

# Ergebnisse aus Untersuchungen mit Rollenpflugkörpern

Dipl.-Ing. H. Sommerburg, KDT / Ing. M. Hahn, KDT

Institut für Landmaschinentechnik im VEB Weimar-Kombinat Landmaschinen

Der Zugwiderstand des Pflugs ist eine die Effektivität der Pflugarbeit beeinflussende Komponente. Die Effektivität wird größer, wenn es gelingt, den Zugwiderstand zugunsten einer größeren Flächenleistung zu senken und dabei innerhalb der durch andere Effektivitätskriterien — wie Arbeitsqualität und Verfahrenskosten — vorgegebenen Grenzen zu bleiben. Im Zusammenhang hiermit interessiert die Frage, ob und in welchem Ausmaß der Zugwiderstand des Streichblechpflugkörpers verringert werden kann, wenn die zwischen Boden und Streichblech auftretende Gleitreibung teilweise durch Rollreibung ersetzt wird.

Szabo /1/ schreibt, daß bei dem von ihm erfundenen Rollenpflug GEF-3-35 durch die Lenkrollen anstelle des Streichblechs und durch die rollende Anlage eine Senkung des Zugwiderstands gegenüber dem herkömmlichen Streichblechpflug mit gleitender Anlage zu erreichen ist. Außerdem soll der Zugwiderstand mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit im Gegensatz zu dem bisher bekannten progressiven Anstieg degressiv ansteigen.

Zach /2/ berichtet, daß im Geschwindigkeitsbereich von 3 bis 11 km/h ein gegenüber dem herkömmlichen Streichblechpflug geringerer Zugwiderstand des Rollenpflugs von Szabo festgestellt wurde, was aber auf schüttenden Böden mit einer geringeren Furchenräumung erkauft wurde. Der von Szabo /1/ angegebene degressive Anstieg des Zugwiderstands mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit konnte nicht bestätigt werden.

Die o. g. Aussagen über den mit dem ungarischen Rollenpflug erreichbaren energetischen Effekt stimmen bezüglich der Zugwiderstandscharakteristik (progressiv — degressiv) nicht überein. Außerdem nennt Szabo weder die dem degressiven Zugwiderstandsanstieg zugrunde liegenden Meßergebnisse noch die Meßbedingungen.

Zach sagt nicht aus, ob der festgestellte geringere Zugwiderstand des Rollenpflugs unter Berücksichtigung der Streuung der Meßwerte um die Kurven des mittleren Zugwiderstands als statistisch gesichert gelten kann. Der gesicherte Nachweis des Ausmaßes der durch Rollen möglichen Zugwiderstandssenkung ist aber erforderlich, um über die Einführung dieser Lösungsvariante in Serienerzeugnisse entscheiden zu können. Darum wurden eigene Messungen im Feldeinsatz und die Analyse der Meßergebnisse für statistisch gesicherte Aussagen als notwendig erachtet und im Auftrag des VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig des VEB Weimar-Kombinat durchgeführt /3/ /4/.

## 1. Messungen im Feldeinsatz

Mit den Untersuchungen sollte nur der Effekt der im Streichblechbereich befindlichen Rollen geklärt werden. Deswegen

wurden im Gegensatz zum ungarischen Rollenpflug gleitende Anlagen verwendet.

In das Meßprogramm wurden der als Variante 30 ZR bezeichnete, vom Auftraggeber BBG mit zwei Original-Rollen des Pflugs GEF-3-35 ausgerüstete Serienpflugkörper und zum Vergleich der Serienpflugkörper 30 Z selbst aufgenommen. Außerdem wurde der eine günstigere Zugwiderstandscharakteristik (kleinerer  $\epsilon$ -Koeffizient) aufweisende Versuchsmuster-Pflugkörper P 10 und zum Vergleich die mit den gleichen Rollen ausgerüstete Variante P 10 R einbezogen. Bei den Varianten 30 Z und 30 ZR bzw. P 10 und P 10 R kam der gleiche, speziell für die jeweilige Streichblechpflugkörper-Variante entwickelte Vorschneider zum Einsatz. (Neben diesen hier interessierenden vier Pflugkörper-Varianten wurden wegen anderer Aussagen noch weitere sechs Varianten des Auftraggebers BBG eingesetzt. Die Messungen erfolgten unter Beteiligung beider Institutionen.)

