

Bild 2. Änderung der Hauptkenngrößen des Maschinen- und Traktoreinsatzes und der Tätigkeit der Hilfsdienste.  
 a Schichtzeitnutzungsfaktor der Arbeitsgruppe der Instandhaltungsmeister; b mittlerer gewogener Schichtzeitnutzungsfaktor des Traktorenparcs; c, d, e Gesamtzeitaufwand für die Traktoren- und Maschineneinstandsetzung auf dem Felde, für die Traktorenpflege und für die Maschinenpflege in Prozenten der Gesamtschichtzeit

MTS-82) wuchs  $\tau$  von 0,402 auf 0,499 und  $w_s$  von 6,9 auf 10,7 ha; beim Pflügen (Vierscharpflug mit Traktor E-151) erhöhten sich  $\tau$  und  $w_s$  entsprechend von 0,566 auf 0,609 und von 7,9 auf 8,8 ha.

Wie sich der Zeitaufwand für Instandsetzung und Pflege sowie die Hauptkenngrößen der Ausnützung des Maschinen- und Traktorenparcs im Verlauf der Durchführung der komplexen organisatorischen Maßnahmen (1966 bis 1969) änderten, zeigen die Daten in den Bildern 1 und 2. Die Jahres-

kenngrößen erhielt man durch Auswerten von Zeitmessungen, die während der gesamten Dauer der Feldarbeiten erfolgten.

Es wäre interessant, den Grad des Einflusses jeder einzelnen Maßnahme auf den beim Einsatz des Maschinen- und Traktorenparcs erzielten Schichtzeitnutzungsfaktor festzustellen. Objektive Kriterien sind für eine derartige Bewertung vorläufig nicht vorhanden, daher betrachtet man gewöhnlich entweder den gemeinsamen Einfluß des Maßnahmenkomplexes oder es werden alle Ergebnisse nur auf ein Element des durchgeführten Maßnahmenkomplexes bezogen.

Um den Einfluß einer oder mehrerer organisatorischer und technischer Maßnahmen auf das Ergebnis des Einsatzes des Maschinen- und Traktorenparcs zu bewerten, kann das Verfahren der Korrelationsanalyse angewendet werden (die Originalarbeit enthält mehrere Ausführungen, Berechnungen und Berechnungsergebnisse).

Diese Analyse beweist, daß zwischen den Kenngrößen der von der Arbeitsgruppe der Instandhaltungsmeister ausgeführten Tätigkeit, dem Dispatcherdienst und dem Schichtzeitnutzungsfaktor der Aggregate eine funktionelle Abhängigkeit besteht. Hierbei sind die einzelnen Korrelationskoeffizienten ausreichend groß, so daß auf eine enge lineare Abhängigkeit zwischen den betrachteten Maßnahmen und dem Ergebnis des Maschinen- und Traktoreneinsatzes zu schließen ist.

AU 8244

## Der Bedarf an Universaltraktoren für die forstliche Holzbringung

### 1. Begriffe — technologische Grundlagen

Die Holzbringung — teilweise auch Holzrückung genannt — umfaßt den Transport vom Hiebsort der Bäume zum Aufarbeitungs- oder Abfuhrplatz am LKW-festen Waldweg. Im Zuge der Mechanisierung und Konzentration der Forstarbeiten wird das Holz vorwiegend in langem Zustand, neuerdings bereits teilweise auch mit Krone gerückt.

Die erste Phase der Holzbringung, das Bewegen des Holzes vom Stock weg bis zum Bringungs- oder Rückweg, ist der schwierigste und aufwendigste Abschnitt des gesamten Holztransports, da er auf dem völlig unvorbereiteten Waldboden abläuft. Die Rückwege hingegen sind grob planiert.

Während bei der Bringung der leichteren und mittleren Stämme aus Durchforstungen das Pferd als das traditionelle Bringungsmittel infolge seiner großen Anpassungsfähigkeit an die Gelände- und Bestandesbedingungen seine Bedeutung noch nicht verloren hat, kommen auf Kahlschlägen zur Bringung der Hölzer mit allgemein größeren Dimensionen im wesentlichen nur noch Traktoren zum Einsatz. Mehrere Stämme werden dabei an einem Ende vom Traktor hydraulisch angehoben und mit dem anderen Ende am Boden schleifend abtransportiert („Schleiffahren“). Unter besonders schwierigen Geländebedingungen und zum Rücken sehr schwerer Stämme sind Spezialbringungstraktoren mit Allrad-

Dr. rer. silv. P. HASCHKE, KDT\*

antrieb und Rahmenknicklenkung (Bild 1), teilweise Spezialkettentraktoren (Bild 2) notwendig. Sie verursachen zwar höhere Betriebsstundenkosten, sind aber zugfester und geländegängiger als Universaltraktoren.

