

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 120 (1969)
Heft: 6

Artikel: Zweckmässiger Maschineneinsatz im Gebirgswaldbau
Autor: Mayer, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767734>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zweckmäßiger Maschineneinsatz im Gebirgswaldbau¹

Von H. Mayer, Wien

Oxf. 37:22

(Aus dem Waldbau-Institut der Hochschule für Bodenkultur in Wien)

Die mitteleuropäische Forstwirtschaft befindet sich durch die gegenwärtige Konjunkturlage und die überlagernde, viel tiefergreifende Strukturkrise in einer schwierigen Situation. Nach Frauendorfer (1967, 1968) arbeitete bereits 1967 die Hälfte der österreichischen Großprivatwaldbetriebe mit Verlust. Bei gleichbleibender Preis- und Kostenentwicklung soll 1975 kein Betrieb mehr eine positive Bilanz aufweisen, wenn nicht entsprechende Rationalisierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Ein Einblick in die Ertragsverhältnisse und die Kostenstruktur mitteleuropäischer Forstbetriebe läßt keinen Zweifel darüber, daß eine wesentliche *Rangfolge von Rationalisierungsmaßnahmen* gegeben ist:

- a) durch eine primäre Einsparung von fixen Kosten unter gleichzeitiger Vergrößerung des Anteiles variabler Kosten;
- b) durch eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität unter besonderer Reduktion der schneller steigenden Personalkosten zugunsten der sich weniger rasch verteuernenden Maschinenkosten und erst
- c) durch Erhöhung der Flächenproduktivität, die zum absoluten Sinken des Fixkostenanteiles beiträgt.

Unter kurzfristigen betriebswirtschaftlichen Aspekten rangieren also waldbauliche Intensivierungsmaßnahmen nicht an vorderster Stelle, da sich diese überwiegend langfristig auswirken. Deshalb ist der Waldbau ganz besonders an einer waldkonformen Gesamtrationalisierung interessiert, damit im Sinne einer nachhaltigen Betriebsführung langfristige waldbauliche Rationalisierungsmöglichkeiten gesichert werden. Vor allem kurzfristigere betriebsorganisatorische und nutzungstechnische Maßnahmen müssen jene Mittel erübrigen, die für längerfristige waldbauliche Investitionen benötigt werden. Wenn waldbaulich nicht die erforderlichen Investitionen getätigt werden, dann ist nach Aufzehrung der Reserven die nachhaltige Existenz der Betriebe in Frage gestellt. Es können also nur harmonisch aufeinander abgestimmte Rationalisierungsmaßnahmen in allen Bereichen zu befriedigenden Dauerlösungen führen. Letzten Endes geht es um die *Optimierung der forstlichen Investitionsplanung*.

¹ Vortrag vor der Forstlichen Fakultät in Laibach/Jugoslawien.

Da im Zeitalter der maschinellen Revolution und postindustriellen Automation die Industrieproduktion den Wettbewerb gestaltet, wird auch die Forstwirtschaft bei sinkendem Anteil am Sozialprodukt trotz steigender Bedeutung der vorerst noch nicht abgeholten Sozialfunktionen zu einer gewissen betriebswirtschaftlichen Umorientierung gezwungen. Vielfach wird der Übergang zu einer industriemäßigen Holzproduktion wie in den borealen Holzexploitationsländern befürwortet. Im *nordischen Nadelwald* findet ein vollmechanisierter Großflächenkahlschlagbetrieb folgende Voraussetzungen: Artenarme Nadelwälder auf bringungsgünstigen Standorten, sortenarme Schwach- bis Mittelholzproduktion in stabilen Naturwaldbeständen, keine Rücksichtnahme auf Wohlfahrtswirkungen in einem stark bewaldeten und dünn besiedelten Gebiet, meist großflächige und nur im weiteren Sinne nachhaltige Forstbetriebe mit Holzverarbeitungsbetrieben auf industrieller Basis integriert. Die industriemäßige Holzernte zehrt weitgehend noch vom Naturwaldkapital.

Davon weichen im *mitteleuropäischen Mischwaldgebiet* die Produktionsvoraussetzungen stark ab: Geologische und klimatische Standortvielfalt mit wechselnden Reliefformen, vielfältig zusammengesetzte natürliche Laubmischwälder bis nadelbaumreiche Wirtschaftswälder von wechselnder Krisenanfälligkeit; sortenreiche Schwach-, Mittel-, Starkholz-Produktion in labilen bis stabilen Wirtschaftswäldern von oft kleinflächig stark unterschiedlicher Produktionskraft; Rücksichtnahme auf zunehmend bedeutendere Wohlfahrtsfunktionen in einer mäßig bewaldeten, stark besiedelten und zur Verstädterung neigenden Industrielandschaft; vorherrschend kleinste bis kleinere und mittlere, selten größere, aber ausgeprägt nachhaltige (im eigentlichen Sinne) Forstbetriebe von oft erheblicher Besitzersplitterung, die nur ausnahmsweise vertikal strukturiert sind.

