

FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

Mitteilungsblatt des

„KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK“

Herausgeber: Oberforstmeister a. D. Müller-Thomas

Postverlagsort Mainz

Verlag „Forsttechnische Informationen“, Mainz-Gonsenheim, Kehlweg 20

Doppelnummer 2/3

Februar/März 1965

Zur Stammholzbringung an Hängen

Von Dr. H. J. Loycke, Dillingen/Donau

Aus den Arbeiten der Mechanisch-technischen Abteilung des KWF

Im Hügelland, Mittel- und Hochgebirge liegt der größte Teil des Waldes an Hängen. Der Holztransport ist somit, — von einigen wenigen Waldgebieten in der Bundesrepublik abgesehen —, Transport in hängigem Gelände. Hierbei treffen wir auf alle Übergänge von der sanft geneigten Fläche bis zum übersteilen Hang. Eine Besprechung der mit der Bringung an Hängen verknüpften Probleme erscheint aus maschinentechnischen, bringungstechnischen, arbeitswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Erwägungen notwendig,

- a) weil i. d. R. die Schwierigkeiten bei der Bringung von Stammholz vor allem in Waldgebieten mit relativ wenigen und nicht besonders steilen Hängen überschätzt, jedoch
- b) in ausgesprochenen gebirgigen Gegenden die mit der Bringung verbundenen Gefahren oft unterschätzt werden.
- c) Muß die Bringung an Hängen erfolgen, ändern sich gegenüber dem Transport in der Ebene Größe und Richtung der Kräfte, die auf das Stammholz, die verwendeten Maschinen und Geräte, aber auch auf die bei der Bringung tätigen Waldarbeiter einwirken.
- d) Diese Einflüsse können so groß sein, daß es im Interesse der Betriebssicherheit und des Arbeitserfolges wesentlich erscheint, die Bringungsmaschinerie, vor allem aber Forstradschlepper und deren Ausrüstung sowohl bezüglich des Hangverhaltens als auch hinsichtlich ihrer mechanischen Eignung für die Stammholzbringung am Hang zu beurteilen. Dem Praktiker werden damit Entscheidungen erleichtert.

Bringungsfläche und Bringungsverfahren

Soll der Transport des Stammholzes vom Fällort zum Verbraucher in wirtschaftlicher Weise erfolgen, ist organisatorisch darauf zu achten, wenige Transportabschnitte zu haben. Jeder Wechsel des Transportmittels bedeutet Arbeitszeitverlust; jedes weitere Abladen, Lagern und Wiederaufladen belastet den Transportvorgang unnötig mit zusätzlichen Kosten. Der Stammholztransport von der Hiebsfläche zur Verbrauchsstätte ist nicht mit einem

Transportmittel durchführbar. Es ist die jeweils wirtschaftlichste Lösung zur Bewältigung der erforderlichen vier Transportphasen, — Vorrücken des Holzes im Bestand an die Rückeschneise, Rücken über die Schneise aus dem Bestand, Vorliefern auf unbefestigten bzw. wenig ausgebauten Waldwegen, Abfuhr auf Lkw-fähigen Straßen —, zu finden.

Das in den ersten beiden Transportphasen anzuwendende Bringungsverfahren ist gut auf Eigenart und sonstige Beschaffenheit des Bringungsortes abzustimmen. Die letzte Entwicklung, die die Holztransportmittel genommen haben, gestattet eine noch rationellere Gestaltung des Transportbetriebes. Es wird angestrebt, den Gesamttransport mit zwei Transportmitteln, d. h. nur einmaligem Umladen, abzuwickeln. Bei Einsatz moderner Forstradschlepper ist es zumeist möglich, Vorrücken, Rücken und Vorliefern zu einem Transportvorgang zu verbinden, um das Stammholz an der Lkw-fähigen Straße abzuladen und von dort mit Lastzügen abzufahren. Unter anderen Verhältnissen — z. B. im Hochgebirge — ergibt sich etwa bei Einsatz des Unimog die Möglichkeit, den ersten Transportabschnitt auf das bloße Rücken, d. h. die Phasen 1 und 2 zu beschränken, um als zweiten Abschnitt das Vorliefern auf langen Ziehwegen mit der Abfuhr zu kombinieren.

Das forstliche Versuchs- und Prüfwesen ist bei Bringungsuntersuchungen auf ein System zur exakten **Klassifizierung von Bringungsflächen und -strecken** angewiesen. Es genügt der Hinweis, daß die Anwendungsbereiche der zum Erdtransport von Stammholz einsetzbaren Bringungsmaschinen vor allem durch den **Neigungsgrad** des Geländes ausgedrückt in Prozent, jedoch auch durch die **Lehnenbreite** bzw. **Längsgliederung** des Hangs und durch die natürliche bzw. durch Hangwege verkürzte **Hanglänge** begrenzt werden. Gestaltung der Bodenoberfläche, Bodenart (z. B. Moor- und Schlamm Böden, Böden von geringem Zusammenhang wie Sand und Kies, schwere Lehm-, Ton- oder Lettenböden usw.) und Bodenbewachung treten als kennzeichnende Besonderheiten des Arbeitsortes hinzu.

	Forstradschlepper		Klein-Seilanlagen		Abseilwinden		
	im direkten Zug (aufgesattelt)	mit Schlepperseilwinde (1 oder 2 Trommeln)	im Bodenzug langes u. schweres Holz	als Seilkran kopfhoch liegend	mit Motor	motorlos	
	Bringungs- Spezialschlepper	Universal Allradschlepper	ohne Verlängerungsseil	mit Verlängerungsseil	Bergkuli (selbstfahrend)	Berg od. Zwergkuli	Schwarzwald- spinne u. Seil- bub
Bergauftransport (Neigungsgrad in %) übersteil (mehr als 70%) sehr steil (über 50-70%) steil (über 35-50%) mäßig steil (über 25-35%) mäßig geneigt (über 15-25%) schwach geneigt (über 10-15%) sanft geneigt (über 5-10%)	50-80 m		max. 2,5-3,0 fm 0,4 - 1,0 km		überwiegend Blochholz		
Transport in Ebene nahezu eben (bis +5%) völlig eben - 0% nahezu eben (bis -5%)	max. 5-6 fm (3-4 km)		bis 5-6 fm 1,2-2,0 km		max. 2,0 fm 0,4 - 1,0 km		
Bergabtransport sanft geneigt (über 5-10%) schwach geneigt (über 10-15%) mäßig geneigt (über 15-25%) mäßig steil (über 25-35%) steil (über 35-50%) sehr steil (über 50-70%) übersteil (mehr als 70%)	max. 7-8 fm (5-8 km)		max. 4-5 fm (3-4 km)		als Abseil- winde im Bodenzug nicht eingesetzt		
Erläuterung:	←--- bedingt anwendbar		↔ eigener Einsatzbereich		↔ allseitig befahrbar		

Seillänge	S & R-Eintrommel-Forstwinde 100 - 120 m Doppeltrommelwinden 50 - 70 m	450 m	Bergkuli od. Zwergk. 450 m 800 m	350 m bzw. 300 m	120 m			
Seilstärke	Eintrommelwinden: 13 bzw. 15 mm Doppeltrommelwinden: 12 bzw. 13 mm (bisher)	12 mm	12 mm od. 8 mm	10,5 mm (12 mm)	8,5 mm			
Bringungs- entfernung	praktisch unbegrenzt, u. U. 500 m und darüber	80 bis 150 m	130 bis 230 m	bis 250 m	bis 300 m	bis 450 m	220 m	bis 120 m
Wegeabstand am Steilhang	bis 35% Hangneigung, Rückeschneisen in Richtung Hauptgefälle	100 bzw. 150 m	130 bzw. 230 m	250 m	300 m	450 m	220 m (bei Kombi- nat. 300 m)	—
Bedienungs- mannschaft	Fahrer und Beifahrer			i. d. R. vier Arbeiter				

In der Übersicht 1 wird die Neigung als besonders charakteristisches Merkmal eines Hanges herausgestellt. Die gewählte Abstufung entspricht den Bedürfnissen der heute üblichen Bringungstechnik. Das gleiche gilt für die zur Kennzeichnung des Grades der Steilheit verwendeten Bezeichnungen. Es wird versucht, die Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen der in der Bundesrepublik bei der Stammholzbringung hauptsächlich benutzten Maschinen aufzuzeigen.

Langstreckenseilkräne (Beispiel: Wyssen-Kran), die zur generellen Aufschließung benutzt werden, scheiden in dieser Betrachtung aus, weil ihre wirtschaftliche Ausnutzung im Gebirge an besondere Umstände, so immer an den Anfall großer Holzmassen gebunden ist. **Kurzstreckenseilkräne** dienen in steilem Gelände bei entsprechend großem Wegeabstand in erster Linie als **Zubringungs-**mittel und damit der Ergänzung des Wegenetzes. Es gibt neben dem selbstfahrenden **Bergkuli** (12 bis 14 PS)

und dem mittels eines Schlitten zu bewegenden Z w e r g - k u l i (7,5 und 10,5 PS), die als typische Vertreter dieser Maschinengruppe angeführt werden, noch andere Fabrikate. Sie alle ermöglichen auf Entfernungen bis zu 300 oder 450 m bei einem Gefälle von wenigstens 25—30 Prozent den Bergauf-, unter den entsprechenden Voraussetzungen auch Bergabtransport (vgl. Übersicht 1). Langes und schweres Stammholz wird i. d. R. im Bodenzug, Blochholz im sog. „Kopfhochverfahren“ bergauf gebracht. Der Bergabtransport mit Tragseil geschieht zweckmäßig „liegend“, d. h. in doppelter Aufhängung des Holzes. Bei der Tragseilbringung abwärts im „Kopfhochverfahren“ pendelt das Holz sehr stark, so daß die Trasse breit ausgeschlagen und besonders hoch angebrachte Sättel benutzt werden müßten (4, 7, 13).

Im Schwarzwald entwickelte reine **Abseilwinden** dienen der Mechanisierung des ursprünglich von Hand ausgeführten Abseilens von Fichten- und Tannenlangholz, das hangabwärts zu fällen und gegebenenfalls durch Anseilen vor dem Abrutschen am Steilhang zu sichern ist. Es kommen zwei Winden, — die Schwarzwaldspinne (8,7 PS bei 4000 U/min) und der Heros-Seilbub (12,7 PS bei 1200 U/min), — zum Einsatz, von denen eine im vergangenen Jahr auch in anderen Mittelgebirgen und in den Alpen bei der Stammholzbringung erprobt werden konnte. Die Stämme werden bei wenigstens 35, besser bei 50 und mehr Prozent Hangneigung ohne Motor mit Hilfe von zwei Bandbremsen bzw. einer Lamellenbremse abgelassen. Der Motor bewirkt das Rückholen des leeren Seiles. Fährt sich der Stamm gelegentlich fest, wird dieser mit Motorkraft angezogen, um freizukommen. Zum Aufseilen im Bodenzug sind diese Winden eigentlich nicht bestimmt.

Die Abbildungen 1 und 2 erläutern den im Schwarzwald üblichen Einsatz der Abseilwinden. Das in den Skizzen dargestellte kombinierte Arbeitsverfahren, — an einem 300 m langen Steilhang wird das Stammholz aus den oberen 80 m vom Schlepper aufgeseilt und das übrige mit der Abseilwinde abgelassen —, ist nicht allorts üblich. Die Skizzen verdeutlichen, daß ein wirtschaftlicher Einsatz dieser Maschinen an eine große Lehnenbreite gebunden ist. Steilhänge mit sehr unebenem Boden oder starker Gliederung bzw. Geröllüberlagerung usw. schließen die Verwendung von Schwarzwaldspinne und Seilbub aus. Die tragbare, motorlose **Stockwinde** wird lediglich in schwierigen Gebirgslagen auf einen geeigneten, frisch geschnittenen Stock aufgeschraubt eingesetzt.

Kleinseilanlagen und Abseilwinden werden gelegentlich auch außerhalb ihres Herkunftsraumes verwendet. Im Zuge der rationelleren Gestaltung des Bringungsprozesses beginnt man, sich für diese Art Maschinen auch in anderen Waldgebieten der Bundesrepublik zu interessieren. Es ergeben sich bei der Seilbringung von Stammholz häufig Überschneidungen zur **Arbeit der Forstradschlepper**.

Schlepperseilwinden werden in allen Gebirgen zum Aufseilen von Stammholz **im Bodenzug** benutzt. Stärkeres Holz sollte hierzu hangaufwärts gefällt werden.

