

FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

Mitteilungsblatt des

„KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK“

1 Y 2894 E

26. Jahrgang

Nr. 6

Juni 1974

INTERFORST 74

2. Internationale Messe für Forst- und Holztechnik vom 20. – 26. 6. 1974 in München

Dr. H. J. Loycke, Dillingen/Donau

Im Stadium um sich greifender Mechanisierung bzw. fortschreitender Industrialisierung der Arbeit erfährt auch die Forstwirtschaft einen Strukturwandel. Die Auswirkungen dieses Wandels treffen über die Umgestaltung der Forstarbeit allmählich auch die übrigen Bereiche der Forstwirtschaft.

Umwälzende technische Entwicklungen, neue Arbeitssysteme und die hierzu benötigten hochmodernen Forstmaschinen und Transportmittel finden damit heute über den unmittelbar betroffenen Expertenkreis hinaus interessierte Beachtung. Die forstliche Praxis hat bereits Neuland betreten oder muß dies in Kürze tun, Neuland, in dem sich viele vorerst noch nicht oder nur unvollkommen zurechtfinden. Die Bewältigung der einschneidenden Veränderungen beschäftigt derzeit in gleicher Weise nahezu alle Forstwirtschaften der Länder der Erde. Manche Probleme, denen Praktiker gegenüberstehen, sind von weltweiter Bedeutung. Das Gleiche trifft allerdings nicht für deren Lösung zu. Hier sprechen zu viele kontinent- und landbedingte Gegebenheiten sowie regionale, lokale, standörtliche und ökonomische Gesichtspunkte mit, als daß Maschinen- und Arbeitssysteme blindlings kopiert und kritiklos übernommen werden könnten.

Trotzdem stimmen führende Forst- und Holzwirte in den verschiedensten Teilen der Erde in wesentlichen Vorstellungen überein. So wissen sie, daß mit allen Mitteln, die in ökologischer Beziehung zu vertreten sind, um die zukünftige Existenz ihrer Forstwirtschaft gerungen werden muß. Sie sind davon überzeugt, daß es nur mit Hilfe der Technik gelingen kann, weiterhin wirtschaftlich und leidlich rentabel zu arbeiten. Sie haben erkannt, daß der Forst- oder Holzwirt sehr eingehender Informationen auf internationaler Basis bedarf, um laufend über den forsttechnischen Entwicklungsstand im In- und Ausland sowie die sich abzeichnenden Tendenzen hinreichend orientiert zu sein. Schließlich beginnt man zu begreifen, daß es heutzutage unerlässlich ist, nicht bloß Kontakte zur ersten Stufe der Holzwirtschaft, der Holzbearbeitung, zu halten. Es ist nicht minder wichtig, zu Industriebetrieben und Vertriebsunternehmen Beziehungen zu haben, die die von der Forstwirtschaft in wachsendem Maße benötigten Arbeitsmittel herstellen. Die wirklich brauchbaren Geräte und Maschinen, über die wir heute verfügen, verdanken die Entstehung, — das lehrt die Erfahrung der letzten Jahre —, fast immer der rechtzeitigen Fühlungnahme, gegenseitigen Beratung und praktischen Unterstützung im Werk und Wald durch forstliche Stellen oder Forstbetriebe während der Entwicklungszeit des Arbeitsmittels.

Als Ziel und Anliegen der Zweiten Internationalen Messe für Forst- und Holztechnik, der INTERFORST 74 in München, wurde herausgestellt, die Forstwirtschaft im Bemühen zu unterstützen, durch sinnvolle Technisierung wettbewerbsfähig zu bleiben. Die Messe soll darüber hinaus dem Erfahrungsaustausch zwischen Herstellern und Vertretern der Forst- und Holzwirtschaft dienen. Deutsche Besucher — Waldbesitzer, die Forstbeamtschaft und Waldarbeiter sowie Sägewerker und Holzwirte — haben auf dem Messe-Freigelände und in den Hallen Gelegenheit, das reiche Angebot an Großmaschinen und Transportmitteln, Spezialanlagen und -einrichtungen, motorgetriebenen Werkzeugen, Geräten und viele moderne Hilfsmittel kennenzulernen, das die europäische Industrie sowie Hersteller aus Übersee, u. a. Kanada, den USA, Japan u. a. vorstellen. Auf dem Maschinensektor werden im Mittelpunkt des Angebots neue Maschinensysteme für das Entrindungs- und das Entastungsproblem stehen. Man wird die Vollerntemaschinen neben Seilkrananlagen und sehr unterschiedliche Arten von Transportmitteln zu sehen bekommen.

Moderne Fachmessen, wie sie Industrie und Landwirtschaft, aber auch das Handwerk seit langem kennen, informieren nicht nur durch das Angebot auf Firmenständen. Im Rahmen einer solchen Großveranstaltung werden eine Reihe von Sonderveranstaltungen, die keinen kommerziellen Charakter haben, geboten. Diese Veranstaltungen sollen möglichst alle Besucherkreise ansprechen. Mit Unterstützung bzw. im Auftrage des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten wird eine Einführungs-Sonderschau vorbereitet, zu deren Auf-

INHALT :

LOYCKE, H. J.:

INTERFORST 74 – 2. Internationale Messe für Forst- und Holztechnik in München

ENGEL, R.:

Die Zugkraft von Ackerschleppern in Abhängigkeit von Reifenabmessungen, Reifenbelastungen, Bodenzustand und Hangneigung

Bedeutung maschinentechnischer Daten

1. KROHN, B.:

Beurteilung des Motors nach Drehmoment- und Leistungskennlinie

bau Halle 18 voll zur Verfügung steht. Auf Wunsch des Wissenschaftlichen Beirats der INTERFORST wird im Mittelpunkt dieser Einführungs-Sonderschau eine Modellschau stehen, bei der zwölf Arbeitssysteme der Holzernte (Maßstab 1 : 10 — Aufbaufläche ca. 80 qm je Modellbild) nebst einigen Varianten zur Darstellung kommen. Es handelt sich dabei um Holzertesysteme für Nadel- und Laubschwachholz sowie für stärkeres Nadel- und Laubholz, das im Durchforstungswege oder auf Kahlschlägen in Ebene, Hügelland und Hochgebirge anfällt. Ein in hoher Auflage zur Verteilung kommender Führer durch die Sonderschau kommentiert das Gebotene. Forstmänner und Waldfacharbeiter sollen in dieser Schau einen Überblick über Verfahren und Arbeitssysteme gewinnen, wie er so leicht nicht durch Betriebsbesichtigungen, Exkursionen oder forstliche Tagungen zu erlangen ist. Die sicher zahlreichen Besucher aus der einschlägigen Maschinenindustrie haben Gelegenheit, sich über die derzeit im Wald Eingang findenden Arbeitstechniken zu informieren; sie erhalten neue Anregungen.