Nach dem *Vergleich* der standörtlichen, betriebsorganisatorischen, waldbaulichen, forstwirtschaftspolitischen *Produktionsgrundlagen* sind nordische Kahlschlagnutzungsformen nicht auf die vielfältigen mitteleuropäischen Mischwaldstandorte unter gleichzeitiger Produktion von Holzertrag und Wohlfahrtsfunktionen übertragbar. Nordische Rationalisierungsmöglichkeiten und dort entwickelte Mechanisierungssysteme sowie Erntemaschinen müssen sich deshalb primär an langfristig bewährte Methoden der mitteleuropäischen Forstwirtschaft anpassen, deren ausgeprägtes Nachhaltsstreben nicht zuletzt auf die schlechten Erfahrungen durch die vorindustrielle extensive Großkahlfächenwirtschaft mit Produktionsrückgang und vielfältigen Katastrophen zurückgeht. Andererseits erfordert der Zwang zur Rationalisierung und zur Anhebung der Arbeitsproduktivität eine sekundäre Weiterentwicklung der in Mitteleuropa bewährten Verfahren der primären Produktionsstufe.

Ist schon im mitteleuropäischen Tief- und Hügelland durch stark abweichende Produktionsfaktoren die Anwendung nordischer Nutzungssysteme

stark eingeschränkt, so gilt das in noch höherem Maße für die Gebirgsländer, wo Relief und Wohlfahrtswirkungen im weiteren Sinne die forstbetriebliche Beweglichkeit noch stärker beschneiden. Dabei sind die *Gebirgsbetriebe* durch schwierigere Bringungsverhältnisse, kostspieligere Bringungseinrichtungen und gegenwärtig rasch an Fläche zunehmende forstliche Grenzertragsstandorte betriebswirtschaftlich in einer besonders ungünstigen Lage, so daß kurzfristig erzielbare Rationalisierungserfolge durch Mechanisierung besonders erwünscht sind, damit die erforderlichen mittel- und langfristigen waldbaulichen Investitionen getätigt werden können. Möglichkeiten und Grenzen der Mechanisierung sind unter Berücksichtigung sehr vielfältiger Aspekte kritisch abzuwägen, wobei stets auch die Nachhaltigkeit der Sozialfunktionen des Waldes im Auge behalten werden muß.

1. Exploitativer Maschineneinsatz im Gebirgswald bei einer Naturkatastrophe

Im November 1966 fielen in einer Sturmnacht mit Südföhn in nordsteirischen Forstverwaltungen der Österreichischen Bundesforste (Gußwerk, Wildalpen und Großreifling) auf rund 2000 ha, mit Großkahlfächen bis 210 ha, rund 650 000 fm Schadholz an. Das Juliheft 1968 der Wiener «Allgemeinen Forstzeitung» bringt eine zusammenfassende instruktive Darstellung über Aufarbeitung, Verwertung, Aufschließung, Arbeitseinsatz, mechanisierte Holzerzeugung und geplante Wiederaufforstung. In den Jahren 1967/68 wurden 25 % des Schadholzanfalles durch mechanisierte Gruppen mit 26 Knickschleppern (Treefarmer) in geeignetem Gelände aufgearbeitet (Leitner, 1968). Auch in unmittelbarer Nachbarschaft des Urwaldes Rothwald (niederösterreichische Kalkalpen) lagen 100 000 fm Sturmholz. In sieben Monaten des Jahres 1967 wurden mit einem Knickschlepper (Timberjack) 13 000 fm, das sind 29 % der abgeführten Schadholzmenge, aufgearbeitet (Splechtner, 1968, 1969). Da sich diese Knickschlepper im Kalkalpengebiet mit Rendzinaböden nutzungstechnisch in höherem Maße als erwartet bewährt haben, ist eine kurze Gesamtbeurteilung angebracht (vgl. Flachberger, 1968).

Arbeitsweise des Knickschleppers (Treefarmer): Schlepper mit vier gleich großen angetriebenen Rädern (Ketten, Wasserfüllung); hydraulische Knickrahmenlenkung in der Mitte um + oder -38° (spurtreues Fahren); Pendelachse ermöglicht Hangschrägfahrt und Hindernisüberwindung, hebbares Vorderschild als Bergstütze, Stapelhilfe und Planierhilfe; Schutzrahmen als Unfallschutz, 50 bis 60 cm Bodenfreiheit; 65-PS-Dieselmotor, automatische Differentialsperren; 40-m-Seilwinde (14 mm) mit 5 t Zugkraft; 5 bis 10 gleitende Seilschuhe mit Seilschlingen (Sammelseilsystem); Anheben des Stammbündels bis unter den Rollenbock; große Last- und Leerfahrtgeschwindigkeit und überraschend hohe Wendigkeit kennzeichnen die Maschine, Anschaffungskosten rund 380 000 öS.

Einsatzfähigkeit: Bis 35 % Hangneigung voll geländegängig, bei 35 bis 50 % Hangneigung einfache Planierung von Auffahrtswegen notwendig (Knickschlepperwege etwa 5 öS/lfm). Obere Grenze bei Berg- und Talfahrt: trockene Rendzinen-Braunerden 45 bis 50 % und regennasse Rendzinen-Braunerden 20 bis 30 %.