Es sollten die Auswirkungen der Rollen auf den Zugwiderstand und auf die Arbeitsqualität unter verschiedenen Bodenbedingungen (Tafel 1) und — ausgehend von den optimalen Arbeitsgeschwindigkeiten der im Perspektivzeitraum verfügbaren Traktortypen — in den Geschwindigkeitsstufen 8 km/h und 10 km/h geklärt werden.

Die Meßstrecke betrug 100 m und die Nennarbeitstiefe 25 cm. Um versuchsbedingte Abweichungen von den vorgegebenen Geschwindigkeiten durch Regressionsrechnung ausgleichen zu können, liefen die Traktoren in 5 bzw. 6 Geschwindigkeitsstufen im Bereich von rd. 3 bis 15 km/h. Für die Meßgrößen Zugkraft Z, Arbeitsbreite b, -tiefe t und -geschwindigkeit v erfolgten je Geschwindigkeitsstufe 5 Stichprobenmessungen (Meßstreckendurchfahrten) mit der von Hahn /6/ beschriebenen Digitalmeßeinrichtung. Die gleiche Anzahl Stichproben — allerdings zu je 20 manuell gemessenen Einzelwerten — wurde für die Furchenräumung (BR) entnommen. Die Qualitätsmerkmale Unterbringung (U), Kamm Ausbildung (K) und Wendung (W) wurden je Geschwindigkeitsstufe 3mal (= 3 Bonitierter) visuell bewertet, wofür maximal 10 Punkte (= sehr gut) zur Verfügung standen, die z. B. für K bei einem maximal ausgebildeten Furchenkamm erteilt wurden. Als Meßpflug diente ein dreifurchig ausgerüsteter Anhängerpflug B 187/1.

## 2. Meßwertverarbeitung

Sämtliche Meß- bzw. Bonitierwerte wurden auf Meßkarten geschrieben, von diesen auf Lochkarten übertragen und auf der EDVA R 300 verarbeitet, wofür das Rechenzentrum des Auftraggebers ein Projekt erarbeitet hatte. Berechnet wurden

Tafel 1. Bodenbedingungen

Boden-Variante	Versuchsort	Versuchszeitraum im Jahr 1971	Bodenart n. Scheffer	Abschlammbare Bestandteile		Feuchtigkeit		Dichte g/cm <sup>3</sup>	Vorfrucht	
				G.A. M.-%	s =	GW M.-%	s =			
1/71	Arzberg (Elb-Aue)	18. 8.— 1. 9.	Sl.	27,3 <sup>1</sup>	s = 6,5% <sup>2</sup> v = 23,9% <sup>3</sup>	8,1 <sup>1</sup>	s = 3,0% <sup>2</sup> v = 37,5% <sup>3</sup>	1,78 <sup>1</sup>	s = 0,06 g/cm <sup>3</sup> <sup>2</sup> v = 3,4% <sup>3</sup>	Weizen
2/71	Paschwitz (Krs. Eilenburg)	3. 9.— 14. 9.	Sl.	15,6	s = 0,4% v = 2,3%	7,7	s = 0,6% v = 7,6%	1,63	s = 0,08 g/cm <sup>3</sup> v = 4,9%	Roggen
3/71	Kyhna (Krs. Delitzsch)	17. 9.— 1. 10.	L.	38,7	s = 3,1% v = 8,1%	11,6	s = 0,8% v = 6,6%	1,71	s = 0,05 g/cm <sup>3</sup> v = 3,1%	Rübensamen (geseiht)
4/71	Bad Lauchstädt	5. 10.— 21. 10.	L.	47,6	s = 2,4% v = 5,0%	13,2	s = 2,1% v = 16,0%	1,62	s = 0,08 g/cm <sup>3</sup> v = 5,0%	Luzerne (Stallung)

<sup>1</sup> Mittelwert aus Einzelmessungen; <sup>2</sup> Standardfehler der Einzelmessung; <sup>3</sup> Variationskoeffizient