An den Wandflächen der Halle werden kleinere Lehrschau aufgebaut, die aktuelle Probleme der Forsttechnik behandeln. Es kommen folgende Themen zur Darstellung:

- > Kraftübertragung an den Waldboden bei maschinellem Holzzücken,
- > Rückhilfsmittel,
- > Funksprechanlagen und Funksteuerung in der Forstwirtschaft,
- > Maschinen im Dienste von Umweltschutz und Landschaftspflege,
- > Zentrale und fliegende Aufarbeitungsplätze,
- > Orkan über Norddeutschland, Zerstörung und Wiederaufbau einer Landschaft (erste Vorstellung dieser Sonderschau der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e. V. im süddeutschen Raum).

Außerdem wird der Gehörschutzzug (Audiomobil) des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Lärmbekämpfung in Halle 18 stehen. Die Besucher der Einführungs-Sonderschau haben Gelegenheit, ihr Gehör testen zu lassen; sie erhalten eine Gehörschutzkarte mit dem derzeitigen Meßergebnis. Im Innenraum des Zeltbaues, um den die zwölf Modelle der Holzertesysteme gruppiert sein werden, zeigt die Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft gemeinsam mit der Gemeindlichen Unfallversicherung Einrichtungen zur Messung der Vibration an

Motorsägen und Schleppern, Meßergebnisse der Lärmbelastung von Maschinenführern bei Forstschleppern und Motorsägen, und unterrichtet über Prüfzeichen und Prüfung der Berufsgenossenschaften von Forstmaschinen auf Unfallsicherung. Das KWF schildert den Gang einer Prüfung.

In der benachbarten Halle 19 werden noch einige kleinere Sonderschauen aufgebaut sein. Sie behandeln Themen wie

- > Forsttechnik und forstliche Zusammenschlüsse
- > Unfallverhütung bei der Waldarbeit (Landwirtschaftliche Berufsgen. Bayreuth)
- > Probleme der angewandten Holzforschung (Deutsche Ges. f. Holzforschung e. V.).

In der gleichen Halle befinden sich auch die Gemeinschaftsstände der Länder Finnland, Schweden und Norwegen.

Dem Erfahrungsaustausch und der Fortbildung widmen sich im Programm der INTERFORST parallel zum Messegeschehen mehrere größere Tagungen. Die repräsentative wissenschaftliche Tagung „Technik in der Forstwirtschaft“, ein internationaler Kongreß, läuft in der Zeit vom 24. bis 26. Juni in teilweiser Verzahnung mit der Tagung des Deutschen Forstvereins ab, die wiederum unter dem Leitthema „Forstwirtschaft zwischen Ökologie und Technik“ steht. An beide Veranstaltungen schließen sich am 27. und 28. Juni Exkursionen an, die in den oberbayerischen und schwäbischen Raum führen. Ein in der Zeit vom 20. bis 22. Juni von „World Wood“ veranstaltetes Internationales Seminar für die Säge-Industrie vervollständigt das reichhaltige Veranstaltungsprogramm von München ebenso wie das Treffen eines forstlichen FAO-Kreises und andere Veranstaltungen.

Zur INTERFORST 74 erwartet man in München einen Besucherkreis, der über die 1970 erreichten 26 400 Gäste hinausgeht. Für einen ähnlichen oder noch höheren Erfolg bürgen nicht allein das fachlich Gebotene, sondern auch die zentral-europäische Lage dieser nicht nur der Alpennähe wegen so überaus reizvollen, gastlichen Stadt. Es wäre zu wünschen, daß in noch stärkerem Maße als 1970 Waldarbeiter gemeinsam mit ihren Forstbeamten in größerer Zahl nach München kommen. Wohl keine andere Messe vermag Waldbesitzern und deren Mitarbeitern so viele Anregungen zu bieten und auch fachlich neues Wissen zu vermitteln wie die INTERFORST. Es ist schließlich die erste und die einzige große Messe, die die Forstwirtschaft unmittelbar anspricht und die ihr erlaubt, sich selbst darzustellen.

Die Zugkraft von Ackerschleppern in Abhängigkeit von Reifenabmessungen, Reifenbelastungen, Bodenzustand und Hangneigung

Dipl.-Landwirt Rolf Engel, Bad Kreuznach

1. Einleitung

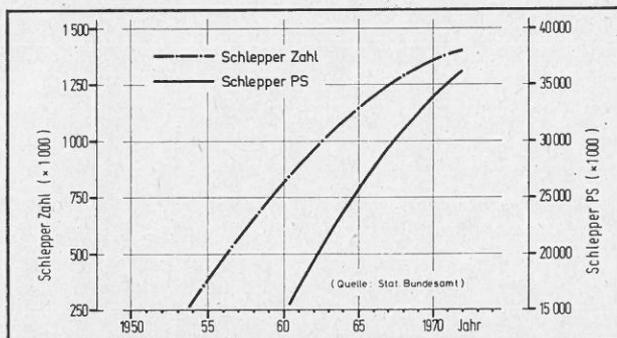
Der Schlepper hat sowohl in der Landwirtschaft als auch in der Forstwirtschaft dazu beigetragen, nicht nur fehlende oder knappe Arbeitskräfte zu ersetzen, die Arbeit zu beschleunigen und zu erleichtern, sondern auch die Rentabilität des gesamten land- und forstwirtschaftlichen Unternehmens zu verbessern.

Der Ersatz der menschlichen Arbeitskraft durch die Maschine wird durch die Entwicklung des Schlepper- und Maschinen-

bestandes in der Land- und Forstwirtschaft deutlich aufgezeigt. Die Darstellung 1 zeigt die in Land- und Forstwirtschaft eingesetzten Schlepper im Gebiet der BRD von 1949 bis 1973. Im Jahr 1939 wurden in Land- und Forstwirtschaft im Gebiet der heutigen BRD nur 30.265 Schlepper eingesetzt, 1949 waren es bereits 74.586 und 1973 waren es 1.402.408 Schlepper.