Infolge geringer Produktivität und hoher Arbeitsschwere bei der Bringung mit Pferden ist als immer dringendere Aufgabe auch die Holzbringung aus Durchforstungen mit Traktoren zu lösen.

Abgesehen von wenigen variablen Zusatzausrüstungen ist die technologische Grundausrüstung von Universalbringungstraktoren trotz unterschiedlichster Einsatzbedingungen weitgehend gleich (Bild 3). Demgegenüber müssen sie jedoch unterschiedlichen Zugkraftklassen angehören. Werden die gegenwärtig noch durch Pferde gerückten Holzmassen geringer Dimensionen mit einbezogen, so sind in der DDR jährlich etwa 7 Mill. fm Rohholz zu transportieren.<sup>1</sup> Etwa 50 Prozent dieser Menge fallen auf Kahlschlägen an, auf denen die genannten Spezialbringungstraktoren infolge ihrer Abmessungen einsetzbar sind. Aber wiederum nur bei der Hälfte bis drei Viertel davon sind die Bedingungen so schwierig, daß ein Einsatz notwendig ist.

Das bedeutet, daß etwa 4 bis 5 Mill. fm gegenwärtig den sogenannten Universalbringungstraktoren, d. h. den mit verschiedener spezieller Zusatzausrüstung versehenen Standardtraktoren vorbehalten bleiben. Insbesondere handelt es sich dabei um die geringen, arbeitsaufwendigen Dimensionen. Für diese Aufgabe werden in der gesamten Forstwirtschaft der DDR mehrere hundert Traktoren benötigt.

\* Technische Universität Dresden, Sektion Forstwirtschaft Tharandt

<sup>1</sup> Statist. Jahrbuch 1970 der DDR, S. 233



Bild 1. Finnischer Spezialrückeschlepper Valmet TERRA 866 II (80, SAE-PS) mit Allradantrieb und Rahmenlenkung



Bild 2. Sowjetische Spezialrückeraupe TDT-55 beim Rücken schweren Buchenstammholzes

Zu einem Zeitpunkt, da einerseits die Ausrüstung bzw. Umrüstung der STFB in dieser Hinsicht noch am Anfang steht und andererseits technologische Grundfragen der Holzbringung aus den Durchforstungsbeständen noch nicht ausreichend geklärt sind, erscheint eine Untersuchung über die für o.g. Aufgabe benötigten Traktorenklassen am Platze, woraus sich u.U. Auswirkungen auf die vorzunehmenden Investitionen sowie auf technische und technologische Maßnahmen ergeben.

Entsprechend der Vielzahl der dabei wirkenden Faktoren und dem Ziel dieser Ausführungen, als Orientierung zu dienen, reicht eine näherungsweise Berechnung unter Verwendung verschiedener Durchschnittswerte aus, wodurch eine gewisse Allgemeingültigkeit der Aussagen erhalten bleibt.

## 2. Modellberechnungen an Universalbringungstraktoren

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Motorleistung eines Traktors bei der Holzbringung durchschnittlich nur gering ausgenutzt wird. Je kürzer die Bringungsentfernung, je geringer der Festgehalt je Stamm und damit die gesamte Lastgröße ist und je steiler bergab gerückt wird, desto geringer ist die benötigte Motorleistung. Daraus wird die These abgeleitet, daß für bestimmte Bedingungen ein leistungsschwächerer Traktor die gleiche Produktivität erreicht, aber geringere Kosten je fm verursacht als ein Traktor mit größerer Motorleistung. Zum Beweis dafür und zur näheren Abgrenzung der Bedingungen werden entsprechende Berechnungen an zur Holzbringung ausgerüsteten Modelltraktoren in folgender Weise vorgenommen:

