

Anwendung von berechnungsmethodischen Grundlagen zur rechnergestützten Ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarfs bei Bodenbearbeitungsaggregaten

Dozent Dr. sc. techn. G. König, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Landtechnik

Einleitung

Ausgehend von den in [1] dargestellten Grundlagen einer Berechnungsmethodik zur rechnergestützten Ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarfs bei Bodenbearbeitungsgeräten wird nachfolgend die Anwendung der Methode beschrieben.

Anwendungsgrundlagen

Voraussetzung für die praktische Nutzung der Berechnungsmethodik sind Werkzeug-, gerät- und aggregatspezifische Grundlagen zur Berechnung der Bearbeitungskraft sowie des Zugkraft- und Leistungsbedarfs für die in der Landwirtschaft eingesetzten Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen. Dazu wurden für die Berechnung der Bearbeitungskraft am Werkzeug vorhandene Kenn- und Richtwerte aus der landtechnischen Literatur entnommen und für die entwickelten Berechnungsgleichungen aufbereitet [2]. Dabei konnte festgestellt werden, daß nur wenige geeignete Werte auf diesem Weg zu ermitteln sind. Zumindest besteht aber damit für einen Teil der Werkzeuge die Möglichkeit, die Berechnungsmethode anzuwenden. Die Ermittlung von Kenn- und Richtwerten zur Berechnung der Werkzeugbearbeitungskraft, wie z. B. spezifische Trennkraft, Richtungswinkel und Lage der Bearbeitungskraft, Präzisierungsfaktoren für Geschwindigkeit, Abnutzung und extreme Belastung, ist daher ein dringendes Erfordernis und bildet die Grundlage für die umfassende Nutzung der Berechnungsmethode.

Die Untersuchungen zu Berechnungsgrundlagen für den Zugkraft- und Zugleistungsbedarf bezogen sich auf folgende Parameter:

- Art und Anzahl der auftretenden Kräfte
- Lage und Richtung der Zugkraft.

Dabei zeigte sich, daß neben den in der Grundstruktur am Gerät wirkenden Kräften, wie Bearbeitungs-, Gewichts- und Stützkkräfte [1], zusätzlich Kupplungskräfte zu berücksichtigen sind, die sich als Antriebskräfte in Form von Zugkräften bei angekuppelten Geräten ergeben.

Weiterhin sind die Stützkkräfte und somit auch die Zugkraft bei Geräten von der Art der Verbindung mit dem Traktor abhängig, wobei

- die Art der Kupplungseinrichtung, wie Anbau, Aufsattelung und Anhängung,
- der Zwang- oder Freigang der Kupplungseinrichtung und
- die Anzahl der zugkraftrichtungsbestimmenden Gelenkpunkte in der x-z-Ebene unterschiedlichen Einfluß haben (Bild 1). Darüber hinaus beeinflussen der Lauf der Traktorräder außerhalb der Furche bzw. der Lauf der rechten oder der linken Traktorräder in der Furche einschließlich der dabei vorliegenden Art der Lageänderung der Kupplungspunkte zwischen Gerät und Traktor den Zugkraftbedarf.

Nach Untersuchungen zur maximalen Anzahl der bei Bodenbearbeitungsgeräten und -maschinen auftretenden Kräfte und den daraufhin getroffenen rechen-technischen Festlegungen wurde die bei der Aufstellung von Rechenprogrammen zu berücksichtigende Anzahl der Kräfte bei der Ermittlung des Zugkraftbedarfs bestimmt.

Rechenprogramm

Für die Berechnung der den Zugkraftbedarf beeinflussenden Größen ist die im Bild 2 dargestellte Programmstruktur zugrunde zu legen. Diese Programmstruktur schließt die Nutzung des ermittelten Kraft- und Lei-

stungsbedarfs für weitere Anwendungsbereiche ein. Dazu zählen die Ausnutzung der Traktorleistung, die Radbelastung des Traktors, die Flächenkapazität des Aggregats sowie der Kraftstoffverbrauch des Traktors. Nach der Programmstruktur wurde das Rechenprogramm für die technisch-energetische Projektierung von Bodenbearbeitungsaggregaten TEPROBA 88 zur Verwendung auf dem Rechner PC 1715 entwickelt [3].

Kenn- und Richtwerte

Die für die rechnergestützte Ermittlung des Kraftbedarfs benötigten Kenn- und Richtwerte sind nach Element/Baugruppe, Gerät/Maschine und Traktor systematisiert in Kenn- und Richtwerttafeln als Grundlage für einen darauf aufzubauenden Kenn- und Richtwertspeicher zusammengefaßt. Sie werden nach einer Schlüsselnummer, aus der der Sachbezug zu entnehmen ist, gegliedert (Bild 3).