Außer der zahlenmäßigen Zunahme der Schlepper haben sich insbesondere in den letzten Jahren auch die Leistungsklassen

verändert. Während in den Anfängen der Mechanisierung die Schlepperleistungen ziemlich hoch lagen, da nur wenige Großbetriebe Schlepper mit guter Ausnutzung verwendeten, rüsteten sich mit zunehmender Motorisierung auch kleinere Betriebe zum Ersatz der tierischen Zugkraft mit Schleppern aus. Dafür genügte in der Regel geringere Leistungsansprüche, da der Schlepper im wesentlichen nur Zugmaschine war. Erst in den letzten fünfzehn Jahren ist wieder eine Tendenz zu höheren Motorleistungen des Schleppers feststellbar. Die relativ komplizierten, meistens zapfwellengetriebenen Maschinen der Hochmechanisierung lassen sich aus Kostengründen und aus wirtschaftlichen Gründen nicht beliebig verkleinern, so daß für diese Einheiten hohe Antriebsleistungen benötigt werden. Zu denken ist hier an schwere Bodenfräsen, Feldhäcksler, Mulch- und Kreiselmäher für den landwirtschaftlichen Betrieb, die Forstwirtschaft und auch für die Landschaftspflege, aber auch an große Transporteinheiten. Diese Geräte benötigen einen Leistungsbedarf von wenigstens 40 PS, in vielen Fällen aber



Darstellung 1: Schlepperbestand in der Bundesrepublik. Schlepper Zahl ($\times 1000$), Schlepper PS ($\times 1000$).

auch wesentlich mehr. Dabei sind nicht immer nur die Motorleistung und die Zugkraft entscheidend, sondern auch die Hubkraft des Schleppers und seine Tragfähigkeit beim Einsatz von schweren Anbaugeräten oder Gerätekombinationen. So stieg von 1957 bis 1971 die durchschnittliche Schlepperleistung bei Neuanschaffungen von 20 PS auf 50 PS an. Nach Trendberechnung wird für 1981 ein Durchschnittswert bei Neuschleppern von etwa 60 PS erwartet (1).

2. Probleme der Umwandlung der Motorleistung in Zugleistung

Schlepper hoher Leistungsklassen werden überwiegend für die Bodenbearbeitung und für den Transport zu Zugarbeiten eingesetzt. Im Gegensatz zur Leistungsübertragung durch die Zapfwelle treten bei der Zugkraftübertragung sehr hohe Verluste auf, insbesondere im Laufwerk. Trotzdem ist die erste Frage eines Schlepperkäufers immer noch die nach der Motorleistung in PS oder neuerdings in kW, obwohl die Motorleistung sicher nicht das Entscheidende ist, sondern Gewicht, Reifen, Bauform und zweckmäßige Ausrüstung oft als wichtiger anzusehen sind, da die PS-Stärke zwar eine motorische Reserveleistung bringt und auch eine hohe Leistungsabgabe an der Zapfwelle ermöglicht, nicht aber gleichzeitig eine große Zugkraft garantiert. Die Größe der Zugkraft, die ein Schlepper abgeben kann, hängt von zwei Größen ab:

1. Von dem auf den Antriebsrädern während der Arbeit liegenden Gewicht und
2. von der Fähigkeit der Triebreifen, sich am Boden abzustützen (ausgedrückt durch den Kraftschlußbeiwert).

Aus beiden Einflüssen ergibt sich die Triebkraft des Schleppers. Die sog. Betriebsachslast setzt sich aus dem statischen Gewicht der getriebenen Achse und bei Hinterradgetriebenen Schleppern

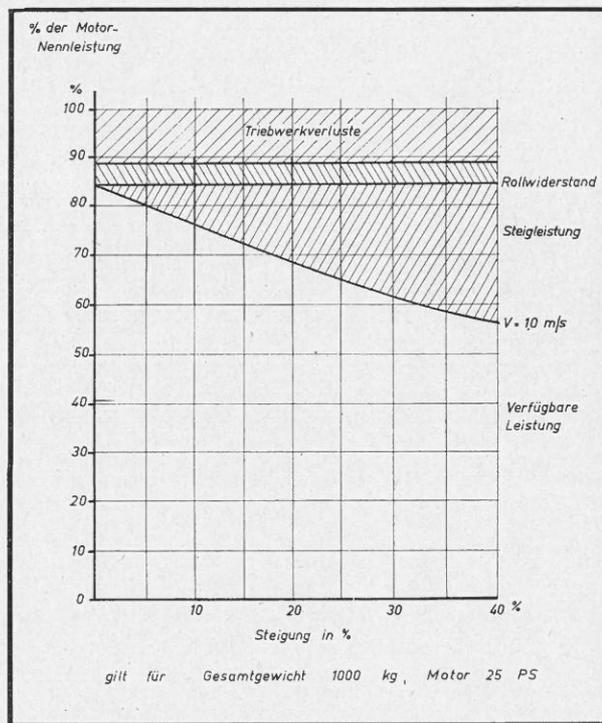
aus einem zusätzlichen Gewicht durch Gewichtsverlagerung bei Zugkraft von der Vorderachse zusammen.

Die Fähigkeit der angetriebenen Hinterradreifen, sich am Boden abzustützen, ist sowohl vom Reifen als auch vom Boden abhängig. Gleiche Reifen mit gleichhoher Belastung übertragen auf schwere, tonhaltige Böden größere Zugkräfte als auf Sandböden.

Bei der Zugkraftübertragung treten hohe Verluste auf. Das ist auch der Grund, weshalb für die Zugkraft die Motorleistung nicht ausschlaggebend ist. Von der Motorleistung gehen ab:

- > die Antriebsverluste für Getriebe und Achsantrieb,
- > die Fahrwiderstandsverluste + Steigungswiderstand,
- > die Verluste durch den Schlupf der Triebräder.

Als nutzbare Zugleistung (Zugkraft \times Fahrgeschwindigkeit) bleiben damit nur 20 bis 40% der Motornennleistung. Für den Ackerschlepper bedeutet das, daß eine wirksame Zugleistung nur möglich ist, wenn Schlepper, Betriebsachslast, Reifen, Gerät und Zugkraft aufeinander abgestimmt sind.



Darstellung 2: Am Zughaken verfügbare Leistung (MPI — WT 6003).

Welchen Einfluß Reifen, Betriebsachslast und Steigungswiderstand auf die Zugkraft eines Schleppers ausüben, soll an zwei Beispielen von Zugkraftvergleichsmessungen aufgezeigt werden.

2.1 Zugkraftvergleichsmessungen bei Sonderschlepperbauarten (Schmalspurschlepper)

Obwohl es sich bei den untersuchten Schleppern um Schmalspurschlepper handelt, die vorwiegend in Sonderkulturen wie Weinbau oder auch in Baumschulen eingesetzt werden, soll über die Ergebnisse hier berichtet werden, weil diese einen Vergleich der einzelnen Bauformen gestatten und außerdem den Einfluß der Hangneigung auf die verfügbare Zugleistung aufzeigen. In der Tabelle 1 sind die technischen Daten der untersuchten Schlepper angegeben. Die Darstellungen 3 a - d zeigen die Zugkräfte auf einer Asphaltbahn in der Ebene und bei 13% Hangneigung sowie auf Ackerboden in der Ebene, bei 20% und bei 30% Hangneigung.