### 2.1. Festlegung von Motorleistung und Eigenmasse

(in Anlehnung an bekannte moderne Universalbringungstraktoren) (Tafel 1)

### 2.2. Ermittlung der technisch möglichen Maximallasten

2.2.1. Ermittlung der Maximallast für in der Holzbringung eingesetzte Versuchstraktoren der Typen Ursus 28 und Zetor 50 Super durch

- formelmäßige Berechnung unter Verwendung der Faktoren Schwerpunktlage, Lage der Last- und Kraftangriffspunkte, Reifentragfähigkeit sowie mittlere Haft- und Gleitreibungskoeffizienten für Rad bzw. Holz.
- umfangreiche Arbeitsstudien im praktischen Bringungsbetrieb,
- Versuche auf Teststrecken mit verschiedener Neigung und Oberfläche.

Je nach den Verhältnissen wirkt das zu starke Entlasten der Vorderachse des Traktors oder das Durchrutschen der Treibräder lastbegrenzend.



Bild 3. Polnischer Standardtraktor Ursus 28 mit hydraulischer Rückeausrüstung. Noch nicht komplett ausgerüstet, es fehlen sturzfeste Kabine und Seilwinde

Tafel 1. Motorleistung und Eigenmasse

Modell	Motorleistung PS	Eigenmasse kg
I	30	2 600
II	60	4 300
III	90	6 000

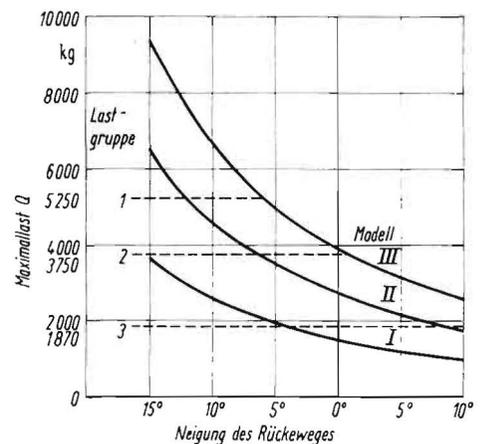


Bild 4. Maximallasten der Modelltraktoren in Abhängigkeit von Neigung und Lastgruppe

2.2.2. Übertragung der technisch möglichen Maximallast der Versuchstraktoren auf die Modelltraktoren entsprechend ihrer Eigenmasse

2.2.3. Festlegen der technologisch begründeten Maximallast Standardtraktoren können selbst bei zweckmäßiger Rückeausrüstung nur etwa Ladungen von maximal 5 bis 7 Stück mittleren Stammholzes oder zwischen 8 bis 14 Stück Langrohholz (lt. TGL 15 799 die Sorten L<sub>1</sub>/L<sub>2</sub> mit etwa 0,10 bis 0,30 fm Inhalt je Stamm) mit vertretbarem Zeitaufwand zusammenstellen und beim Schleiffahren beherrschen. Es wird deshalb in Tafel 2 als Beispiel mit technologischen Maximallasten gerechnet, die im Bild 4 durch die unterbrochenen Grenzlinien dargestellt werden.

### 2.3. Ermittlung der maximalen Fahrgeschwindigkeit

2.3.1. Festlegen einer für Beschleunigung und Zugkraftspitzen notwendigen Leistungsreserve und einer mittleren Schlupf- und Getriebeverlustleistung von insgesamt 30 Prozent der Motornennleistung.

2.3.2. Nach bekannten Beziehungen wird aus den verbleibenden 70 Prozent der Motornennleistung die maximale Fahrgeschwindigkeit für verschiedene Wegeneigungen und Lastgruppen errechnet.

2.3.3. Als technologisch begründete Maximalgeschwindigkeit wurden auf den nur grob hergerichteten Rückewegen 10 km/h festgestellt.

### 2.4. Zusammenstellung des gesamten Bringungszeitaufwandes je Festmeter

Dabei werden variiert die Faktoren Traktormodell (s. 2.1.), Lastgruppe (s. 2.2.), Bringungsentfernung und Wegeneigung. Als Zeitnormative finden dazu Verwendung:

— Leer- und Lastfahrzeitaufwände für die verschiedenen Verhältnisse in Minuten je 100 m Wegstrecke [min/100 m], errechnet entsprechend 2.3.