Aufarbeitungsmethoden: Gruppeneinsatz 1 Knickschlepper mit Fahrer und 3 bis 6 Arbeitern. Zunächst Herstellung des genügend großen Manipulations- und Lagerplatzes mit Schubraupe.

- a) 1 bis 3 Arbeiter je nach Astigkeit des Holzes und Schwierigkeit des Windwurfes zum Abstocken, Grobasten, Entwipfeln (bei 6 bis 8 cm) und Anhängen an den Schlepper; Schlepperfahrer hängt mit an.
- b) Transport der ganzen, nicht entrindeten Stämme zum Aufarbeitungsplatz, ab etwa 600 m Rückedistanz Einsatz von 2 Schleppern notwendig oder Verminderung der Arbeiteranzahl.
- c) 2 bis 3 Arbeiter am Aufarbeitungsplatz zum Feinasten, Ablängen, Blochholzsartieren und Lagern. Unterstützung beim Lagern durch den Schlepper.
- d) Eventuell in Verbindung mit Kurzstrecken-Seilkrangruppe im Steilgelände, Verladen des Holzes mit LKW-Foco-Ladekränen. Entrinden (Entrindungsmaschine Cambio 35/66) und Sortieren am betriebseigenen Sägewerk (Sortierwerk), an der Verkaufsstelle oder an Manipulationsplätzen.

Leistung (107 000 fm):

	Mittendurchmesser	je Schlepperstunde	je Waldarbeiterstunde
Durchschnitt	26,2 cm	3,78 fm	0,87 fm
Tiefstwert	18,0 cm	1,62 fm	0,45 fm
Höchstwert	35,3 cm	9,62 fm	1,98 fm

Kosten (in öS):

	Waldarbeiterlöhne	Schlepper	sonstige Kosten	Sa
Durchschnitt	61,40	39,60	21,70	122,70
Tiefstwert	34,—	15,60	21,70	71,30
Höchstwert	135,—	68,50	21,70	225,20

Zu den sonstigen Kosten gehören: Schlepperwege, Herstellung der Manipulationsplätze, Motorsägen, Transportfahrzeuge, Überstellungskosten der Arbeiter. Die Schlepperkosten sind mit 150 öS/Std. eingesetzt.

Aus der Gegenüberstellung der durchschnittlichen Kosten je Festmeter bei mechanisierter Nutzung mit 123 öS und bei händischer Nutzung mit etwa 225 öS (150 bis 350) geht hervor, daß in den bringungsgünstigen Lagen die mechanisierte Aufarbeitung um 40 bis 50% billiger war. Aber nur auf rund 25 bis 30% der Schadflächen war eine Knickschlepperbringung möglich.

Durch die hohe Last- und Leerfahrtgeschwindigkeit spielt eine Rückedistanz von 50 bis 500/800 m kaum eine Rolle, da Länge und Durchmesser der Einzelstücke (nach dem Stück-Masse-Gesetz möglichst langes und starkes Holz leistungserhöhend) und gleichmäßige Arbeitsauslastung der Rotten am Hiebsort und am Manipulationsplatz entscheidender sind. Ungünstig wirkt sich bei nassem Wetter der Einsatz auf lehmigen Braunerden durch tiefe Furchenbildung aus. Durch die teilweise nicht zu umgehende Rückung auf

den Wegen wird das Planum beschädigt. Steilere Knickschlepperwege im Rendzinagebiet zeigen durch hohe Niederschläge Erosions- und Verkarstungsgefahr, so daß nach Beendigung der Holzernte Einplanierung und künstliche Begrünung notwendig sind (Hafner, 1969). Auf vereinzelt vorhandene Naturverjüngung konnte nicht Rücksicht genommen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich nutzungstechnisch der im nordischen Kahlschlagbetrieb entwickelte Knickschlepper bei exploitationsähnlichem Aufarbeiten von Katastrophenschadholz auf großen Flächen auch im Gebirge bei Neigungen bis 30/50% (je nach Witterung) bewährt hat.

2. Teilmechanisierung durch Knickschleppereinsatz im Normalbetrieb

Die normale Last beträgt 5 fm Buche oder 8 fm Nadelholz in nicht zu steilem Gelände und bei Langbaumrückung. Je steiler die Hänge und je kürzer die Stücke sind, desto geringer wird die Last. Einige Erfahrungswerte teilt Pestal (1968) mit:

a) *Buchenendnutzung Klausen-Leopoldsdorf/Hochstraß*

Wichtigste Daten: Gruppe 1 : 2 : 2 (Schlepperfahrer, Waldgruppe, Lagerplatzgruppe); Rückedistanz 210 bis 470 m, Holzanfall 657 fm; erzeugt, gerückt, ausgeformt, verkaufsfähig gelagert, Faserholz auf Meterlänge geschnitten, über 22 cm gespalten und ins Raummaß gesetzt, mittlere Tagesleistung 50 fm, mittlerer Stundenverdienst öS 23,30.