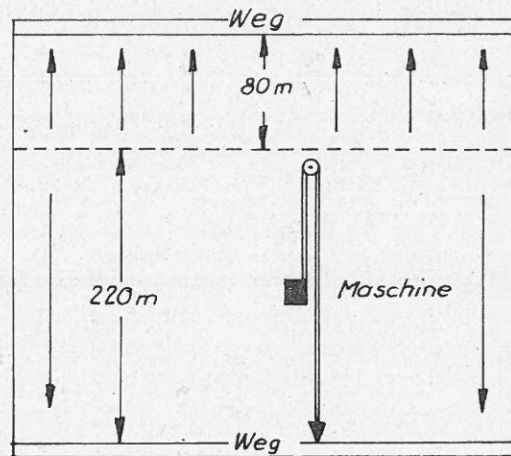


Abb. 1 und

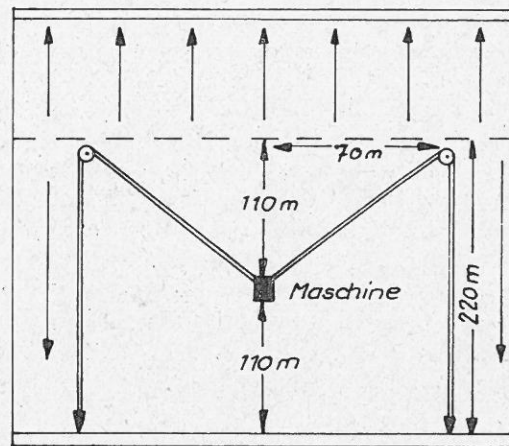


Abb. 2: Abseilen von Stammholz mit Seilbub oder Schwarzwaldspinne am Steilhang nach Jäger (6)

Das ist zwar zeitaufwendiger und schwieriger, die Stämme brauchen jedoch i. d. R. am Steilhang nicht durch Anseilen gesichert zu werden. Das Aufseilen am Holz zum festen Weg hat manche Vorteile, so werden:

1. Das „Instellungbringen“ der Abseilwinde oder der langwierigere Auf- und Abbau von Seilkrananlagen, durch die die Bringungskosten erheblich belastet werden, erspart.
2. Der Aufwand für den An- und Abtransport der Bringungsanlagen entfällt.
3. Stammholz kann unmittelbar nach dem Aufseilen auf die Tragbergstütze des Schleppers gezogen werden. Stammholz, das mit einer Seilbringungsanlage bergauf oder bergab transportiert worden ist, muß am Weg gelagert und anschließend vom Schlepper vorgeliefert werden. Es werden statt der zwei Transportabschnitte bei Schlepperbringung dann drei benötigt.
4. Die erzielbare Stundenleistung (Phase 1—3) ist bei Schlepperbringung größer (s. unten).
5. Klein-Seilanlagen und Abseilwinden erfordern eine vierköpfige Bedienungsmannschaft (3—6 Mann). Beim Schleppereinsatz genügen zwei Mann, der Maschinenführer und der Beifahrer. Die Arbeitsproduktivität ist dadurch wesentlich größer.

Diesen Vorteilen stehen eine Reihe von Nachteilen gegenüber.

1. Das Holz verschmutzt bei Bodenzugverfahren oft stark.
2. Der Revieraufschluß muß bei der Bringung mit Schlepperseilwinden weitergeführt werden (vgl. Übersicht 1). Es sind einfache Hangwege im Abstand von 100 bis 150 m anzulegen.
3. Der Beifahrer wird durch Ausziehen und Tragen des schweren Schlepperseiles vor allem bei halber bis ganzer Seillänge stärker beansprucht als Waldarbeiter, die Stammholz mit Berg- oder Zwergkuli im „Kopfhochverfahren“ zu rücken haben.
4. In Fichtenbeständen verursachen in Richtung des Hauptgefälles kleinörtig bergauf gezogene Stämme beim recht- oder spitzwinkligen Herausschwenken an Stammfüßen von Stämmen, die am Weg- oder Bestandsrand stehen, manchmal beträchtlichen Schaden.

Diese Schäden lassen sich am ehesten vermeiden, wenn die Hangerdwege mit leichtem Gegengefälle ansteigen, um etwas oberhalb der Aufsattelstellen in den Hauptweg einzumünden. Moderne Forstradschlepper mit 50 bis 80 PS Motornennleistung verfügen über so hohe Leistungsreserven, daß sie durch ein Gegengefälle von wenigen Prozenten nicht in ihrer Leistung ernstlich behindert werden. Die in Richtung des Hauptgefälles aufgeseilten Stämme können im stumpfen Winkel wesentlich schonender in den Schleifweg hineingezogen werden. Unmittelbar an diesen Wegen werden einige wenige Stämme gefällt, um zusätzlich Bewegungsraum zu schaffen.

Eine andere Möglichkeit zur Verminderung derartiger Schäden beruht darin, Stämme bergab zu fällen, um sie sogar unter rechtem oder spitzem Winkel verhältnismäßig schonend nach oben auf den Erdweg zu ziehen. Beim Einbiegen schmiegt sich der nachlaufende, biegsame Zopf an die Erdstücke stehender Stämme an. Es entstehen weniger Schäden als beim Auftreffen des nachlaufenden, starren, oft nicht einmal genügend beigebeilten oder beige-sägten starken Stammendes. Dieses Vorgehen ist jedoch wenig zu empfehlen,

- a) weil sich die durchschnittliche Rückentfernung dadurch erhöht bzw. der Hangwegeabstand u. U. verkürzt werden müßte,

- b) in stärker beasteten Fichten- und Tannenbeständen mit dem Fällen am Unterhang zu beginnen ist, damit die Waldarbeiter nicht laufend in dem am Boden liegenden Astwerk arbeiten.
- c) Da der Hieb hangaufwärts zu führen ist, werden am Oberhang zu fällende Bäume hangabwärts auf schon am Boden liegende Stämme geworfen. Die Bäume zerschellen beim Auftreffen leicht.

Schließlich ist es möglich, auf das Aufseilen von Stämmen in ganzer Länge zu verzichten, um diese noch am Hang etwa in 9 bis 13 m lange Abschnitte einzuschneiden.

Die Leistungsüberlegenheit schwerer Forstradschlepper kommt in Revieren, in denen die Stammholzbringung aus Steilhanglagen mit der Schlepperseilwinde im Bodenzug erfolgt, nicht zur Geltung. So leistet ein Unimog 411-32 PS, falls er genügend festen Stand besitzt, d. h. sein Rückaggregat über eine hydraulische Abstützvorrichtung verfügt, bei der Bringung von mittelschwerem Holz, — aber auch nur dann —, am Steilhang gleich gute Arbeit wie ein Unimog 406-65 PS. Das hohe Leistungsvermögen des stärkeren Unimog kommt erst bei der Vorlieferung des Holzes auf unbefestigten oder befestigten Wegen zur vollen Auswirkung.

Der Leistungsbedarf beim Aufseilen ist infolge der geringen Bringungsgeschwindigkeit (0,3 bis 0,4 m/min) nicht allzu hoch. Er übersteigt selten 20 PS. Dabei ist berücksichtigt, daß beim Bergauftransport am Steilhang die benötigte Zugkraft nahezu immer höher ist als das Holzgewicht selbst. Die Zugkraft Z läßt sich mit Hilfe nachstehender Formel aus dem Gewicht der Bringungslast G, dem Neigungswinkel des Steilhangs α und dem Haftreibungskoeffizienten bzw. Reibungskoeffizienten der Ruhe μ errechnen.

$$Z = G \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)$$

Ist der Stamm erst in Bewegung, wird weniger Zugkraft benötigt. Die während des Transports auftretenden Zugkraftspitzen übersteigen die zum Anziehen erforderliche Zugkraft i. d. R. nicht. Über die beim Aufseilen von Stammholz an Steilhängen verschiedenen Neigungsgrads benötigten Zugkräfte gibt Übersicht 2 an Hand von Beispielen Auskunft.

Übersicht 2: Beispiele für die beim Aufseilen am Steilhang benötigten Zugkräfte

Transportlast:	Nadelholzstamm 3 fm (2,4 to)				Nadelholzstamm 5 fm (4,0 to)				
	mit Rinde		ohne Rinde		mit Rinde		ohne Rinde		
Transportart: und Haftreibungskoeffizient *)	gr. örtig	kl. örtig	gr. örtig	kl. örtig	gr. örtig	kl. örtig	gr. örtig	kl. örtig	
	0,90	0,70	0,80	0,65	0,90	0,70	0,80	0,65	
Hangneigung in	zur Überwindung der Haftreibung beim Aufseilen am Steilhang								
Grad:	benötigte Zugkräfte in kp (Kilopond)								
Prozent:									
22°	40%	2904	2448	2688	2352	4840	4080	4480	3920
31°	60%	3096	2688	2904	2568	5160	4480	4840	4280
39°	80%	3192	2808	3000	2722	5320	4680	5000	4536
45°	100%	3216	2880	3048	2808	5360	4800	5080	4680

*) nach Loycke 1954 für Schleifen am Boden mit Kette bei schwierigen Verhältnissen bzw. stark bewachsenem Boden (7, auch zu finden als Tabelle in 4, S. 64)

Es ist der Übersicht zu entnehmen, daß zum Inbewegungsetzen eines Nadelholzstammes von 3 fm Inhalt mit einem Gewicht von 2400 kg je nach Hangneigung eine Zugkraft zwischen 2350 und 3200 kp bei einer als durchschnittlich angenommenen Seilgeschwindigkeit von 0,33 m/min erforderlich wird. Dem entspricht eine Inanspruchnahme der Motorleistung um 10 bis 14 PS. Für den Stamm mit 5 fm Inhalt und 4000 kg Gewicht werden schon 18 bis 24 PS der verfügbaren Schleppermotorleistung beansprucht. Die von der Forstwirtschaft an Forstseilwinden für Radschlepper zu stellenden Leistungsanforderungen werden durch den Leistungsbedarf, der beim Aufseilen von schwerem Stammholz an Steilhängen benötigt wird, nach oben hin begrenzt. Die bisher von der forst- und holzwirtschaftlichen Praxis vertretenen Meinungen über die unter deutschen Waldverhältnissen benötigte maximale Zugkraft von Schlepperseilwinden gehen ähnlich weit auseinander wie in der Industrie, die diese Seilwinden herstellt. Leider werden immer noch Schlepperwinden gefertigt und vertrieben, bei deren Konstruktion nicht genügend an die für Leib und Leben unserer Waldarbeiter und Forstbeamten bestehenden Gefahren gedacht wurde. Es befinden sich noch Winden am Markt, mit denen Zugkräfte ausgeübt werden können, denen keins der heute zur Verfügung stehenden Schlepperseile nach Dimension und Bruchlast lange gewachsen ist.

Die maximale Zugkraft einer Schlepperseilwinde sollte, um bei Verwendung eines 14 mm starken Seiles (Bruchlast 12 600 bzw. 14 100 kg) wenigstens doppelte Sicherheit zu bieten, 5 bis 6 to nicht überschreiten. Die gleiche zweifache Sicherheit, die jedoch von den Berufsgenossenschaften als ungenügend angesehen wird, wäre bei einer Winde mit 7,0 bis 7,5 to Maximalbruchlast, allenfalls durch ein 15 oder 16 mm starkes Seil, der Obergrenze der bei der Bringung verwendbaren Seilstärken zu erreichen. In Übersicht 3 wird der Zugkraftbedarf für das Aufseilen von Nadelholzstämmen mit 5 bis 8 fm Inhalt und einem Gewicht von 4,0 bis 6,4 to an einem Steilhang mit 100 Prozent Gefälle wiedergegeben.

Übersicht 3: Zugkraftbedarf in kp beim Aufseilen von Nadelstammholz am Steilhang von 100 Prozent Neigung (vgl. hierzu auch Übersicht 2)

Festgehalt der Nadelholzstämmen	mit Rinde		ohne Rinde		maximale Zugkraft der Seilwinde
	gr.	örtig kl.	örtig gr.	örtig kl.	
5 fm (4,0 to)	5360	4800	5080	4680	5 to
6 fm (4,8 to)	6432	5760	6096	5616	6 to
7 fm (5,6 to)	7504	6720	7112	6552	7,5 to
8 fm (6,4 to)	8576	7680	8128	7488	

Es handelt sich hier wirklich um nur unter außergewöhnlichen Umständen auftretende Maximalzugkräfte. Seilwinden mit 6 to Zugkraft genügen normalerweise den Anforderungen, weil der Haftreibungskoeffizient im praktischen Bringungsbetrieb nahezu immer niedriger sein wird, als die zur überschlägigen Berechnung benutzten, bisher gemessenen Höchstwerte, das Rücken außerdem überwiegend kleinörtig und in entrindetem Zustand, gewöhnlich sogar an Hängen mit geringerem Gefälle er-

folgt. Stammholz mit einem Inhalt von 5 und mehr fm wird nur in wenigen Forstbetrieben aufzuseilen sein.

Die Überlegenheit der schweren modernen Forstradschlepper gegenüber leichteren älteren Schleppern kommt erst zum Tragen, wenn diese das Stammholz **im direkten Zug** am Boden zu schleifen oder aufgesattelt zu rücken haben. Am Hang ist das auf quer zum Hang angelegten Erdwegen immer, in eingeschränktem Umfang bei sanfter bis mäßiger Neigung auch auf der Hangfläche selbst möglich. Man sprach vor Jahren von einer bei Neigungsgraden von 15 bis 30 Prozent bestehenden „Durststrecke“, die den Einsatz von Seilanlagen und Abseilwinden noch ausschließt, bei der Hänge jedoch von Bringungsschleppern noch mehr befahren werden können. Die technische Vervollkommnung der Schlepper sowie ihrer Ausrüstung und der in der Bringungstechnik eingetretene Wandel (Stammholz als Sattellast) erlauben, sofern bestimmte Regeln beachtet werden, den Schleppereinsatz nunmehr auch an Hängen mit einem Gefälle von 15 bis 35 Prozent.

