

LANDBAUFORSCHUNG VOLKENRODE

WISSENSCHAFTLICHE MITTEILUNGEN
DER FORSCHUNGSANSTALT
FÜR LANDWIRTSCHAFT

Ermittlung von technischen und arbeitswirtschaftlichen Planungsdaten für die pflanzliche Produktion

SONDER
HEFT
32

1976

ERMITTLUNG VON TECHNISCHEN PLANUNGSDATEN

Bei den im folgenden behandelten technischen Planungsdaten wurde weitgehend auf bereits vorhandene Daten zurückgegriffen, die im Rahmen des Arbeitsgebietes "Kraft- und Arbeitsmaschinen" nach den von Herrn Dr.-Ing. Steinkampf entwickelten methodischen Grundsätzen erarbeitet wurden. Darüber hinaus wurden noch weitere Kenndaten zur Ergänzung der vorliegenden Fragestellung gemeinsam ermittelt und das vorhandene Datenmaterial mit Hilfe der Datenverarbeitung der FAL einer statistischen Auswertung zugeführt. Zur weiteren Komplettierung und Absicherung werden diesbezügliche Versuche im Rahmen der Datenpflege fortgesetzt.

1. Aufgabenstellung und Verwendungszweck

Bei der Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs in der Feldwirtschaft müssen die leistungsabhängigen Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung und Ernte eine optimale Zuordnung von Kraft- und Arbeitsmaschinen erfahren, da das Leistungsangebot wesentlich zum Erreichen optimaler Fahrgeschwindigkeiten beiträgt. Mit dem Einsatz von leistungsstarken Schleppern und Arbeitsmaschinen hat der Leistungsbedarf in der feldwirtschaftlichen Produktion eine Änderung erfahren, so daß auch hier neuere Planungsunterlagen zur Verfügung stehen müssen.

Der in der Außenwirtschaft als zentrale Energiequelle dienende Schlepper wird entsprechend den Anforderungen der verschiedenen Feldarbeiten beim praktischen Einsatz ausgewählt. Der eingesetzte Schlepper bestimmt mit seiner zur Verfügung stehenden Zug- und Zapfwellenleistung unter Berücksichtigung verschiedener Einflußgrößen die Arbeitsbreite der Geräte und die Höhe der Fahrgeschwindigkeiten und damit wesentlich die Arbeitsleistung. Zur Ermittlung von Fahrgeschwindigkeiten während der Feldarbeiten im praktischen Einsatz bieten sich zwei Lösungsmöglichkeiten an:

- Die Fahrgeschwindigkeit wird im Arbeitsstudium in der Praxis unter Berücksichtigung der qualitativen und quantitativen Einflußgrößen gemessen.
- Die Fahrgeschwindigkeit wird bei Vorliegen technischer Einflußgrößen aus der Motorleistung der Antriebsmaschine und dem Zugkraftbedarf des Arbeitsgerätes unter Berücksichtigung der auftretenden Leistungsverluste errechnet.

Zur Berechnung der Fahrgeschwindigkeit für vorgegebene Arbeitsgeräte, deren Arbeitsleistung durch Zug- und/oder Zapfwellenleistung des Schleppers bestimmt wird, müssen objektive, in der Praxis gewonnene Daten zugrunde liegen.

2. Wirkungsgrade der Triebkraftübertragung

In der Bodenbearbeitung werden überwiegend gezogene Arbeitsmaschinen eingesetzt, während in den übrigen Bereichen der Feldwirtschaft überwiegend zapfwellengetriebene Maschinen die Feldarbeit durchführen.

Arbeitsgeräte mit einem hohen Zugkraftbedarf müssen leistungsstarken Schleppern zugeordnet werden, die infolge ihres Gewichtes hohe Zugkräfte übertragen können. Die Zugeigenschaften von Schleppern werden im wesentlichen vom Schleppergewicht und den Betriebseigenschaften der Triebräder bestimmt.

Die Betriebseigenschaften von Triebrädern, die u. a. von Bodenzustand, Bodenart, Radlast, Reifeninnendruck und Reifenbauart beeinflusst werden (43), wurden in Feldversuchen mit Hilfe einer institutseigenen Einzelradmeßvorrichtung (47) ermittelt.

Für die Beurteilung der Betriebseigenschaften von Triebrädern sind der Verlauf des Triebkraftbeiwertes und der Verlauf des Wirkungsgrades der Kraftübertragung in Abhängigkeit vom Schlupf von Bedeutung. Der Wirkungsgrad der Kraftübertragung ist der Laufwerkwirkungsgrad am Einzelrad und kennzeichnet das Verhältnis von Ausgangsleistung zu Eingangsleistung am Rad. Er steigt im Bereich kleiner Schlupfwerte zunächst steil an bis zu einem Maximum und fällt dann mit zunehmendem Schlupf nahezu linear wieder ab. Je schwerer der Boden und je fester die Bodenoberfläche ist, desto steiler verlaufen die Triebkraftbeiwertkurven und desto bessere Wirkungsgrade werden erreicht.

In Bild 54 wurde der Wirkungsgrad der Kraftübertragung η_T und der Triebkraftbeiwert α für lockeren Boden über dem Schlupf aufgetragen.

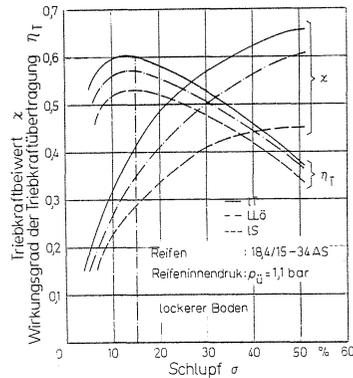


Bild 54: Reifenkennlinien für lockeren Boden

Bei allen Feldarbeiten auf lockerem Boden, wie z. B. die Saatbettbereitung, wurden Schlupfwerte von 13 - 15 % gemessen.

Bild 55 zeigt den Kennlinienverlauf eines AS-Triebreifens auf abgesetzter fester Fahrbahn, wie z. B. auf Stoppelacker, in Abhängigkeit vom Schlupf. Die besten Wirkungsgrade wurden bei einem Schlupf von 11 - 13 % erreicht.

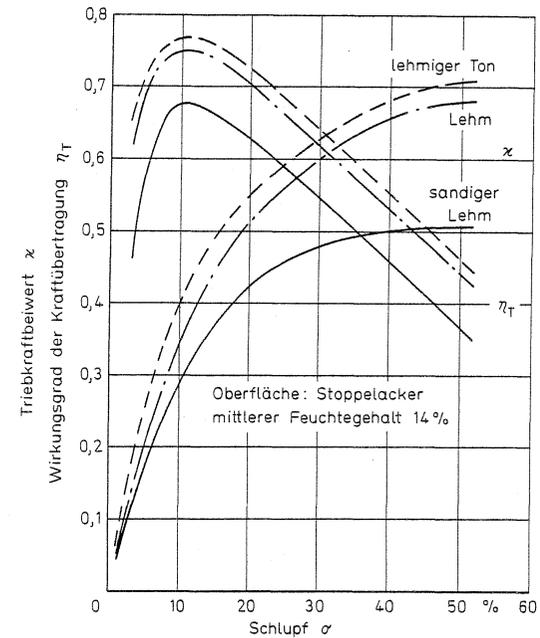


Bild 55: Reifenkennlinien auf abgesetzter Fahrbahn

Mit beiden Diagrammen sind gleichzeitig die hauptsächlich bei der Bodenbearbeitung und Ernte vorkommenden Fahrbahnen erfasst. Die Kennlinien veranschaulichen den optimalen Einsatzbereich von Ackerschleppern unter den angetroffenen Bedingungen. Ein Arbeiten bei zu hohen Zugkraftbeiwerten muß mit schlechteren Wirkungsgraden erkauft werden. Sowohl der Kennlinienverlauf für die feste Fahrbahn als auch für die Fahrbahn mit lockerem Boden wurde aus einer Vielzahl von Meßdiagrammen gemittelt.

3. Ermittlung des Zugkraftbedarfes

Der Zugkraftbedarf wurde auf verschiedenen Böden - leicht, mittel und schwer - im Raum Braunschweig unter praxisnahen Einsatzbedingungen ermittelt. Nach der Bodenart konnten unterschieden werden:

- sandiger Lehm (sL)
- Löslehm (LLö)
- toniger Lehm (l-1T)
mit einem Tonanteil bis maximal 30 %.