	Kosten je fm	Stundenleistung je Arbeiter
mechanisierte Nutzung	öS 69,20	1,15 fm
händische Nutzung (Forstamtsdurchschnitt)	öS 122,—	0,63 fm

Bei einem flächigen, schirmartigen Verjüngungshieb, wobei das Nadelholz in dem Mischbestand stehenblieb, war die mechanisierte Nutzung ähnlich wie bei der Windwurfaufarbeitung um 40 bis 50% billiger.

b) *Klausen-Leopoldsdorf/Klausen*

Von einer 1 : 2 : 2-Gruppe wurde bei einer mittleren Transportstrecke von 1100 m täglich eine mittlere Leistung von 54 fm erbracht. Ähnlich wie im vorhergehenden Beispiel ergaben sich einschließlich öS 5,— für Abraumverbrennung und öS 2,10 für Herstellung des Knickschlepperweges insgesamt Aufarbeitungskosten von öS 68,40 je Festmeter.

c) *Purkersdorf/Buchberg*

Dieses Beispiel ist aufschlußreich für besondere Einsatzmöglichkeiten des Knickschleppers. Rund 3000 fm Buchenaltholz waren von ausgedehnten Buchendickungen umgeben und durch fehlende Erschließung unbringbar. Eine notwendige Forststraße von 2,5 km Länge hätte öS 300 000,— Baukosten verursacht (fm-Belastung öS 100,—). Zunächst wurde ein ziemlich steiler Knickschlepperweg von 960 m Länge mit Kosten in Höhe von öS 20 000,— angelegt (fm-Belastung öS 6,70). Bei einer Rückedistanz von 1100 bis 1300 m wurden im täglichen Durchschnitt 47 bis 72, im Durchschnitt 60 fm gebracht.

Der Kostenvergleich (öS) ergibt folgendes:

	<i>ohne Weg</i>	<i>mit Weg</i>
mechanisierte Nutzung	64,70	158,—
händische Nutzung	112,—	212,—

Beim Vergleich ist zu berücksichtigen, daß die Wegbaukosten bei konservativem Vorgehen nicht in voller Höhe der Nutzung eines einzigen Bestandes aufgerechnet werden können. Gerade dieses Beispiel zeigt die typische Eignung der Maschine für die Exploitation mit vorübergehend ausgebauten und dann wieder verfallenden Knickschlepperwegen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bei einer entsprechenden Nutzungskonzentration im Mittel- und Starkholz auch im Normalbetrieb Erntekosten in Höhe von 30 bis 50% eingespart werden können. Positiv wirkt sich auch noch der geringere Arbeitskräftebedarf und die doppelt so schnelle Bereitstellung des Holzes aus.

3. Der Versuch einer vollmechanisierten Holzernte im Hochgebirge

Auf den nutzungstechnischen Erfahrungen der nordsteirischen Windwurfkatastrophe aufbauend, haben nunmehr die Österreichischen Bundesforste (1969, siehe auch Hafner, 1969) einen Versuch unternommen, im Gebirge mittels eines sogenannten *Holzerntezuges* zur Vollmechanisierung der Holzernte im Normalbetrieb überzugehen. Einsätze erfolgten unter anderem im salzburgischen Kleinarltal, wobei trotz 1500 bis 1800 m Seehöhe das Relief mehr Mittelgebirgscharakter aufwies.

Die mit der Motorsäge gefällten und entasteten Stämme in Rinde werden in ganzer Länge (auch 30 bis 40 m lang) durch Knickschlepper zur Waldstraße gebracht. Nach Verladung der Stämme mittels Doppeltrommelseilwinde fahren die Langholzfahrzeuge (Ladung bis 40 fm und mehr) zum zentral angelegten Entrindungsplatz (0,3 bis 0,5 ha). Radlader legen das Langholz auf den Zubringer zur Entrindungsmaschine (Cambio 68; 8 bis 75 cm Durchmesser) auf. Dann erfolgten Entrindung, Vermessung, Sortierung und Ablängung (Kappsäge). Bis zur weiteren Manipulation wird eine Zwischenlagerung notwendig. Im günstigsten Fall kann das frisch entrindete Holz sofort auf den LKW des Käufers verladen werden.

Beim Holzerntezug sind eingesetzt an *Personal*: 3 Förster, 2 Forstlehrlinge, 21 Forstarbeiter und Maschinisten; an *Maschinen*: 6 Motorsägen, 6 Knickschlepper, 1 Seilwinde (bis 300/500 m Entfernung), 2 LKW-Langholzzüge, 1 Tankwagen, 2 Radlader, 3 VW-Busse, 2 PKW; eine kombinierte *Aufarbeitungsanlage*, bestehend aus einer Entrindungsmaschine, einer Ablängsäge und einem elektronisch gesteuerten Sortierwerk.

