SCHMITTINGER, Bernd: Ein interaktives System-Simulationsmodell zur Ermittlung von Dieselölbedarfswerten in der Bodenproduktion

1. Einleitung

Das System 'Dieselölbedarfswerte' ist ein Instrument zur Errechnung von Dieselölbedarfswerten für wichtige Hauptarbeitsgänge der Bodenproduktion mittels physikalisch-technischer Ansätze. Zur Einstimmung auf diesen Problemkreis mag die graphisch dargestellte Energiebilanz eines Schleppers in Abbildung 1 dienen.

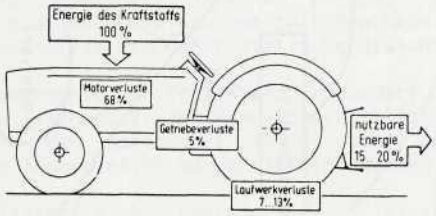

Abbildung 1: Energiebilanz eines Schleppers
Quelle: STEINKAMPF (9, S. 159)

Diese Abbildung rückt den Schlepper in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit. Ausgehend von der Energie des Kraftstoffs wird aufgezeigt, wieviel nutzbare Energie letztendlich übrig bleibt. Für die hier interessierende Frage nach dem Dieselölverbrauch bei bestimmten Arbeitsgängen der Bodenproduktion ist der Ansatzpunkt jedoch genau umgedreht. Deshalb sind zunächst einige grundlegende Systembetrachtungen nötig.

2. Allgemeine systematische Modellgrundlagen

2.1 Mittelbare Einflußgrößen

Die sehr komplexen Wechselwirkungen der vier mittelbaren Einflußsysteme - 'Schlepper', 'Gerät', 'konstante Standortbedingungen' und 'zeitabhängige, variable Faktoren' - untereinander und zu den bestimmenden Größen des Dieselölbedarfs, wie Kraftbedarf, Wirkungsgrade, Zeitbedarf etc. - lassen eine Konzentration auf wesentliche Zusammenhänge zweckmäßig erscheinen. In Abbildung 2 auf Seite 38 sind die erwähnten Wirkungsmechanismen im einzelnen veranschaulicht.

Für das Teilsystem 'Schlepper' (S) sei insbesondere auf die Bedeutung der Nennleistung für die Leistungsfähigkeit im allgemeinen und die Motorauslastung im besonderen, das Schleppergewicht, die -gewichtsverteilung im Zusammenhang mit dynamischen Kräftewechselwirkungen zwischen Schlepper und angebautem Gerät für die Kraftübertragung auf den Boden, sowie die Bereifung, ebenfalls wichtig für die Kraftübertragung, hingewiesen. Da außerdem implizite, sachlogische