Bei den Versuchen wurden folgende Geräte eingesetzt:

Bodenbearbeitung:

- Pflüge, 3- und 4-scharig, mit und ohne Nachlaufgeräte (Packer, Notzonegge, Pflug-Drillkombination)
- Saatbettkombinationen, bestehend aus einem Tragrahmen mit Vorlauf- und Nachlaufgeräten (Universal- oder Löffleggen und Stegwalzenkrümmer)
- Grubber mit starren oder gefederten Grubberzinken
- Scheibeneggen mit gewölbten selbstschärfenden Stahlscheiben mit glattem und gezacktem Rand
- Kreiseleggen, kombiniert mit Löffleggen, die Kreisel rotierend mit 250 bzw. 265 U/min
- Spatenrolleggen mit in Fahrtrichtung angeordneten 4- bis 6-reihigen X- und V-förmig angeordneten Wellen
- Rütteleggen mit einer wirksamen Zinkenlänge von 110 mm und einem Zinkenabstand von 160 mm
- Fräsen mit Wälzegen kombiniert, die Drehzahl betrug 180 bzw. 268 U/min bei einer Zapfwelldrehzahl von 540 U/min.

Bestellung:

- Drillmaschinen auf leichtem Boden

Ernte:

- Kartoffelsammelroder, einreihig mit Bunker

- Bunkerköpfröder, einreihig
- Franz. Zuckerrübenerntekette mit Köpfer, Roder, Lader und Einachskipper.

Der Zugkraftbedarf wurde mit einem Sechskomponenten-Meßrahmen und das Zapfwelldrehmoment mit einer Drehmoment-Meßnabe gemessen (48). Alle ermittelten Werte sind Mittelwerte aus Meßstrecken von mindestens 100 m. Für die Abspeicherung in einer Datenbank wurden die Meßwerte, soweit möglich, einer statistischen Auswertung zugeführt.

3.1 Pflügen

Der Zugkraftbedarf für einen Pflug auf verschiedenen Böden ist in den Bildern 56 - 58 als spezifischer Pflugwiderstand in kp/dm^2 bei einer Arbeitstiefe von 25 - 30 cm dargestellt.

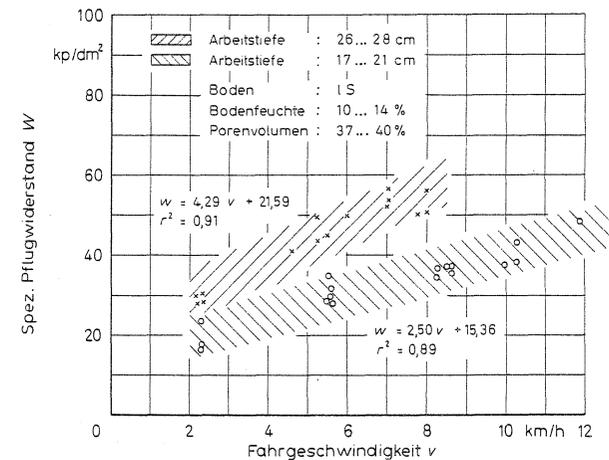


Bild 56: Spezifischer Pflugwiderstand auf leichtem Boden beim Pflügen

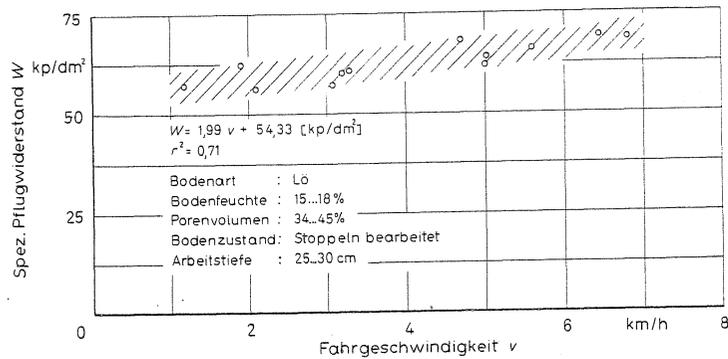


Bild 57: Spezifischer Pflugwiderstand auf mittlerem Boden beim Pflügen

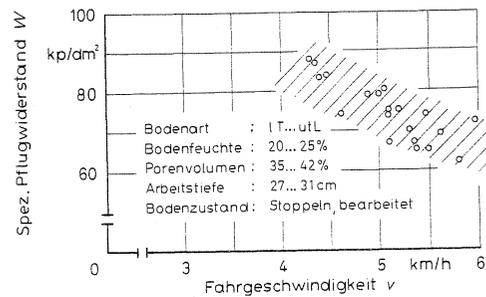


Bild 58: Spezifischer Pflugwiderstand auf schwerem Boden beim Pflügen

Der spezifische Pflugwiderstand errechnet sich aus dem Zugkraftbedarf und der angeschnittenen Fläche. Beim Pflügen wurden auf leichtem und mittlerem Boden Regressionsgleichungen für den Pflugwiderstand ermittelt. Auf relativ schwerem Boden wurden nur Messungen im Bereich von 4,5 bis 6,0 km/h durchgeführt, so daß die dargestellten Ergebnisse in dem gemessenen Bereich eine Abnahme der Fahrgeschwindigkeit mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit vortäuschen. Bei der Erfassung von zusätzlichen Werten in einem größeren Geschwindigkeitsbereich müßte der Zugkraftbedarf linear bis progressiv mit der Fahrgeschwindigkeit ansteigen. Die Regression in Bild 58 muß mit einer normalen Meßwertstreuung

aufgrund von wechselnden Bodenschichten in der Pflugsohle erklärt werden. Der sich ergebende Mittelwert von ca. 78 kp/dm² entspricht jedoch sehr gut den unter diesen Einsatzbedingungen anzutreffenden Pflügewiderständen. Weiterhin wurden Zugkraftmessungen am Pflug mit Nachläufergeräten durchgeführt. Für einen Meter Arbeitsbreite wurden für einen Untergrundpacker bei Fahrgeschwindigkeiten von 4 - 8 km/h 130 kp, für den Krümmler als Nachläufergerät 76 kp, für die Cambridgewalze je Teil 63 kp und für die Pflug-Drillkombination mit Packer 304 kp Zugkraft zusätzlich benötigt.

3.2 Saatbettbereitung

Der Zugkraftbedarf je Meter Arbeitsbreite für Saatbettkombinationen wurde in Bild 59 aufgetragen. Die Versuche ergaben eine gesicherte Abstufung zwischen den leichten, mittleren und schweren Böden und eine Steigerung des Zugkraftbedarfes mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit. Regressionsfunktionen wurden noch nicht angegeben, da die Saatbettbereitung noch einer weiter differenzierten Auswertung zugeführt wurde.

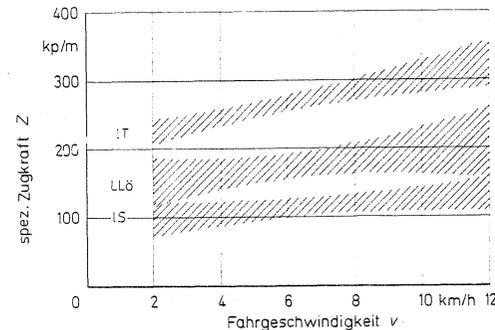


Bild 59: Zugkraftbedarf einer Saatbettbereitung

3.3 Grubber

Die Einsatzversuche zur Ermittlung des Zugkraftbedarfes für den Grubber wurden auf lehmigen Sanden und auf Löß-Lehmböden durchgeführt. Auf dem mittel bis schweren Boden wurde die Arbeitstiefe zwischen 22 und 25 cm und zwischen 13 und 15 cm variiert, Bild 60.

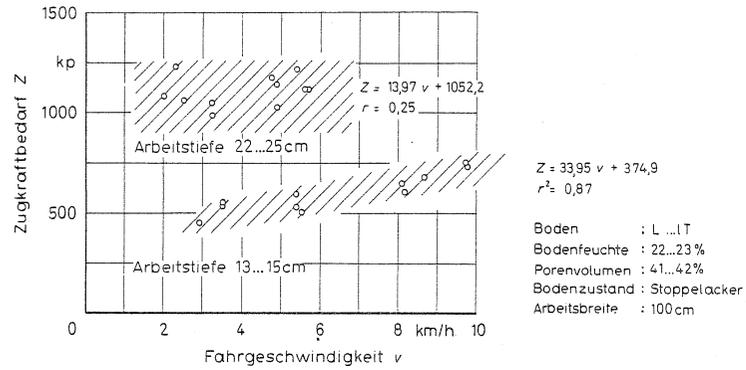
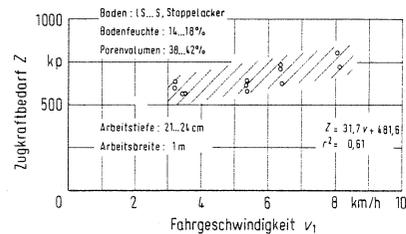


Bild 60: Zugkraftbedarf von Grubbern auf mittelschwerem Boden

Der Geschwindigkeitsbereich erstreckte sich von 2 km/h bis 6 km/h. Auf leichtem Boden beim Einarbeiten von Stoppen wurde eine Arbeitstiefe von 21 - 24 cm erreicht, Bild 61.