Tabelle 1: Technische Daten der untersuchten Schmalspurschlepper

Schlepper	Motor						Antrieb		Gewichte			Abmessungen		Lenkung Lenkungsart
	Nennleistung DIN PS	Nemndrehzahl n N/min	Mid max. bei n m kp	Zylinderzahl	Kühlung *)	Antriebsart **)	Bereifung vorn	Bereifung hinten	Leergewicht kg	Achslast vorn kg	Achslast hinten kg	kleinste Spurweite mm	größte Spurweite mm	
A) Bungartz — T 8 — PK	30	2300	10.8/ 1400	4	W	H	4.00 —15	7,50 —18	1040	400	640	690	950	Achsschenkel
B) Blank-Raupe	30	2800	11.0/ 2000	2	L	K	—	AS Stahl- guß- ketten	1295	—	—	690	—	Bremslenkung
C) Blank-Mustang	30	2800	11.0/ 2000	2	L	V	6.00 —16	8—24 AS	1265	510	755	700	950	Achsschenkel
D) Holder A G 3	27	2300	9,5/ —	3	W	V	7.50 —18	7.50 —18	1050	680	370	680	920	Knicklenkung
E) Lanz-Varimot	30	2800	11.0/ 2000	2	L	V	7.50 —18	7.00 —18	1720	880	840	920	1030	Bremslenkung u. Achsschenkel
F) Kramer K L 350 H	42	2300	15.8/ 1600	3	L	H	4.50 —16	9—24 AS	1600	550	1050	770	1340	Achsschenkel
G) Krieger	30	2700	9.2/ —	—	L	H	4.00 —12	7.50 —18	994	434	560	680	970	Achsschenkel
H) Agria	16	3000	3.8/ —	1	L	H	4—121 —16	7.50 AS	650	540	900	570	780	Achsschenkel

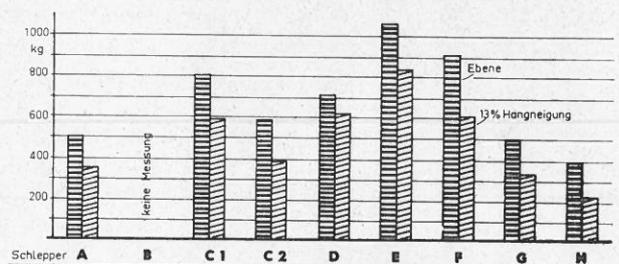
*) W = Wasser, L = Luft

**) V = Vierradantrieb, H = Hinterradantrieb, K = Kettenantrieb

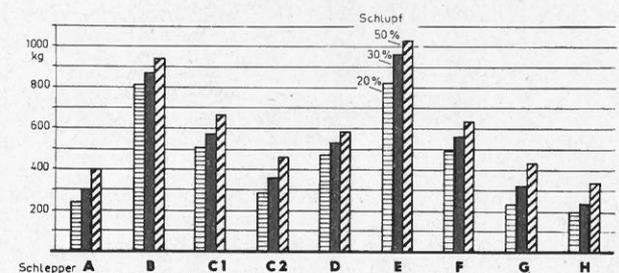
Am Hang nimmt die verfügbare Zugleistung mit zunehmender Steigung ab, da ein großer Anteil der durch die Triebäder übertragbaren Kraft von der Eigenfortbewegung aufgezehrt wird. An einem Hang von 20% Neigung bringen nur noch der Kettenschlepper und die vierradgetriebenen Bauformen eine Zugkraft von mehr als 350 kg auf. Bei 30% Hangneigung sind auch die Grenzen des Vierradantriebes sichtbar. Vor allem zeigen sich hier die Unterschiede der einzelnen Vierradbauformen. Der Blank Mustang zeigt in der Ebene durch seine relativ großen Hinterradtriebwerke in Verbindung mit der angetriebenen Frontachse sehr gute Zugkrafteigenschaften. Je steiler jedoch der Hang wird, um so geringer wird der Zugkraftgewinn durch die eingeschaltete Fronttriebachse. Durch die Schwerpunktverlagerung am Hang und durch die Zugkraft wird die Frontachse so stark entlastet, daß sie am steilen Hang von 30% nicht mehr wesentlich zur Zugkraftsteigerung beitragen kann. Gegenüber dieser konventionellen Bauform eines Vierradschleppers mit zusätzlichem Frontantrieb besitzt der Vierradantrieb mit vier gleich großen Rädern besonders am Hang deutliche Vorzüge. Wichtig ist hier vor allem die Gewichtsverteilung bei dieser Konstruktion. Es sollten 2/3 des Schlepper-Gesamtgewichtes auf die Vorderachse entfallen, damit der Schlepper mit angebaute Gerät am Hang, wo die größte Zugkraft benötigt wird, sein Gewicht gleichmäßig auf die Räder der Vorder- und Hinterachse abstützen kann. Die Bedingungen erfüllt der Holder AG 3. Der Lanz-Varimot ist in dieser Beziehung trotz seines sehr guten Abschneidens bei den Zugkraftmessungen, welches er seinem hohen Eigengewicht zu verdanken hat, ungünstiger zu beurteilen. Er stützt etwa 50% seines Gewichtes auf die Vorderachse und 50% auf die Hinterachse ab. Die Gewichtsverteilung zusammen mit dem kurzen Achsstand bewirken am steilen Hang bergauf bei starker Belastung ein labiles Fahrverhalten. Der Schlepper muß hier laufend durch die Lenkung korrigiert werden, damit er nicht nach rechts oder links ausbricht. Diese Erscheinung ist bei dieser Bauform mit der Bremslenkung besonders lästig, da der geringe Einschlag der Achsschenkellenkung nicht ausreicht

und zur Korrektur der Fahrtrichtung die Bremslenkung laufend in Funktion treten muß. Dieses dauernd wechselseitig erforderliche Abbremsen belastet gerade in diesen kritischen Situationen den Motor zusätzlich.

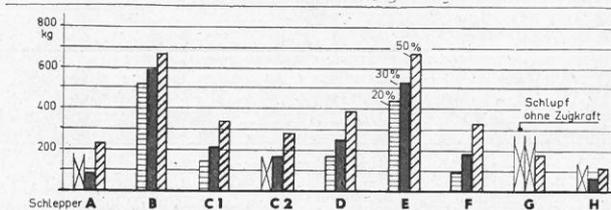
Der Kettenschlepper erbrachte gegenüber den vierradgetriebenen Bauformen keinen so deutlichen Zugkraftvorsprung. Einen Einfluß hat hier sicher der durch den hohen Steinanteil geröllartige Charakter des Boden gehabt. Bei der größeren Auflage der Kette wurde das Gewicht häufig auf einigen locker auf der Oberfläche liegenden Steinen abgestützt, ohne daß sich die Kette gleichmäßig auf ihrer Länge mit den plastischeren, tieferen Bodenschichten verzahnen konnte.