Allseitig befahrbar für Schlepper sind nur sanft bis schwach geneigte Hänge (vgl. Übersicht 1). Fährt ein Schlepper **in Schichtlinie**, tritt eine Schräglage ein, die bringungstechnisch Nachteile hat.

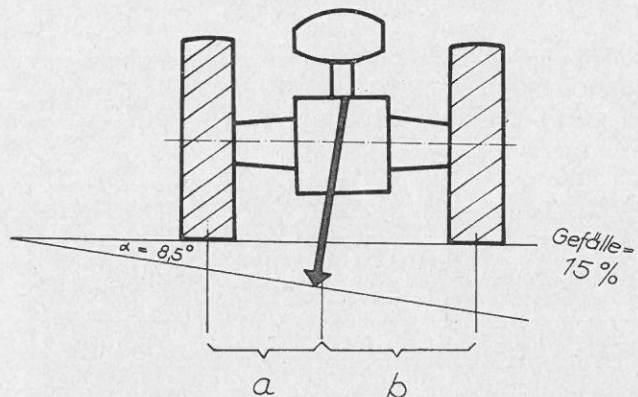


Abb. 3: Arbeiten in Schichtlinie bei 15 Prozent Gefälle

1. Die Schräglage bewirkt ein Abrutschen der fahrenden Maschine, der durch bergseitiges Einschlagen der Vorderräder entgegengesteuert werden muß, um die Fahrtrichtung einzuhalten. Höhere Belastung der Räder beeinflusst ihre Seitenführungskräfte günstig. Allradantrieb und Differentialsperre erleichtern an Hängen die Spurhaltung. Die Neigungsgrenze, bis zu der Radschlepper in Schichtlinie auf nicht sehr unebenen Acker- und Waldböden gefahren werden könnten, liegt, so betrachtet, bei 18 bis 22 Prozent.
2. Durch die Schräglage des Schleppers werden das oder die talseitigen Triebräder stärker belastet als die bergseitigen. Die Radlasten verhalten sich dann umgekehrt wie die Abstände a und b von der Senkrechten (vgl. Abb. 3). Die Zugkraft des Schleppers ist bei Schichtlinienfahrt somit herabgesetzt; sie entspricht nur etwa dem doppelten Zugvermögen des weniger belasteten bergseitigen Rades (14). Sie sinkt in diesem Beispiel gegenüber der Fahrt in der Ebene auf etwa 80 Prozent.

3. Die zulässige Reifenbelastung des talseitigen Hinterrades wird beispielsweise für einen Acker-schlepperreifen 14,9/13-30 AS (bei 1,5 atü = 2075 kg) in Schichtlinienfahrt an einem Hang mit 15 Prozent Gefälle und aufgesellter Stammholzlast (unterstellte Gesamtbelastung der Hinterräder 4200 kg) um fast 500 kg überschritten.
4. Die **Stand-sicherheit** des Schleppers bei Schichtlinienarbeit hängt für eine gegebene Hangneigung von der Spurweite, der Schwerpunktlage und -höhe, nicht zuletzt, — das ist gerade im Wald entscheidend —, von der Oberflächengestaltung des Hanges ab. Der Kipp-gefahr kann durch Spurverbreiterung, Zwillingsbereifung und möglichst bergseitiges Aufsatteln der Stammholzlast entgegengewirkt werden. Der Wechsel in der Hangneigung ist im Bestand infolge der großen Boden-unebenheiten besonders häufig. Beim Überfahren von Stöcken oder Steinen treten dynamische Kräfte auf, die sich u. U. durch Einsinken des talseitigen Rades in eine Mulde oder Weichbodenstelle noch verstärken. Im Forsteinsatz sollte deshalb die Einsatzgrenze von Rad-schleppern höchstens bei 50 Prozent des größtmög-lichen Kippwinkels gezogen werden.
5. Das **Wenden** bereitet am Hang vielfach Schwierigkeiten. Es ist manchmal die Ursache von Unfällen.
6. Der Schlepperfahrer wird durch das ständige **Sitzen** in schräger Haltung schwer belastet.

Auf Grund der vorerwähnten Erfahrungen sowie der übrigen Umstände sollte Stammholz nur an Hängen bis zu einer Grenzneigung von 15 Prozent in Schichtlinie gerückt werden.



Abb. 4: Bergauftransport mit Forstradschlepper bei 15 bis 20 Prozent Neigung (Bayr. Wald) — Maximale Transportlast dabei nur 40 bis 50 Prozent der unter ebenen Bodenverhältnissen möglichen —

Mehr Möglichkeiten bieten sich für das **Rücken in Fallinie**. Bei Bergauftransport rücken schwere Universal-schlepper mit Allradantrieb Stammholz im Bestand aller-dings nur bis zu einem Neigungsgrad von 15, allenfalls 20 Prozent in wirtschaftlich noch vertretbarer Weise (Abb. 4). Rückeschneisen werden nicht benötigt, wenn der Bestand ein unmittelbares Befahren gestattet. Universal-schlepper sind darüberhinaus allenfalls noch in der Lage (möglichst gleich große Räder an beiden Achsen), wesent-

lich kleinere Lasten bis zu etwa 30 Prozent Hangneigung gegen den Berg zu ziehen. Lediglich die neuen, z. T. über-schweren Bringungsspezialschlepper (s. u.) rücken unter günstigen Bodenvoraussetzungen entsprechend reduzierte Holzlasten bis zu 25 Prozent bergwärts. Die Schlupfgrenze ist dann allerdings bald erreicht.

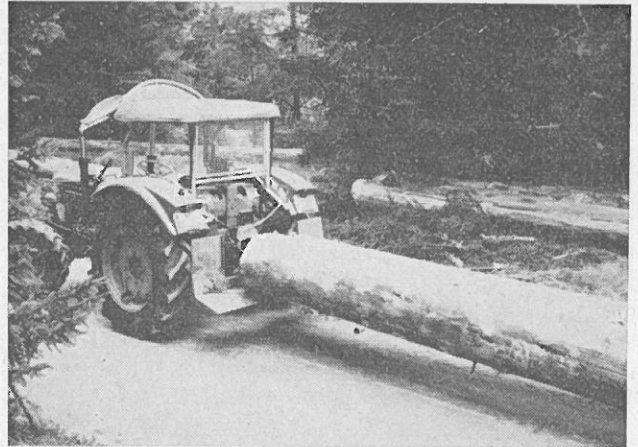


Abb. 5: Last auf Bergstütze des Schleppers aufgesattelt

Der Direktzug erweitert bei Taltransport in Fallinie den Anwendungsbereich, seit durch Aufsatteln des Holzes an einem Ende Schlepper und Holzlast gewissermaßen zu einer kompakten Einheit verschmelzen (Abb 5). Die Last vermag nicht mehr „durchzugehen“, wie am Boden schleifendes Holz, um bei zu langer und loser Kop-pelung den Schlepper zu überholen und umzuwerfen. Sanfte Neigung des Hanges (bis zu 10 Prozent) erlaubt u. U. den Transport einer größeren Holzlast als auf eb-nem Boden sogar bei etwas erhöhter Lastfahrgeschwin-digkeit. Neigungsgrade von über 10 bis 35 Prozent sen-ken die Lastfahrgeschwindigkeit weit unter die bei Transporten in der Ebene übliche (s. u.). Das Fahrtempo entspricht etwa dem bei Bergauftransporten. Gebotene Vorsicht und stete Bremsbereitschaft bewirken nahezu die gleiche Verzögerung in der Fahrgeschwindigkeit wie ein zur Überwindung von Steigungswiderstand benötigter höherer Leistungsbedarf und wachsender Schlupfverlust.

Schwere (etwa 50—65 PS) und überschwere (ca. 70—80 PS) Forstradschlepper bewältigen mit aufgesattelter Last im Bergabtransport auf der Rückelinie Steilhänge bis zu 35 Prozent. Mit einem Bringungsspezialschlepper ausländischer Herkunft konnten bei KWF-Versuchen in der Eifel Stammholzlasten von 4 bis 6 fm kleinörtig am Gal-gen aufgehängt und gegen eine Panzerplatte gedrückt aus einem Kahlschlag bei 40—45 Prozent Hangneigung ohne besondere Schwierigkeit zu Tal gebracht werden. Auch diese schweren Maschinen werden auf der Rückegasse oder der Kahlfäche bei solchem Gefälle, ähnlich wie in normalem Gelände Bauernschlepper (ca. 24 bis 30 PS) oder leichte Forstradschlepper (etwa 32 bis 36 PS), in schwierigem Gelände „Schönwetterschlepper“.

Die Bringung in der Fallinie sollte in den erwähnten Fällen nur bei gutem Wetter und völlig abgetrocknetem, d. h. nicht rutschigem Waldboden von einem sehr sicheren Fahrer vorgenommen werden. Wurzelstöcke dürfen auf solchen Rückeschneisen nicht entfernt, sondern nur bo-

dengleich abgeschnitten werden. Größere Steine sind zur Seite zu legen. Ist das Einfahren in die Schneisen nur von der Talseite her möglich, ist das Wenden erschwert; es müssen hierzu kleine Geländebuckel bzw. Geländebrüche ausgenutzt werden. Sind bergseitig schlepperbefahrbar Wege vorhanden, ist es empfehlenswert, in die steilen Rückeschneisen von oben her einzufahren. Eine die Länge der Lastfahrtstrecke erheblich überschreitende Leerfahrtstrecke kann in diesem Fall in Kauf genommen werden.

Stammholzbringung und Revieraufschluß

Das forstliche Wegenetz dient in erster Linie dem Abtransport von Holz. Die Anforderungen, die von seiten des Holztransports gestellt werden, sind für die Wegedichte in einem Revier und in seinen Teilen bestimmend. Ohne Rücksicht auf die zur Anwendung kommenden Bringungsverfahren ist eine Grunderschließung durch lkw-fähige Wege unerlässlich. Es ist dabei gleichgültig, ob Seilförderanlagen verwendet oder Schlepper am Steilhang schon im Bestand zur Stammholzbringung eingesetzt werden. Wirtschaftliche Überlegungen sollten allein das Maß für die Intensität des weiteren Revieraufschlusses bilden. In erster Linie ist die Höhe der Gesamttransportkosten sowohl für die Wahl des Bringungsverfahrens als auch für eine Entscheidung über die Art und Dichte des sekundären Wegenetzes bestimmend. In der Praxis gehen die Dinge oft einen anderen Weg, so sagt Hafner: „Die Probleme der Hangerschließung in Steillagen werden nach örtlichen Verhältnissen und in nicht geringem Maße nach den persönlichen Ansichten und Neigungen der verantwortlichen Betriebsführer in verschiedener Art gelöst“ (5). Man bekommt den Eindruck, daß bezogen auf die bestehenden transporttechnischen Möglichkeiten der Ausbau des Wegenetzes in manchen Forstbetrieben schon zu weit vorangetrieben worden ist.

Die mit fortschreitender Mechanisierung des Wegebaues erreichte Arbeitsbeschleunigung und Verbilligung verleitet die Praxis verständlicherweise des öfteren zum Ausbau zu dichter Wegenetze. Da gegenwärtig mit der besseren Organisation des Rückebetriebs unter Verwendung noch schwererer Forstradschlepper die Bringungskosten fallende Tendenz zeigen, die Wegebaukosten bei Fremdausführung dagegen u. U. mehr angezogen haben, als es der konjunkturellen Lage entspricht, bzw. sich wenigstens auf gleicher Höhe gehalten haben, besteht keine Veranlassung, das Wegenetz eines Reviers übermäßig zu verdichten. Man sollte außerdem bedenken, daß die technischen Möglichkeiten auch beim Holztransport rascher Änderung unterliegen. Der Lufttransport von Holz mit Hubschraubern oder durch Ballon-Seilzug ist nicht mehr reine Utopie; er beginnt, — vorerst noch unwirtschaftlich —, an die Seite des Erdtransports zu treten. Niemand vermag zu sagen, welche Entwicklung die Stammholzbringung in den kommenden 10 bis 20 Jahren nehmen wird. Auf jeden Fall belastet ein einmal angelegtes, zu dichtes Wegenetz den Betrieb bis zu 30, wenn nicht 50 Jahren mit erheblichen Beträgen für Abschreibung und Verzinsung sowie mit Instandsetzungs- und Unterhaltungskosten.