Bild 61: Zugkraftbedarf von Grubbern auf leichtem Boden



3.4 Scheibenegge

Bei den Scheibeneggen standen zwei Geräte zur Verfügung. Eine leichte Scheibenegge für die Stoppelbearbeitung und eine schwere mit einem Gewicht von ca. 2700 kg zur Stoppelbearbeitung und zum Zerschlagen von Kluten. Mit der leichten Egge wurde eine Arbeitstiefe von 7 - 10 cm eingehalten, während die schwere Egge 10 - 14 cm tief arbeitete, Bild 62 - 64.

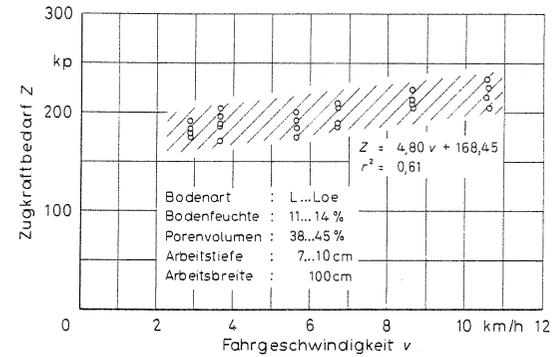


Bild 62: Zugkraftbedarf einer leichten Scheibenegge auf mittlerem Boden

Bild 63: Zugkraftbedarf einer leichten Scheibenegge auf schwerem Boden

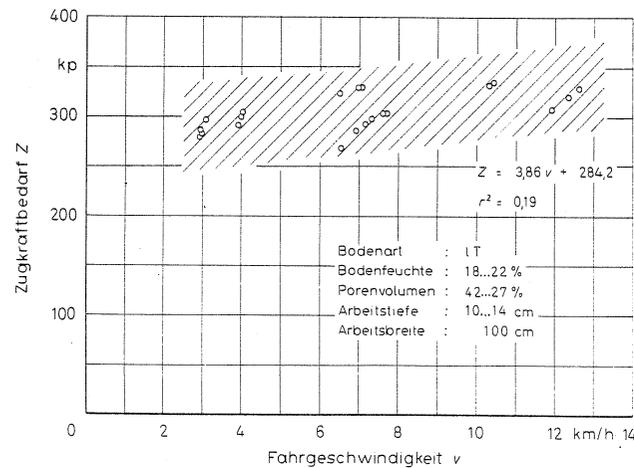
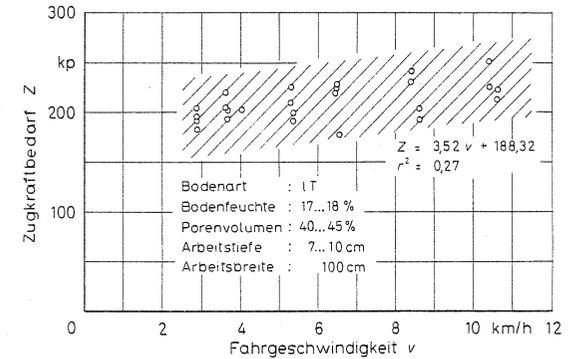


Bild 64: Zugkraftbedarf einer schweren Scheibenegge

Die eingesetzten Geräte hatten auf den mittleren und schweren Böden einen Zugkraftbedarf von ca. 200 - 250 kp je m Arbeitsbreite. Mit über 300 kp/m lag der Zugkraftbedarf für die schwere Scheibenegge erheblich höher. Für alle Scheibeneggen konnten Regressionsgleichungen mit einer ausreichenden Sicherheit ermittelt werden.

3.5 Kreiselegge

Bei der Kreiselegge sind die Zugkraftkurven auf lehmigem Schluff bei einer Fahrgeschwindigkeit von 6 km/h unterbrochen. Die Versuche wurden zunächst bei hohen Fahrgeschwindigkeiten auf relativ trockenem Boden begonnen. Der Knick in der Zugkraftkurve wurde durch einen dazwischen liegenden Niederschlag bedingt, der ein Verkleben der Walzen zur Folge hatte, Bild 65 und 66.

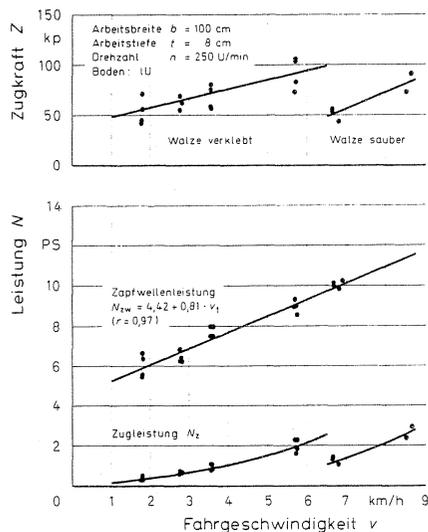


Bild 65: Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarf einer Kreiselegge auf mittlerem Boden

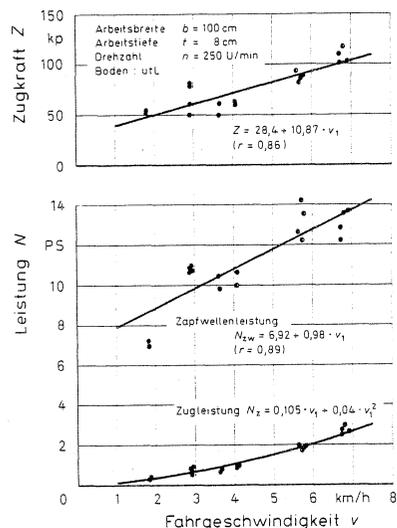


Bild 66: Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarf einer Kreiselegge auf schweren Böden

3.6 Spatenrolleggen

Die Spatenrolleggen wurden auf mittleren und schweren Böden eingesetzt. Dabei konnten keine wesentlichen bodenspezifischen Unterschiede des Zugkraftbedarfes festgestellt werden, da das Gerät auf einem Erdstopplgemisch abrollte. Auf mittleren und schweren Böden wurden zwei Spatenrolleggen gekoppelt, um den Arbeitseffekt zu erhöhen. Dabei konnte ein nahezu doppelter Zugkraftbedarf ermittelt werden, Bild 67-69.

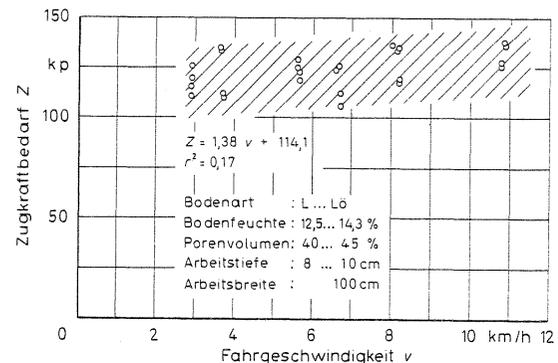
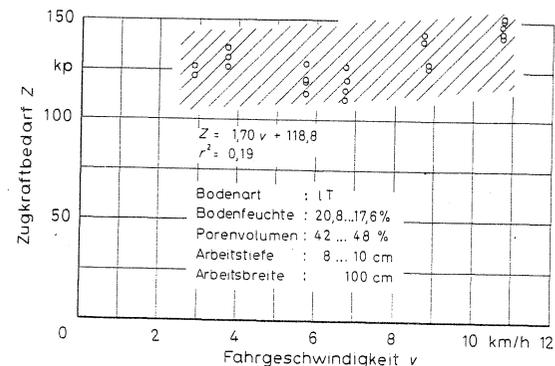


Bild 67: Zugkraftbedarf einer Spatenrollegge auf mittlerem Boden, einfache Kombination

Bild 68: Zugkraftbedarf einer Spatenrollegge auf schwerem Boden, einfache Kombination



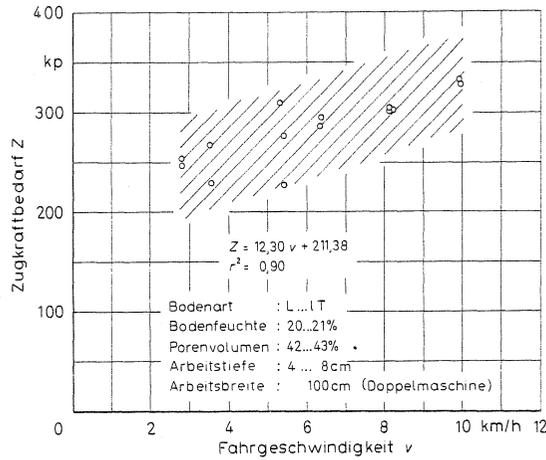


Bild 69: Zugkraftbedarf einer Spatenrolllege auf schwerem Boden, doppelte Kombination

3.7 Rüttelegeren

Die Rüttelegeren benötigt auf mittleren und schweren Böden einen relativ hohen Zugkraftbedarf und eine relativ niedrige Zapfwellenleistung. Insbesondere bei hohen Fahrgeschwindigkeiten und bei grob-scholligen Böden war vor dem Arbeitsgerät ein Erdwall entstanden. Die Arbeitstiefe betrug auf allen Böden konstant 8 cm, Bild 70 und 71.