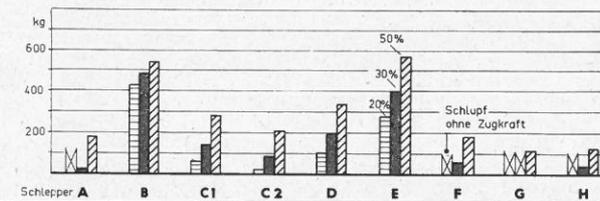
Darstellung 3a: Zugkräfte auf Asphalt, Ebene und 13% Hangneigung bei 10% Schlupf.



Darstellung 3b: Zugkräfte auf ebenem Acker.



Darstellung 3c: Zugkräfte auf Acker mit 20% Hangneigung.



Darstellung 3d: Zugkräfte auf Acker mit 30% Hangneigung.

Die bei den untersuchten Spezialschleppern installierten Motorleistungen lassen sich bei einem normalen Ackerschlepper unter normalen Bedingungen ohne weiteres als Zugkraft nutzen. Bei einer entsprechenden Reifenausstattung kann man Motorleistungen bis 70 PS durch Hinterradantrieb auf den Boden bringen. Bei einem Schmalspurschlepper sind jedoch von der Konstruktion des Schleppers her der Zugkraftübertragung engere Grenzen gesetzt. Die Räder lassen sich in der Breite

und Höhe nicht beliebig vergrößern, ohne die äußeren Abmessungen des Schleppers zu erweitern und ihn damit für seinen eigentlichen Verwendungszweck, dem Befahren von engen Zeilen, unbrauchbar zu machen. Eine Möglichkeit der besseren Zugkraftübertragung ist die Verwendung größerer Reifendurchmesser in Verbindung mit einer Portalachskonstruktion, welche den Schwerpunkt nicht erhöht. Die andere Möglichkeit besteht darin, den Schlepper mit Vierradantrieb auszurüsten. Dabei ist der Vierradantrieb mit gleich großen Rädern als wirkungsvoller anzusehen. Hier wird das Gesamtgewicht des Schleppers zur Erzeugung der Schleppervortriebskraft verwendet, die sich in die Zugkraft und den Fahrwiderstand aufteilt. Der Schlepper muß kopflastig sein, damit im betrieblichen Zustand eine annähernd gleiche Gewichtsverteilung auf die Vorder- und Hinterachse eintritt.

Die größere Motorleistung kann selbstverständlich auch durch eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit genutzt werden. Die Steigerung der Geschwindigkeit ist aber bei den meisten Arbeiten begrenzt.

2.2 Zugkraftvergleich bei Schleppern der 50-PS-Klasse

Hier handelt es sich um den Zugkraftvergleich von drei unterschiedlichen 50-PS-Schleppern mit verschiedenen Eigengewichten und unterschiedlichen Reifen, wovon ein Schlepper mit Allradantrieb ausgerüstet war. Die technischen Daten der Schlepper sind aus der Tabelle 2 ersichtlich. Die Darstellung 4 zeigt die Zugkraft-Schlupfcurven der untersuchten Schlepper.

Tabelle 2: Technische Daten der untersuchten Schlepper mit 50 PS

Typ	PS	Reifengröße (Luftdruck)	Profiltiefe	Gesamtgewicht	Vorderachs-gewicht	Hinterachs-gewicht	Radstand	Spurbreite	Bemerkungen
		1 atü)	[mm]	[kg]	[kg]	[kg]	[mm]	[mm]	
Güldner G 50	48	H. 13 × 30 V. 10 × 18	30	3300 ¹⁾	1400 ¹⁾	1930 ¹⁾	2230	1500	¹⁾ Allrad mit Frontladerschwinge
Deutz D 5505	52	H. 13 × 30	35	2500	870	1630	2250	1500	
Hanomag	50	H. 11 × 38	14	2800 ²⁾	1050 ²⁾	1750 ²⁾	2110	1500	²⁾ mit Fahrerhaus

Der Schlepper A war mit Vierradantrieb ausgerüstet. Die Schlepper B und C besaßen Hinterradantrieb. Der Allrad-schlepper hatte hinten Reifengrößen von 13 - 30 und vorne von 10 - 18. Der Schlepper B hatte relativ schmale Reifen mit großem Durchmesser der Größe 11 - 38. Der Schlepper C hatte die gleiche Reifengröße wie Schlepper A, nämlich 13 - 30.

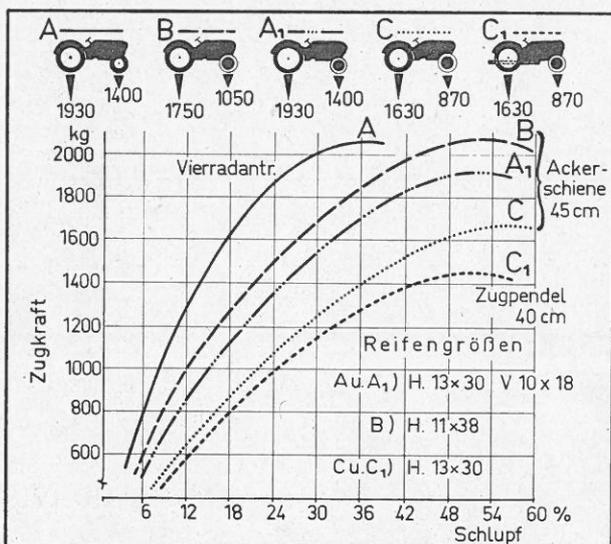
Mit Hinterradantrieb wurde nur eine Zugkraft von 1900 kp erzielt. Der Schlepper C, der mit den gleichen Triebreifen ausgerüstet war, konnte nur eine Zugkraft von 1650 kp aufbringen. Interessant ist an dieser Darstellung, daß der Schlepper B trotz seines geringeren Gewichtes mit 2300 kp eine höhere Zugkraft erbrachte als der allradgetriebene Schlepper, wenn auch bei wesentlich mehr Schlupf von etwa 50%.

Auch unter anderen Bodenbedingungen konnten wir die Feststellung wiederholen, daß die angetriebenen Vorderräder mit kleinen Rädern nicht immer den erwarteten Zugkraftgewinn erbrachten. Deutlicher noch wurde dies bei Schlupfmessungen mit Anbaugeräten. Die getriebene Vorderachse kann oft so stark entlastet werden, daß sie nur noch unwesentlichen Zugkraftgewinn bringt, den Schlupf jedoch mindert und zur Lenksicherheit beiträgt.

2.3 Allradantrieb

Die Frage nach der Zweckmäßigkeit des Allradantriebes in der Landwirtschaft ist damit so zu beantworten, daß es vorerst darauf ankommt, bei Hinterradantrieb Reifen, Gewicht, Gerät und Zugkraft aufeinander abzustimmen und die Fahrgeschwindigkeit auszunutzen, die für den Fahrer und Arbeitserfolg noch erträglich ist. Erst dann sollte man zum teuren Allradantrieb greifen.