In einem neunstündigen Arbeitstag werden rund 300 fm Holz aufgearbeitet und verladen. Auch von der Kapazität der Entrindungsmaschine her gesehen ergibt sich eine jährliche Aufarbeitungsmenge von 50 000 bis 60 000 fm. Ein nachhaltiger Einsatz ist nur bei rund 120 000 ha Waldfläche möglich, da in Gebirgslagen der Knickschlepper nur auf durchschnittlich rund 25% der Flächen und bei etwa zwei Drittel der Holzernte (Mittel-

Starkholz) rationell verwendet werden kann. Selbst im Bereich der Österreichischen Bundesforste ist damit ein rentabler Dauereinsatz auch bei häufiger Umstellung (Kosten etwa 16 000 öS) mehr als fraglich, da noch folgende wesentliche Einschränkungen gegeben sind: gestrecktes Wegenetz mit ausreichenden Kurvenradien ohne Kehren; entsprechende Tragfähigkeiten der Brücken und Wege für den Schwerlastverkehr (40 t), auch wenn der Achsdruck bei Langholzbringung nur wenig steigt; Langholzverfrachtung über 14 m gesetzlich bedingt nur auf betriebseigenen Forstwegen möglich. Die Gesamtkosten eines Erntezuges belaufen sich auf rund 8 Mill. öS. Auf die tatsächliche Einsatzfläche bezogen, wäre die Investition von 400 öS/ha an und für sich noch tragbar. Eine allgemeine Anwendung dieses vollmechanisierten Nutzungssystemes scheitert an den Realitäten der Praxis, da die grundlegenden Voraussetzungen, von sporadischen Einzelfällen abgesehen, nicht gegeben sind. Ein unvermittelter Übergang auf diesen hohen Mechanisierungsgrad im Wege des korporativen Einsatzes in Mitteleuropa (Waldbesitzerverband, Forstgesellschaften) ist im Gegensatz zu Schweden mit «günstigerem» Korporationsklima viel zu riskant, da der hohe Maschineneinsatz bei unzureichender Auslastung (knapp 3000 öS Einsatzkosten je Stunde) und Organisation allzu leicht zu einer negativen Kostenentwicklung führt. Als Ausweg aus einer etwaigen Fehlmechanisierung bleibt dann – zwangsläufig – der exploitative Einsatz. Für den mitteleuropäischen Nachhaltsbetrieb ist, von den wenigen wirklichen Großbetrieben abgesehen, diese mobile Form der Vollmechanisierung nicht zweckmäßig, da das unkalkulierbare Risiko nicht die Nutzungstechnik, «sondern nur der Waldbau» übernehmen muß. Lediglich optimale Mechanisierung ist noch lange keine optimale Forstbetriebsgestaltung.

Diese Form der Vollmechanisierung ist nichts anderes als die Variierung des exploitativen Einsatzes an zufällig geeigneten Standorten. Auch nutzungstechnisch darf nicht nur kurzfristig, sondern muß gleichzeitig *mittel- und langfristig* vorausgedacht werden trotz einer rasanten technischen Entwicklung. Der Knickschleppereinsatz bedeutet ja nur den waldbaulich entscheidenden Teilaspekt der Vollmechanisierung, mit der erst die Nutzung entscheidend weiter rationalisiert werden kann: Doppelblock- bis Halbbaumrückung in Rinde (im gebirgigen Normalbetrieb meist leichter als Ganzbaumrückung, Splechtna, 1969; in Steilhanglagen in Verbindung mit Kurzstreckenseilkränen) durch Knickschlepper an LKW-fahrbare Straßen, Verladung mit LKW-Kränen, maschinelle Entrindung und Ausformung an zentralen Manipulationsplätzen. Für den *Nachhaltsbetrieb* sind *stationäre Anlagen* wünschenswert, die besitzstrukturell aber nur korporativ (vgl. landwirtschaftliche Genossenschaften einschließlich zentraler Vermarktung) geschaffen werden können. Die Tendenz zur Werksentrindung eröffnet allerdings noch andere Aspekte (Vypel, 1969). Wenn man konsequent die zweckmäßigsten Möglichkeiten verfolgt, dann endet zwangsläufig die Ent-

wicklung bei einer forst- und holzwirtschaftlichen Integration (Beispiel Schweden) von mittlerem bis größerem Ausmaß.

Die betriebswirtschaftliche Problematik dieser extremen Form der Vollmechanisierung geht auch daraus hervor, daß bei Aufarbeitungskosten von rund 90 öS/fm im stärkeren Holz der Einsatz dieses Erntezuges im Flachland oder bei Mittel- bis Schwachholz im Vergleich zu einer teilmechanisierten Aufarbeitung unrentabel ist. Auch nutzungstechnisch können keine Rezeptlösungen propagiert werden. Je nach interner Besitzstruktur, spezifischer Betriebsorganisation, Reliefsituation, lokalen Besonderheiten (wohlfeiler Bauernakkord) können durchaus primitivere Bringungsmethoden mit modernsten Mechanisierungssystemen in Konkurrenz treten; zum Beispiel Bringungskosten 1968 je Festmeter: Treefarmer öS 26,46; Unimog öS 42,36; bäuerliche Frächter öS 25,76 (Kratzer, 1969). Mobile Beweglichkeit in der Planung ist deshalb ganz besonders wichtig.