— Zeitnormative für die übrigen von der Rückeeentfernung nicht beeinflussten Arbeitsverrichtungen, wie Zusammenstellen und Anhängen der Last, Abhängen der Last, Stapeln der Stämme, Beseitigen von Störungen, die in einer umfangreichen Arbeitszeitanalyse im praktischen Bringungsbetrieb für die verschiedensten Bedingungen erarbeitet wurden.

### 2.5. Kalkulation der Verfahrenskosten

Sie erfolgt in Anlehnung an andere in der Holzbringung eingesetzte Traktoren zum Zwecke des ökonomischen Vergleichs der drei Modelle (Tafel 3).

### 2.6. Errechnung der Bringungskosten je Festmeter

Sie sind das Produkt aus Zeitaufwand [min/fm] (Pkt. 2.4.) und Verfahrenskosten [M/min] und ermöglichen einen unmittelbaren Vergleich der Modelle mit Festlegung ihrer ökonomischen Einsatzbereiche.

Tafel 2. Technologisch begründete Maximallast

Lastgruppe	allgemeine Sortenbezeichnung	Volumen der Last fm	Masse der Last <sup>1</sup> kg
1	starkes Stammholz	7	5 250
2	mittleres Stammholz	5	3 750
3	Langrohholz (L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> )	2,5	1 870

<sup>1</sup> 1 fm ≙ 750 kg

Tafel 3. Verfahrenskosten

Modell	Verfahrenskosten je Stunde bei Besetzung mit	
	1 AK M/h	2 AK M/h
I	13,26	17,50
II	17,76	21,80
III	—	25,64

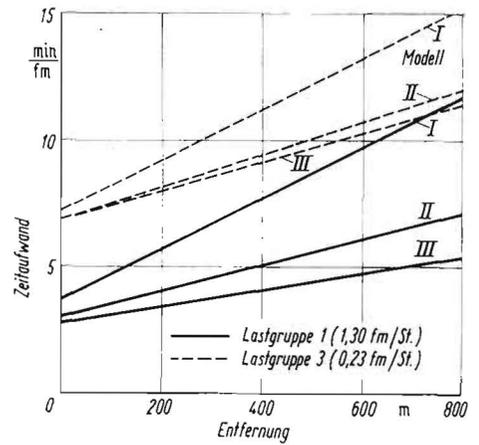


Bild 5. Bringungszeit aufwand der Modelltraktoren in der Ebene

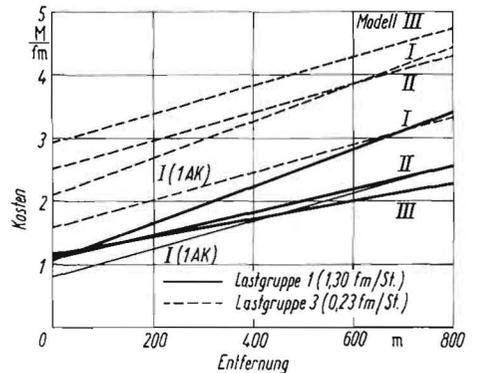


Bild 6. Bringungskosten für Modelltraktoren in der Ebene (Grundkosten)

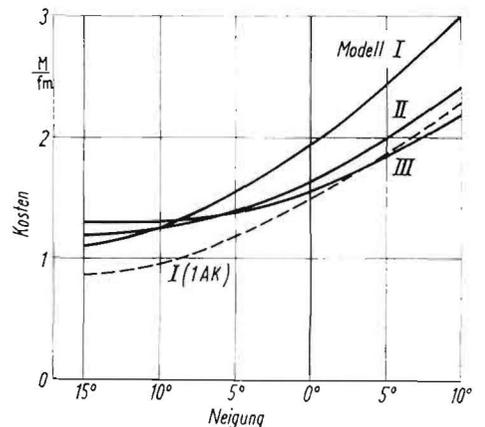
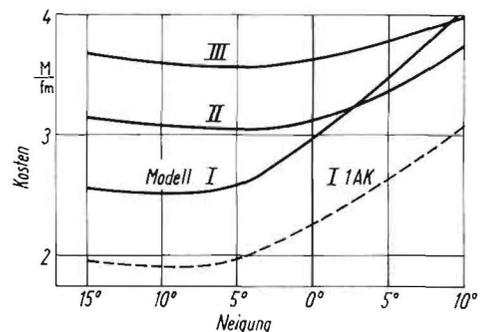


Bild 7. Einfluß der Neigung auf die Bringungskosten der Modelltraktoren. Entfernung 300 m, Lastgruppe 1 (1,30 fm/St.)