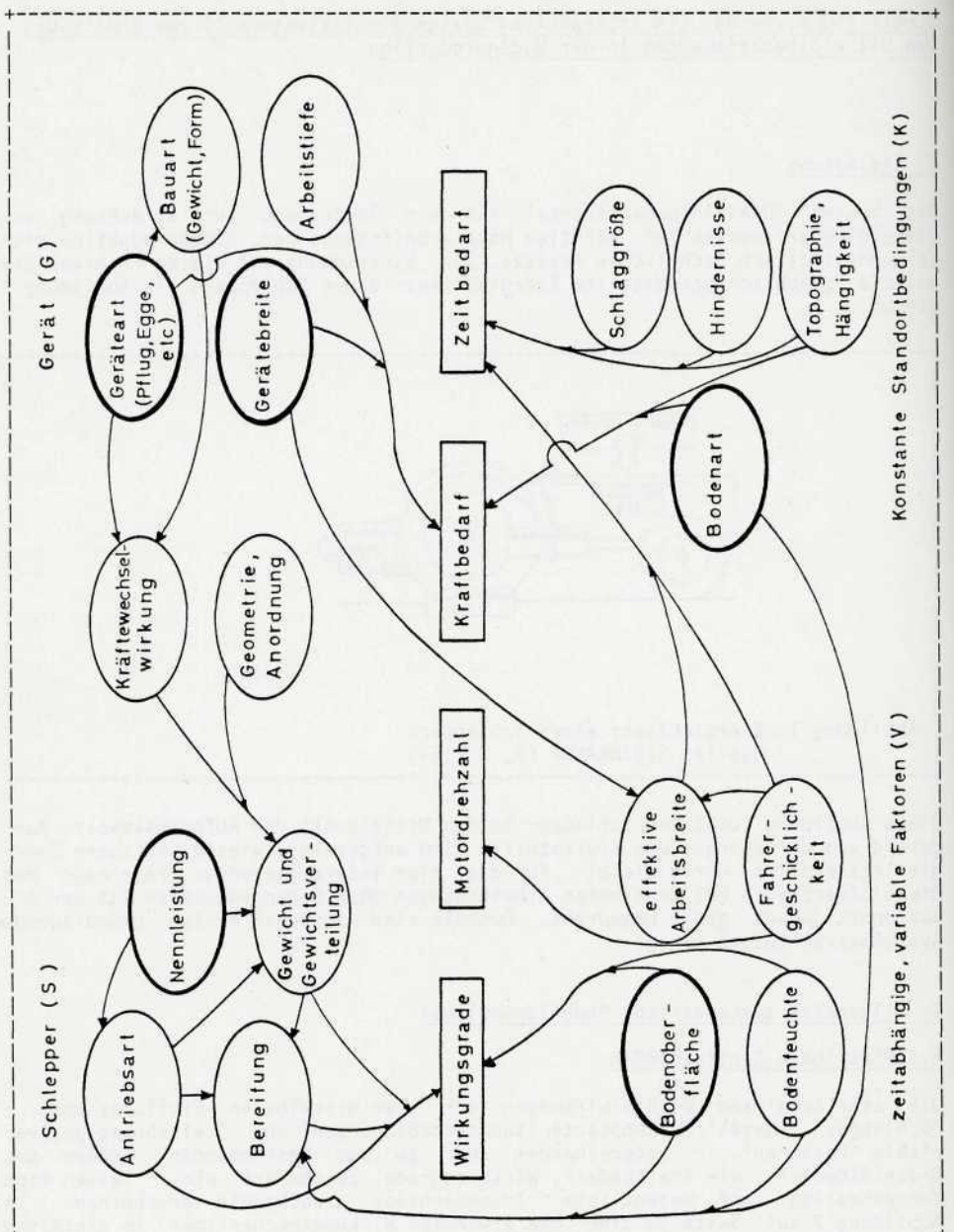

Abbildung 2: Wechselwirkungen mittelbarer und unmittelbarer Einflußgrößen

Verknüpfungen zwischen der Nennleistung (also der 'Schleppergröße') und den anderen Schleppercharakteristika bestehen, genügt als Kenngröße im vereinfachten Modellansatz die Schleppernennleistung.

Seitens des Teilsystems 'Gerät' (G) bestimmen Geräteart, Gerätebreite und Arbeitstiefe den Zugkraft- bzw. Zapfwellenleistungsbedarf. Das Gerätegewicht übt Einflüsse auf das Kräftewechselspiel mit dem Schlepper aus, die Geräteform beeinflußt ihrerseits über Bodenwiderstände den Zugkraftbedarf.

Innerhalb der Teilsysteme 'konstante Standortbedingungen' (K) und 'zeitabhängige, variable Faktoren' (V) wirken Bodenart, Bodenoberfläche und Bodenfeuchte gemeinsam auf Rollwiderstand und Schlupf, letztlich also auf die Effizienz der Leistungsübertragung vom Schlepper auf den Boden ein. Die Bodenart beeinflußt zusätzlich je nach Arbeitsgang und Gerät den Kraftbedarf. In diesem Zusammenhang sollen auch die inneren Verknüpfungen zwischen Boden und Bereifung, Bereifung und 'Schleppergröße', 'Schleppergröße' und Gerätebreite und Arbeitstiefe zumindest erwähnt werden, wobei der Begriff der 'Schleppergröße' die Wechselwirkungen zwischen Nennleistung, Antriebsart, Gewicht, Schleppergeometrie und damit statische Gewichtsverteilung beinhaltet.