Bild 70: Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarf einer Rüttelegeren auf mittlerem Boden

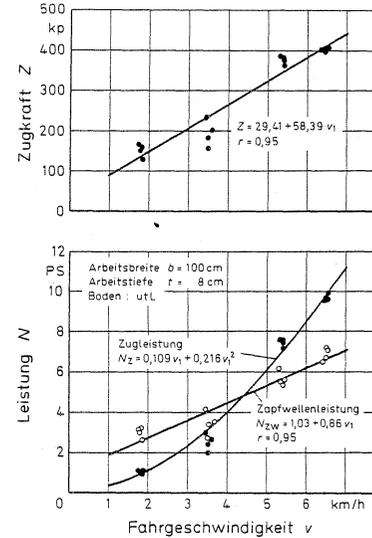
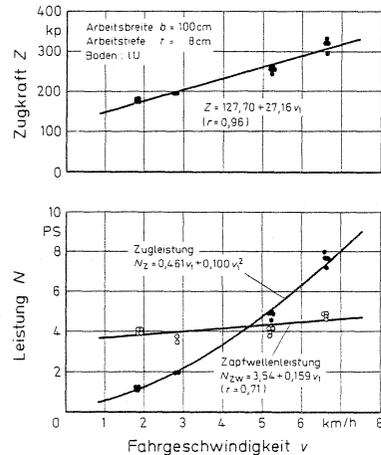


Bild 71: Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarf einer Rüttelegeren auf schwerem Boden

3.8 Fräsen

Bei den Einsatzversuchen zur Ermittlung des Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarfs von Fräsen wurden auch negative Zugkräfte gemessen. Die Fräse übertrug dann Schubkräfte auf den Schlepper. In verschiedenen Versuchen konnte festgestellt werden, daß der Zugkraftbedarf der Fräse sehr stark von der Zuordnung der Fahrgeschwindigkeit des Schleppers zur Umfangsgeschwindigkeit der Fräsmesser abhängt. Mit zunehmender Festigkeit des Bodens und Vergrößerung der Bissenlänge sank der Zugkraftbedarf, Bild 72 und 73.

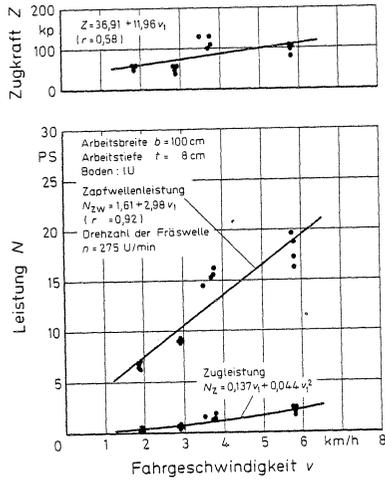
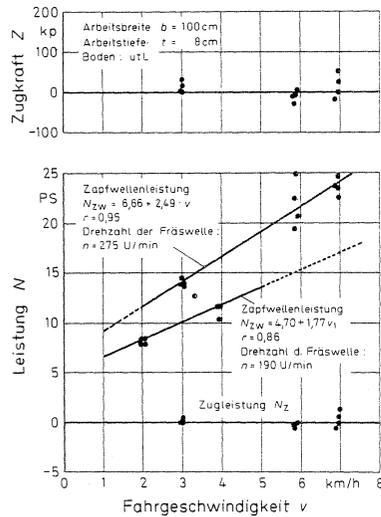


Bild 72: Zugkraft-, Zugleistungs- und Zapfwellenleistungsbedarf einer Fräse auf leichtem bis mittlerem Boden

Bild 73: Zugkraft-, Zugleistungs- und Zapfwellenleistungsbedarf einer Fräse auf schwerem Boden



3.9 Drillmaschinen

Der Zugkraftbedarf wurde auf leichten, sandigen Böden ermittelt. Bild 74 zeigt den Zugkraftbedarf für die Bestellmaschine.

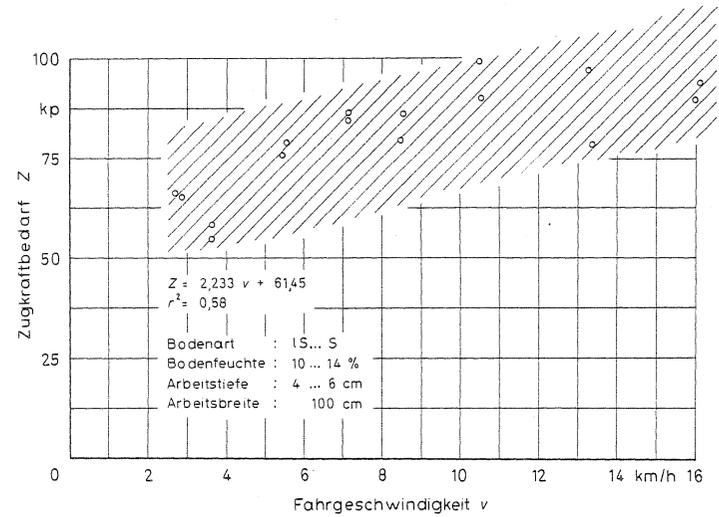


Bild 74: Zugkraftbedarf einer Drillmaschine auf leichten, sandigen Böden

Bei einer Berechnung des notwendigen Leistungsbedarfs ergaben sich für eine 4 m breite Drillmaschine bei einer Fahrgeschwindigkeit von 12 km/h weniger als 40 PS. Für derartige Arbeiten werden heute in der Praxis in mittleren und größeren Betrieben bereits Schlepper mit 40 bis 60 PS eingesetzt, so daß die Schlepperleistungen bei den Bestellarbeiten nur in seltenen Fällen begrenzender Faktor für hohe Fahrgeschwindigkeiten wird.

3.10 Kartoffelerntemaschinen

Für den einreihigen gezogenen Kartoffelsammelroder mit Bunker wurden vorwiegend auf leichten Kartoffelböden Zugkraft- und Zapfwellenleistungsdaten im praktischen Einsatz bei der Ernte gewonnen. Sowohl die Zugkraft als auch der Zapfwellenleistungsbedarf stiegen mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit an, Bild 75.

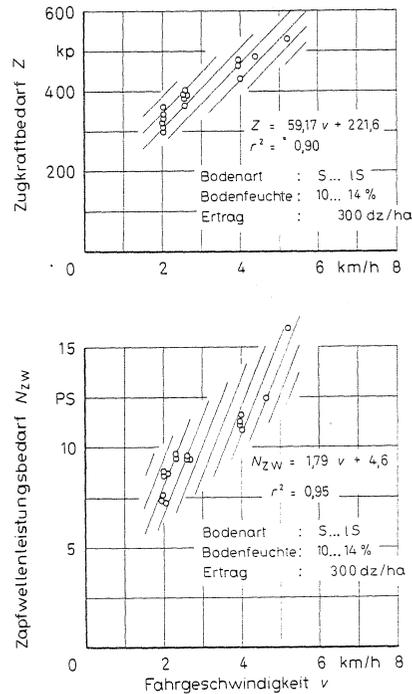


Bild 75: Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarf eines Kartoffelsammelrodgers

Als oberer Bereich der Fahrgeschwindigkeit wurde bei den Messfahrten 5,5 km/h gewählt. Die Meßwertstreuung beim Zugkraftbedarf berücksichtigt auch die unterschiedliche Bunkerfüllung bei den einzelnen Fahrten. Die statistische Auswertung ergab eine hoch gesicherte Regressionsgerade.