Aber je stärker die Motorleistungen steigen und je geringer damit die Leistungsgewichte werden, um so schwieriger wird die Übertragung der Motorleistung als Zugkraft über zwei Räder bei für den Arbeitseffekt möglichen Geschwindigkeiten. Man muß deshalb das gesamte Schleppergewicht zur Triebkraftübertragung nutzen über vier gleich große Räder, die im Betriebszustand eine gleiche Radlastverteilung aufweisen.



Darstellung 4: Zugkraft-Schlupf-Kurven verschiedener 50 PS-Schlepper (MPI - S 6601).

Der Allradschlepper hatte das größte Eigengewicht und erreichte mit eingeschaltetem Vierradantrieb von den drei Schleppern die höchste Zugkraft von 2200 kp bei 36% Schlupf.

Für die Forstwirtschaft, vor allem in Hanglagen, kann die größere Lenksicherheit eines allradgetriebenen Schleppers ein wesentlicher Bestimmungsfaktor sein, der gegebenenfalls noch höher als die erreichbare Zugkraft zu werten ist, da hierdurch die Arbeit effektiver und sicherer ist und das Risiko für den Fahrer am Hang und an Böschungen geringer wird.

3. Zusammenfassung

Größere Arbeitsleistungen mit dem Schlepper erfordern in der Regel höhere Motor- und Zugleistungen. Der Trend der zunehmenden Motorleistung ist gekoppelt mit der Abnahme des Leistungsgewichtes, wodurch die Umwandlung der Motorleistung in Zugleistung zu einem begrenzenden Faktor wird. Die Ausnutzung der Motorleistung durch höhere Fahrgeschwindigkeiten wird aus physiologischen Gründen (Fahrerbeanspruchung) und aus arbeitstechnischen Gründen stark eingegrenzt. Zapfwellengetriebene Geräte ermöglichen die Ausnutzung großer Motorleistungen. Trotzdem wird die Leistungsabgabe als Zugkraft über die Triebäder des Schleppers für eine große Zahl von Arbeiten seine Bedeutung behalten.

Hier treten die größten Verluste der Leistungsübertragung in der Lauffläche des Reifens durch den Schlupf auf, so daß eine Abstimmung von Motorleistung, Leistungsgewicht und Reifen wichtig ist.

Im vorliegenden Beitrag wird über das Zugkraftverhalten von verschiedenen Schmalspurschleppern und von drei Schleppern der 50-PS-Klasse berichtet.

Schrifttum

- (1) SOHNE, W.: Versuch einer Prognose der Leistung und Produktion von Ackerschleppern sowie ihrer konstruktiven Weiterentwicklung. Grundlagen der Landtechnik 22. (1972), H. 6
- (2) SOHNE, W.: Allrad- oder Hinterradantrieb bei Ackerschleppern hoher Leistung. Grundlagen der Landtechnik, 14. (1964) H. 20
- (3) ENGEL, R.: Untersuchungen über die Einsatzgrenzen verschiedener Schlepperformen im Weinbau. Der Deutsche Weinbau 15. (1970)
- (4) STEINKAMPF, H.: Probleme der effizienten Umwandlung der Motorleistung in Zugleistung bei leistungsstarken Schleppern. Grundlagen der Landtechnik 24. (1974), H. 1

Bedeutung maschinentechnischer Daten

Vorbemerkung der Schriftleitung

Unter obiger Überschrift werden künftig in unregelmäßiger Folge kurze Beiträge für die Forstpraxis gebracht, die zum Verständnis technischer Angaben bei der Beurteilung von Forstmaschinen beitragen sollen. Lehrbücher werden hierdurch für Spezialisten nicht ersetzt, ebenso wenig eine gründliche Ausbildung von Maschinenführern. Diese Reihe soll das Bemühen der Forstpraxis um Fortbildung auf technischem Gebiet unterstützen. Anregungen und kritische Anmerkungen hierzu von den Lesern nimmt die Schriftleitung gern entgegen.

1. Beurteilung des Motors nach Drehmoment- und Leistungskennlinie

Dipl.-Ing. B. Krohn, Mech. techn. Abt. des KWF, Buchschlag

1.0 Allgemeines

Beim Umgang mit Maschinen ist es üblich, Antriebe nach der Leistung einzuschätzen und zu klassifizieren. Dieser Leistungswert (Nennleistung bzw. Maximalleistung), der oft zu einer sehr pauschalen Beurteilung herangezogen wird, ist jedoch in vielen Fällen kein ausreichendes Kriterium für die Eignung einer Maschine für die vorgesehene Aufgabe. Hier, ebenso wie bei dem Vergleich zweier Maschinen der gleichen Leistungsklasse, ist es angeraten, die Kenndaten der jeweiligen Maschinen, Drehmoment- und Leistungsverlauf des Motors in Abhängigkeit von der Drehzahl, genau zu prüfen. Dies dem Praktiker zu erleichtern, soll der folgende Beitrag dienen.

2.0 Grundlagen

2.1 Drehmoment

Das Moment, definiert als Kraft mal Hebelarm,

$$M = F \cdot l$$

ist allgemein aus dem Physikunterricht bekannt, wo es sich in dem Hebelgesetz verbirgt. Dabei ist das Hebelgesetz nur die selbstverständliche Folgerung aus der Definition des Momentes, daß zwei verschieden große Kräfte das gleiche Moment bilden können, wenn die entsprechenden Hebelarme so lang sind, daß die Produkte aus Kraft und Hebelarm gleich groß werden.

$$M = F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

Dies läßt sich auf ein einfaches Schleppermodell (keine Ge-

triebeübersetzung) übertragen, mit F_1 als der Kraft, die aus dem Verbrennungsdruck im Zylinder resultiert, mit l_1 als der Kröpfung der Kurbelwelle, mit F_2 als der Antriebskraft, die am Schlepperradumfang angreift, und mit l_2 als dem Radius des Schlepperrades (siehe Abb. 1); es gilt wieder die oben angeführte Gleichung.

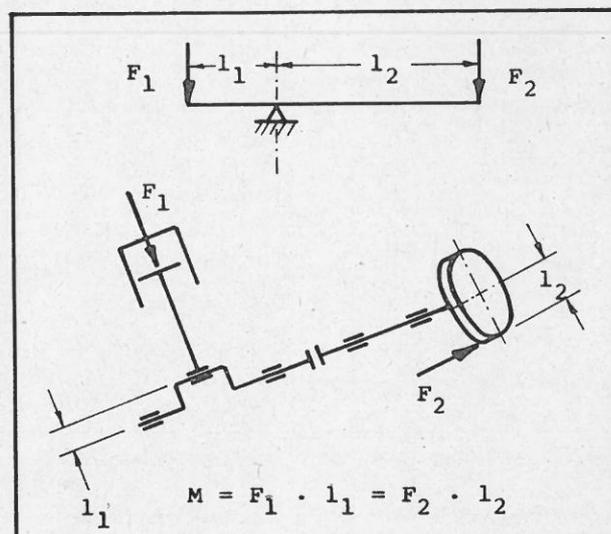


Abb. 1: Das Momentengleichgewicht gilt für das ruhende (zweiarmiger Hebel) und das bewegte System (vereinfachtes Schleppermodell).