Einflüsse der Topographie auf Kraft- und Zeitbedarf, der Schlaggröße sowie Hindernissen auf den Zeitbedarf, der Fahrergeschicklichkeit auf effektive Arbeitsbreite und damit den Zeitbedarf sollen zwar genannt, bei der weiteren Modellbetrachtung jedoch nicht berücksichtigt werden.

Vereinfachend lassen sich überwiegende Zielrichtungen von mittelbaren Einflußgrößen auf die unmittelbar den Dieselölbedarf bestimmenden Faktoren feststellen: Das Teilsystem 'Schlepper' wirkt in erster Linie auf die Wirkungsgrade ein, das Teilsystem 'Gerät' auf den Kraftbedarf, die Bodenkenngrößen sowohl auf Wirkungsgrade als auch auf den Kraftbedarf und die restlichen Elemente überwiegend auf den Zeitbedarf.

2.2 Unmittelbare Bestimmungsgrößen

Der rechnerische Kern des physikalisch-technischen Ansatzes ist in Abbildung 3 auf Seite 40 dargestellt.
Der Zusammenhang mit den maßgeblichen, mittelbaren Einflußsystemen aus Abbildung 2 auf Seite 38 wird durch die Initialen der vier Teilsysteme (S, G, V und K) hergestellt. Die Art der jeweiligen Einflußnahme geht aus den Vorzeichen hervor. Beispielsweise verursacht hohe Arbeitsgeschwindigkeit hohen Zugkraftbedarf (positives Vorzeichen), jedoch geringen Zeitbedarf pro definierter Flächeneinheit (negatives Vorzeichen).

Zugkraft- und Zapfwellenleitungsbedarf sind aus Versuchen bekannt und richten sich nach Geräteart, Bodenart, Arbeitsbreite und Geschwindigkeit. Ebenfalls aus Versuchen stammt der Laufwerkwirkungsgrad für verschiedene Reifen, Bodenarten, Bodenfeuchten und -oberflächen, der zusammen mit Getriebewirkungsgrad, Zugkraftbedarf und Geschwindigkeit der Ermittlung des Zugleistungsbedarfs dient. Der Gesamtleistungsbedarf führt einerseits direkt zum Gesamtarbeitsbedarf und beeinflußt andererseits über die Motorauslastung den spezifischen Kraftstoffbedarf. Der letztlich errechnete Dieselölbedarf gilt unter den getroffenen Voraussetzungen für die jeweilige Hauptarbeit ohne Wendefahrten und ohne sonstige Fahrten und erlaubt ein Abschätzen von Größenordnungen.

3. Konkrete Berechnungsmöglichkeiten

In Tabelle 4 auf Seite 41 sind die für die Dieselölbedarfsberechnung wählbaren Arbeitsgänge der Bodenproduktion zusammengestellt. Neben der grundsätzlichen Wahl der Bearbeitungsart wird in einigen Fällen noch feiner zwischen