Für die einheitliche Erfassung und berechnungstechnische Nutzung der Abmessungen wurden ein Werkzeug-, ein Gerät- bzw. Aggregat- und ein Traktorkoordinatensystem eingeführt. Bei der Ermittlung der Kenn- und Richtwerte sind gültige Vorschriften zu nutzen.

Die Erfassung der Kenn- und Richtwerte obliegt einem Speicherverantwortlichen im Rahmen der für die Ermittlung vorgeschlagenen Organisationsstruktur [2].

Anwendungsbeispiel

Mit Hilfe der dargestellten rechnergestützten Berechnungsmethode und unter Berücksichtigung verfügbarer Kenn- und Richtwerte wurden für verschiedene Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen (B125-1, B173,

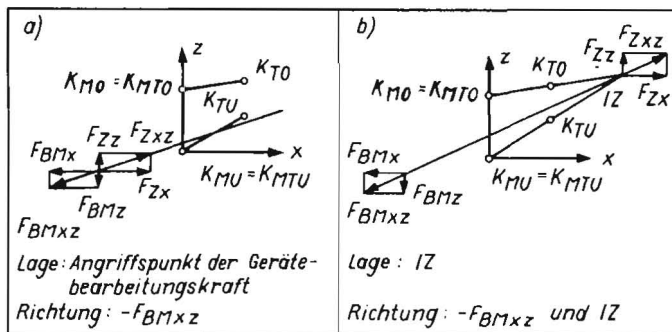
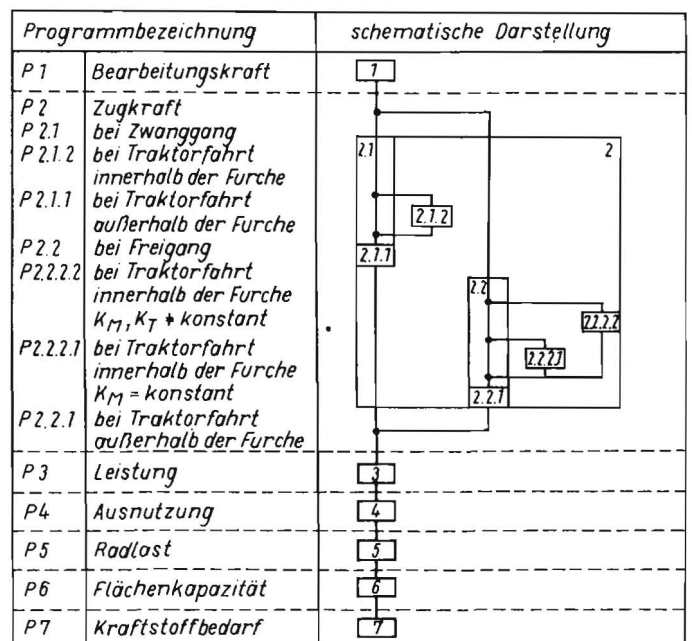


Bild 1. Varianten für die Lage und die Richtung der Zugkraft am Beispiel des Anbaupfluges B125-1 (Auszug); F_{BM} Bearbeitungskraft, F_Z Zugkraft, K_M Kupplungspunkt am Gerät, K_{MU} Kupplungspunkt zwischen Gerät und Traktor, K_T Kupplungspunkt am Traktor, IZ ideeller Angriffspunkt der Zugkraft
a) Zwangsgang, b) Freigang

Bild 2. Programmstruktur; K_M Kupplungspunkt am Gerät, K_T Kupplungspunkt am Traktor



