den Bodenarten anlehmiger Sand bis Ton unter normalen Ausgangsbedingungen für eine bestimmte Werkzeugfläche eine annähernd gleiche Zugleistung erforderlich ist, sofern nicht für die Arbeitsaufgabe ungeeignete Werkzeugkombinationen zusammengestellt werden. Kleine, durch Bodenunterschiede hervorgerufene Differenzen im Zugkraftbedarf können durch Änderung der Arbeitsgeschwindigkeit ausgeglichen werden (Zugleistung = Zugkraft × Arbeitsgeschwindigkeit). Auf den Sandböden steigt der Rollwiderstand der rollenden Werkzeuge und der Stützräder in den Kombinationen aufgrund der größeren Einsinktiefe so stark an, daß ein Ausgleich durch geringere Geschwindigkeit infolge des zunehmenden Schlupfes nicht möglich ist. Deshalb muß die auf die Werkzeugfläche bezogene Zugleistung für Sandböden um 20 % erhöht werden. Anhand von Meßergebnissen mit Kombinationen für die Saatbettbereitung (Tafel 3) kann für den Zugleistungsbedarf von einem Quadratmeter Werkzeugfläche ein Richtwert von 3,0 kW/m<sup>2</sup> abgeleitet werden.

Um der jeweiligen Motorleistung des Traktors mit Hilfe des Richtwertes von 3,0 kW/m<sup>2</sup>

Werkzeugfläche Saatbettbereitungskombinationen zuordnen zu können, müssen die Verluste bei der Leistungsübertragung vom Motor des Traktors auf den Boden berücksichtigt werden. Nach Blumenthal [5] sind Getriebeverlust-, Fahrwiderstands- und Schlupfleistung zu berücksichtigen. Die mittlere Getriebeverlustleistung wird mit 15 % der effektiven Motorleistung angegeben. Die Fahrwiderstandsleistung beträgt bei einer Fahrgeschwindigkeit von 9 km/h und einem angenommenen Rollwiderstandsbeiwert (Gummireifen auf verdichtetem, gepflügtem Boden) von 0,12 [5] etwa 20 % der effektiven Motorleistung. Im Bereich des maximalen Wirkungsgrades eines Traktors kann eine Schlupfleistung von 15 % kalkuliert werden [6]. Damit ergeben sich bei der Leistungsübertragung des Traktors Verluste von etwa 50 %. Für eine Werkzeugfläche von einem Quadratmeter müssen demzufolge bei der Saatbettbereitung in ebenem Gelände 6,0 kW Motorleistung des Traktors zur Verfügung stehen. Ähnliche Leistungen werden auch in der Literatur für kombinierte Geräte zur Saatbettbereitung gefordert. Für Feingrubber mit Wälzegen sind 15 bis 19 kW/m Arbeitsbreite und für Zinkeneggen mit Wälzegen 13,3 bis 16,8 kW/m einzusetzen [4]. Das entspricht bei einer angenommenen Bautiefe von 2,5 m

einem Wert von 6,0 bis 7,6 kW/m<sup>2</sup> Werkzeugfläche bzw. 5,3 bis 6,7 kW/m<sup>2</sup>.

In unebenem Gelände muß zur Einhaltung des angestrebten Arbeitseffekts auch bei Steigungen die erforderliche Arbeitsgeschwindigkeit realisiert werden. Deshalb ist unter diesen Bedingungen von der zur Verfügung stehenden Motorleistung die erforderliche Steigleistung P abzuziehen [5]:

$$P = \frac{m \cdot v_f \cdot \sin \alpha}{367}$$

P kW Steigleistung  
m kg Traktormasse  
v<sub>f</sub> km/h Arbeitsgeschwindigkeit  
α ° Steigungswinkel.

Beim Einsatz des Traktors K-700 sind zum Beispiel bei 5 % Steigung 13,6 kW und bei 10 % Steigung 28,3 kW Steigleistung von der Motorleistung 158 kW abzuziehen. Der abgeleitete Richtwert von 6,0 kW Motorleistung je Quadratmeter Werkzeugfläche ist bei Arbeitstiefen einzelner Werkzeuge der Kombination über 8 cm und beim Einsatz aktiver Werkzeuge infolge des höheren Leistungsbedarfs je Werkzeugfläche nicht verwendbar. Der Richtwert hat nur Gültigkeit für Kombinationen von Saatbettbereitungswerkzeugen. Er gilt nicht für Geräte mit nur einer Werkzeugart, da beim Vergleich des Zugleistungsbedarfs von Einzelwerkzeugen zu große Unterschiede bestehen (Tafeln 2 und 4), die sich in Kombinationen bei Einhaltung der für die Funktion der Einzelwerkzeuge erforderlichen Freiräume ausgleichen.

### 3. Zusammenfassung

Anhand von Untersuchungsergebnissen mit Werkzeugkombinationen für die Saatbettbereitung wurde ein Richtwert für die Zuordnung von Werkzeug- oder Gerätekombinationen zu den zur Verfügung stehenden Traktorenklassen abgeleitet. Als Richtwert konnte empirisch ein Motorleistungsbedarf je Quadratmeter Werkzeugfläche von 6,0 kW/m<sup>2</sup> festgelegt werden, wobei sich die Werkzeugfläche als Produkt aus Arbeitsbreite und Bautiefe (Länge der Werkzeugkombination in Arbeitsrichtung) errechnet. Der Richtwert gilt für Werkzeugkombinationen mit passiven Saatbettbereitungswerkzeugen auf den Böden anlehmiger Sand bis Ton bei Arbeitstiefen bis 8 cm.

### Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Empfehlungen zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit und Erzielung einer hohen Ackerkultur, Teil I. agra-Buch, Marktleberberg 1976.
- [2] Kunze, A. u.a.: Grundlagen, Werkzeuge und Verfahren der kombinierten Bodenbearbeitung und Bestellung. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Münchenberg, Bericht 1972 (unveröffentlicht).
- [3] Krutikow u.a.: Theorie, Berechnung und Konstruktion der Landmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1955.
- [4] Dohne, E.; Estler, M.: Boden-Bearbeitung. AID-Broschüre Nr.419 (1977), Bonn — Bad Godesberg.
- [5] Blumenthal, R.: Technisches Handbuch Traktoren. Berlin: VEB Verlag Technik 1971, S. 68—79.
- [6] Zaunmüller, G.: Fahrzustandsdiagramme als Arbeitskennfeld für Ackerschlepper unter den Bedingungen des landwirtschaftlichen Einsatzes. Kraftfahrzeugtechnik 10 (1960) H. 11, S. 442.
- [7] Voigt, J.; Beckmann: Systematische Zusammenstellung bekannter passiver Saatbettbereitungswerkzeuge unter besonderer Berücksichtigung ihrer spezifischen Kennziffern. WTZ für Landtechnik Schlieben, Bericht 1971 (unveröffentlicht).