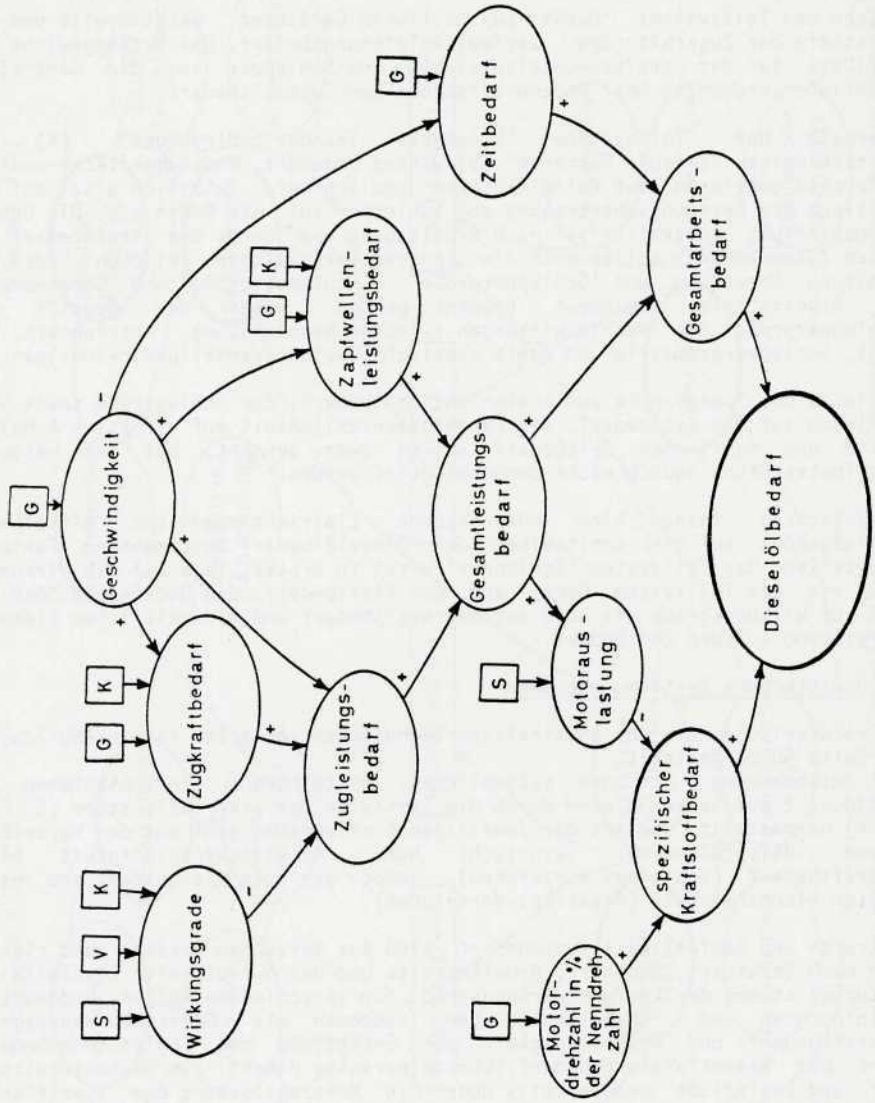

Abbildung 3: Grobstruktur des Systems 'Dieselölbedarf' mit seinen unmittelbaren Einflußgrößen

Bearbeitungsart	Geräteart	Bauart[1)]	Bodentyp[1)]
Fahrt o.Anhänger	-	-	1,m,s,A
Fahrt m.Anhanger	Nutzlast: 3-12 t (o.5 t-Schritte)	-	1,m,s,A
Pflug	Beet-u.Drehpflüge	1,m,s	1,m,s
	Kreiselpflug	1,m,s	1,m,s
	Schälpflug	m,s	m,s
Egge	Scheibenegge	m s	m,s s
	Rüttelegge	m,s	m,s
	Kreiselegge	m,s	m,s
	Spatenrollegge	-	m,s
Grubber	Tiefgrubber	1,s	1,s
	Grubber	-	s
	Feingrubber	-	m,s
Fräse	-	-	m,s
Saatbettkomb.	-	-	1,m,s
Drillmaschine	-	-	1

1) 1 = leicht
m = mittel
s = schwer
A = Asphalt

Tabelle 4: Wahlmöglichkeiten des Simulationsmodells

Gerätearten und Gerätebauarten unterschieden. Die jeweils möglichen Bodentypen (leicht, mittel, schwer, Asphalt), für die Versuchsergebnisse vorliegen, sind der letzten Spalte zu entnehmen.

In Abbildung 5 auf Seite 42 kann anhand eines Ablaufdiagramms das Frage- und Antwortspiel zwischen Rechner und Anwender in seinem logischen Ablauf nachvollzogen werden. Dazu sei an dieser Stelle auf den unterschiedlichen Abfragemodus zwischen eigentlicher Bodenbearbeitung (Pflug, Egge, Grubber, Fräse, Saatbettkombination und Drillmaschine) und Schlepperfahrten (mit und ohne Anhänger) hingewiesen.