4. Waldbaulich-nutzungstechnische Planung

Automation der biologischen Produktion und mechanisierungstaugliche Waldaufbauformen: Die Nutzungstechnik erwartet von der primären Produktionsstufe eine Steigerung der Arbeitsproduktivität durch die Wahl arbeitssparender Produktionsverfahren (Steinlin, 1969). Dies ist nur möglich durch die weitgehende Ausnutzung der Selbstregulierung des Ökosystems Wald und die möglichste Beschränkung der menschlichen Tätigkeit auf die bloße Steuerung und Überwachung der Produktionsabläufe. Gleichzeitig ist eine Aufbauform erwünscht, die weitgehende mechanisierte Ernteverfahren ohne wesentliche Beeinträchtigung der Betriebssicherheit und der Produktion von Holz und Dienstleistungen erlaubt. Diese *beiden Forderungen* müssen *gemeinsam* gesehen werden. Dabei steht waldbaulich das Problem der Waldpflege in dem nahezu 100jährigen Produktionszeitraum im Vordergrund, da bei entsprechender langfristiger Planung, guter Organisation und entsprechender Feinerschließung die mechanisierte Holzernte auch im Naturverjüngungsbetrieb das wesentlich leichter zu lösende Problem ist.

Die Grundvoraussetzungen für eine «Automation der biologischen Produktion» können nur vom waldbaulichen Idealbetrieb, dem Plenterwald, abgeleitet werden, da hier diese Forderung am weitgehendsten erfüllt ist. Für durchschnittliche Hochwaldbestände ergeben sich demnach folgende übertragbare Prinzipien:

- naturnahe standortstaugliche Mischbestände zur Erhaltung der Standortsgüte;
- keinen standortswidrigen Nadelbaumanteil, der zusätzlichen und arbeitsaufwendigen Walderhaltungsaufwand benötigt;
- standfeste Bestandesstrukturen, die auch unter Verzicht auf maximale Zuwachsleistung optimale Stabilität gegen Schnee, Wind und sonstige

Schäden gewährleisten, so daß weniger häufige und kräftigere Bestandespflegeeingriffe möglich werden;

- gruppenweise Mischungsformen, welche die Qualitätserziehung, Mischungsregelung und den Ausgleich der Wuchsrelation in der Jugendphase erleichtern;
- weitgehende Ausnutzung der Naturverjüngung.

Da sich bioökologisch eine weitgehende Produktionsautomatisierung nur durch standortstaugliche Mischwälder, risikoarme stabile Bestandesstrukturen und weitgehende Ausnutzung der «kostenlosen» Naturkräfte verwirklichen läßt, entspricht der praktische Spielraum den auf lange Erfahrung begründeten Fundamenten der mitteleuropäischen Waldbaukonzeption (Lamprecht, 1969). Gerade die verbesserte Einsicht in die bioökologischen Zusammenhänge durch Ausbau der waldkundlichen Grundlegung in den letzten Jahrzehnten bestätigt eindrucksvoll die Richtigkeit der waldbaulichen Grundauffassung. Wenn in Kanada, Schweden oder Chile unter anderen standörtlichen Bedingungen andere Zielsetzungen erreichbar sind (Plantagenbetrieb), so beweist das lediglich die weltweite Gültigkeit des «eisernen Gesetzes des Örtlichen» nach Pfeil. Durch die mitteleuropäische Standortvielfalt, wie ein nur beispielhaftes Spektrum leistungsfähiger stabiler Wirtschaftswaldtypen belegt: Zirbe-Lärche, Lärche-Fichte; Fichte-Tanne, Fichte-Tanne-Buche, Lärche-Buche, Fichte-Kiefer, Kiefer-Buche, Eiche-Buche, Bergahorn-Esche, Fichte-Schwarzerle, können nicht einige wenige Reinbestandsrezepte (vgl. Behrndt, 1969) obigen Forderungen genügen, sondern nur vom lokalen Standort her begründete, nach Mischung und Aufbau leistungsfähige Wirtschaftswaldtypen, die ohne Störungen produzieren. Stabilität und Labilität der Standorte und Bestandesstrukturen, Qualitätsniveau, Aufschließungsgrad und kurz- wie langfristige Zielsetzung bestimmen die Mechanisierungsmöglichkeit der Waldpflege- und -verjüngungsarbeiten. Nur eingehende Analysen und langfristige Versuche können für die standortsverschiedenen, unterschiedlich aufgebauten Wirtschaftswaldtypen die spezielle größere oder geringere Mechanisierungstauglichkeit erkennen lassen.

Dabei ist auch immer der mittel- bis langfristige Aspekt wesentlich. Nicht die gegenwärtigen Anforderungen des Nutzungstechnikers sind bei dem Neuaufbau des Waldes entscheidend, als vielmehr die voraussichtlichen Anforderungen in der Zukunft, waldbaulich also in 30 bis 60 Jahren. Daß die Dienstleistungsfunktionen gerade im Gebirgswald expandieren, ist sicher. Die künftige Rolle des Ertragswaldes ist schwerer abzuschätzen. Gerade bei dieser Unsicherheit sind bioökologisch gesunde, möglichst sich selbst erhaltende Waldaufbauformen im Sinne stabiler, ertragsfähiger Mischwälder ein anzustrebendes Ziel von zeitloser Gültigkeit, die in Zukunft auch größere Differenzierungs- und Abwandlungsmöglichkeiten ergeben als bei starrer

und einseitiger Fixierung der waldbaulichen Entscheidungen (Richter, 1969).