3.11 Bunkerköpfröder

Bei den gezogenen Bunkerköpfrödem müssen bei der Ermittlung des notwendigen Leistungsbedarfs für einzusetzende Ackerschlepper sowohl der Zugkraft- als auch der Zapfwellenleistungsbedarf berücksichtigt werden. Beide Datengruppen wurden auf leichten, mittleren und schweren Böden erhoben. Ein unterschiedlicher Zapfwellenleistungsbedarf konnte auf den verschiedenen Böden nicht ermittelt werden. Dagegen wurden Leistungsunterschiede bei Zuschalten des Blatthäckslers deutlich, Bild 76. Der Zugkraftbedarf wurde für leichte und mittlere Böden über der Fahrgeschwindigkeit aufgetragen.

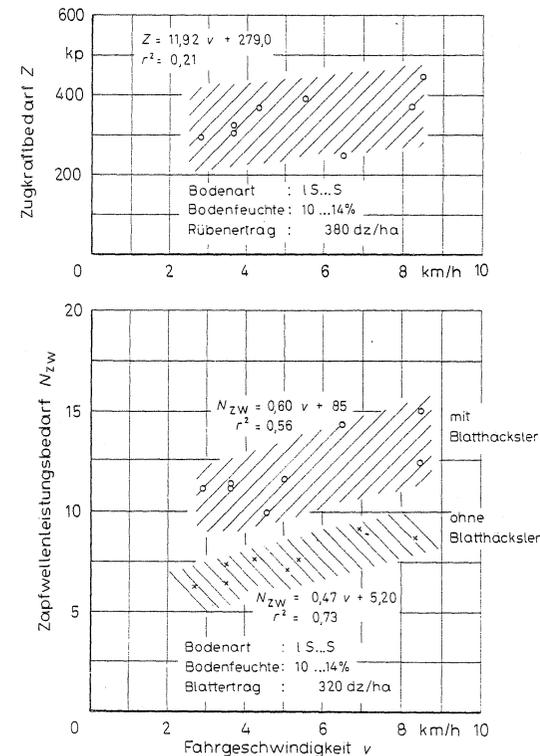


Bild 76: Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarf für den einreihigen Bunkerköpfröder auf leichtem Boden in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit

Auf mittleren und schweren Böden mußte der Zugkraftbedarf der Bunkerfüllung zugeordnet werden, Bild 77. Es ergab sich ein nahezu linearer Anstieg der Zugkraft mit steigender Bunkerfüllung.

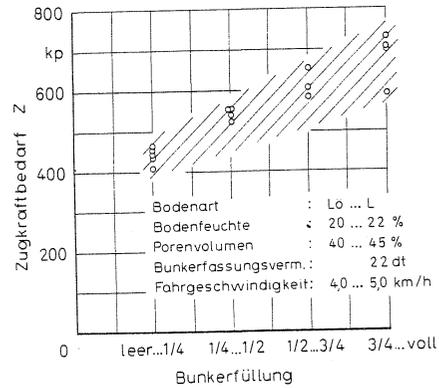


Bild 77: Zugkraftbedarf für den einreihigen gezogenen Bunkerköpfröder auf mittleren bis schweren Böden in Abhängigkeit von der Bunkerfüllung

3.12 Französische Zuckerrübenerteckette

Das sechsreihige französische Rübenernteverfahren zeichnet sich durch hohe Schlagkraft und hohen Arbeitskräfteinsatz aus. Bei den Leistungsmessungen wurden die Arbeitsgeräte bei praxisnahen Fahrgeschwindigkeiten einzeln an den Meßschlepper angebaut und der Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarf im Einsatz ermittelt. Die Versuche wurden auf mittlerem Boden bei relativ gutem Bodenzustand durchgeführt.

Der höchste Zugkraftbedarf konnte mit 860 kp am Roder und der niedrigste mit 470 kp am Lader gemessen werden, Bild 78.

Die höchste Zapfwellenleistung mit etwa 11 PS trat am Lader und die niedrigste mit etwa 6 PS am Köpfer auf, Bild 79.

Wenn die ermittelte Motorleistung für den Stahlmuldenkipper mit 33 - 43 PS auch ausreicht, den beladenen Wagen zu ziehen, so genügt das Gewicht dieser Schlepperleistungs-kategorie nicht, um bei den auftretenden hohen Stützlasten von 1500 kp im Mittel eine ausreichende Lenksicherheit zu gewährleisten (45).

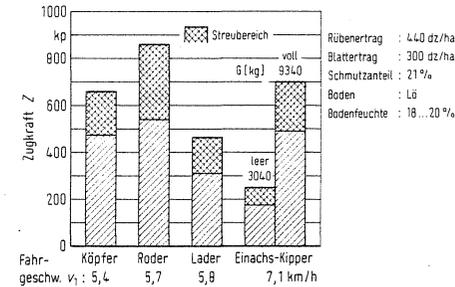


Bild 78: Zugkraftbedarf der Maschinen für das 6-reihige Zuckerrüben-ernteverfahren

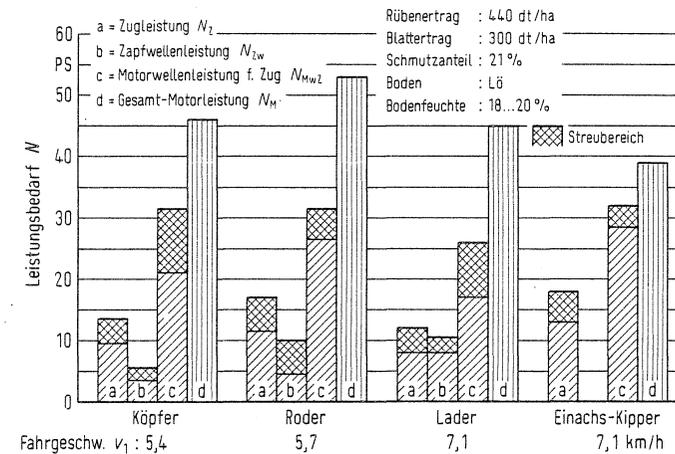


Bild 79: Leistungsbedarf der Maschinen und Schlepper für das sechsreihige Zuckerrüben-ernteverfahren

3.13 Gezogene Mähdrescher

Bei der Ernte von Körnerfrüchten konnten nur gezogene Mähdrescher für die Leistungsmessungen eingesetzt werden. Zwischen Schlepper und Mähdrescher wurde eine Drehmomentmeßnabe an der Zapfwelle angebracht, um die im praktischen Einsatz notwendige Zapfwellenleistung zu messen.

Bereits in früheren Einsatzversuchen konnte auf mittleren Böden der Zugkraftbedarf für gezogene Mähdrescher ermittelt werden. Für die Getreideernte werden im Mittel von jeweils 15 - 20 Messungen eine Zugkraft von 280 kp und ein durchschnittlicher Zapfwellenleistungsbedarf von 20 PS innerhalb eines Geschwindigkeitsbereiches von 2 - 6 km/h benötigt.

4. Berechnung der notwendigen Zug- und Zapfwellenleistungen aus den Meßwerten

Die Zugleistung wird durch die notwendige Zugkraft (P03) und durch die Fahrgeschwindigkeit (W01) bestimmt.

$$P01 = \frac{P03 \cdot W01}{270} \quad (PS)$$

Wegen der im Motor, im Getriebe und bei der Triebkraftübertragung über den Reifen auftretenden Verluste (46) muß die Motorleistung erheblich größer sein als die Antriebsleistung.

Der am Reifen auftretende Wirkungsgrad der Triebkraftübertragung η_T kann vereinfacht mit der Beziehung

$$\eta_T = \frac{T}{U} (1 - \sigma)$$

- T = Triebkraft des Triebrades
- U = Umfangskraft des Triebrades
- σ = Schlupf

wiedergegeben werden.

Diese Beziehung hat auch Gültigkeit für den Allradschlepper unter der Voraussetzung, daß alle Räder gleiche Betriebseigenschaften und Umfangsgeschwindigkeiten haben. Für den hinterradgetriebenen Schlepper ist noch der Rollwiderstand der Vorderräder zu berücksichtigen. Der Gesamtwirkungsgrad der Räder eines Schleppers wird als Laufwerkwirkungsgrad (η_L) bezeichnet (23).