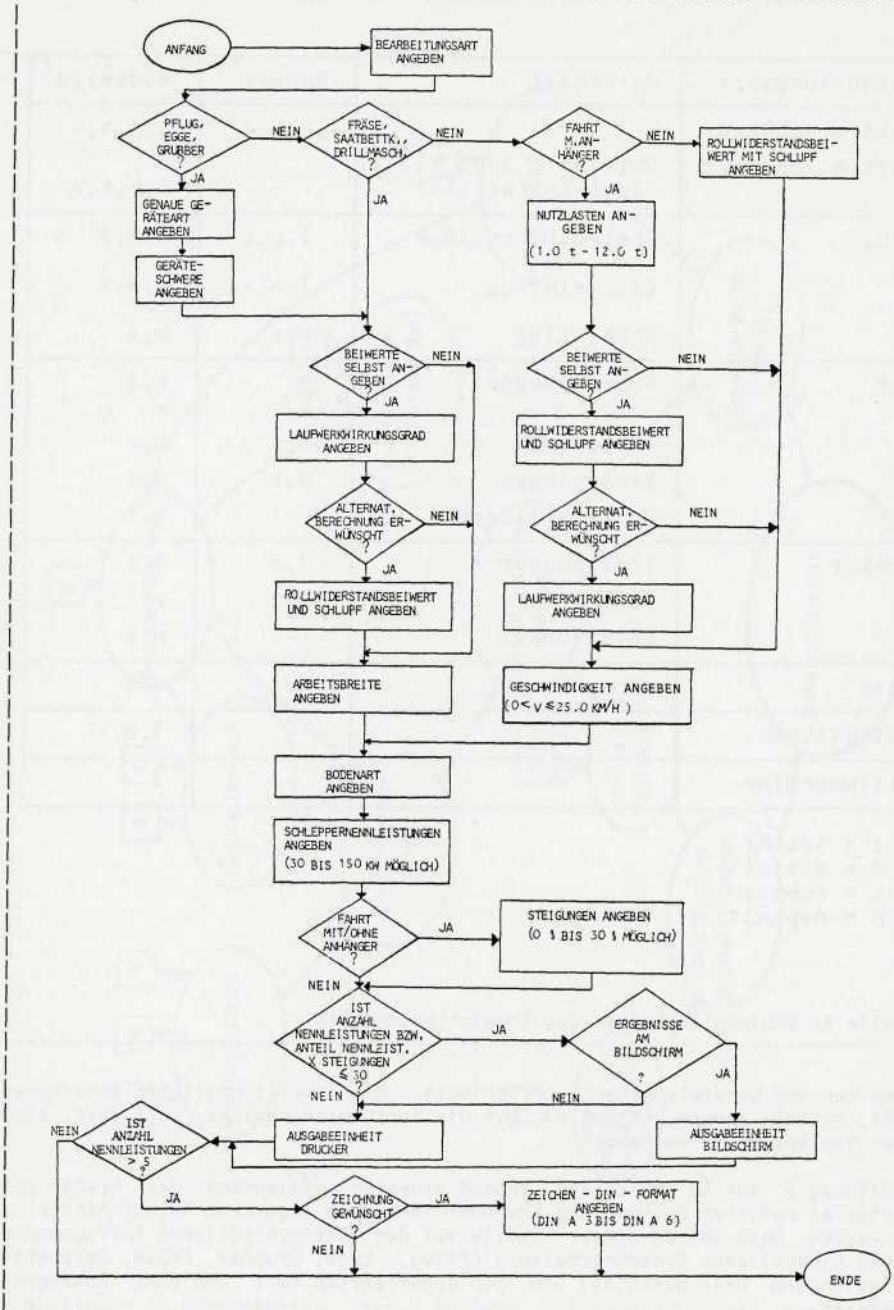

Abbildung 5: Ablaufdiagramm 'Einlesen der Eingabedaten'