Tafel 2. Mittlere spezifische Zugwiderstände zw einzelner Stichproben

Boden- vari- ante	Ge- schwin- dig- keits- stufe	Stich- probe	30 ZR			30 Z			P 10 R			P 10		
			v	zw	v <sup>1</sup>	v	zw	v <sup>1</sup>	v	zw	v <sup>1</sup>	v	zw	v <sup>1</sup>
			km h	kp dm <sup>2</sup>	%	km h	kp dm <sup>2</sup>	%	km h	kp dm <sup>2</sup>	%	km h	kp dm <sup>2</sup>	%
2/71	4	1.	7,4	51,72	9,0	8,3	49,56	11,9	8,7	50,03	13,4	8,2	48,87	13,8
		2.	7,2	55,67	10,0	8,6	51,29	13,7	8,6	49,98	12,5	8,9	48,27	15,1
		3.	8,0	59,52	10,3	8,7	49,30	12,3	8,7	49,01	9,8	9,4	49,13	18,6
		4.	8,7	57,11	12,4	8,7	48,40	14,2	8,9	49,07	11,4	9,5	43,47	12,7
		5.	8,4	58,66	10,4	8,1	50,17	11,7	8,9	51,00	14,3	8,9	47,82	12,0
	5	1.	12,9	68,45	12,8	11,8	65,65	11,7	12,9	72,21	17,8	12,2	50,03	14,2
		2.	12,0	72,33	11,7	11,7	73,38	12,8	12,9	59,98	15,7	13,0	55,15	14,8
		3.	13,0	78,31	10,9	12,1	67,17	13,5	12,9	66,50	15,2	13,0	58,58	14,6
		4.	12,7	71,80	10,0	12,3	64,44	16,8	16,8	63,36	13,6	13,0	56,06	11,2
		5.	12,8	79,65	9,3	12,5	64,47	15,3	12,9	63,62	13,3	12,7	63,03	11,4

<sup>1</sup> Variationskoeffizient für zw

Tafel 3. Statistisch gesicherte Relationen der mittleren spezifischen Zugwiderstände zw einzelner Geschwindigkeitsstufen

Boden- variante		30 ZR	>	30 Z	Unterschied zum Streichblech- pflugkörper %	>	P 10 R	>	P 10	Unterschied zum Streichblech- pflugkörper %
		<	<	<		<	<	<		
1 71	Geschwindigkeitsstufe	4		4			4		4	
	v km/h	9,9	>	9,5			9,5	<	10,0	
	zw kp/dm <sup>2</sup>	85,89	>	67,42	27,4		62,89	=	67,92	—
	Geschwindigkeitsstufe	4		5			5		5	
	v km/h	9,9	<	11,1			11,6	<	12,3	
	zw kp/dm <sup>2</sup>	84,61	>	77,46	9,2		69,91	=	68,86	—
2 71	Geschwindigkeitsstufe	4		4			4		4	
	v km/h	8,0	=	8,5			8,8	=	9,0	
	zw kp/dm <sup>2</sup>	56,54	>	49,74	13,7		49,82	=	47,51	—
	Geschwindigkeitsstufe	5		5			5		5	
	v km/h	12,7	>	12,1			12,9	=	12,8	
	zw kp/dm <sup>2</sup>	74,11	=	67,02	—		65,13	>	56,57	15,1
3 71	Geschwindigkeitsstufe	3		3			3		3	
	v km/h	6,7	=	6,5			6,8	<	7,1	
	zw kp/dm <sup>2</sup>	65,09	=	60,06	—		61,50	=	61,88	—
	Geschwindigkeitsstufe	4		4			4		4	
	v km/h	9,9	=	9,9			10,4	=	10,5	
	zw kp/dm <sup>2</sup>	85,24	>	76,64	11,2		68,83	=	69,07	—
4 71	Geschwindigkeitsstufe	3		3			3		3	
	v km/h	8,0	<	8,2			7,8	=	8,0	
	zw kp/dm <sup>2</sup>	102,63	>	97,60	5,2		96,76	>	85,38	13,3
	Geschwindigkeitsstufe	5		5			5		5	
	v km/h	10,6	<	11,3			11,7	=	11,6	
	zw kp/dm <sup>2</sup>	116,99	>	106,09	10,3		108,53	>	99,52	9,1