Bild 8. Einfluß der Neigung auf die Bringungskosten der Modelltraktoren. Entfernung 300 m, Lastgruppe 3 (0,23 fm/St.)



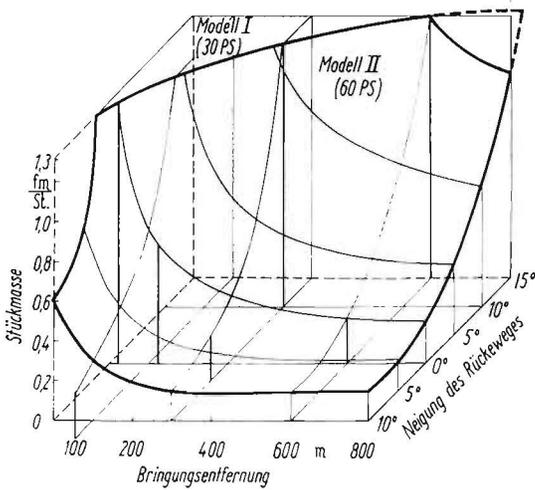


Bild 9. Darstellung des ökonomischen Einsatzbereiches zweier Universalbringungstraktoren mit 30 bzw. 60 PS in Abhängigkeit von Stückmasse, Entfernung und Wegeneigung

### 3. Schlußfolgerungen aus den Modellberechnungen

#### 3.1. Produktivitätsvergleich

Als Beispiel sind die Verhältnisse auf ebenen Rückewegen dargestellt (Bild 5). Während in Lastgruppe 1 die volle Auslastung der Zugkraft und der Motorleistung auch des größten Modells III noch erreicht wird, also der spezifische Zeitaufwand infolge größter Last und Geschwindigkeit deutlich geringer ist als bei Modell II oder gar I, können in Lastgruppe 3 die Modelle II und III nur die gleiche, technologisch begründete Maximallast von 1870 kg anhängen und unterscheiden sich im spezifischen Zeitaufwand nur noch geringfügig infolge geringer Geschwindigkeitsdifferenzen. Der zeitliche Unterschied zu dem noch voll ausgelasteten Modell I ist dadurch ebenfalls geringer geworden.

Noch ausgeprägter wird die Differenzierung, wenn zusätzlich die Wegeneigung als variabler Faktor in die Betrachtung einbezogen wird.

#### 3.2. Vergleich der Bringungskosten

Während sich bei größeren Holzdimensionen in ebenem Gelände die hohe Motorleistung von Modell III ab etwa 150 m Rückentfernung gegenüber den Modellen I und II noch kostengünstiger auswirkt (Bild 6), kann diese Leistung beim Rücken von Durchforstungsholz bei weitem nicht mehr ausgenutzt werden, so daß bei dieser Sortengruppe die kleineren Modelle billiger arbeiten.

Bild 7 zeigt die entsprechenden Kostenkurven für Stammholz (Lastgruppen 1) auf geneigten Rückewegen für eine den praktischen Verhältnissen etwa entsprechende mittlere Bringungsentfernung von 300 m. Beim Rücken bergauf, in der Ebene und im Gefälle bis etwa 7° verursacht Modell III infolge höherer Lasten bzw. höherer Geschwindigkeit die niedrigsten Festmeterkosten. Bei steilerem Gefälle wird sodann Modell II kostengünstiger, da Modell III die technologisch bedingte maximale Last und Geschwindigkeit erreicht hat.

Beim Rücken von Langholz geringen Festgehaltes (Bild 8) (Lastgruppe 3) verschieben sich demgegenüber die Proportionen stark. Modell III ist selbst bei Lastfahrt von 10° bergauf nicht ausgelastet, so daß es in jedem Falle höhere Kosten verursacht, und auch Modell II arbeitet erst auf Bringungswegen mit Steigung von über 3° billiger als Modell I.

Wie stark sich eine technisch und technologisch durchaus ohne nennenswerte Produktivitätseinbuße realisierbare Einmannbedienung auf die Bringungskosten je Festmeter auswirkt, zeigt die unterbrochene Kurve für Modell I.