4. Ausgewählte Ergebnisse der Modellrechnungen

Die in Tabelle 6 auf Seite 44 und Tabelle 7 auf Seite 45 vorgestellten Ergebnisse der Modellrechnungen beruhen auf einem selbst erstellten Simulationsprogramm (Programmiersprache FORTRAN 77). Die Rechenarbeiten wurden an der CDC-Anlage (Cyber 175) des Leibniz-Rechenzentrums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt. Der theoretisch errechnete Dieselölverbrauch (l/ha) ist für verschiedene Pflüge (Tabelle 6 auf Seite 44) und verschiedene Eggen (Tabelle 7 auf Seite 45) unter einer Vielzahl - eingangs angedeuteter - Modellannahmen und für definierte Einsatzbedingungen in Abhängigkeit von der Schleppernennleistung (KW) wiedergegeben.

Generell ist zu beiden Graphiken folgendes anzumerken:
Der beinahe ausschließlich mit zunehmender Schleppernennleistung zu beobachtende Anstieg des Treibstoffverbrauchs wird durch die konstant gehaltene Arbeitsbreite des jeweiligen Bodenbearbeitungsgerätes bewirkt. Das bedeutet eine nicht optimale Zuordnung von Schlepper und Gerät, wodurch im Bereich höherer Nennleistungen ungünstige Motorauslastungen und steigender Treibstoffverbrauch verursacht werden.

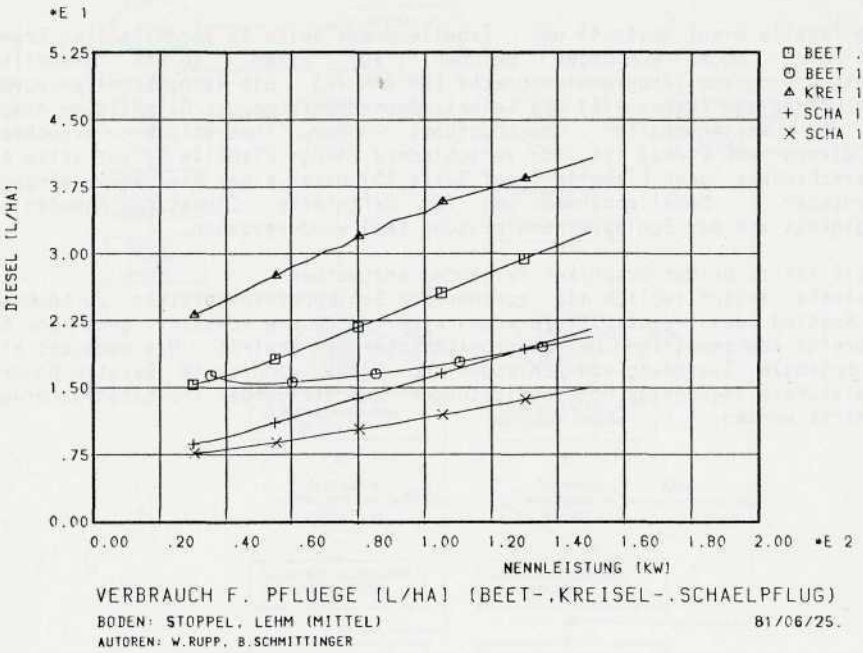

Tabelle 6: Treibstoffverbrauch und Motornennleistung; unterschiedliche Pflugarten und Arbeitsbreiten
Quelle: Eigene Berechnungen
Hinweis zur Legende: BEET .85 M
Pflugart: Beetpflug
Arbeitsbreite: 0.85 m.