Die oft gehörte Meinung, ein dichtes Netz gut ausgebauter Forstwege verringere die eigentlichen Bringungskosten, ist bezogen auf Schleppereinsatz nur noch bedingt richtig. Sie gilt bei Benutzung leichterer Forstradschlepper. Die modernen schweren Bringungsschlepper sind von den Bodenverhältnissen relativ unabhängig; sie werden in Einsatz und Leistung von den Einflüssen veränderter Witterungsbedingungen auf Waldböden weniger berührt. Ihre Leistungsüberlegenheit beruht auf der größeren Bringungslast, einer geringeren Störzeitbelastung und auch auf einer höheren Last- und Leerfahrtsgeschwindigkeit. Die bestehenden Unterschiede zeigen sich eindrucksvoll bei einem Vergleich des Arbeitsverhaltens, der Gegenüberstellung der Einsatzgrenzen sowie der Bringungsleistungen je Maschinenbetriebsstunde von Unimog 406-65 PS und Unimog 411-32 PS.

Zur Detailerschließung benötigt man somit keineswegs immer einen Aufschluß durch lkw-befahrbar Hangwege. Es genügen vielmehr einfache Schleifwege hinreichender Breite, die mit der Planierraupe billig anzulegen sind, d. h. reine Erdwege, die schlepperbefahrbar sind. Nur bei einem Gefälle bis zu 30 oder 35 Prozent sind Rückelinien im Abstand von 60, höchstens 80 m in Richtung des Hauptgefälles anzulegen. Einfache Hangwege werden an Steilhängen von über 35 bis 70 Prozent Neigung gebaut (vgl. 5, 6). Bei steileren Hanglagen wird man auf Hangwege verzichten, um sich nach geeigneteren Bringungsverfahren umzusehen.

Es wird zugegeben, daß ein dichteres Netz lkw-fähiger Wege beim Einsatz schwerer Forstradschlepper zur Stammholzbringung Vorteile bietet.

- a) Last- und Leerfahrtsgeschwindigkeiten steigen, soweit feste Wege benutzt werden, um 40 bis 50 Prozent.
- b) Die durchschnittliche Bringungsentfernung läßt sich u. U. fühlbar senken.
- c) Da beiderseits fester Wege gepoltet werden kann, steht bei größerer Wegedichte mehr Raum zum Poltern zur Verfügung.

Dem ist entgegenzuhalten, daß bei der Stammholzbringung für Last- und Leerfahrt nur 15 bis 20, allenfalls 25 Prozent Gesamtarbeitszeit benötigt werden. Ein Teil des Bringungsweges wird ohnehin in geringerer Geschwindigkeit im Bestand bzw. auf der Rückelinie zurückgelegt. Die Zeiteinsparung kann deshalb nicht übermäßig groß sein. Ähnliches gilt für den leistungsfördernden Einfluß der kürzeren Bringungsentfernung. Die Distanzunterschiede müssen beim Einsatz schwerer Forstradschlepper schon groß sein, um die Bringungsleistung mit besserem Revieraufschluß in erheblichem Maße zu steigern. Erfolgt die Detailerschließung lediglich durch Erdwege, braucht die für das Poltern je fm benötigte Zeit nicht über Gebühr, u. U. überhaupt nicht anzusteigen, sofern neben der lkw-fähigen Forststraße ausreichend tiefe Polterplätze angelegt werden (s. u.).

Das Rückeproblem ist, wie Hafner hervorhebt, in erster Linie ein Organisationsproblem (2). Eine

zweckmäßige Verteilung bei der Anlage befestigter Wege innerhalb eines Reviers ist manchmal von größerer Bedeutung als eine höhere Wegedichte. Die drei ersten Transportphasen — Vorrücken des Holzes, Rücken auf der Schneise oder unmittelbar im Bestand, Vorliefern auf Wegen unterschiedlichen Ausbaues —, sind besonders kostspielig. Es ist nicht immer möglich, die Stammholzbringung an Hängen ganz auf Schlepperseilzug und -rückung umzustellen. In schlecht aufgeschlossenen Hochlagen des Hochgebirges wird man etwa nach dem Beispiel des Bayr. Forstamts Unken (Ofm. v. Kaufmann) zweckmäßig mit Hilfe des Zwergkuli Holz am Tragseil zum nächsten Weg abseilen, soweit es sich um ausreichende Mengen handelt (je Aufstellung wenigstens 50 bis 100 fm). Sind im Hochgebirge mittlere, u. U. auch obere Hanglagen schon oberhalb durch 1,8 bis 2 m breite Zugwege aufgeschlossen, wird Blochholz usw. grundsätzlich mit dem selbstfahrenden Bergkuli im Kopfhochverfahren aufgeseilt. Sind untere und mittlere Hanglagen bereits durch etwa 3 m breite Ziehwege aufgeschlossen, kann Stammholz mit der Schlepperwinde im Bodenzug aufgeseilt und unmittelbar danach abtransportiert werden.

Die Anlagekosten für den laufenden Meter Ziehweg sind i. d. R. nicht hoch. Unter einfachen Bodenverhältnissen (keine oder kaum Felssprengungen, jedoch Stocksprengung) kommt man je lfdm. mit 1,50 bis 2,00 DM, unter schwierigen Bedingungen normalerweise mit 3,00 höchstens 4,00 DM aus. Sollten schmierige Bodenpartien stellenweise eine leichte Beschotterung des Weges erforderlich machen, ist mit etwas höheren Kosten zu rechnen. Die Ziehwege sollten jedenfalls so ausgebaut werden, daß sie möglichst lange Zeit im Jahr wenn auch nicht durch Bauernschlepper und leichtere Forstradschlepper so doch durch schwere befahren werden können. In Mittelgebirgen ist eine Ergänzung des Wegenetzes durch schlepperbefahrbare Schleifwege oder in Richtung des Hauptgefälles verlaufende Rückeschneisen leichter möglich. Die Hanglagen, in denen das nicht gelingt, müssen nach wie vor mit Hilfe von Kurzstrecken-Seilkränen oder Abseilwinden erschlossen werden, die allerdings nicht immer volle Auslastung finden.

Die Bringungsmittel

Klein-Seilkrananlagen sowie Abseilwinden werden hier nicht ausdrücklich behandelt. Das Holzseilen hat nach v. Kaufmann mit der auch im Hochgebirge zunehmend erfolgenden Straßen- und Wegeaufschließung als wichtiges Zubringungsmittel ein neues Aufgabengebiet erhalten. Eine grundlegende Vereinfachung des Seilgeräts, der Arbeitsorganisation und Aufsicht war notwendig, um den Seilbetrieb aus der Obhut des Technikers in die Hand besonders geschulter Waldfacharbeiter zu legen (8). Sieht man von der Bringung im Hochgebirge ab, spielen Kurzstrecken-Seilkräne für die Stammholzbringung keine große Rolle. Das gleiche gilt für die Abseilwinden aus dem Schwarzwald. Alles Wissenswerte über Bauweise und Einsatz dieser Spezialseilgeräte findet sich in den nachstehend angeführten Publikationen führender Fachleute (3, 4, 7, 8).

Der Forstwirtschaft stehen gegenwärtig Bringungsschlepper verschiedener Kategorien zur Verfügung. Das sind für die Landwirtschaft gebaute schwere Forstradschlepper der herkömmlichen Bauweise mit kleinen Vorderrädern, zum anderen aus Baumaschinen entwickelte Schlepper mit gleichgroßen Rädern an beiden Achsen, denen die gerade in der Forstwirtschaft Eingang findenden Spezialbringungsschlepper nahestehen. Schließlich sind als besondere Gruppe Fahrzeuge vom Unimog-Typ zu nennen, die zwischen Radschlepper und Sattelschlepper bzw. Lastwagen einzuordnen wären.

Landwirtschaftliche Schlepper der herkömmlichen Art werden vielfach als **Universal-Forstradschlepper** bezeichnet. Es wird damit zum Ausdruck gebracht, daß diese Maschinen in der Forstwirtschaft zwar in erster Linie bei der Bringung, jedoch auch zur Abfuhr von Holz, bei der Bodenbearbeitung, im forstlichen Wegebau usw. eingesetzt werden können. Es wird oft übersehen, daß nur einige wenige landwirtschaftliche Schlepper an die Besonderheiten der Waldarbeit und die höhere Belastung im Bringungsbetrieb wirklich angepaßt und bei der Forstarbeit hinreichend erprobt worden sind (vgl. hierzu FPA-Verzeichnis der mit Erfolg geprüften Werkzeuge, Geräte und Maschinen). Es ist immer wieder zu beobachten, daß sogar führende Schlepperwerke leistungsstärkere Maschinen für Ausstellungszwecke mit einer Seilwinde versehen, ohne diese Schlepper jemals richtig im Walde erprobt zu haben. Diese Schlepper werden ohne Bedenken auch in Prospekten als „Schlepper für die Forst- und Holzwirtschaft“ bezeichnet. Der Käufer wird von diesen zumeist viel zu leicht konstruierten und an empfindlichen Teilen ungenügend geschützten Schlepfern enttäuscht. Reparaturquote und Verschleiß sind hoch. Es wird an den im Grunde nicht brauchbaren Maschinen laufend herumgebastelt, die Leistungen befriedigen schon wegen der vielen Ausfalltage und der auffallend hohen Störzeiten nicht.



Abb. 6: Universal-Allradschlepper 66 PS mit Bergstütze beim Schubpoltern

Im Walde universal einzusetzende Forstradschlepper sind nach Konstruktion und Bauart über die einst bei der Stammholzbringung bewährten, nicht mehr gefertigten MAN-Allradschlepper hinausgewachsen. Ihr Dienstgewicht von 4,5 bis nahezu 5 t liegt zu 35 bis 40 Pro-

zent auf der Vorderachse, obwohl diese Maschinen am Heck durch die stabile Bergstütze stark belastet sind. Das Leistungsgewicht ist mit 85—90 kg/PS größer geworden. Der um 10 bis 15 cm längere Radstand verringert die Aufbäumgefahr und erlaubt es, den bequemer gewordenen Fahrersitz ein Stück vor die Hinterachse zu verlegen. Dadurch wird über der Achse Raum frei, der zum wirkungsvolleren Anbau der Schlepperwinde auszunutzen ist. Anstelle der lediglich zum Anheben der Bergstütze benutzten Blockhydraulik des Ackerschleppers erfolgt das Anheben ebenso wie das Andenbodendrücken der Bergstütze bis zum Ausheben der Hinterräder mittels freier Arbeitszylinder. Standen zuvor nur Forstradschlepper mit 35 bis 50 PS Motornennleistung als Bringungsmaschinen zur Verfügung, führen sich nunmehr Schlepper mit über 50 PS, u. U. sogar mit bis zu 80 PS Motorleistung ein (Abb. 6).



Abb. 7: Allradschlepper 52 PS mit gleichgroßen Rädern bei Winterbringung

Schlepper mit gleichgroßen Rädern an beiden Achsen (Abb. 7) wie zwei deutsche Fabrikate, Nordtrak und Tatrak, oder der englische Fordson-Major-County-Traktor sind im Grunde die Vorläufer der neuen **Spezial-Bringungsschlepper**. In der Bundesrepublik werden seit einem knappen Jahr ein Spezialschlepper kanadischer Herkunft, der **Timberjack** (drei Ausführungen mit Dieselmotor von 61, 70 und 97 SAE-PS), in Nordeuropa der von Schweden in Lizenz gebaute kanadische **Tree-Farmer** vertrieben. Der Timberjack kann vorerst nur zur Stammholzbringung eingesetzt werden. Er rückt mehrere Stämme zumeist kleinörtig, die mit Choker-Seilen und -Haken vom Seil der Eintrommelwinde (8 to, Seil 70 m lang, 14 mm ϕ) bündelartig zusammengezogen und am Galgen hängend bei Bergabtransport mit dem schwächeren Ende an eine Stahlplatte gedrückt werden (Abb. 8). Die Schlepper beider Fabrikate haben sehr große Räder (Bereifung z. B. 16,9 \times 30 bzw. 18,4 \times 34), Allradantrieb, hydraulische Knicksteuerung, automatisch an der Hinterachse einrückende Differentialsperre usw. Das Dienstgewicht entspricht im großen und ganzen dem schweren Universal-Forstradschlepper. Ein Frontschild erleichtert das Poltern wesentlich. Der Timberjack bewältigt Steigungen bis zu 45 oder 50 Prozent ohne Anstand. Es kann

bei KWF-Versuchen in der Eifel Stammholzlasten von 4—6 fm aus Fichtenkahlschlägen auch über Hänge von 30 bis 45 Prozent Neigung zu Tal gebracht werden. Auf Bringungswegen mit einem Gefälle von 12 bis 15 Prozent wurden im Südschwarzwald Lasten von 5 bis 8 fm gerückt.