- für jede Meßstreckendurchfahrt die Mittelwerte und Variationskoeffizienten der Meßgrößen Z, b, t, v, BR und des spezifischen Zugwiderstands  $ZW = Z/b \cdot t$  (Werte für zwei Geschwindigkeitsstufen vom Boden 2/71 — Tafel 2)
- für jede Geschwindigkeitsstufe die Mittelwerte und Standardfehler der bonitierten Qualitätsmerkmale U, K und W
- für jede Pflugkörper-Variante zur Charakterisierung der Abhängigkeit der Meßgrößen ZW und BR von der Arbeitsgeschwindigkeit die Achsabstände, Regressionskoeffizienten, Standardfehler und Variationskoeffizienten der ganzen rationalen Regressionsgleichungen zweiten Grades ohne lineares Glied (jeweils 5 Werte entsprechend den 5 Meßstreckendurchfahrten je Geschwindigkeitsstufe, die hier aus Platzgründen nicht wiedergegeben werden können).
- für vorgegebene Geschwindigkeitsstufen (6 bis 12 km/h) die Regreßwerte.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Zugwiderstand

Die erhaltenen Meßergebnisse wurden dahingehend analysiert, inwieweit die Varianten 30 ZR und 30 Z bzw. P 10 R

und P 10 bei den Messungen im Feldeinsatz unter gleichen Bedingungen (Bodenbedingungen, Arbeitsgeschwindigkeit) unterschiedliche spezifische Zugwiderstände verursachten. Tafel 3 zeigt die Unterschiede der aus jeweils fünf Stichprobenwerten einer Geschwindigkeitsstufe errechneten mittleren spezifischen Zugwiderstände. Tafel 2 zeigt, daß die interessierenden Geschwindigkeiten — 8 km/h und 10 km/h — bei den Messungen nicht genau eingehalten werden konnten. Deshalb wurden die zu vergleichenden Stichprobenwerte aus den insgesamt verfügbaren so ausgewählt, daß die Geschwindigkeitsunterschiede der entsprechenden Pflugkörper-Varianten minimal blieben bzw. daß sie die Aussagen über Zugwiderstandsunterschiede möglichst noch bekräftigten (z. B.: größerer Zugwiderstand trotz kleinerer Geschwindigkeit).

Der Unterschied zweier Mittelwerte — sowohl des Zugwiderstands als auch der Arbeitsgeschwindigkeit — besitzt aber ohne Beachtung der Streuung ihrer einzelnen Stichprobenwerte (s. Tafel 2) nur geringe Aussagekraft. Die Analyse der Meßergebnisse (Varianzanalyse) nach dem von Weber // angegebene Verfahren der Einfachklassifikation ergab die in Tafel 3 dargestellten Relationen. Alle diesbezüglichen Aussagen (größer als, gleich bzw. kleiner als) besitzen eine statistische Sicherheit von 95 Prozent, einige 99 Prozent. So

bedeutet das in Tafel 3 für die Boden-Variante 4/71 in der 3. Geschwindigkeitsstufe dargestellte Ergebnis, daß die Variante 30 ZR gegenüber der Variante 30 Z mit statistischer Sicherheit einen um 5,2 Prozent größeren Zugwiderstand verursachte, obwohl ihre Geschwindigkeit mit statistischer Sicherheit als geringer angenommen werden kann. Ebenso hatte die Variante P 10 R gegenüber der Variante P 10 einen größeren Zugwiderstand, wobei für beide keine wesentlich unterschiedlichen Geschwindigkeiten nachgewiesen werden konnten.

Zusätzlich zur Analyse der Stichprobenwerte wurden noch die für 8 km/h und 10 km/h berechneten Regreßwerte analysiert. Die dadurch gewonnenen Aussagen enthält Tafel 4. Diese von den unterschiedlichen Bodenbedingungen unabhängige Aussage wurde durch eine Varianzanalyse mittels Zweifachklassifikation /7/ erzielt.