Abweichend von dem oben angeführten, stark vereinfachtem Beispiel der Momentenbildung im Motor (der Verbrennungsdruck und die wirksame Hebellänge der Kurbelwellenkröpfung ändern sich während des Kolbenhubes) ergibt sich das Drehmoment aus dem mittleren effektiven Druck und dem Hubraum des Motors.

$$M = 1/T \cdot p_e \cdot V_H$$

$T =$ Taktzahl
 $p_e =$ mittl. eff. Druck
 $V_H =$ Hubraum

Nach dieser Gleichung müßte das Drehmoment unabhängig von der Drehzahl sein. Tatsächlich bildet sich jedoch eine Kennlinie, wie in Abb. 2 gezeigt, aus, da der Motor nur an einem Punkt optimal arbeitet, während bei den anderen Drehzahlen Verluste das Drehmoment vermindern. Die Gründe

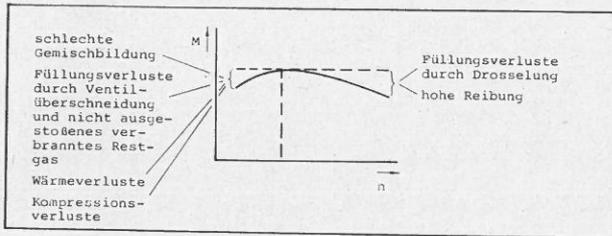


Abb. 2: Verschiedene Verluste bedingen den Abfall des Drehmomentes vom theoretisch konstanten Wert.

sind im unteren Drehzahlbereich die schlechte Gemischbildung, die ungenügende Füllung durch Ventilüberschneidung und nicht ausgestoßenes, verbranntes Restgas, Wärme- und Kompressionsverluste und im oberen Drehzahlbereich hohe Reibung und Füllungsverluste infolge Drosselung. Liegt der Betriebspunkt des maximalen Drehmomentes im niedrigen Drehzahlbereich (sogenannte Büffelcharakteristik), so tritt bei Lasterhöhung ein Selbstregeleffekt ein. Erhöht sich beispielsweise infolge einer Steigung die erforderliche Zugkraft am Schlepperad, so fällt die Drehzahl und das Drehmoment wächst. Das Zurückschalten in einen niedrigeren Gang wird nicht notwendig, der Motor gilt als „elastisch“.

Anzumerken ist, daß der Betriebspunkt des maximalen Drehmomentes ungefähr mit dem Punkt des minimalen spezifischen Kraftstoffverbrauches zusammenfällt, der Betrieb des Motors in diesem Drehzahlbereich ist also besonders wirtschaftlich.

2.2 Leistung

Die Leistung ist allgemein definiert als Kraft mal Geschwindigkeit

$$P = F \cdot v$$

und für Drehbewegungen als Moment mal Drehzahl

$$P = M \cdot n$$

Für den Verbrennungsmotor mit definiertem Drehmomentenverlauf ergibt sich die Leistungskurve daraus zwangsläufig. Ideal wäre eine konstante Leistung über der Drehzahl. Dies würde einen Momentenverlauf bedingen, der allgemein unter dem Ausdruck Zugkrafthyperbel bekannt ist. (Die Zugkraft des Schleppers hat den gleichen Verlauf wie das Antriebsdrehmoment, da der Radius des Antriebsrades eine konstante Größe ist.) Mit Hilfe des Getriebes wird bei Fahrzeugen versucht, sich diesem Verlauf der Kurve mit dem Moment anzunähern.

Abbildung 3 zeigt dies am Beispiel eines 8-Gang-Schaltgetriebes. Im Gang VIII ergibt sich die Drehmomentenkennlinie des Motors, da die Übersetzung $i = 1$ ist, d. h. Drehzahl und Drehmoment sind vor und nach dem Getriebe gleich (direkter Durchtrieb). In den Gängen I bis VII wird die Drehmomentenkennlinie gewandelt (eine geringere Drehzahl erzwingt bei gleicher Leistung ein höheres Moment) und die Übersetzungen werden so gewählt, daß die theoretische Zugkrafthyperbel möglichst die entstehenden Kurven tangiert.

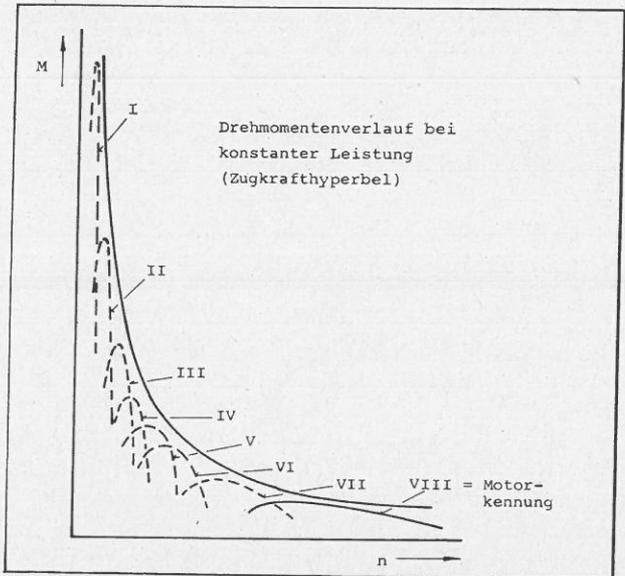


Abb. 3: Durch das Getriebe (z. B. 8-Gang-Schaltgetriebe) läßt sich die Drehmomentenkennlinie des Verbrennungsmotors dem idealen Verlauf annähern.

3.0 Beispiele

Die nachfolgenden Beispiele, die die Bedeutung der Kurvenverläufe von Drehmoment und Leistung erläutern sollen, sind der Prüfpraxis der Mechanisch-technischen Abteilung des KWF entnommen.

3.1 Der Einfluß der Drehmomentenkennlinie auf die Arbeit mit der Motorsäge

Die Motorsägen I und II, deren Drehmoment- und Leistungskennlinien in Abb. 4 dargestellt sind, wurden im Vergleich geprüft. Trotz höherer Leistung und höherem Drehmoment der EMS I wurde der EMS II im Einsatz höhere Schnittleistung und besseres Durchzugsvermögen bescheinigt. Dieser Widerspruch zwischen Motorkennlinie und Einsatzbeurteilung läßt sich aus den Drehmomentcharakteristiken erklären.