Daneben müssen der Getriebewirkungsgrad η_G und der Motorauslastungsgrad λ in der Funktion Berücksichtigung finden. Der Getriebewirkungsgrad kann nicht errechnet werden, sondern muß in Versuchen ermittelt werden, da er von sehr vielen Faktoren abhängt. Er kann bei allen Berechnungen mit $\eta_G = 0,85$ unterstellt werden. Der Motorauslastungsgrad ist als Verhältnis von erforderlicher Leistung zur verfügbaren Dauerleistung definiert und nimmt bei den heutigen Schleppern den Wert von $\lambda = 0,83$ an (27). Die Funktion zur Berechnung der notwendigen Schlepperleistungen kann mit den genannten Faktoren den tatsächlichen Einsatzbedingungen angepaßt werden.

$$P01 = \frac{P03 \cdot W01}{270 \cdot \lambda \cdot \eta_G \cdot \eta_T} \quad (PS)$$

Diese Funktion beantwortet Fragestellungen zur notwendigen Schlepperleistung unter spezifischen Einsatzbedingungen. Bei arbeitswirtschaftlichen Kalkulationen wird es jedoch notwendig, bei vorgegebener Leistung die Fahrgeschwindigkeit zu errechnen.

$$W01 = \frac{270 \cdot \lambda \cdot \eta_G \cdot \eta_T \cdot P01}{P03} \quad (km/h)$$

Bei Arbeitsgängen, die sowohl einen Zugleistungs- als auch einen Zapfwellenleistungsbedarf haben, muß die vorliegende Funktion erweitert werden.

Bei ausreichender Beanspruchung des Schleppers sowohl bezüglich der installierten Motorleistung als auch des Schleppergewichtes kann die Motorleistung nach der Funktion

$$P01 = \frac{P02}{\eta_{GZ} \cdot \eta_L} + \frac{P05}{\lambda \cdot \eta_{GZw}} \quad (PS)$$

ermittelt werden (49).

L. Steinhilber

Dabei kann für den Getriebewirkungsgrad der Zapfwellen $G_{Zw} = 0,93$ unterstellt werden.

Wird ein größerer Teil der Motorleistung über die Zapfwelle und nur ein geringer Teil über die Triebräder abgegeben, ändert sich sowohl der Laufwerkwirkungsgrad als auch der Getriebewirkungsgrad. Im Extremfall, wie es z. B. sehr oft bei Fräsarbeiten der Fall ist, wird die Zugkraft gleich Null. Hier bliebe die Leistung für die Eigenfortbewegung, die bei höheren Fahrgeschwindigkeiten nicht unterschätzt werden darf, unberücksichtigt.

Diese Probleme lassen sich mit folgender Funktion für Kalkulationszwecke umgehen (49):

$$P01 = \frac{\frac{P05}{n G_{Zw}} + \frac{(P02 + R) \cdot W01}{1 - \sigma}}{\lambda \cdot 0,92} \quad (PS)$$

Die Annahmen für den Motorauslastungsgrad und den Getriebewirkungsgrad für die Zapfwelle bleiben erhalten. Der Rollwiderstand R ist je nach Bodenzustand mit 5 - 15 % der Betriebsachslasten des Schleppers im Betriebszustand zu veranschlagen ($\rho = 0,05$ feste Oberfläche, $\rho = 0,15$ frisch gepflügt).

Der Schlupf beträgt nach Messungen im Institut bei Eigenfahrt etwa $\sigma = 3\%$. Für die Überslagsrechnung wurde ein Getriebewirkungsgrad von 0,92 bezogen auf die Motornennleistung unterstellt und im Nenner der Gleichung berücksichtigt. Für Kalkulationszwecke kann die Fahrgeschwindigkeit W01 auch aus dieser Funktion errechnet werden.

Verarbeitung von arbeitswirtschaftlichen und technischen Planungsdaten mit Hilfe eines Regressionsmodells

Aus den vorliegenden arbeitswirtschaftlichen Erhebungen und aus den Messungen zur Ermittlung des Zugkraft- und Zapfwellenleistungsbedarfes erhob sich die Forderung nach einer Methode, beide Datengruppen miteinander zu verbinden und in einem möglichst einfachen mathematischen Ausdruck darzustellen, um einen direkten Zugriff zu den Daten zu ermöglichen und um Speicherkapazitäten bei der Erstellung einer Datenbank einzusparen. Am Beispiel der Saatbettbereitung wurde eine Methode erarbeitet, mit deren Hilfe es möglich wurde, arbeitswirtschaftliche und technische Planungsdaten miteinander zu verknüpfen (44). Die Methode wurde zur Diskussion gestellt und soll bei Bestätigung auch für andere leistungsabhängige Arbeitsgänge Anwendung finden.

1. Technische Kenndaten

Die Daten für den Zugkraftbedarf von Saatbettkombinationen wurden im vorliegenden Bericht bereits dargestellt. Für das Rechenmodell wurde aus dem Zugkraftbedarf und dem Wirkungsgrad der Triebkraftübertragung auf leichten, mittleren und schweren Böden für unterschiedliche Schlepperleistungen die Fahrgeschwindigkeit bei einem Schlupf von 15 % definiert.

2. Arbeitswirtschaftliche Kenndaten

Die arbeitswirtschaftlichen Daten für die Saatbettbereitung wurden unter bereits geschilderten Einsatzbedingungen ermittelt und statistisch abgesichert.

3. Einflußfaktoren

Für das Rechenmodell wurden insgesamt mehr als 400 Einzeldaten verarbeitet, die, unterteilt in Meßwertreihen, unterschiedlichen Einflußfaktoren unterlagen. Bild 80 gibt eine Übersicht über die Versuchsbedingungen der einzelnen Meßwertgruppen.

	Mehrwertgruppe														$\sqrt{\frac{x_{16}}{x_{14}}}$
	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{16}	
	Arbeits-tiefe cm	Boden % Ton	Schlepper-leistung PS	Fahrer I	Fahrer II	Fahrer III	Folge-frucht Getreide	Folge-frucht Zucker-rüben	Folge-frucht Kartoffeln	Boden-zustand zweite Bearbeitung	Boden-zustand schollig	Boden-zustand erste Bearbeitung	Arbeits-breite cm		
Arbeitszeitdaten	1	5	7,5	62 ¹⁾	1	0	0	1	0	0	0	0	1	330	0,434
	2	5	7,5	62	0	1	0	1	0	0	0	0	1	330	0,434
	3	5	7,5	62	0	0	1	1	0	0	0	0	1	330	0,434
	4	5	7,5	62	1	0	0	0	1	0	0	0	1	330	0,434
	5	8	7,5	62	1	0	0	0	0	1	0	0	1	330	0,434
	6	5	11,0	80	1	0	0	1	0	0	0	0	1	440	0,426
	7	4	11,0	80	1	0	0	0	0	0	1	0	1	440	0,426
	8	5	26,5	110	1	0	0	1	0	0	0	1	0	550	0,447
	9	5	26,5	110	1	0	0	1	0	0	0	0	1	550	0,447
	10	5	26,5	110	1	0	0	0	0	0	1	0	1	550	0,447
Leistungsdaten	11	5	6,0	10...71 ²⁾	0	0	0	0	0	0	0	0	1	330	0,174 0,464
	12	4...9	11,0	20...100	0	0	0	0	0	0	0	0	1	440	0,213 0,477
	13	5	24,0	30...130	0	0	0	0	0	0	0	0	1	550	0,234 0,486

1) Schleppernennleistung N_{MN} 2) erforderliche Motorleistung N_M

Bild 80: Qualitative und quantitative Einflußfaktoren für die Fahrgeschwindigkeit und den Leistungsbedarf bei der Saatbettbereitung

Aufgrund des Umfanges so vielschichtiger Messungen wurden die Böden auf drei charakteristische Grundformen beschränkt und anhand des Tongehaltes quantifiziert:

- Völkenrode, Rietze 6,0 - 7,5 % Ton
- Salzdahlum 11,0 % Ton
- Salzdahlum, Lucklum 24,0 - 26,5 % Ton

Die Arbeitstiefe (x_2) betrug bei einem Schwankungsbereich von 2 cm bei der Saatbettbereitung für Getreide im Mittel 5 cm und für Kartoffeln 8 cm. Die Zuordnung Schlepper, Fahrer und Arbeitsbreite des Gerätes wurde mit den Faktoren x_4 , x_5 , x_6 , x_7 und x_{14} vorgenommen.

Weiterhin wurden die Parameter

- Anforderung der Folgefrüchte an die Krümelung mit x_8 , x_9 , x_{10}
- erste und zweite Bearbeitung für Zuckerrüben und Getreide mit x_{11} und x_{13}
- die Beeinträchtigung der Fahrgeschwindigkeit durch zu hohe arbeitsphysiologische Belastungen des Schlepperfahrers auf scholligen Böden mit x_{14}

bezeichnet.

Die qualitativen Merkmalsgruppen Fahrer, Folgefrucht und Bodenzustand wurden in der Regression zu 0,1 Variablen umgebildet, die restlichen quantitativen Variablen wurden direkt übernommen.

Die Schlepperleistung wurde auf 1 m Arbeitsbreite spezifiziert. Da die Fahrgeschwindigkeit bei der Berechnung der erforderlichen Motorleistung bei einem linearen Zugkraftverlauf in das Modell quadratisch eingeht, mußte zur Linearisierung der Zielfunktion $v = f(x)$ die spezifische Schlepperleistung unter die Quadratwurzel genommen werden. Es wurde eine neue Variable x_{16} gebildet.