Aus den Tafeln 3 und 4 geht hervor, daß im Bereich von rd. 8 km/h bis 10 km/h

- in der Mehrzahl der Fälle und im Durchschnitt der auf den Böden 1/71 bis 4/71 durchgeführten Messungen die Rollenpflugkörper-Varianten einen größeren — in keinem Fall jedoch einen geringeren — Zugwiderstand gegenüber den entsprechenden Streichblechpflugkörper-Varianten verursachten und
- die Variante 30 ZR öfter als die Variante P 10 R einen größeren Zugwiderstand gegenüber der entsprechenden Streichblechpflugkörper-Variante und im Durchschnitt der auf den Böden 1/71 bis 4/71 durchgeführten Messungen eine stärkere Zugwiderstandsvergrößerung als die Variante P 10 R verursachte.

### 3.2. Arbeitsqualität

Die Meßergebnisse der Furchenräumung und die Bonitierergebnisse der anderen Qualitätsmerkmale wurden ebenfalls analysiert. Es war festzustellen, ob die Rollenpflugkörper-Varianten im Bereich von 8 km/h bis 10 km/h, wenn sie schon keinen geringeren Zugwiderstand aufwiesen, dann zumindest eine bessere Arbeitsqualität als die Streichblechpflugkörper-Varianten lieferten.

Hinsichtlich der Furchenräumung wurde eine Varianzanalyse /7/ (Einfach- bzw. Zweifachklassifikation) der für 8 km/h und 10 km/h berechneten Regreßwerte vorgenommen.

Die Ergebnisse enthält Tafel 5. Sie besagen, daß

- in der Mehrzahl aller Fälle und im Durchschnitt der auf den Böden 1/71 bis 4/71 durchgeführten Messungen die Rollenpflugkörper-Varianten eine geringere Furchenräumung als die Streichblechpflugkörper-Varianten hinterließen. Die einzige Ausnahme war die Variante 3/71. 8 km/h: 30 ZR > 30 Z.
- die Variante P 10 R öfter als die Variante 30 ZR eine geringere Furchenräumung als die entsprechende Streichblechpflugkörper-Variante erbrachte.

Der auf jeweils eine Boden-Variante bezogene Vergleich der Mittelwerte der bonitierten Qualitätsmerkmale U, K und W

führte zu nur geringwertigen Aussagen. Erstens wichen die realisierten Geschwindigkeiten der einzelnen Pflugkörper-Varianten von den interessierenden (8 km/h und 10 km/h) unterschiedlich stark ab; Zweitens lag für jede Pflugkörper-Variante je Geschwindigkeitsstufe nur 1 Mittelwert für U, K bzw. W vor. Unterschiede zwischen jeweils zwei Mittelwerten konnten deshalb nicht analysiert werden. Die durch grafische Interpolation aus diesen Mittelwerten gewonnenen, für 8 km/h und 10 km/h zutreffenden Bonitierwerte ergaben für zwei Drittel aller Fälle — jedoch ohne statistische Sicherheit — eine gegenüber den Streichblechpflugkörper-Varianten schlechtere Arbeitsqualität der Rollenpflugkörper-Varianten. Für alle anderen Fälle war sie gleich bzw. besser.

Aussagen über statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den interpolierten Bonitierwerten ließen sich nur für die Gesamtheit aller auf den Böden 1/71 bis 4/71 vorgenommenen Bonitierungen ableiten, indem die Streuung der je Pflugkörper-Variante verfügbaren 4 Werte (für U, K bzw. W) analysiert wurde (Zweifachklassifikation /7/). Es ergaben sich keine Unterschiede zwischen der Arbeitsqualität der Rollenpflugkörper-Varianten und der der Streichblechpflugkörper-Varianten. Dies ist vermutlich auf die zu kleine Anzahl und zu geringe Genauigkeit der Bonitierwerte (zu großer Bonitierfehler, da nur 3 Bonitierter) zurückzuführen.

Um zumindest für die Unterbringung einen kleineren Bonitierfehler und dadurch einige statistisch gesicherte Qualitätsunterschiede zu erhalten, wurden die in der 4. Geschwindigkeitsstufe (zwischen 9,5 und 10,4 km/h) von den Bonitierern erteilten Einzelwerte analysiert. Für zwei Böden (1/71 und 2/71) und für den Durchschnitt aller Bonitierungen (1/71 bis 4/71) konnte eine gegenüber der Variante 30 Z schlechtere Unterbringung der Variante 30 ZR — allerdings bei nicht gleich großen mittleren Geschwindigkeiten — festgestellt werden.