IH		Kenn- und Richtwerte			0-1.1-0		
		Pflug Scharpflug B 125			Blatt 1.1		
Ausg.-Dat.:		Ersatz für:		verb. ab:			
Thesaurus und Deskriptoren							
Gerät - Typ		1	2	3	4	5	
Typ W-Tafel		0-1.1-1	0-1.1-1	0-1.1-1	0-1.1-1	0-1.1-1	
Nr.		1	4	4	4	7	
Stok.		3	4	4	5	3	
b_T		m	0,35	0,28	0,25	0,22	0,35
v_{min}		m/s	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1
v_{opt}		m/s	1,7	1,4	1,4	1,4	1,7
v_{max}		m/s	2,2	1,9	1,9	1,9	2,5
F_G		kN	5,1	4,0	4,0	4,4	4,8
Z_L, Y_L, Z_L		mm	Tafel 1				
Y_{LB}		m	-0,805			-0,805	
Y_2		m					
X_G		m	-1,180	-1,140	-1,140	-1,130	
Y_G		m	-0,200	-0,175	-0,190	-0,190	
Z_G		m					
X_A		m	-1,745	-1,768	-1,642	-1,600	-1,590
Y_A		m	-0,110	-0,110	-0,170	-0,120	-0,070
Z_A		m	-0,535	-0,425	-0,425	-0,425	-0,515
X_B		m	-2,830	-2,346	-2,132	-2,020	-2,530
Y_B		m	0,203	0,278	0,150	0,250	0,295
Z_B		m	-0,575	-0,465	-0,465	-0,465	-0,590
X_R		m	-0,775	-0,775	-0,775	-0,775	-0,743 ¹⁾
Y_R		m	0,250	0,250	0,250	0,250	0,170
Z_R		m	-575-t _z	-465-t _z	-465-t _z	-465-t _z	-505-t _z
1) 0,735 m bei t _z = 0,18 m; 0,75 m bei t _z = 0,3 m							
Des. Dr. sc. techn. G. König, IH Berlin-Wartenberg					1, 2, 9		
Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg							
Postfach 56, Berlin 1120		Fernruf: 48150		Telex: 114792 ihs dd			

Bild 3. Aufbau einer Kenn- und Richtwerttafel am Beispiel des Blattes 1.1 für den Anbaupflug B 125

B201-5, 6-PHX-35, B211, B231, B402 B01 u. a.) in Verbindung mit den Traktoren ZT 300 bzw. ZT 323 Kraft- und Leistungsbedarfsberechnungen durchgeführt [2, 3]. Zur Charakterisierung des Umfangs der Nutzungsmöglichkeiten werden am Beispiel des Bodenbearbeitungsaggregats Traktor ZT 300 und Anbaupflug B 125-1 einige ausgewählte Berechnungsergebnisse dargestellt (Bild 4).

So konnten nach Berechnung der Bearbeitungskraft am Werkzeug Arbeitskennlinien des Aggregats in Form von Zugkraftbedarfs- und Zugkraftfähigkeitslinien ermittelt werden (Bild 5). Damit lassen sich die Arbeitspunkte des Aggregats festlegen. Während

mit den bisherigen Methoden bei erheblichem Rechen- und Zeichenaufwand und mit verschiedenen Einschränkungen i. allg. nur für einzelne Einsatzbedingungen Ergebnisse bestimmt werden konnten, können künftig die Berechnungen in Abhängigkeit von einer Vielzahl von variablen Konstruktions-, Betriebs- und Bodenparametern durchgeführt werden.

Je nach Anwendungszweck, ob für Simulationsbetrachtungen von Betriebszuständen bei zu entwickelnden Maschine-Traktor-Aggregaten oder für Optimierungsberechnungen zu Einsatzparametern bei der technischen Vorbereitung des Betriebs von Bodenbearbeitungsaggregaten, können bezüglich