Waldbaulich zweckmäßige Mechanisierungsstufe: Theoretisch sprechen die nutzungstechnischen Argumente für die Vollmechanisierung (zumindest als Zielvorstellung) bzw. bei Wahlmöglichkeiten für den höheren Mechanisierungsgrad durch die Gesetzmäßigkeit der zunehmenden Personalkostenverteuerung (Steinlin, 1969). Bei dynamischer Betrachtung ist jene Mechanisierungsstufe am wirtschaftlichsten, die ungefähr in der Mitte ihrer Amortisationszeit am kostengünstigsten arbeitet, also nicht jene, die momentan die besten Resultate erzielt. In der Praxis lassen sich diese Forderungen (ähnlich wie im Waldbau der produktionstechnische und betriebswirtschaftliche Idealbetrieb) nicht absolut, sondern nur hinsichtlich der effektiven Wahlmöglichkeiten bzw. Tendenzen auswerten.

So scheidet die Vollmechanisierung als höchste Intensitätsstufe für mitteleuropäische Gebirgsbetriebe zum gegenwärtigen Zeitpunkt aus betriebsstrukturellen, betriebsorganisatorischen und auch betriebswirtschaftlichen Gründen praktisch aus. Aber auch noch interne forstbetriebliche Argumente sprechen gegen einen unvermittelten Übergang zur höchsten Mechanisierungsstufe. Mit der rein nutzungstechnischen, organisatorischen Maschinenausstattung allein ist der Erfolg noch nicht garantiert. Auch hier können Entwicklungsstufen nicht übersprungen werden, höchstens schneller durchlaufen werden, um einen nachhaltigen Erfolg ohne zu großes Risiko zu garantieren. Notwendig sind: Sammeln von Erfahrungen, vorbereitende betriebsorganisatorische Maßnahmen, kontinuierliche zusätzliche Ausbildung des Betriebspersonals, optimale Ausnutzung bisheriger Bringungseinrichtungen, Schaffung zusätzlicher Einrichtungen (Wege, Brücken); Anpassung der kurz- und mittelfristigen waldbaulichen Planung an die geänderten Nutzungsbedingungen, kritische Ansprache der Grenzen und optimale Auswahl unter den Möglichkeiten. Selbst der Übergang zur Teilmechanisierung greift, das wird nutzungstechnisch vielfach zu wenig beachtet, so tief in das forstbetriebliche Gesamtgeschehen ein, daß nur nutzungstechnische Voraussetzungen allein noch keinen forstbetrieblichen Gesamterfolg garantieren. Deshalb kann ein Knickschleppereinsatz nicht allgemein empfohlen werden.

Nutzungskonzentration: Für den Gebirgswaldbau ist primär der Knickschleppereinsatz entscheidend, der ja bei der nachhaltigen Teil- oder Vollmechanisierung prinzipiell in ähnlicher Form erfolgt. Im Normalbetrieb erreicht der Knickschlepper eine Tagesleistung von 50 bis 60 fm und damit eine Jahresleistung von 12 000 fm. Ein voll ausgelasteter Einsatz benötigt 12 000 fm Anfall an Stark- bis Mittelholz (überwiegend Erntennutzung) in voll knickschlepperfahrbarem Gelände. Bei einem Durchschnittshiebsatz von 5 Efm ohne Rinde und einem Einsatz bei drei Viertel der Nutzung müßte der Einzelbetrieb mindestens 3000 ha knickschlepperfahrbares Gelände aufweisen. Im Gebirge ist also erst in 10 000 bis 15 000 ha großen Be-

trieben ein Knickschlepper ohne zusätzliche Lohnarbeit voll rentabel einsetzbar. Selbst ein so großer österreichischer Betrieb wie die HESPA mit rund 8000 ha Wirtschaftswald müßte zwei- bis dreimal größer sein zur vollständigen betriebsinternen Auslastung eines Knickschleppers. Andererseits wurde in einem voralpinen Kiefern-Fichten-Betrieb durch den Knickschlepper nur ein Jahrespensum von 7260 fm erreicht infolge Wintereinschlagsüberlastung und sommerlichen Ausgleichseinsatzes bei Schwachholz- und Schichtholzbringung sowie Nebenarbeiten (Straßeninstandhaltung, Schlagabraumbeseitigung). Nicht so sehr eine maximale Auslastung ist nach Kratzer (1969) entscheidend, als vielmehr ein betriebsinterner optimaler Einsatz bei möglichst starkem Holz. Schwachholz wird durch bäuerliche Frächter vielfach billiger gebracht.