### 4. Schlußfolgerungen

Mit Hilfe der statistischen Analyse der Meß- bzw. Bonitierwerte ergaben sich folgende — auf alle Messungen bezogene — durchschnittliche Aussagen:

- Die Rollenpflugkörper-Varianten verursachten im interessierenden Bereich von  $\approx 8$  km/h bis 10 km/h gegenüber den entsprechenden Streichblechpflugkörper-Varianten keinen geringeren, sondern einen größeren spezifischen Zugwiderstand.
- Die Rollenpflugkörper-Varianten hinterließen im Bereich von  $\approx 8$  km/h bis 10 km/h eine gegenüber den entsprechenden Streichblechpflugkörper-Varianten geringere Furchenräumung, so daß ihr größerer spezifischer Zugwiderstand nicht mit einer größeren Furchenräumung begründet werden kann.
- Die Rollenpflugkörper-Varianten hinterließen im Bereich von  $\approx 8$  km/h bis 10 km/h die gleiche Qualität der Kammasbildung und Wendung und nur in einigen Fällen eine schlechtere Unterbringung.
- Für den spezifischen Zugwiderstand der Rollenpflugkörper-Varianten kann bei größer werdender Arbeitsge-

Tafel 4. Statistisch gesicherte Relationen der mittleren Regreßwerte des spezifischen Zugwiderstandes ZW in kp/dm<sup>2</sup> bei 8 km/h und 10 km/h

Boden- variante	v km/h	30 ZR	>	30 Z	P 10 R	=	P 10
1/71	8	74,18	>	64,76	58,58	=	59,33
	10	85,56	>	72,51	64,95	=	63,81
2/71	8	55,47	>	47,69	49,24	>	45,91
	10	63,88	>	55,88	54,75	>	50,26
3/71	8	72,36	=	67,59	63,16	=	64,82
	10	81,92	>	75,85	69,55	=	71,65
4/71	8	101,12	>	93,12	95,46	>	83,70
	10	112,14	>	101,04	101,14	>	91,56
1/71 bis 4/71	8	75,79	>	68,29	66,61	>	63,44
	10	85,72	>	76,32	72,59	>	69,32

Tafel 5. Statistisch gesicherte Relationen der mittleren Regreßwerte der Furchenräumung BR in cm bei 8 km/h und 10 km/h

Boden- variante	v km/h	30 ZR	>	30 Z	P 10 R	>	P 10
1/71	8	26,7	<	28,1	20,6	=	21,4
	10	30,8	<	33,0	22,7	=	22,2
2/71	8	21,5	=	21,1	16,8	<	21,7
	10	25,4	=	25,4	18,9	<	23,2
3/71	8	23,6	>	20,8	18,0	<	21,5
	10	25,7	=	25,5	19,1	<	22,0
4/71	8	12,7	<	21,1	13,7	<	19,8
	10	16,7	<	23,7	16,1	<	23,0
1/71 bis 4/71	8	21,1	<	22,8	17,3	<	21,1
	10	24,7	<	26,9	19,2	<	22,6

schwindigkeit im untersuchten Bereich von etwa 3 bis 15 km/h eine progressive Zunahme — wie für den spezifischen Zugwiderstand der Streichblechpflugkörper-Varianten — als tatsächlich vorhanden angenommen werden. Die Streuungen der Stichprobenmittelwerte um die geschätzten Parabeln weichen im Durchschnitt aller Messungen nicht auffällig voneinander ab. Daß diese Annahme berechtigt ist, bestätigt die grafische Darstellung der Lage sämtlicher auf dem Boden 3/71 bzw. 4/71 für die Rollenpflugkörper-Variante 30 ZR erhaltenen Stichprobenmittelwerte zur daraus berechneten Regressionskurve (Bild 1).