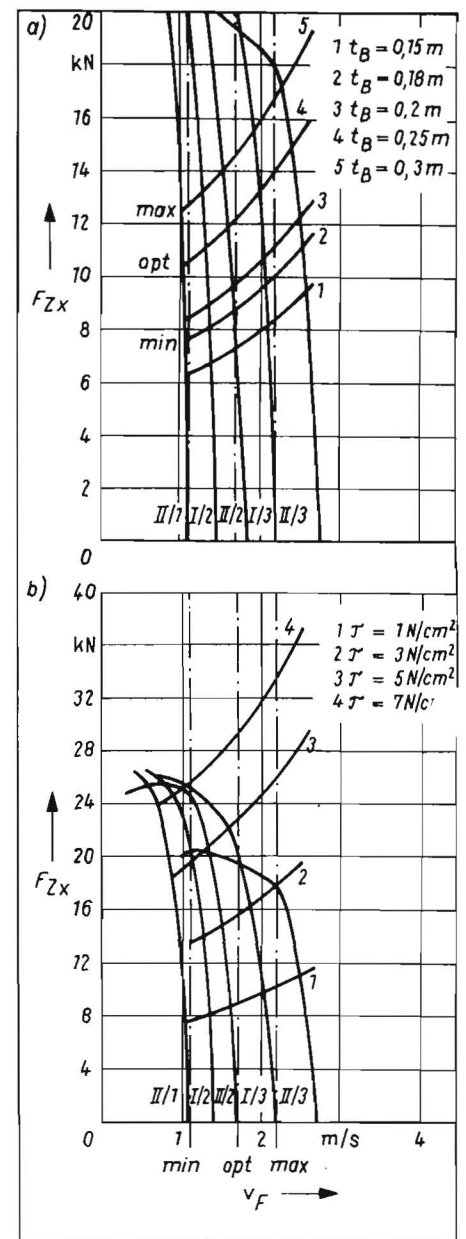


Bild 5. Arbeitskennlinien des Aggregats Anbaupflug B 125-1 und Traktor ZT 300 [Arbeitspunkte bei Zwangsgang der Kupplungseinrichtung, Pflugkörper 30 Z, Boden leicht lehmig, $\tau = 2 \text{ N/cm}^2$, $f_r = 29,7 \text{ kN/m}^2$ (a), $b_a = 0,35 \text{ m}$, $Z_{WE} = 3$, $t_{opt} = 0,25 \text{ m}$ (b), $\rho_e = 1$, $\rho_s = 1$, $\varphi = 12^\circ$, $\chi = 20^\circ$, $\rho_A = 29,6^\circ$]
 F_Z Zugkraft, v_F Fahrgeschwindigkeit
 a) Bearbeitungstiefenabhängigkeit, b) Bodenabhängigkeit

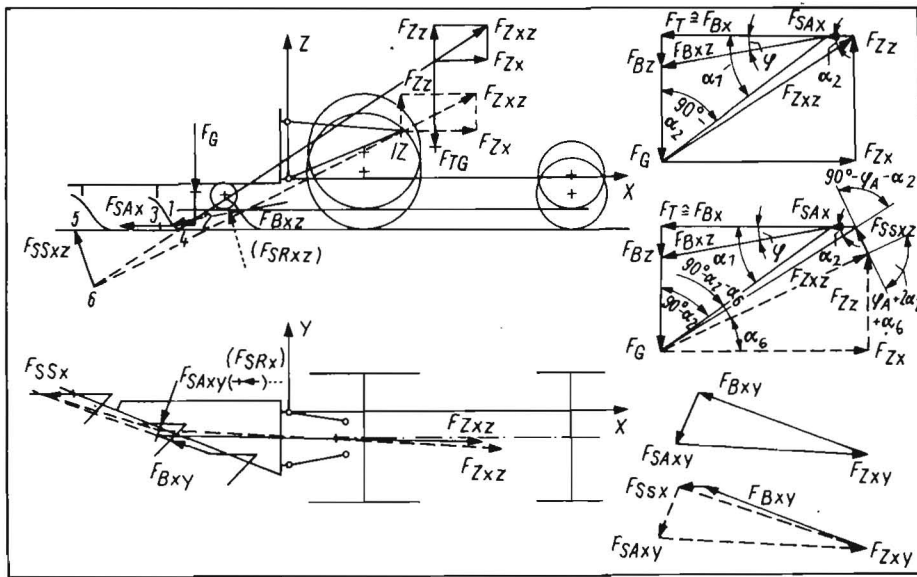


Bild 4. Für die Programmodule P1 und P2.1.2 bzw. P2.2.2.1 zugrunde gelegtes Struktur- und Kraftschema zur Ermittlung der Zugkraft beim Anbaupflug (F_B Bearbeitungskraft, F_G, F_{TG} Gewichtskräfte, F_{SR} Stützkraft Rad, F_{SA} Stützkraft Anlage, F_{SS} Stützkraft Schleifsohle, F_Z Zugkraft);
 — Kraftdarstellung für Dreipunkthydraulik als Regelhydraulik
 - - - Kraftdarstellung für Dreipunkthydraulik in Schwimmstellung

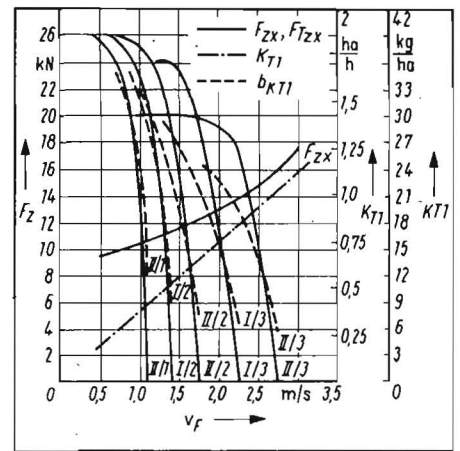


Bild 6. Arbeitskennlinien des Aggregats Anbaupflug B 125-1 und Traktor ZT 300 (Arbeitspunkte bei Zwangsgang der Kupplungseinrichtung, Pflugkörper 30 Z, Boden leicht lehmig,
 $\tau = 2 \text{ N/cm}^2$, $f_r = 29,7 \text{ kN/m}^2$,
 $t_{\text{Bodp}} = 0,25 \text{ m}$, $b_B = 0,35 \text{ m}$, $Z_{we} = 3$, $p_e = 1$,
 $p_a = 1$, $\varphi = 12^\circ$, $\chi = 20^\circ$, $\alpha_A = 29,6^\circ$)
 b_{KT1} spezifischer Kraftstoffverbrauch, K_{T1} Flächenkapazität, F_Z Zugkraft, v_f Fahrgeschwindigkeit

kung auf die zusätzliche Belastung der Traktorräder bei Berücksichtigung der Traktorfahrt mit und ohne Ballastmassen zu ermitteln [2].