Der Praktiker beurteilt das Durchzugsvermögen nach dem aufgetragenen Schnittdruck. Dieser wiederum erfordert ein proportionales Motormoment. (Der Schnittdruck erzeugt eine entsprechende Schnittkraft und die Schnittkraft multipliziert mit dem Radius des Antriebskettenrades ergibt das Moment.)

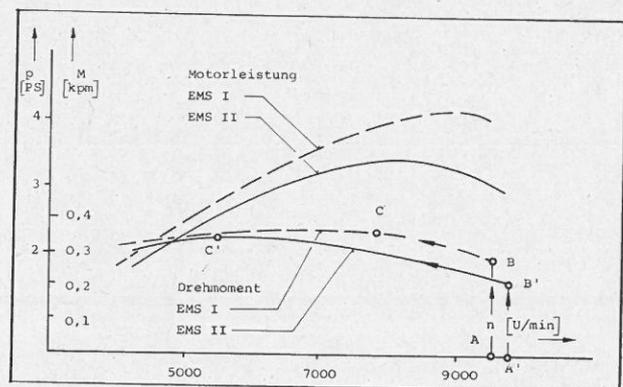


Abb. 4: Drehmoment- und Leistungskennlinien zweier Motorsägen.

Betrachten wir nun den Schneidvorgang anhand der Drehmomentenkennlinie der EMS I in der Abb. 4. Die Motorsäge wird hochgefahren, erreicht die maximale Drehzahl von 9500 U/min, arbeitet also, da keine Last aufgenommen wird (d. h. das Drehmoment ist Null), im Punkt A. Wird die Säge angesetzt und langsam der Schnittdruck erhöht, so wird im Diagramm die Linie A — B durchlaufen, das Drehmoment

erhöht sich, die Drehzahl bleibt konstant. Wird der Schnittdruck weiter gesteigert, so fällt die Drehzahl ab, im Diagramm bewegt man sich auf der Drehmomentenkennlinie von B nach C. Wird der Schnittdruck noch mehr erhöht, so reicht das Drehmoment des Motors nicht aus, die Drehmomentenkennlinie wird rasch nach links durchlaufen, der Motor „würgt ab“.

Ähnlich läßt sich der Schneidvorgang bei der EMS II betrachten. Hier zeigt sich jedoch, daß der Schnittdruck bzw. das Moment solange gesteigert werden kann, bis die Drehzahl der Maschine auf 5 500 U/min (Punkt C') abgefallen ist.

Hier nun ist der Grund für die so unterschiedliche Beurteilung zu suchen. Da die Drehzahl der Maschinen von dem Arbeiter nach dem Lärmpegel eingeschätzt wird, ist die Drehzahldifferenz zwischen 9 500 U/min (Punkt A) und ca 8 000 U/min (Punkt C) nur schwer wahrnehmbar, die Motorsäge „würgt zu schnell ab“. Für die EMS II ist die Differenz zwischen Maximaldrehzahl (9 800 U/min bei Punkt A') und der Drehzahl bei maximalem Moment (5 500 U/min bei Punkt C') wesentlich größer, der Arbeitende nimmt den Drehzahlabfall wahr und regelt unbewußt den Schnittdruck ein.

Der günstigere Verlauf des Drehmomentes bei der EMS II (der Motor ist „elastischer“) macht also im Einsatz nicht nur die geringere Leistung und das geringere Drehmoment gegenüber der EMS I wett, vielmehr wird darüber hinaus die Maschine noch als leistungsstärker empfunden.

3.2 Der Einfluß der Maximalleistung eines

Schleppers auf die Arbeitsleistung beim Rücken
Zwei Schlepper gleichen Typs mit Motoren unterschiedlicher Nennleistung (60 PS bzw. 52 PS) aber gleichen Getrieben (die Kennlinien sind in Abb. 5 dargestellt) wurden einer vergleichenden Prüfung unterzogen. Dabei wurden die Arbeitsleistungen der Schlepper (Zugkraft multipliziert mit der Fahrgeschwindigkeit) verglichen. Es zeigte sich, daß diese bis auf Nuancen gleich waren. Dies erklärt sich daraus, daß der Leistungsunterschied nur aus einer Drehzahlerhöhung des Motors resultiert. Im unteren Drehzahlbereich bis ca. 2 500 U/min sind die Kennlinien praktisch identisch. Da aber beim Rücken immer relativ hohe Zugkräfte erforderlich sind, arbeitet der

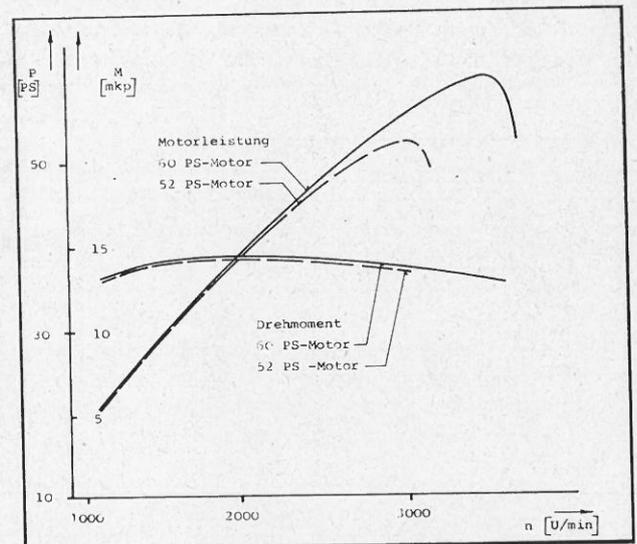


Abb. 5: Drehmoment und Leistungskennlinien eines Motortyps vor und nach einer Drehzahlerhöhung.

Motor bei diesem Betrieb in einem Drehzahlbereich um 2 200 U/min. Folglich können keine Leistungsunterschiede auftreten.

Unterschiede in der Arbeitsleistung würden sich dann ergeben, wenn man das Getriebe dem erhöhten Drehzahlbereich des Schleppers mit 60 PS anpassen würde. Solange dies nicht geschieht, läßt die Leistungserhöhung nur ein höheres „Ausdrehen“ der Gänge zu, was nur selten genutzt werden kann.

4.0 Folgerungen

Der Verlauf des Drehmomentes über der Drehzahl charakterisiert das Verhalten des Motors.

Die Antriebskraft ist dem Drehmoment proportional, d. h. sie folgt der gleichen Kennlinie.

Im Bereich des maximalen Drehmomentes arbeitet der Verbrennungsmotor optimal.

Die Leistung erhält ihre übergeordnete Bedeutung durch die Möglichkeit der Drehmomentenwandlung im Getriebe (der Leistungswert bleibt konstant).