Diese Aussagen sind nicht absolut. Sie gelten für die Bedingungen (Anzahl und Art der Boden- und Pflugkörper-Varianten, Anzahl und Größe der Geschwindigkeitsstufen, Anzahl der wiederholten Meßstreckendurchfahrten u. a.), unter denen gemessen bzw. bonitiert wurde. Eine dieser Bedingungen war die verhältnismäßig geringe Feuchtigkeit aller Böden (s. Tafel 1). Es ist möglich, daß deswegen eventuelle energetische Vorteile der Rollenpflugkörper-Varianten nicht zur Geltung kommen konnten.

Die Analyse der unter diesen Bedingungen erzielten Meßergebnisse für den spezifischen Zugwiderstand (Varianzanalyse der für 8 km/h und 10 km/h berechneten Regreßwerte) zeigte aber, daß mit ihnen im Durchschnitt aller Böden Unterschiede zwischen den spezifischen Zugwiderständen der einzelnen Pflugkörper-Varianten von mindestens 3 Prozent (bezogen auf den mittleren spezifischen Zugwiderstand aller Messungen) mit einer statistischen Sicherheit von 99 Prozent nachweisbar waren. Die Anzahl der Stichproben je Geschwindigkeitsstufe, die Anzahl der Geschwindigkeitsstufen u. a. können demzufolge als ausreichend groß angesehen werden.

Die Analyse der Streuung der für 8 km/h und 10 km/h interpolierten Bonitierwerte ergab, daß diese vermutlich zu ungenau und darum die Versuchsfehler zu groß waren, um im Durchschnitt aller Böden Qualitätsunterschiede von wenigstens 1 Punkt, die zweifellos objektiv vorlagen, als statistisch gesichert nachweisen zu können. Dazu trugen sicher auch die zu geringe Anzahl der Bonitierter (sie hätte sehr viel größer als 3 sein müssen) und die der subjektiven Bewertung anhaftende Ungenauigkeit bei.

Auf den Böden 3/71 und 4/71 würde u. a. auch der Original-Rollenpflugkörper des ungarischen Pfluges GEF-3-35 — allerdings mit gleitender Anlage und angebaut am Anhängereepflug B 187/1 — in die Messungen einbezogen. Es konnte durch die statistische Analyse der Meßergebnisse aber in diesen Fällen auch kein wesentlich geringerer Zugwiderstand

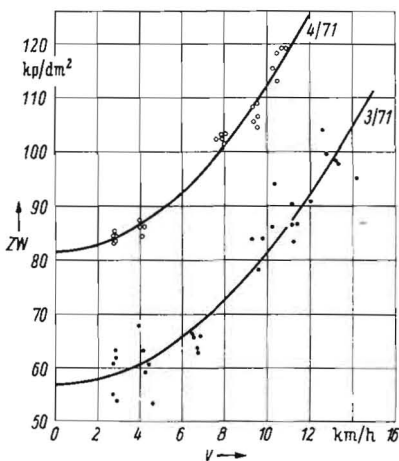


Bild 1. Lage sämtlicher je Bodenart ermittelter Stichprobenmittelwerte des spezifischen Zugwiderstands vom Rollenpflugkörper 30 ZR um die Regressionskurve

		3/71	4/71
Achsenabstand $k_{ZW}$	kp/dm <sup>2</sup>	56,82	81,51
Regressionskoeffizient $\epsilon$	kp <sup>2</sup> /dm <sup>2</sup> m <sup>2</sup>	3,156	3,974
Standardfehler $s$	kp/dm <sup>2</sup>	4,93	2,18
Variationskoeffizient $v$	%	6,48	2,19

dieses Pflugkörpers gegenüber dem Serienpflugkörper 30 Z im Bereich von  $\approx 8$  km/h bis 10 km/h nachgewiesen werden.

## 5. Zusammenfassung

In Anbetracht der Notwendigkeit, die Effektivität der Pflugarbeit zu erhöhen, interessiert die Frage, ob und in welchem Ausmaß der Zugwiderstand des Streichblechpflugkörpers gesenkt werden kann, wenn die im Bereich des Streichblechs auftretende Gleitreibung teilweise durch Rollreibung ersetzt wird. Eigene Messungen und die Analyse ihrer Ergebnisse sollten statistisch gesicherte Aussagen liefern. Dazu kamen zwei Rollenpflugkörper-Varianten und zum Vergleich die entsprechenden Streichblechpflugkörper-Varianten unter verschiedenen Bodenbedingungen zum Einsatz.