Abb. 8: Bringungsspezialschlepper Timberjack (Knicksteuerung) mit Eintrommelwinde und Frontpolterschild

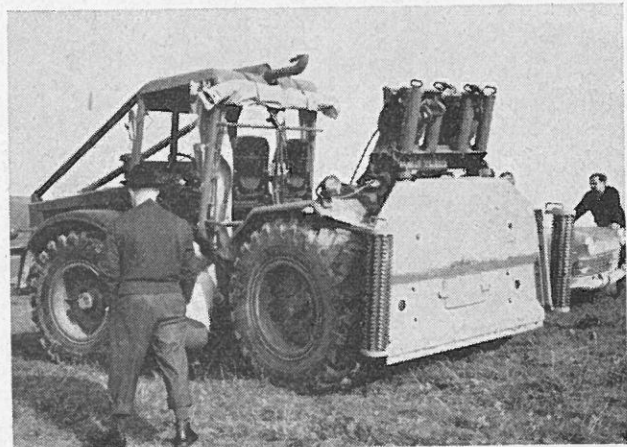


Abb. 9: Spezialbringungsschlepper „Forstmann“, 80 PS (Knicksteuerung) mit Doppeltrommelwinde, Abstützschild, Polterwalzen und Frontplanierschild

Als nachteilig empfunden wird das Fehlen einer Bergstütze, die Unmöglichkeit, mehrere stärkere Stämme großörtig zu rücken, sowie die allzu einseitige Ausnutzung der Maschine. Um die Bedienungsmannschaft am Arbeitsplatz zu halten, muß ein solcher Schlepper ganzjährig (Tagesleistung ca. 80 bis 100 fm) zur Stammholzbringung eingesetzt werden. Es ist zu hoffen, daß diese Nachteile durch einen ähnlich konstruierten deutschen Schlepper, den **Europa-Schlepper** der Firma Welte, Umkirch, überwunden werden (Abb. 9). Dieser Schlepper verfügt über eine Doppeltrommelwinde mit Abstützvorrichtung. Er rückt schweres Stammholz als volle Last großörtig und ist gleichzeitig als Zugmaschine bei der Holzabfuhr sowie zum Bringen und Laden von Bloch- und Schichtholz zu verwenden.



Abb. 10: Unimog 411, 32 PS, mit Welte-Aggregat, Doppeltrommelwinde, Pritsche und Tragbergstütze

Der Unimog läßt sich seit dem Einbau von Rückeaggregaten (heute Fabrikate Glogger und Werner) gewissermaßen auf Zeit in einen Spezialbringungsschlepper umwandeln. Der Unimog 411-32 PS wurde erst nach Aufbau eines solchen Aggregats zu einem bei der Stammholzbringung wirklich brauchbaren Schlepper (Abb. 10). In der Ebene kann am Heck im Seil pendelnd bzw. neuerdings auch auf der Tragbergstütze aufgesattelt eine Holzlast von bis zu 4 fm von ihm transportiert werden. Allerdings ist in diesem Fall die Obergrenze der Belastungsfähigkeit des Fahrgestells, der Achsen und der Bereifung bestimmt erreicht. Der Motor muß überdies in hohem Drehzahlbereich gefahren werden. In der Forstwirtschaft wurde aus diesen Gründen das Erscheinen des Unimog 406-65 PS besonders begrüßt. Dieses viel robustere, jedoch auch entsprechend breitere Fahrzeug verfügt über erhebliche Kraftreserven. Es kann mit dem Rückeaggregat unter ebenen Bodenverhältnissen Stammholzlasten bis zu 7 fm im Gelände aufgesattelt transportieren oder am Boden nachschleifen. Die Last- und Leerfahrgeschwindigkeiten sind i. d. R. auch unter größerer Bringungslast höher als beim 411. Der Unimog wird trotzdem noch in einem günstigen Drehzahlbereich gefahren; er ist, auf die Dauer gesehen, sicherlich weniger reparaturanfällig als sein kleinerer Bruder (Abb. 11).



Abb. 11: Unimog 406, 65 PS, mit Werner-Doppeltrommelwinde bei der Bringung von schwächerem Stammholz (20 Stämme mit 7,8 fm) teils aufgesattelt, teils nachschleifend

Die Betriebsstundenkosten liegen bei den heute verwendeten Forstradschleppern nahe beieinander. Es müssen für einen Unimog 411 einschließlich des Lohnes mit Sozialzuschlag für Fahrer und Beifahrer etwa 20,— DM je Einsatzstunde, für den 406 und die zuvor erwähnten Universal-Forstradschlepper mit 50 und mehr PS ca. 25,— DM in Anrechnung gebracht werden. Die Arbeitsstunde eines Bringungsspezialschleppers ist, soweit die bisherigen Erfahrungen überhaupt ein Urteil erlauben, mit 30,— bis 32,— DM zu bewerten.

Forstradschlepper der erwähnten Gruppen werden erst nach An- oder Aufbau von **Forstseilwinden** zu Bringungsschleppern. Neben Eintrommel-Forstseilwinden (ursprünglich am Heck angebaut, später auch als Frontwinden, neuerdings auf Hinterachse aufgebaut) sind seit einigen Jahren auch Doppeltrommelwinden im Gebrauch. Die letzteren sind ihrer Bauart nach ausgesprochene Stammholz-Ladewinden, die nur über 50 bis bestenfalls 70 m lange Seile verfügen, keine Wickelvorrichtung haben und schon deshalb Seile stark verschleifen. Die Forstwirtschaft benötigt jedoch in erster Linie für das Holzrücken gebaute Doppeltrommelwinden, die ggf. auch zum Aufladen von Stammholz bei der Holzabfuhr benutzt werden können (12).

Bringungstechnisch sind Doppeltrommelwinden den Eintrommelwinden überlegen, weil mit jedem Seil ein Stamm herangezogen, auf die Tragvorrichtung gelegt oder im Seil hängend transportiert werden kann. Fährt sich ein Stamm beim Aufseilen an einem sehr steilen Hang an einem Hindernis fest, kann das zweite freie Seil am Stamm befestigt und zum seitlichen Wegziehen (Umhängen) benutzt werden, ohne zuvor das erste zu lösen. Der gleichzeitige Transport mehrerer Stämme ist bei Eintrommelwinden nur möglich, wenn jeder Stamm einzeln am Schlepper befestigt wird. Hierbei vergeht natürlich Zeit (s. u.). Die beiden Seile der Doppeltrommelwinde lassen sich im praktischen Betrieb keineswegs vom Beifahrer gemeinsam ausziehen, wie immer wieder behauptet wird. Wesentliche bringungstechnische Nachteile der heutigen Doppeltrommelwinden sind

1. die des begrenzten Aufnahme-raums der Trommel wegen mit 11 und 12 mm ϕ verwendeten viel zu geringen Seilstärken (s. u.) und die trotzdem
2. für die Stammholzbringung an Hängen mit 60 bis 80 m zu kurzen Seilhängen (vgl. Übersicht 1 sowie das über den Abstand von Hangschleifwegen Gesagte).

Gute Eintrommel-Forstwinden mit passender hydraulisch heb- und absenkbarer Tragbergstütze werden bei der Seilarbeit an Steilhängen von Doppeltrommelwinden vorerst nicht zu verdrängen sein. Die maximale Zugkraft von Schlepperwinden sollte grundsätzlich auf 6, höchstens 7 to begrenzt und die Wahl der Winde so auf die Motornennleistung des Schleppers abgestimmt werden, daß die maximale Zugkraft auch bei voller Motorleistung nicht überschritten wird. Wegen des hohen Gewichts, das der Beifahrer beim Ausziehen des Seiles zu tragen hat, der geringen Trommeldurchmes-

ser und der Steifheit stärkerer Seile können die Ein- und Doppeltrommelwinden für Forstschlepper nur mit Seilen bis zu höchstensfalls 16 mm ϕ versehen werden.

Übersicht 4: Beispiele für das Gewicht und die rechnerische Bruchlast von Seale-Drahtseilen 6 \times 19 mit Hanfseele bzw. Faserstoffseele (DIN 656)

Seildurchmesser in mm	Gewicht des Seiles kg/m	Zugfestigkeit der Drähte	
		160 kg je mm ²	180 kg je mm ²
		rechnerische Bruchlast kg	
11	0,48	8 020	9 020
12	0,55	9 250	10 400
13	0,67	11 200	12 600
14	0,75	12 550	14 001
15	0,88	14 800	16 650
16	1,00	16 700	18 800

Hierbei ist zu beachten, daß die effektive Bruchlast, die durch Zerreißversuche des fabrikneuen Seiles ermittelt wird, etwa um 10 Prozent niedriger liegt als die nur rechnerisch ermittelte Bruchlast. Unter Zugrundelegung einer nur zweifachen Sicherheit des fabrikneuen Seiles (die Berufsgenossenschaften fordern eine fünffache Sicherheit, die im Bringungsbetrieb niemals zu verwirklichen ist) scheiden bei Winden mit einer nach oben begrenzten Zugkraft von 6 to, Seile mit Hanfseele bereits bis zu einem Durchmesser von 13 mm aus, wenn man die effektive Bruchlast berücksichtigt. Die tatsächliche Bruchlast sinkt praktisch von der ersten Betriebsstunde an mehr oder weniger stark. Entscheidend für die Lebensdauer eines Seiles und die Sicherheit unserer Waldarbeiter sind vor allem die Behandlung des Seiles und die Güte der Seilwinde. Ein schlecht aufgewickeltes Seil unterliegt bereits durch Druckbeanspruchung auf der Trommel dem Verschleiß.

Seile mit Stahlseele haben ein etwa 10 Prozent höheres Gewicht; die rechnerische und effektive Bruchlast sind ebenfalls etwas höher. Sie sind beim Rückebetrieb Seilen mit Hanfseele deshalb überlegen, jedoch steifer, was sich vor allem beim Rücken von schwachem Stammholz unangenehm bemerkbar macht. Die Schlingen schließen nicht so gut.

Der Wandel in der Bringungstechnik

Rückewagen werden zur Stammholzbringung allenfalls in Naturverjüngungsbetrieben, keinesfalls am steileren Hang eingesetzt. Die Be- und Entladezeiten belasten den Bringungsvorgang sehr stark. Deshalb wurde Stammholz, soweit es das Gelände gestattet, und wird es vielerorts noch heute bei kurzer Anhängung über den Waldboden geschleift. Das vorauflaufende Stammende wird dabei ein wenig vom Boden abgehoben, dadurch sinkt die Reibung und die Hinterachse des Schleppers wird im geringen Maße zusätzlich belastet. Bei Bergauftransport von schwerem Stammholz stößt man bei dieser Technik schon unter einem relativ geringem Neigungs-

grad auf die Zugkraftgrenze. Der Bergabtransport kann auch bei kurzer Aufhängung u. U. gefährlich werden.

Schleifen	Leistungsvergleich		Aufsatteln
4700 Kg. 4800 Kg.	Gewicht 50 PS - Allrad nachschieb Holzlast	5620 kg. 2880 kg	
$\frac{470}{75} = 6,3$ PS 1920 (2880) kg 25,6 PS (38,4 PS)	Eigenfortbeweg. - 3,6 km/std Zugkraft - Bewegung (Ruhe) Zugleistung - - -	$\frac{662}{75} = 8,8$ PS 1152 (1728) kg 15,4 PS (23,0 PS)	
31,9 PS (44,7 PS)	Sa. Leistung Fortbeweg. + Zug	24,2 PS (31,8 PS)	
25% \rightarrow 9,5 PS (60% \rightarrow 30,5 PS)	Schlupfverlustleistung (% geschätzt)	15% \rightarrow 4,9 PS (20% \rightarrow 8,1 PS)	
H. J. Loycke 1964	Schleifen oder Aufsatteln eines 6fm - Nadelholzstammes (Bringungsstufe III: 250 - 500 m)	KWF- 7,0 002	

Abb. 12: Leistungsvergleich „Schleifen oder Aufsatteln“

Viel sicherer ist es, die Stammholzlast einseitig „aufzusatteln“, d. h. auf die Tragbergstütze zu legen und zu befestigen, ein Verfahren, das erstmalig vom KWF im Winter 1960/61 am MAN erprobt wurde. Holzlast und Schlepper verschmelzen dadurch zu einer Einheit; die Kippgefahr wird durch das „fünfte Bein“ gemindert. Die Last kann bei Bergabtransport nicht ins Schießen kommen; sie läßt sich über den Schlepper abbremsen. Darüber hinaus ergeben sich fahr- und bringungstechnische Vorteile, die in der als Abb. 12 eingefügten Darstellung an einem Beispiel erläutert werden (12). Der aufgesattelte Teil der Holzlast erhöht das Dienstgewicht des Schleppers, eine bessere Zugkraftübertragung wird erreicht, der Reibungswiderstand des über die Hinterräder des Schleppers bewegten Teiles der Holzlast sinkt. Die infolge größeren Reibungswiderstands je Gewichtseinheit mehr Zugkraft erfordernde, am Boden nachschleifende Holzlast ist um den die Hinterachse des Schleppers belastenden Gewichtsanteil vermindert. Die in diesem Beispiel zur Bewegung der 6 fm Nadelholzstammes benötigte Gesamtleistung sinkt durch Aufsatteltechnik von ca. 32 bzw. 45 PS auf etwa 24 bzw. 32 PS. Der Schlupfverlust wird obendrein geringer. Wird für beide Rückarten ein Allradschlepper mit 50 PS Motornennleistung benutzt, bei dem für Zugleistung und zur Eigenfortbewegung wenigstens 36 PS der Motorleistung verfügbar sind (durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit 3,6 km/std), bleiben bis zu 12 PS der Motorleistung ungenutzt. Diese dem günstigeren Bringungsverfahren zu dankende Leistungsreserve kann zum Überwinden von Steigungs- und Kurvenwiderstand, aber auch zur Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit beim Lasttransport von den im Beispiel unterstellten 3,6 km/std auf nahezu 6,5 km/std verwendet werden.