4. Rechenmodell und Ergebnis

In einer multiplen Regressionsanalyse konnten mit Hilfe des Elektronenrechners alle ermittelten Daten verarbeitet werden (2, 52, 53, 54), Bild 81.

Die Regression basiert auf Daten für die erste Bearbeitung des Saatbettes. Unter dieser Voraussetzung weisen die zweite Bearbeitung und die Wurzel aus der spezifischen Schlepperleistung die höchste Korrelation mit der Zielgröße auf. Mit beiden Faktoren wird bereits ein Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,50$ erreicht. Die Faktoren Arbeitstiefe, Fahrer III, scholliger Boden, Fahrer II und Bodenart erhöhen das Bestimmtheitsmaß um jeweils 5 - 10 % auf $r^2 = 0,85$. Die Hereinnahme der Faktoren "Anforderungen der Folgefrüchte an die Krümelung" ergibt das endgültige Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,92$. Dies deutet darauf hin, daß das Modell die Beziehung zwischen Einflußfaktoren und der Zielgröße Fahrgeschwindigkeit gut wiedergibt.

MULTIPLE REGRESSIONS ANALYSE SARETT

SELEKTION 3

AUSGABE 1 1 1

EINFACHE KORRELATIONEN

	2	3	6	7	9	10	11	12	16
2	1,00000								
3	-0,13885	1,00000							
6	-0,10020	-0,25362	1,00000						
7	-0,10328	-0,26162	-0,15989	1,00000					
9	-0,06955	-0,17605	-0,10767	-0,11098	1,00000				
10	0,176944	-0,20094	-0,12289	-0,12667	-0,08530	1,00000			
11	-0,26291	0,19494	-0,12289	-0,12667	-0,08530	-0,09736	1,00000		
12	-0,06287	0,50673	-0,09733	-0,10032	-0,06756	-0,07711	-0,07711	1,00000	
16	0,03502	-0,03056	0,10671	0,10998	0,07407	0,08454	0,08619	0,13522	1,00000

DETERMINANTE 0,127551963E 00

VARIABLE NO. XI	MITTELWERT	STANDARD ABWEICHUNG MITTELWERT	KORRELATION X VS Y	REGRESSIONS Koeffizient AI	STANDARD ABWEICHUNG SA1	TESTWERTE
2	5,28057	1,10415	-0,39227	-0,58768	0,04379	-13,41948
3	12,04076	7,05980	-0,04775	-0,11780	0,00577	-20,39934
6	0,13429	0,34137	-0,03949	-2,23475	0,10100	-22,12441
7	0,14148	0,34894	-0,32724	-3,70898	0,09939	-37,31401
9	0,06954	0,25468	-0,01639	-2,19061	0,12691	-16,94546
10	0,08872	0,28469	-0,23620	-1,84332	0,17135	-10,75763
11	0,08872	0,28469	0,59897	2,53025	0,11710	22,63106
12	0,05755	0,23317	-0,18884	-1,71351	0,15225	-11,25412
16	0,41995	0,04987	0,43154	24,00753	0,62738	38,26617

ZIELGRÖSSE

1	7,66942	2,09114
---	---------	---------

ABSOLUTGLIED	3,11065
BESTIMTHEITSMASS	0,92094
STANDARDABWEICHUNG	0,59593
ADJUST. DETERM. KOFF.	0,91878

VARIANZANALYSE

VARIATIONSURSACHE	FG	SA0	MD	F-WERT
REGRESSIONSGERADE	9	1674,58028	186,06447	523,91834
ABWEICHUNG VON DER REGRE. GERADEN	407	144,54206	0,35514	
GESAMT	416	1819,12335		

DURBIN-WATSON TEST 0,83482

TEST AUF NORMALVERTEILUNG DER RESIDUEN

MITTELWERT	STREUUNG	SCHIEFE G1	T-WERT T1	EXZESS G2	T-WERT T2
-0,00009	0,59593	0,09255	0,77436	0,11844	0,49667

Daraus läßt sich folgern, daß bei dem vorliegenden Datenmaterial die quantitativen Einflußfaktoren Schlepperleistung, Arbeitsbreite, Arbeitstiefe und Bodenart unter der Voraussetzung einer praxisnahen Zuordnung von Schlepper, Boden und Gerät in der Funktion

$$v = 3,11 - 0,59 x_2 - 0,12 x_3 + 24,01 x_{16}$$

die Fahrgeschwindigkeit bei der Saatbettbereitung für Getreide mit dem Fahrer I für die erste Bearbeitung gut abschätzen. Ein Unterschied zwischen den arbeitswirtschaftlichen und technischen Daten konnte bei einem Schwankungsbereich von $s = 0,6$ km/h für das zugrunde liegende Datenmaterial nicht festgestellt werden.

Bei einer Berücksichtigung weiterer qualitativer Faktoren muß die Funktion erweitert werden:

$$v = 3,11 - 0,59 x_2 - 0,12 x_3 + 24,01 x_{16} - 2,23 x_6 -$$

$$3,71 x_7 - 2,15 x_9 - 1,84 x_{10} + 2,65 x_{11} - 1,71 x_{12}$$

Die qualitativen Einflußmerkmale x_6 bis x_{12} müssen entsprechend den vorliegenden Einsatzbedingungen mit 0 oder 1 belegt werden. Die Regressionsgerade wird durch das Zusammenwirken dieser Faktoren parallel verschoben. Die erstellte Funktion erlaubt die Errechnung einer technisch möglichen und arbeitswirtschaftlich praxisorientierten Fahrgeschwindigkeit für Überschlagsrechnungen und Kalkulationszwecke. Umgekehrt kann bei Vorgabe der Fahrgeschwindigkeit die für den Arbeitseinsatz erforderliche Schlepperleistung unter technischen, ackerbaulichen und arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkten ermittelt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die ermittelten arbeitswirtschaftlichen und technischen Planungsdaten für den Bereich der feldwirtschaftlichen Pflanzenproduktion stellen eine breite Grundlage für die Erarbeitung und Komplettierung von Arbeitsverfahren dar und sind ein Beitrag für den Aufbau einer zentralen Datenbank beim KTBL. Das in der Praxis gewonnene Datenmaterial ergibt in der vorliegenden Aufbereitung einen statistisch gesicherten Datengrundstock, der sich als wichtiges Hilfsmittel für Beratung, Wissenschaft und Praxis zur Beantwortung betriebsspezifischer Fragestellungen anbietet.

2. Die Arbeit "Ermittlung von technischen und arbeitswirtschaftlichen Planungsdaten für pflanzliche Produktionszweige" wird im Rahmen der Arbeitsvorhaben des Instituts für Betriebstechnik der FAL fortgesetzt und die Datenpflege des erarbeiteten Datenmaterials entsprechend der technischen Fortentwicklung der Arbeitsverfahren in der feldwirtschaftlichen Produktion übernommen.

Teil 2 dieser Arbeit liegt als Institutsbericht vor und kann zum Selbstkostenpreis bezogen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Biesalski, E. : Terminologie der Landarbeitswissenschaft. Landarbeit und Technik. Schriftenreihe des MPI, Bad Kreuznach, H. 32 (1964).
- (2) Datenverarbeitung der FAL: IBM-Programmbibliothek, Klasse 2, Programm 1130 Scientific Subroutine Package, Berechnung multipler Regressionsanalysen auf der IBM 1130.
- (3) Dohne, E. u. a. : Landtechnik, Bd. 1, Feldwirtschaft. Stuttgart 1969.
- (4) Egloff, K. ; Reisch, E. : KTBL-Arbeitsgemeinschaft "Kalkulationsunterlagen" Die Entwicklung und Konzeption der Arbeitsweise; Ausbildung und Beratung in Land- und Hauswirtschaft, H. 11, (1971).
- (5) Gerlach, K. : Die Technik der Minereraldüngung von der Lagerung bis zum Streuen. Neuzeitliche Minderaldüngung-Informationsschrift, Landwirtschaftskammer Hannover 1972.
- (6) Glasow, W. : Methoden des Arbeitsversuchs. Landarbeit und Technik, H. 21, Bad Kreuznach 1956.
- (7) Gollnick, H. : Einführung in die Ökonometrie. Stuttgart 1968.
- (8) Hammer, W. : Anwendung von Arbeitsgang- und Stallmodellen bei der Bewertung der Stallarbeit. Landarbeit und Technik, H. 21, S. 94 - 107, Bad Kreuznach 1952.
- (9) Hammer, W. : Ganzheitliche und kausale Betrachtung als Grundlage für Arbeitszeitstudien in der Landwirtschaft. Landarbeit und Technik H. 35, S. 11 - 45, Bad Kreuznach 1968.
- (10) Hammer, W. : Arbeitszeitbedarf der Rindviehhaltung. Diss. Hohenheim 1955.
- (11) Hammer, W. ; Herb, M. ; Blechstein, K. : Mehrfaktorielle Untersuchung über Verhaltensmuster bei zyklischen Hand-Arm-Tätigkeiten; Arbeiten aus dem MPI für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach, Heft C-73/7.