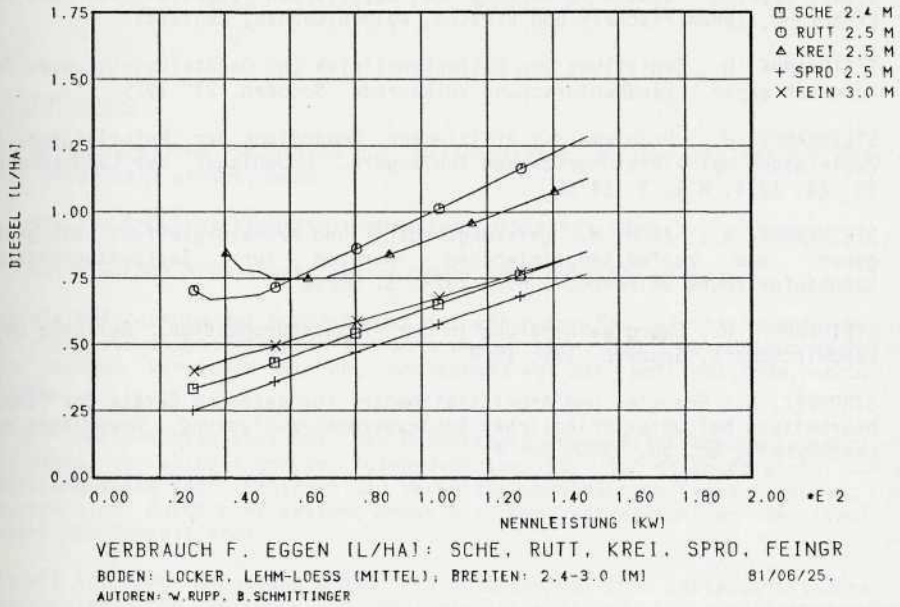

Abbildung 7: Treibstoffverbrauch und Motornennleistung; unterschiedliche Pflugarten und Arbeitsbreiten
Quelle: Eigene Berechnungen
Hinweis zur Legende: SCHE 2.4 M
Eggenart: Scheibenegge (RUTT: Rüttel-; KREI: Kreisel-; SPRO: Spatenrollegge; FEIN: Feingrubber)
Arbeitsbreite: 2.4 m.

Literaturverzeichnis

1. REHL, K.: Der Kraftstoffbedarf landwirtschaftlicher Transporte auf Straßen und Wegen. ÖKL-Arbeit 208, Okt. 1977

2. ROSEGGER, S., OLFE, H.C., SÖRGEL, F.P., STEINKAMPF, H.: Voraussetzungen für die optimale Nutzung leistungsstarker Schlepper bei der Bodenbearbeitung. Landbauforschung Völkenrode, H. 1, 1976, S. 40-48

3. ROSEGGER, S., SÖRGEL, F.P.: Ermittlung vontechnischen und arbeitswirtschaftlichen Planungsdaten für die pflanzliche Produktion. Landbauforschung Völkenrode, Sonderh. 32, 1976

4. SCHÄFER, W.: Verfahrensvergleich gezogener und zapfwellengetriebener Bodenbearbeitungsgeräte hinsichtlich des Leistungs- und Arbeitszeitbedarfes sowie der Verfahrenskosten. Maatalousteknologian Laitos, Helsingin Yliopisto, Tutkimustiedote No 25

5. SCHMITTINGER, B., ORTMAIER, E., FRITSCH, H.: Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben: Produktionsspezifischer Dieselölverbrauch der Landwirtschaft Bayerns. Studie im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Weihenstephan, Juni1981

6. STEINKAMPF, H.: Ermittlung von Reifenkennlinien und Gerätezugleistungen für Ackerschlepper. Landbauforschung Völkenrode, Sonderh. 27, 1975

7. STEINKAMPF, H.: Probleme der effizienten Umwandlung der Motorleistung in Zugleistung bei leistungsstarken Schleppern. Grundlagen der Landtechnik, Bd. 24, 1974, H.1, S. 14-20

8. STEINKAMPF, H., ZACH, M.: Leistungsbedarf und Krümelungseffekt von gezogenen und zapfwellengetriebenen Geräten zur Saatbettbereitung. Landbauforschung Völkenrode, H.1, 1974, S. 55-62

9. STEINKAMPF, H.: Energieeinsparung in der Pflanzenproduktion. Berichte über Landwirtschaft, Sonderh. 195, 1979

10. STROPPEL, A.: Energie- und Arbeitszeitbedarf für gezogene Geräte der Bodenbearbeitung bei unterschiedlicher Schleppermotorauslastung. Grundlagen der Landtechnik, Bd. 30, 1980, Nr. 4