Leistungsgewicht, Haftreibung und Schlupfverlust begrenzen das Zugleistungsvermögen eines Schleppers. Die zusätzliche Belastbarkeit der

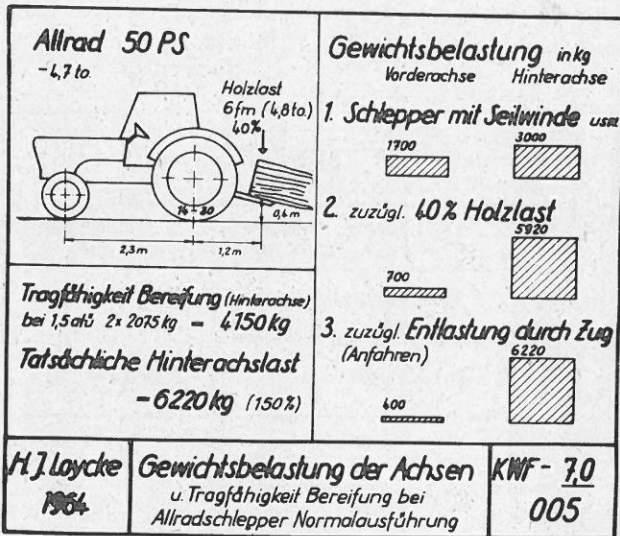


Abb. 13: Gewichtsbelastung der Achsen bei einem Schlepper herkömmlicher Bauart



Abb. 16: Schwerer Allradschlepper beim Rücken von am Galgen hängendem Stammholz (pendelnd)

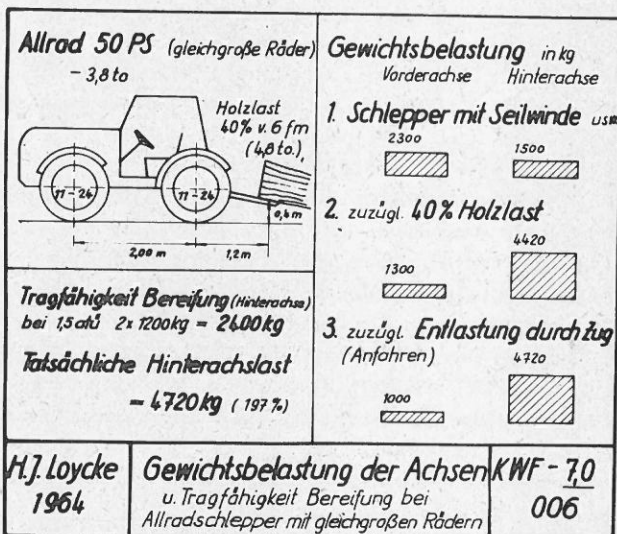


Abb. 14: Gewichtsbelastung der Achsen bei einem Schlepper mit gleichgroßen Rädern

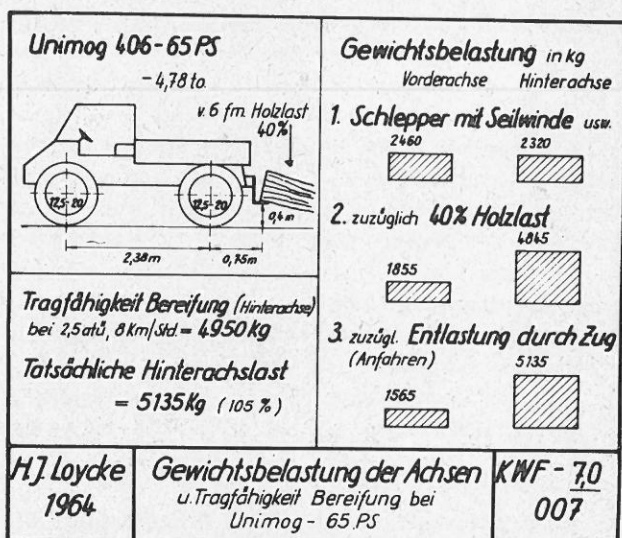


Abb. 15: Gewichtsbelastung der Achsen bei einem Unimog

Hinterachse mit einem Teil des Holzgewichts ist von deren Tragfähigkeit, dem Schleppergewicht und dessen Verteilung auf beide Achsen, der Belastungsfähigkeit der Bereifung und der Höhe des Zugpunktes sowie dem Abstand des Aufsattelpunktes von der Hinterachse abhängig. Das Verhalten des bis zu 40 Prozent des Gewichts der Stammholzlast auf der Hinterachse belasteten Schleppers führt statistisch und dynamisch betrachtet zu einer Entlastung der Vorderachse. Zu große Holzlasten können vor allem beim Rücken gegen den Berg die Lenkfähigkeit beeinträchtigen oder ein Aufbäumen des Schleppers zur Folge haben (vgl. die Darstellung in Abb. 13 bis 15). Schlepper, bei denen 50 und mehr Prozent des Leergewichts auf der Vorderachse lasten, vertragen eine relativ höhere Hinterachsenbelastung als Schlepper der herkömmlichen Bauart mit kleinen Vorderrädern. Ein Rücken von in 1,35 bis 1,80 m Höhe über dem Erdboden im Seil am Galgen hängendem Stammholz erleichtert zwar die Manövrierfähigkeit eines Schleppers erheblich, die Rückedistanzen werden i. d. R. kürzer. Infolge des hohen Zugpunktes ist die Vorderachsenentlastung vor allem bei Schleppern mit kleinen Vorderrädern, deren Gewicht nur zu etwa 30 Prozent auf der Vorderachse lastet, besonders groß (Abb. 16). Es können in dieser Weise, d. h. pendelnd, naturgemäß nur kleinere Lasten als bei Aufsattelung gerückt werden (beispielsweise 3 bis 3,5 fm statt maximal 6 bis 8 fm).

Schlepperbringung und Stammholzaushaltung

Der Anteil des Holzgewichtes, der auf der Bergstütze lastet, beträgt durchaus nicht immer 40 Prozent wie in den benutzten Beispielen. Wird ein starker und in sich starrer Laubholzabschnitt von 10 m Länge, 4 fm Inhalt und 4 to Gewicht einseitig 50 cm hoch aufgesattelt und der einfacheren Berechnung halber angenommen, daß der Stamm eine Idealwalze ist, so lasten vom Gesamtgewicht G auf der Bergstütze:

$$\frac{G}{2} - \frac{G}{2} \cdot \sin \alpha = 2 \text{ to} - 2 \text{ to} \cdot \frac{1}{20} = 1,90 \text{ to}$$

Das sind schon 47,5 Prozent des Stammgewichtes, weil der in sich starre Abschnitt nur an den beiden Enden aufliegt.

Würde ein 25 m langer elastischer Fichtenstamm von ebenfalls 4 to Gewicht, jedoch 5 fm Inhalt mit dem stärkeren Ende aufgesattelt, dessen Schwerpunkt auf 40 Prozent der Stammlänge, d. h. 10 m vom Stammfuß entfernt angenommen wird, so errechnet sich bei voller Bodenberührung der hinteren 60 Prozent der Stammlänge folgende Belastung der Tragbergstütze:

$$\frac{G}{4} - \frac{G}{4} \cdot \sin \alpha = 1 \text{ to} - \frac{1}{20} \text{to} \cdot 1 = 0,95 \text{ to}$$

Die Aufsattellast beträgt demnach nur 23,75 Prozent der Holzlast. Es darf außerdem auf Grund von Erfahrung vermutet werden, daß die Reibung des schlanken und elastischen, auf 60 Prozent seiner Länge gut aufliegenden Fichtenstamms am Boden, sofern dieser einwandfrei entastet und entrindet ist, geringer ist als bei dem starren Buchenabschnitt. Dieser Stamm wühlt sich mit dem nur hinten aufliegenden Ende beim Rücken tief in den Boden. Wird Nadelholz etwa in 9 bis 13 m langen oder in noch kürzeren Abschnitten ausgehalten, so nähert es sich in seinen Bringungseigenschaften immer stärker denen des Laubholzabschnitts.

Es ändern sich mit der Art der Aushaltung von Laub- oder Nadelstammholz bestimmte bringungstechnische Voraussetzungen, die Auswirkungen auf den Bringungsprozeß haben. Das Aufsatteln eines höheren Holzanteils ist vor allem beim Transport mittelgroßer Stammholzlasten anzustreben. Müssen Lasten bewegt werden, die an der Belastungs- und Leistungsgrenze des Schleppers liegen, so kann es vorteilhaft sein, die Tragvorrichtung mit einem nicht so hohen Anteil des Holzgewichts zu belasten. Normalerweise muß sich die höhere Aufsattellast schleppermechanisch günstig auswirken. Der Vorteil wird jedoch vor allem beim Rücken starker Laubholzabschnitte infolge der zu erwartenden höheren Reibung des nachlaufenden Stammstücks teilweise wieder ausgeglichen.

Zeitaufwand und Transportleistung bei der Bringung an Hängen

Bei der Stammholzbringung sind für die Transportleistung zwei Umstände entscheidend, der im Durchschnitt je Transport benötigte Zeitaufwand sowie die durchschnittlich je Transport gerückte Holzmenge. Art und Stärke des benutzten Bringungsmittels und eine zweckmäßige Arbeitsorganisation bedingen deshalb in erster Linie den Erfolg. Weitere leistungsbeeinflussende Faktoren sind Holzart und Aushaltung, die Bestands- und Geländeverhältnisse, Art und Grad der Reviererschließung, die Transportentfernung sowie die Anteile, die das Seilen am Steilhang, das Rücken in direktem Zug in hängigem Gelände, Bergab- oder Bergauftransport auf unbefestigten, teilbefestigten oder festen Wegen am Bringungsvorgang haben.

Die erzielten Bringungsleistungen streuen in sehr weitem Rahmen. Die angeführten Faktoren haben unterschied-

liches Gewicht; sie beeinflussen sich gegenseitig. Es kommt hinzu, daß ungenügende Ausbildung und mangelnde Erfahrung der eingesetzten Waldarbeiter und Maschinenführer die Leistung senken können. Es wird im folgenden versucht, eine Vorstellung von den unter normalen Verhältnissen beim Schleppertransport erzielbaren Bringungsleistungen zu vermitteln. Die nachstehenden Übersichten gestatten es dem Praktiker durch eine seinen Revierverhältnissen entsprechende Kombination der Werte, den örtlichen Bringungsbetrieb bzw. die erzielten Bringungsbedingungen wenigstens grob zu überprüfen. Der Arbeitsablauf wiederholt sich bei jedem Transportvorgang in gleicher Weise. Der im Laufe des Arbeitstages ständig wiederkehrende Arbeitszyklus ist durch die feste Folge bestimmter Teilarbeiten gekennzeichnet. Jede dieser Teilarbeiten unterliegt, für sich betrachtet, mathematisch erfaßbaren Gesetzmäßigkeiten. Hierüber wird einmal später zu berichten sein. Bei der Stammholzbringung treten nachstehende Teilarbeiten auf.

Übersicht 5: Teilzeiten bei Bringung von Fichtenstammholz aus Hängen mit schweren Forstschleppern, wiedergegeben in min / fm reiner Arbeitszeit (Durchschnittswerte aus einer größeren Anzahl von vergleichbaren Tageszeitstudien als Beispiel)

Leerfahrt	Lastfahrt	Umwenden	Seilausziehen u. Seilen	Anhängen der Last	Last auf Bergstütze	Abhängen der Last	Umhängen *)	Insgesamt **)
0,23	0,29	0,30	0,78	0,77	0,20	0,48	0,20	3,25

Anm.: *) nur gelegentlich bei Richtungsänderung im Lasttransport
 **) ohne Zeiten für Leer- und Lastfahrten, insgesamt noch 2,73 Min. je fm

In dem Beispiel wird unterstellt, daß das Seil der Schlepperwinde lediglich zum Herbeiziehen der Stammholzlast auf Entfernungen von 8 bis 20, i. D. 13 m, nicht jedoch zum eigentlichen Aufseilen (s. u.) verwendet wird. Es werden bei der anschließenden Betrachtung (Übersicht 7) der Einfachheit halber nur die starker Veränderung unterliegenden Teilzeiten wie Last- und Leerfahrt abgewandelt. Die Zeiten für das An- und Abhängen (vgl. Übersicht 6) bleiben ebensowenig konstant, wie die für das Seilausziehen und Seilen. In Übersicht 7 wird außerdem unterstellt, daß sich die verschiedenen großen Transportlasten jeweils aus Stammstücken von 1 fm Inhalt zusammensetzen.

Die für den Stammholztransport benötigte reine Arbeitszeit würde in dem in Übersicht 5 gegebenen Beispiel bei Benutzung von Ketten von 3,25 auf 3,68 Min/fm ansteigen. Je kleiner der Durchschnittsfestgehalt des gerückten Stammholzes ist, umso schneller wächst der Zeitbedarf für An- und Abhängen.

Übersicht 6: Zeitbedarf für das An- und Abhängen von Fichten- und Tannenstammholz in min/fm.