Um die drei Hauptfaktoren Entfernung, Neigung und Stückmasse in ihrem wechselseitigen Einfluß auf die ökonomische Einsatzgrenze zu zeigen, kann die Darstellung in einem dreidimensionalen Koordinatensystem vorgenommen werden (Bild 9). Diese Darstellung ist wegen des schwierigen Ablesens nicht für die praktische Einsatzplanung geeignet; dafür sind mehrere zweidimensionale Kurven vorteilhafter.

### 4. Benötigte Traktorenklassen

Die Modellbetrachtungen zeigen, daß zwei Standardtraktorenklassen für die Holzbringung benötigt werden, die ungefähr 30 (evtl. 40) bzw. 60 bis 70 PS Motorleistung aufweisen und etwa den Zugkraftklassen 0,9 Mp und 1,4 Mp entsprechen. Erheblich höhere Motorleistungen bringen höhere Kosten mit sich, so daß, wie Modell III mit 90 PS als obere Grenze der 1,4-Mp-Zugkraftklasse zeigte, nur in geringem Umfang ökonomische Vorteile gegenüber Modell II zu erwarten sind. Außerdem muß aus betriebsorganisatorischen Gründen mit einem Minimum an Typen auszukommen sein.

Die beiden erforderlichen Typen Universalbringungstraktoren sind in technologischer Hinsicht weitgehend gleichwertig; d. h., infolge gleicher Grundkonzeption und Ausrüstung können dieselben Bringungsaufgaben gelöst werden. Die wesentlichsten Unterschiede ergeben sich infolge unterschiedlicher Produktivität und Betriebskosten.

Der leistungsschwächere Typ wird vor allem bei leichtem bis mittelschwerem Holz in Gebieten mit vorwiegender Rückrichtung bergab und in der Ebene eingesetzt. Je mehr in Gefällrichtung gerückt wird bzw. je kürzer die zu überwindende Entfernung ist, desto schwerer kann das Holz sein. Der stärkere Typ ist dementsprechend auf großen Entfernungen, bei hohen Stückmassen und einer Rückung auf ebenen und ansteigenden Rückewegen vorwiegend einzusetzen.

Aus folgenden Fakten ist abzuleiten, daß von dem kleineren Typ eine weit größere Anzahl Maschinen benötigt wird als von dem Typ mit 60 bis 70 PS Motorleistung:

- Die Produktivität beim Rücken in Durchforstungen und in Jungbeständen, einem wesentlichen Einsatzgebiet des kleineren Typs, ist relativ gering.
- Der Anteil derartiger Bestände an der Gesamtwaldfläche der DDR ist hoch.
- Es besteht ein großer Nachholbedarf speziell für diese Aufgaben.
- Im Mittelgebirge und Hügelland wird vorwiegend bergab und nur zum Teil bergauf gerückt.

Aus den durch die Forsteinrichtung zu erhebenden Waldzustands- und Geländearten wird zukünftig der Bedarf der Forstwirtschaft an den verschiedenen Maschinen quantifiziert werden können. Ein besonderes Bedürfnis danach ist auch hinsichtlich der verschiedenen Bringungstraktoren vorhanden.

### Zusammenfassung

Im Zuge der weiteren Mechanisierung und Rationalisierung der Arbeit in der Holzbringung ist die Ablösung der Pferde durch Traktoren auch in den Durchforstungsbeständen erforderlich. Neben Rad- und Kettenspezialtraktoren haben wegen ihrer günstigen ökonomischen Parameter Universalbringungstraktoren auf der Basis von Standardtraktoren Bedeutung für die gesamte Holzbringung.

Anhand von Berechnungen an Modelltraktoren mit 30, 60 und 90 PS Motorleistung ergeben sich die ökonomisch zweckmäßigsten Einsatzbereiche der Modelltraktoren je nach Bringungsentfernung, Wegeneigung und Holzdimension. Danach besteht ein Bedürfnis der Forstwirtschaft an Universalbringungstraktoren mit 60 bis 70 PS und in besonderem Umfang mit etwa 30 PS (evtl. 40 PS) Motorleistung. Universalbringungstraktoren mit 90 PS Motorleistung sind entbehrlich.

A 8307