Die beschriebene Methode zur rechnergestützten Ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarfs bei Bodenbearbeitungsaggregaten bildet die Grundlage für weitere Anwendungsbereiche, wie z. B. zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs und der Flächenkapazität des Aggregats (Bild 6) oder zur Kennzeichnung der Auslastung der Motorleistung. Dazu sind jedoch die traktorseitigen Berechnungsgrundlagen weiter zu entwickeln und entsprechende Kenn- und Richtwerte aufzubereiten.

Zusammenfassung

Nach den in [1] behandelten berechnungsmethodischen Grundlagen zur rechnergestützten Ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarfs bei Bodenbearbeitungsgeräten wird die Anwendung der Methode dargestellt. Für die in den Landwirtschaftsbetrieben eingesetzten Geräte und Maschinen werden Anwendungsgrundlagen geschaffen, die zur Ermittlung der Bearbeitungskraft, der Zugkraft und des Leistungsbedarfs dienen. Auf dieser Grundlage erfolgt die Ausarbeitung eines Rechenprogramms für die technisch-energetische Projektierung von Bodenbearbeitungsaggregaten. Die zur Anwendung des Rechenprogramms erforderlichen Kenn- und Richtwerte werden im Hinblick auf ihre Erfassung und Systematisierung beschrieben. Anhand eines Anwendungsbeispiels wird die Nutzung der Methode demonstriert.

bedarfs bei Bodenbearbeitungsgeräten wird die Anwendung der Methode dargestellt. Für die in den Landwirtschaftsbetrieben eingesetzten Geräte und Maschinen werden Anwendungsgrundlagen geschaffen, die zur Ermittlung der Bearbeitungskraft, der Zugkraft und des Leistungsbedarfs dienen. Auf dieser Grundlage erfolgt die Ausarbeitung eines Rechenprogramms für die technisch-energetische Projektierung von Bodenbearbeitungsaggregaten. Die zur Anwendung des Rechenprogramms erforderlichen Kenn- und Richtwerte werden im Hinblick auf ihre Erfassung und Systematisierung beschrieben. Anhand eines Anwendungsbeispiels wird die Nutzung der Methode demonstriert.

Literatur

- [1] König, G.: Grundlagen einer Berechnungsmethodik zur rechnergestützten Ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarfs von Bodenbearbeitungsgeräten. agrartechnik, Berlin 39(1989)10, S. 450-452.

bedarfs bei Bodenbearbeitungsgeräten wird die Anwendung der Methode dargestellt. Für die in den Landwirtschaftsbetrieben eingesetzten Geräte und Maschinen werden Anwendungsgrundlagen geschaffen, die zur Ermittlung der Bearbeitungskraft, der Zugkraft und des Leistungsbedarfs dienen. Auf dieser Grundlage erfolgt die Ausarbeitung eines Rechenprogramms für die technisch-energetische Projektierung von Bodenbearbeitungsaggregaten. Die zur Anwendung des Rechenprogramms erforderlichen Kenn- und Richtwerte werden im Hinblick auf ihre Erfassung und Systematisierung beschrieben. Anhand eines Anwendungsbeispiels wird die Nutzung der Methode demonstriert.

- [2] König, G.: Berechnungsmethodische Grundlagen zur rechnergestützten Ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarfs für die Projektierung und für den Betrieb von Bodenbearbeitungsgeräten, -maschinen und -aggregaten. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation B 1988.
- [3] König, G.; Olbrich, A.: Modellierung des Kraft- und Leistungsbedarfs von Bodenbearbeitungsgeräten. In: Grundlagen zur Entwicklung bodenschonender und energiesparender Radfahrwerke für Traktoren und selbstfahrende Landmaschinen zum Einsatz auf druckempfindlichen Böden. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1988. A 5572

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im Verlag Technik:

Elektrie; Elektro-Praktiker; messen - steuern - regeln; Nachrichtentechnik - Elektronik;
 radio - fernsehen - elektronik; Mikroprozessortechnik