Festgehalt in fm	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
mit Seil												
Anhängen	1,40	0,77	0,50	0,36	0,30	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Abhängen	0,80	0,48	0,36	0,22	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
mit Kette												
Anhängen	1,80	0,96	0,70	0,55	0,47	0,41	0,37	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28
Abhängen	1,40	0,72	0,49	0,38	0,31	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,17

Werden zur Bringung von Nadelstammholz schwere Allradschlepper (Beispiel: Schlüter 56 PS, Güldner 50 PS, Unimog 406, 65 PS) eingesetzt, verändern sich bei der Leer- und Lastfahrt mit den Geländebedingungen und der Bringungsentfernung, aber auch die für diese beiden Teilarbeiten benötigten reinen Arbeitszeiten sowie die Gesamtzeit. Aus der reinen Arbeitszeit wird die ideelle Bringungsleistung je Maschinenbetriebsstunde hergeleitet. Zur Ermittlung betriebsnaher Richtleistungen werden im vorliegenden Fall auf die reine Arbeitszeit 10 Prozent Zuschlag zur Abgeltung von maschinen- und arbeitsgegenstandsbedingten Störzeiten sowie 15 Prozent für Allgemeine Zeiten gegeben.

Die in Übersicht 7 wiedergegebenen Zahlenwerte beziehen sich ausschließlich auf den Transport im Gelände bzw. über unbefestigte Wege. Würde die Stammholzbringung in der Ebene und an leicht geneigten Hängen ausschließlich auf festem Grund erfolgen, lassen sich je nach Bringungsstufe bei Leerfahrt um 50 bis 60 Prozent, bei Lastfahrt um 10 bis 40 Prozent höhere Geschwindigkeiten erzielen. Im praktischen Betrieb geschieht der Transport, wenn überhaupt, nur anteilig auf befestigten Wegen. Die Geschwindigkeitserhöhung ist dementsprechend geringer.

Die drei Bringungsstufen, die für bestimmte Grade des Revieraufschlusses kennzeichnend sind, sind jeweils noch in drei Schwierigkeitsgruppen (Gr. 1—3) unterteilt. Geschwindigkeitsangaben, Teilzeiten und Bringungsleistungen beziehen sich in Gruppe 1 auf ebene Geländebedingungen, in Gruppe 2 auf Bergab- und Bergauftransport an Hängen bis zu 10 Prozent Neigung, in Gruppe 3 auf über 10 bis 20 Prozent Neigung. Eine Zusammenfassung von Bergab- und Bergauftransport erscheint zulässig, weil der Schlepperführer bei etwa gleicher Hangneigung gleich vorsichtig bergauf und bergab zu fahren und die Geschwindigkeit etwa in gleichem Maße zu drosseln hat (s. o.).

Die in Übersicht 7 wiedergegebenen Zahlen gelten lediglich für die Stammholzbringung mit schweren Forst-Allradschleppern (Universalschlepper und Unimog 406). Über das u. U. günstigere Verhalten von Bringungsspezialschleppern wird bei anderer Gelegenheit zu berichten sein. Der Unimog 411 — 32 PS mit Rückeaggregat erreicht bei der Bringung von 2 bis 3 fm Lasten Nadelstammholz über Waldboden und unbefestigte Wege und Neigungen bis zu 5 oder 6 Prozent i. d. R. nur 70 bis 80 Prozent der

in der obigen Übersicht angeführten Fahrgeschwindigkeiten. Der Geschwindigkeitsabfall gegenüber dem Unimog 406 - 65 PS nimmt mit der größeren Bringungslast und der Hangneigung schnell zu. Der Störzeitanteil geht dann über 10 Prozent hinaus, vor allem bei witterungsbedingt ungünstigem Bodenzustand.

Muß Stammholz am Hang aufgeseilt werden, sinken die oben hergeleiteten reinen Arbeitszeiten und Richtleistungen erheblich. Die Teilzeit Seilausziehen ist von der



Abb. 17: Timberjack, Stamm mittels Polterschild hydraulisch angehoben, befährt Polter (Aufpoltern)

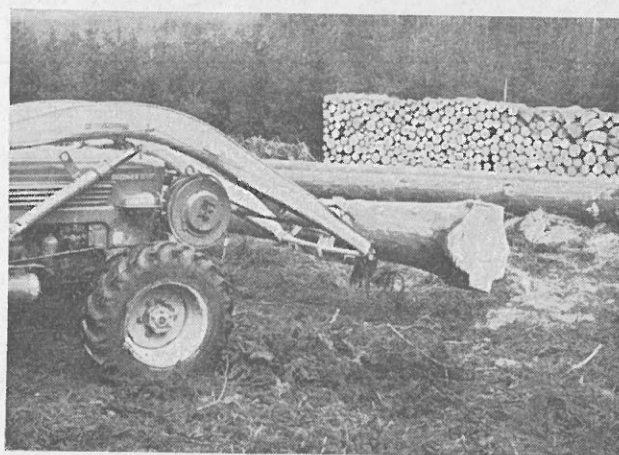


Abb. 18: Poltergabel montiert in Frontladevorrichtung bei schwerem Forstradschlepper

(Diese Abbildungen gehören zum Text auf Seite 25)

Übersicht 7: Abhängigkeit der Bringungsleistung bei Fichten- und Tannenstammholz von der Transportentfernung und Bodenneigung bzw. der Fahrgeschwindigkeit schwerer Forstradschlepper im Bestand und auf unbefestigten Waldwegen = Reine Arbeitszeit in min/fm

Bringungsstufen: 1) I 0 bis 100 m II über 100 bis 250 m III über 250 bis 500 m	Geschwindigkeit km/st		Reine Arbeitszeit min/fm für			Ideelle Bringungsleistung (bezogen auf reine Arbeitszeit)		Richtleistung 2) (einschl. Störzeit u. Allgem. Zeit)		
	Leerfahrt	Lastfahrt	Leerfahrt	Lastfahrt	Insgesamt 2)	fm/Std.	fm in 8 Std.	fm/Std.	fm in 8 Std.	
Bringungsstufe I										
Gr. 1 Transportlast										
	2 fm	6,5	5,2	0,23	0,29	3,25	18,5	148,0	14,8	118,4
4)	3 fm	6,5	4,7	0,15	0,22	3,10	19,4	155,2	15,5	124,0
	5 fm	6,5	3,7	0,10	0,16	2,99	20,0	160,0	16,0	128,0
Gr. 2 Transportlast										
	2 fm	5,5	5,0	0,27	0,30	3,30	18,2	145,6	14,6	116,8
4)	3 fm	5,5	4,3	0,18	0,23	3,14	19,1	152,8	15,3	122,4
	5 fm	5,5	3,2	0,11	0,19	3,03	19,8	158,4	15,8	126,4
Gr. 3 Transportlast										
	2 fm	5,3	4,8	0,29	0,32	3,34	18,0	144,0	14,4	115,2
4)	3 fm	5,3	4,2	0,19	0,24	3,16	19,0	152,0	15,2	121,6
	5 fm	5,3	3,0	0,12	0,20	3,05	19,7	157,6	15,8	126,4
Bringungsstufe II										
Gr. 1 Transportlast										
	2 fm	6,6	5,6	0,80	0,94	4,47	13,4	107,2	10,7	85,6
4)	3 fm	6,6	5,2	0,54	0,70	3,97	15,1	120,8	12,1	96,8
	5 fm	6,6	4,4	0,32	0,48	3,53	17,0	136,0	13,6	108,8
Gr. 2 Transportlast										
	2 fm	6,2	5,4	0,85	0,97	4,55	13,2	105,6	10,6	84,8
4)	3 fm	6,2	4,8	0,57	0,73	4,03	14,9	119,2	11,9	95,2
	5 fm	6,2	3,6	0,34	0,38	3,65	16,4	131,2	13,1	104,8
Gr. 3 Transportlast										
	2 fm	5,3	4,5	0,99	1,16	4,88	12,3	98,4	9,8	75,2
4)	3 fm	5,3	4,0	0,66	0,88	4,27	14,1	112,8	11,3	90,4
	5 fm	5,3	3,0	0,40	0,70	3,83	15,7	125,6	12,6	100,8
Bringungsstufe III										
Gr. 1 Transportlast										
	2 fm	6,8	6,0	1,65	1,88	6,26	9,6	76,8	7,7	61,6
4)	3 fm	6,8	5,7	1,10	1,31	5,14	11,7	93,6	9,4	75,2
	5 fm	6,8	5,1	0,66	0,88	4,27	14,1	112,8	11,3	90,4
Gr. 2 Transportlast										
	2 fm	6,2	5,8	1,76	1,93	6,42	9,4	75,2	7,5	60,0
4)	3 fm	6,2	5,5	1,17	1,36	5,26	11,4	91,2	9,1	72,8
	5 fm	6,2	5,2	0,70	0,86	4,29	14,0	112,0	11,2	89,6
Gr. 3 Transportlast										
	2 fm	5,3	4,2	2,12	2,68	7,53	8,0	64,0	6,4	51,2
4)	3 fm	5,3	3,8	1,41	1,98	6,12	9,8	78,4	7,8	62,4
	5 fm	5,3	3,0	0,85	1,50	5,08	11,8	94,4	9,4	75,2

Anm.: 1) Transportentfernung der Bringungsstufe umfaßt nur Direkttransport (kein Seilen)
 2) unter Zugrundelegung der Teilzeiten in Übersicht 5 (jedoch ohne Zeiten für Leer- und Lastfahrt)
 3) einschließlich Zuschläge, 10% für Störzeit und 15% als Allgemeine Zeit
 4) vgl. anschließenden Text.

Seilentfernung, aber auch von der Steilheit des Hanges, einem Arbeiten mit oder gegen den Berg sowie dem Seilgewicht abhängig. Seile von Winden ohne Aufspulvorrichtung ziehen sich leichter und in kürzerer Zeit aus. Der Zeitbedarf für das Seilen der Last hängt von glei-

chen Einflüssen ab wie das Seilausziehen. Bezogen auf die Einlaufgeschwindigkeit des unbelasteten Schlepperseiles sinkt die Durchschnittsgeschwindigkeit jedoch mit wachsender Last und zunehmenden Steilheitsgraden des Hanges ab.

Übersicht 8: Teilzeiten für Seilausziehen und Seilen einer Last Nadelstammholz am Hang — Mathematisch ausgeglichene Durchschnittswerte für S & R-Forstseilwinden FW 5.1 — 6 to Eintrommelwinde in min/fm.

Seilentfernung	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m
Seilausziehen								
Last 1 fm	0,50	0,80	1,10	1,40	1,70	2,00	2,30	2,60
„ 2 fm	0,25	0,40	0,55	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30
„ 3 fm	0,17	0,27	0,37	0,47	0,57	0,67	0,77	0,87
Seilen								
Last 1 fm	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
„ 2 fm	0,26	0,52	0,78	1,04	1,30	1,56	1,82	2,08
„ 3 fm	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76
„ 5 fm	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,52

Die vorhandenen Werte entsprechen auch etwa den an der Welte-Doppeltrommelwinde gemessenen. Bei Benutzung einer S und R-Winde FW 5.2 benötigt man beim Seilen der Last wegen der höheren Seilgeschwindigkeit nur ca. 70 Prozent der hier für die FW 5.1 oben angegebenen Zeiten.

Wird Nadelstammholz unter Bringungsverhältnissen, die etwa den in Übersicht 7 dargestellten entsprechen, nicht auf i. D. 13 m mit dem Seil herbeigezogen, sondern über einen 80 m langen Steilhang aufgeseilt, ändern sich die Richtleistungen wie folgt.

Übersicht 9: Reine Arbeitszeiten, ideelle Bringungsleistungen und Richtleistungen beim Aufseilen am Hang über 80 m Entfernung mit Schlepper-Eintrommelwinde (vgl. hierzu Übersicht 7 und 8)

Bringungsstufe und Schwierigkeitsgruppe	Seil-	Seilen	Reine	Ideelle Bringungs-		Richtleistung	
	ausziehen	mit Last	Arbeitszeit	fm/Std.	fm in 8 Std.	(einschl. Störzeit	u. Allgem. Zeit)
	min/fm	min/fm	min/fm			fm/Std.	fm in 8 Std.
Bringungsstufe I							
(0 bis 100 m)							
Gr. 2 Last 2 fm	1,30	2,08	5,90	10,2	81,6	8,2	65,6
„ 3 fm	0,87	1,76	4,99	12,0	96,0	9,6	76,8
„ 5 fm	0,52	1,52	4,29	14,0	112,0	11,2	89,6
Bringungsstufe II							
(über 100 bis 250 m)							
Gr. 2 Last 2 fm	1,30	2,08	7,15	8,4	67,2	6,7	53,6
„ 3 fm	0,87	1,76	5,88	10,2	81,6	8,2	65,6
„ 5 fm	0,52	1,52	4,91	12,2	97,6	9,8	78,4
Bringungsstufe III							
(über 250 bis 500 m)							
Gr. 2 Last 2 fm	1,30	2,08	9,02	6,6	52,8	5,3	42,4
„ 3 fm	0,87	1,76	7,11	8,4	67,2	6,7	53,6
„ 5 fm	0,52	1,52	5,55	10,8	86,4	8,6	68,8

Die Richtleistungen sinken somit beim Aufseilen (Übersicht 9) in Bringungsstufe I auf 55—71 Prozent, in II auf 63—75 Prozent und in III auf 70—76 Prozent gegenüber denen in Übersicht 7. Das Aufseilen mit Schlepperseilwinde ist auch noch bei Seilentfernungen von 100 bis 120 m dem Aufseilen mit Klein-Seilkrananlagen oder dem Abseilen mit Spezialmaschinen wirtschaftlich überlegen. Das trifft nicht immer zu, wenn bei größerer Hanglänge ein Verlängerungsseil eingesetzt werden muß. Hat eine Forstseilwinde ein 100 m langes Seil und steht

ein 50 m langes Verlängerungsseil zur Verfügung, so werden zum Aufseilen einschließlich des Umhängens nachstehende Zeiten (Min/fm) benötigt.