Im interessierenden Bereich von rd. 8 km/h bis 10 km/h verursachten die Rollenpflugkörper-Varianten einen größeren Zugwiderstand und hinterließen eine geringere Furchenräumung, in einigen Fällen eine schlechte Unterbringung als die entsprechenden Streichblechpflugkörper-Varianten und die gleiche Qualität der Kammausbildung und Wendung wie diese.

Unter den Bedingungen der durchgeführten Messungen nahm der Zugwiderstand der Rollenpflugkörper mit größer werdender Arbeitsgeschwindigkeit im Bereich von rd. 3 km/h bis 15 km/h — wie der der Streichblechpflugkörper — progressiv zu.

## Literatur

- 1/ Szabo, I.: Der Rollenpflug. Komplex, Ungarisches Außenhandelsunternehmen für Fabrikanlagen, Budapest, November 1968
- 2/ Zach, M./C. Sommer/H. Klügel: Untersuchungen mit dem ungarischen Rollenpflug. Landtechnische Forschung, 19 (1971) H. 2, S. 33—36
- 3/ Sommerburg, H.: Untersuchungen Rollenpflugkörper. Forschungszwischenbericht, Institut für Landmaschinentechnik im VEB Weimar-Kombinat, Leipzig 1972 (unveröffentlicht)
- 4/ Weber, H.: Versuchsbericht Nr. 1/72. Institut für Landmaschinentechnik im VEB Weimar-Kombinat, Abt. Versuchswesen, Fachgebiet Erprobung, Leipzig 1972 (unveröffentlicht)
- 5/ Scheffer, F.: Boden als Standort der Pflanzen. Handbuch der Landwirtschaft, Bd. I. Ackerbaulehre Berlin—Hamburg: Paul-Parey-Verlag 1952, S. 12
- 6/ Hahn, M.: Rationelle Gewinnung von statistisch auswertbarem Versuchsmaterial beim Pflügen. agrartechnik 23 (1973) H. 5, S. 228 bis 232
- 7/ Weber, E.: Grundriß der biologischen Statistik, 6. Auflage. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag 1967 A 8984

(Schluß von S. 25)

ben zu lösen. Angesichts der Vielfalt und der Kompliziertheit der Zusammenhänge sind dabei rein empirische Methoden ebensowenig anwendbar wie rein theoretische. Die experimentell-theoretische Methode /5/ erfordert zwar einen hohen Aufwand an materiellen Mitteln und personeller Kapazität, sie erscheint aber beim gegenwärtigen Stand von Naturwissenschaft und Technik die einzig aussichtsreiche. Dazu ist aber außerdem erforderlich, daß die Vorgänge im Boden bei Einwirkung von Werkzeugen, d. h. bei äußerer Belastung, und die charakteristischen Kenngrößen zur objektiven Beschreibung eines Bodens und des Arbeitsergebnisses der Werkzeuge näher untersucht und die Verfahren zu deren Bestimmung weiter vervollkommen werden. Dazu ist eine enge Zusammenarbeit auf den Gebieten des Ackerbaues, der Technologie der Pflanzenproduktion und der Geräteentwicklung notwendig.

## Literatur

- 1/ Autorenkollektiv: Normative für die Bodenbearbeitung. agra — Broschüre 1973
- 2/ Isselstein, R.: Perspektiven der Landtechnik auf der Sima 1973. Landtechnik (1973) H. 7, S. 200
- 3/ Panov, I. M.: Osnovnyje napravlenija rabot po sozdaniju kombinirovannyh povvoobrabatyvajuschich i posevnych masin (Hauptrichtungen der Arbeiten über die Entwicklung kombinierter Bodenbearbeitungs- und Sämaschinen). Traktory i selchozmasiny (1972) H. 8, S. 44—46
- 4/ Kalk, W. D.: Geräte zur Bodenbearbeitung und Bestellung. Dt. Agrartechnik (1972) H. 12, S. 538
- 5/ Lucius, J.: Methodik der Werkzeugentwicklung für die Bodenbearbeitung. Dt. Agrartechnik (1972) H. 11, S. 515 A 9358