- (12) Hammer, W. ; Meyer, E. : Arbeitszeitfunktionen für Kalkulationsunterlagen in der Landwirtschaft. MPI für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach, Heft C-73/11.
- (13) Hasler, K. : Erstellen von Zeitberechnungsunterlagen mit Hilfe statistischer Methoden. Fortschrittliche Betriebsführung 14 (1965), S. 17 - 25.
- (14) Heckmann, G. : Jahresbericht der Arbeitsgruppe Feldwirtschaft/Hohenheim, unveröffentl. Bericht über das Arbeitsvorhaben, 1973.
- (15) Heckmann, G. ; Sörgel, F. P. : Zur Methode der Einbeziehung von Rüst- und Wegezeiten in die Gesamtarbeitszeit. Die Landarbeit H. 8/9 (1972), S. 62 - 66.
- (16) Hesselbach, J. : Problemstellung und Konzept für ein datenbankbezogenes Informationssystem für die Landwirtschaft. Vortrag CIGR-CIOSTA-Kolloquium, Bad Kreuznach 1973.
- (17) Heyde, H. : Landmaschinenlehre, Bd. 1. VEB-Verlag Technik, Berlin 1963.
- (18) John, B. : REFA-Standardprogramme für Arbeitsstudium und Industrial Engineering auf Olivetti-Microcomputern. Darmstadt 1970.
- (19) John, B. : Zeit- und Kostenformeln durch Regressions- und Korrelationsrechnung. Seminarunterlagen Darmstadt 1972/1.
- (20) Keinert, K. ; Schremmer, H. : Probleme der Methodik technologischer Arbeitszeitstudien in der Tierproduktion. Tierzucht 22 (1968), H. 12, S. 556 - 561.
- (21) Kirtbaja, J. K. : Untersuchung des Zugkraftbedarfes landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte. Selchosmaschina 1953, Nr. 1.
- (22) Krause, V. : Anleitungen für Zeitstudien in der Landwirtschaft. Landarbeit und Technik (1964), H. 34, S. 45 - 84.
- (23) Kühlborn, H. : Der Leistungsbedarf wichtiger Arbeitsmaschinen zur Halmfuttermittelgewinnung. Landt. Forschung 18 (1971), H. 5.
- (24) Lehoczky, W. R. : Über die Auswirkungen der Steigerung der Pflugeschwindigkeit auf den Zugkraftbedarf und auf einige physikalische Eigenschaften des Bodens. Archiv f. Landtechnik, Bd. 3, (1962), H. 1.

- (25) Liem, T. L. ; Gerritsen, I. G. C. : E. T. A-Elemental Times in Agriculture. Sonderheft der REFA-Nachrichten 1969, S. 43 - 54.
- (26) Maul, H. : Methoden für die Ermittlung von Planzeitwerten. REFA-Nachrichten 18 (1965), S. 1-16.
- (27) Meyer, H. : Die Bedeutung eines stufenlosen Getriebes für den Acker-schlepper und seine Geräte. Grundl. Landtechnik 9(1959), H. 11, S. 5-12.
- (28) REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 1, Grundlagen. München 1972.
- (29) REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2, Datenermittlung. München 1972.
- (30) REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 3, Kostenrechnung und Arbeitsgestaltung. München 1972.
- (31) Reisch, E. : In Gindele, E. H. : Die Bedeutung agrarstruktureller Elemente für eine rationelle Arbeitserledigung in der Feldwirtschaft. Diss. Hohenheim 1972, KTBL-Schrift 156.
- (32) Reisch, E. : Datenbankbezogenes Informationssystem - in der Zukunft eine Notwendigkeit für Entwicklungsplanung und Unternehmensführung in der Landwirtschaft. Vortrag CIGR-CIOSTA-Kolloquium, Bad Kreuznach 1973.
- (33) Röhner, J. : Zur Methodik der Zeitstudie in der Landwirtschaft. Landarbeit und Technik, H. 21, S. 46, Bad Kreuznach 1956.
- (34) Rohmert, W. : Aufgaben und Inhalt der Arbeitswissenschaft an TU und TH. Die Landarbeit 23 (1972), 7, S. 49-55.
- (35) Rohmert, W. ; Schlaich, K. : Arbeitsanalyse im Zeichen der Technischen Entwicklung. Arbeitswiss. 6 (1967), S. 75-81.
- (36) Rosegger, S. ; Sörgel, F. P. ; Steinkampf, H. : Verfahrenstechnische Entwicklungen bei steigenden Arbeits- und Energiekosten in der feldwirtschaftlichen Produktion. Landbauforsch. Völknerode 25 (1975), H. 1, S. 1-10.
- (37) Sachs, L. : Statistische Auswertungsmethoden. 4. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York 1974.

- (38) Scheffer, F. P. ; Schachtschnabel: Lehrbuch der Bodenkunde. 6. Aufl. , Stuttgart 1966.
- (39) Schmidtke, H. ; Stier, F. : Der Aufbau komplexer Bewegungsabläufe aus Elementarbewegungen. Forsch. Bericht d. Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 822 (1960).
- (40) Schön, H. ; Auernhammer, H. : Anleitungen zur Arbeitszeitermittlung Vortrag KTBL-Arge KU am 13. 4. 1972.
- (41) Seifert, H. ; Kühner, H. : Betriebswirtschaft - Arbeitselemente für den Pflanzenschutz, Bd. 1, 4. Fortschr. (1969), S. 4-20.
- (42) Sick, W. : Der Modellbetrieb. Landarbeit und Technik (1956), H. 21, S. 108-122.
- (43) Söhne, W. : Wechselbeziehungen zwischen Schlepperleistung, Reifenabmessung und Ackerboden. Landtechnik von morgen. Folge 8, S. 3-9.
- (44) Sörgel, F. P. ; Steinkampf, H. : Zur Berechnung der Arbeitsgeschwindigkeit am Beispiel des Eggens. Die Landarbeit (1972), H. 8/9.
- (45) Sörgel, F. P. ; Steinkampf, H. : Arbeitszeit- und Leistungsbedarf für das sechsreihige französische Rübenernteverfahren. Vortrag Kolloquium "Zuckerrübenernte im Rückblick auf 1973", Braunschweig 1974.
- (46) Steinkampf, H. : Probleme der effizienten Umwandlung der Motorleistung in Zugleistung bei leistungsstarken Schleppern. Grundl. Landtechnik 24 (1974), Nr. 1, S. 14-20.
- (47) Steinkampf, H. : Zur Methodik der Rollradien- und Radschlupfmessung. Grundl. Landtechnik 21 (1971), Nr. 2, S. 40-44.
- (48) Steinkampf, H. : Messung räumlich wirkender Kräfte zwischen Schlepper und Gerät. Grundl. Landtechnik 21 (1971), Nr. 3.
- (49) Steinkampf, H. ; Zach, M. : Leistungsbedarf und Krümelungseffekt von gezogenen und zapfwellengetriebenen Geräten zur Saatbettbereitung. Landbauforsch. Völkenrode 24 (1974), S. 55-62.

- (50) Weber, E. W. : Simulationsstudien zum Ausreißerproblem unter besonderer Berücksichtigung der Varianzanalyse. Diss. TU Hannover 1972.
- (51) Wedekind, H. : Die Behandlung von Problemen der Einflußgrößenrechnung mit Hilfe elektronischer Rechenanlagen. Fortschrittliche Betriebsführung, 14, 1963, S. 26-32.
- (52) Wermke, M. : Die Regressionsanalyse. Vortrag Statistisches Seminar Darmstadt 1971.
- (53) Wermke, M. : Der Einfluß unterschiedlicher Entwicklungsstadien und N-Düngung auf Roh Nährstoffgehalt, Gärverlauf und Verluste bei Grünhafer. Zeitschr. Acker- u. Pflanzenbau 129 (1969), S. 157-183.
- (54) Wermke, M. : Statistische bzw. multivariable Analyse mit Hilfe multipler Auswertungsverfahren. Vortrag Statistisches Seminar Darmstadt 1971.
- (55) Wiljams, W. R. : Bodenkunde. Akadémiai Budapest, 1950.