Die Richtleistungen werden bei Benutzung eines Verlängerungsseiles fühlbar reduziert. Zwei Sprechfunkgeräte können die Zusammenarbeit zwischen Fahrer und Beifahrer erleichtern. Doppeltrommelwinden eignen sich mit ihren nur 50 bis 70 m Seillänge weit weniger für einen solchen Einsatz.

Übersicht 10: Seilzeiten (reine Arbeitszeit) beim Aufseilen am Steilhang mit Schlepperseilwinde (100 m Seil und 50 m Verlängerungsseil) in min/fm

Bringungslast (1 Stamm)	2 fm	3 fm	5 fm
Hauptseil ausziehen 100 m	1,60	1,07	0,64
V-Seil ausziehen 50 m	0,90	0,60	0,40
Anhängen der Last	0,36	0,28	0,28
Haupt- und V-Seil einziehen (50 m)	1,30	1,10	0,95
Umhängen am Hauptseil und Hauptseil ausziehen (50 m)	0,90	0,65	0,50
Hauptseil einziehen 50 m	1,30	1,10	0,95
Insgesamt:	6,36	4,80	3,72

Übersicht 11: Reine Arbeitszeit und Richtleistungen beim Aufseilen mit Verlängerungsseil für anschließende Transporte, aufgesattelt auf Schlepper, Bringungsstufe I und III

Schwierigkeitsgruppe - 2 -	reine Arbeitszeit min/fm	Bringungsstufe I Richtleistung		reine Arbeitszeit min/fm	Bringungsstufe III Richtleistung	
		fm / Std.	fm / 8 Std.		fm / Std.	fm / 8 Std.
Transportlast						
„ 2 fm	8,88	5,4	43,2	12,00	4,0	32,0
„ 3 fm	7,16	6,7	53,6	9,28	5,2	41,6
„ 5 fm	5,97	8,0	64,0	7,23	6,6	52,8

Das Poltern von Stammholz

Es ist üblich, Stammholz bis zur Lkw-befahrbaren Straße zu bringen, um es dort verkaufsgerecht zu poltern. Die Maßnahme bedeutet i. d. R. eine erhebliche zeitliche Belastung des Bringungsvorgangs. Die Belastung ist umso größer, je weniger Polterplätze vorhanden sind, bzw. um so höher das Holz gepoltert werden muß. In der Praxis werden deshalb die im vorhergehenden Abschnitt angeführten Bringungsleistungen nur in Ausnahmefällen erreicht.

Das geschieht beispielsweise, wenn unmittelbar neben dem Weg abgehängt werden kann. Im einzelnen sind in Anlehnung an Claassen nachstehende Polterverfahren auseinander zu halten (1):

I. In ebenen Lagen

1. einfaches Ablegen bzw. Abhängen, sogenanntes Fahrpoltern
2. Einschichtenpolterung mit den Schlepper- rädern, der Bergstütze usw. erfordert bereits einen besonderen Zeitaufwand (Abb. 6)
3. Mehrschichtenpolterung (ausgeführt als Zug- oder Schubpoltern)
 - a) in Lagen oder gut abgesetzten Schichten (nur bei Kurz- bzw. Blochholz)
 - b) Loseres Aufpoltern, bei dem die obere Lage stets stammzahlärmer ist als die untere (Abb. 17).

II. In hügeligem oder bergigem Gelände

1. Abrollpoltern ist hier das billigste Verfahren, da das Holz auf einen tiefer als die Straße liegenden Polterplatz geschoben bzw. abgerollt wird (vgl. Abb. 10)

2. Verfahren wie zu I

3. u. U. Verbindung von II, 1 mit I, 3.

Für Einschichtenpoltern und Aufpoltern in mehreren Lagen werden nach neueren Untersuchungen der MfA des KWF je fm nachstehende Zeiten benötigt.

des KWF je fm nachstehende Zeiten benötigt (vergl. Übersicht 12).

Zu diesen Zeiten ist ein Zuschlag von 15 Prozent zu geben, ehe sie zu den Richtzeiten des vorhergehenden Abschnitts in Beziehung gesetzt werden können. Tageszeitstudien belehren darüber, daß je nach den Voraussetzungen wenigstens 20 bis 25 Prozent, häufiger 30 bis 40 Prozent, nicht selten 60 und mehr Prozent der täglichen Maschinenarbeitszeit für das Poltern benötigt werden. Die Bringungsleistung je Stunde oder Arbeitstag wird dadurch erheblich gesenkt. Es ist eine wichtige Aufgabe guter Arbeitsorganisation, dafür zu sorgen, daß ein Aufpoltern in mehrere Lagen nach Möglichkeit unterbleibt. Beim Poltern lassen sich gegenwärtig größere Rationalisierungserfolge erzielen als bei der Bringung selbst.

Schwere Forstradschlepper sind heute mit besonderen Poltervorrichtungen ausgerüstet. Schubpoltern rückwärts geschieht mit einer hydraulisch bedienbaren Tragbergstütze. Zum Schubpoltern vorwärts werden einige Schlepper mit hydraulisch anhebbaren Polterschildern (Abb. 17) oder einer in der Frontladeeinrichtung montierten Poltergabel (Abb. 18) versehen, mit denen Stammholz angehoben und abgelegt werden kann. Der Einsatz derartiger Vorrichtungen erfordert verhältnismäßig viel Bewegungsraum, der auf Forststraßen nicht immer vorhanden ist. Zweckmäßig sollten Schlepper mit Poltervorrichtungen verschiedener Art versehen sein (vgl. auch Abb. 9).

Übersicht 12: Poltern in Lagen neben der Fahrstraße in min/fm ohne Zuschlag für Allgemeine Zeiten (Werte mathematisch ausgeglichen)

Gesamtlast in fm	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I. Erste Lage								
Unimog 411 u. 406 (Werner Tragbergstütze) 1 - 3 Stück	1,70	1,05	0,85	0,73	0,62	0,57	0,54	0,51
MAN 50 PS (1961) (Tragbergstütze) 1 - 2 Stück	2,65	1,39	1,00	0,76	0,55	0,45	0,38	0,34
Schlüter u. Güldner (Werner Tragbergstütze) 2 Stück	3,92	2,09	1,41	1,18	0,90	0,72	0,63	0,57
3 Stück	4,10	2,26	1,77	1,34	1,03	0,88	0,79	0,73
II. Zweite Lage								
Unimog 411 u. 406 (Tragbergstütze) 1 Stück	2,93	1,87	1,50	1,34	1,16	1,07	1,02	0,99
2 Stück	3,74	2,68	2,10	1,75	1,43	1,28	1,18	1,12
Schlüter u. Güldner (Tragbergstütze) 2 Stück	4,36	2,39	1,80	1,41	1,08	0,91	0,80	0,75
III. Dritte Lage								
Unimog 411 u. 406 (Tragbergstütze) 1 Stück	7,35	3,98	2,90	2,29	1,73	1,45	1,28	1,17
2 Stück	13,90	7,25	5,00	3,92	2,82	2,26	1,93	1,78

Zusammenfassung

Die Entwicklung von Radschleppern zu noch schwereren und damit sehr robusten Maschinen, die schwierigen Boden- und Geländebedingungen gewachsen sind, erlaubt den Einsatz entsprechend ausgerüsteter Schlepper in Hügelland und Gebirge zur Stammholzbringung auch unter Verhältnissen, in denen man bisher noch auf Seilkrananlagen und Abseilwinden angewiesen war. Diese Maschinen werden namentlich im Hochgebirge, aber auch im Schwarzwald vorerst noch ihre Bedeutung behalten. Sie sollten nur dann durch den Schlepper bei der Stammholzbringung an Hängen ersetzt werden, wenn sich dadurch die Bringung wirtschaftlicher gestalten läßt. Die sich nunmehr ergebenden breiteren Ausnutzungsmöglichkeiten für Forstradschlepper bei der Stammholzbringung am Hang werden hinsichtlich ihrer Grenzen umrissen und es werden dem Praktiker auf Grund eines größeren Zeitstudienmaterials Zahlen in die Hand gegeben, mit denen sich bei richtiger Kombination die in einem Revier herrschenden Bringungseffizienzen überschlägig überprüfen und bisher erzielte Leistungen grob beurteilen lassen. Die Streuung der Stunden- oder Tagesleistung ist normalerweise so groß, daß auf andere Weise eine Beurteilung der eigenen betrieblichen Erfolge nicht möglich ist. Die größten Rationalisierungsmöglichkeiten ergeben sich im Augenblick bei der Polterung. Der Poltervorgang belastet Zeitaufwand und Kosten bei der Bringung sehr stark. Es ist Ziel guter Arbeitsorganisation, rechtzeitig längs der Lkw-befahrten Wege für eine

LITERATURVERZEICHNIS

1. TH. CLAASSEN: „Das Poldern und Lagern des Stamm- und Schichtholzes“
Forsttechnische Informationen 1962, Nr. 9
2. F. HAFNER: „Forstlicher Straßen- und Wegebau“
Wien-München 1956
3. F. HAFNER: „Seilkrananlage und Hangweg“
Internationaler Holzmarkt, 1958, Nr. 22
4. F. HAFNER: „Der Holztransport“ — Wien 1964
5. F. HAFNER: „Zur Problematik des Hangaufschlusses in Steillagen“
AFZ Nr. 25/26, 1964, Sonderheft: Zwischen Seil und Weg
6. D. JÄGER: „Zeitgemäßes Rücken und Lagern des Holzes im Wald“
Holz-Zentralblatt Nr. 66/67, 1963
7. G. v. KAUFMANN: „Kleinseilanlagen bei der Holzbringung“
AFZ, Wien 1958, Folge 7/8
8. G. v. KAUFMANN: „Neue Arten des Holzseilens nach Straßenaufschließung im Hochgebirge“
AFZ Nr. 25/26, 1964, Sonderheft: Zwischen Seil und Weg
9. H. J. LOYCKE: „Bringung von Stammholz mit neuen Rückewagen“
Forstarchiv Heft 25, 1954
10. H. J. LOYCKE: „Das Bedürfnis der Forstwirtschaft nach Radschleppern der schweren und mittelschweren Leistungsklasse“
Der Forst- und Holzwirt, Nr. 9, 1958
11. H. J. LOYCKE: „Der Schleppereinsatz in der Forstwirtschaft“
Der Forst- und Holzwirt, Nr. 17, 1961
12. H. J. LOYCKE: „Der Schlepper als Arbeitsmaschine“
AFZ Nr. 37/38, 1964
13. K. MATYAS: „Ökonomische Planung von Waldwegen“
München 1964
14. H. MEYER: „Verbrennungsmotoren und Schlepper“
Handbuch der Landtechnik, Verlag Paray 1961
15. H. STEINLIN: „Holzaufseilen mit Kleinseilkrananlagen“
BW Nr. 5/1954
16. H. STEINLIN: „Die Seilbahn im Dienste des Waldes“
Hespa-Mitteilungen, August 1959
17. B. STREHLKE: „Übertreibungen und Unterlassungen bei der Holzbringung“
Forsttechnische Informationen 1959, Nr. 8
18. E. VOLKERT: „Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Gestaltung des Wegenetzes“
Allg. Forst- und Jagdzeitung 1959, Heft 4/5

Wichtige Korrektur in Nr. 1/1965

„Rationalisierung der Rüsselkäferbekämpfung“, Seite 5, rechte Spalte, vorletzte Zeile:
„160 g (Briefwaage)“ statt 16 g (Briefwaage).

Schriftleitung: Oberforstmeister a. D. Müller-Thomas, Verlag „Forsttechnische Informationen“, Mainz-Gonsenheim, Kehlweg 20, Ruf: 4 12 80; Druck: Neubrunnendruckerei u. Verlags-GmbH., Mainz. Erscheinungsweise: monatlich. Jahresbezugspreis 14,50 DM. Zahlung wird erbeten auf das Konto „Verlag Forsttechnische Informationen“ Nr. 20 03 bei der Stadtparkasse Mainz, Postcheckkonto der Stadtparkasse ist Frankfurt/M., Nr. 40 85. Kündigungen 4 Wochen vor Jahresende. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages. Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Mainz.