Da ein Knickschlepper nur tageweise, zweckmäßiger wochenweise umzustellen ist, beträgt der Mindestanfall je Einsatzort 50 fm pro Tag bzw. 250 bis 300 fm pro Woche. Das sind Nutzungsmengen, die auch im Rahmen konservativer Naturverjüngungshiebe bei entsprechender Länge der Transportgrenzen (im Sinne von Schädelin) jederzeit anfallen. Der Einsatz moderner Bringungsmaschinen zwingt also bei bedächtigem Vorgehen nicht zum Kahlschlag. Voraussetzung dazu ist neben der erforderlichen Grob- und Feinerschließung eine entsprechende langfristig vorgeplante und den Verjüngungsbedürfnissen angepaßte *räumliche und zeitliche Ordnung im Sinne des Schweizer Femelschlagbetriebes*, wie die Planung einer Femelschlagverjüngung von Aigen/Schlägl, Abt. Joslort, beweist (siehe Mayer, 1968). Daß sich mechanisierte Bringung mit Knickschlepper und konservativer Naturverjüngungs-Femelschlagbetrieb mit guter Planung, wohlüberlegter Auszeichnung und exakter Fällung vereinen lassen, wurde anläßlich der Frühjahrstagung 1968 des Fachausschusses Waldbau im Österreichischen Forstverein in Klausen-Leopoldsdorf (Fm. Dipl. Ing. Fraisl) eindrucksvoll unter Beweis gestellt. Analoges gilt für die Bestandespflege beim Einsatz von Schwachholz-Knickschleppern. Der relativ geringe Mehraufwand an Planungsarbeit, Organisation und Überwachung durch die Führungskräfte wird durch die Reduktion des Gesamtarbeitsvolumens mehr als wettgemacht. Um die Möglichkeiten und Grenzen der Knickschlepperbringung im konservativen Nachhaltsbetrieb unter verschiedensten Voraussetzungen genauer abstecken zu können, sollten gerade anerkannte Waldbauer die Möglichkeiten wahrnehmen, in längerem praktischem Einsatz den Knickschlepper waldbaulich auszutesten.

Arbeitsfeldgröße: In Österreich ist die Arbeitsfeldgröße mit vollem Recht durch das *forstgesetzliche Kahlschlagverbot* mit 2 ha begrenzt. Dies geht zurück auf die schlechten Erfahrungen durch Hochwasserkatastrophen, Vermurungen, Lawinenschäden usw. während der spätmittelalterlichen und vorindustriellen Großkahlschlagära. Im Zeitalter einer «funktionellen Sozialisierung» der Forstwirtschaft ist langfristig ein absolutes Kahlschlagverbot

im Gebirge mit Schutzwäldern im weiteren Sinne vertretbar (vgl. Schweiz). Waldbaulich ergibt sich die obere Grenze der Arbeitsfeldgröße im fichtenreichen Mittelgebirge ökologisch-biologisch durch den beginnenden Freiflächencharakter; der mögliche Seitenschutz des Altbestandes gibt dafür Anhalte.

Ein Übergang zu *Großkahlf*lächen von 5 bis 10 ha würde kurzfristig einmalige Gewinne durch optimalen Maschineneinsatz erbringen. Langfristig werden durch den Zwang zu Reinbeständen damit ökologisch-biologische Hypothesen aufgenommen, die nach erheblichen Verlusten mit überhöhten Kosten später durch die «waldbauliche Heilsarmee» beglichen werden müssen. — Auch waldbaulich kann ja die vielerorts leistungsfähigste Baumart (Fichte) nicht rein angebaut werden. Der Gedenkstein in einem schwäbischen Fichtenoptimalgebiet, wo bei einem Windwurf Hunderttausende Festmeter Fichten geworfen wurden, mahnt; «Willst du deinen Wald vernichten, so pflanze nichts als Fichten.» Nutzungstechnisch ruiniert man mit Dauerhöchstleistung jede Maschine, so daß analog auch für den Betrieb gilt: «Willst du einen Forstbetrieb vernichten, dann rationalisiere ihn lediglich kurzfristig durch maximale Mechanisierung.» Entscheidend ist also *primär* der Einbau der nordischen Nutzungsmaschinen in die in Mitteleuropa bewährten Waldbauverfahren unter deren sekundärer Weiterentwicklung nach zeitgemäßen Erfordernissen.

Andere Formen der *Nutzungskonzentration* werden diskutiert. Innerhalb eines Forstbetriebes soll die Nutzung abwechselnd mit Schwerpunkt auf einzelne Betriebsteile (Försterbezirke) verlegt werden unter gleichzeitiger Durchführung aller Nutzungen von der Dickungspflege bis zur Erntennutzung. Auch der Übergang zum *aussetzenden Betrieb* selbst bei mittleren Betrieben wird propagiert, da durch entsprechende Mechanisierung und Organisation ein Einschlag von 5000 fm in nicht einmal zwei Monaten abfuhrbereit wäre. Dies würde jedoch eine völlige Änderung der bisherigen Betriebsstruktur bedeuten (Hafner, 1969), wenn der Jahreseinschlag von drei Jahren auf einmal getätigt würde. In der Zwischenzeit sollten dann mit einem reduzierten Personalstand Waldpflegemaßnahmen durchgeführt werden. Ein derartiges Abgehen von den traditionellen Begriffen der mitteleuropäischen Forstwirtschaft wird von Vertretern des Großprivatwaldes (Niesslein, 1968) als wesentliche Möglichkeit zum Überleben angesehen, neben dem Zwang zu überbetrieblichen Zusammenschlüssen (in Größenordnung von 20 000 ha und mehr; Niesslein, 1969) zwecks rationeller Durchführung einer vollmechanisierten Holzernte.

5. Waldbauliche Investitionsentscheidung: Wegbau oder Maschine

Soll mehr in Straßen oder in Maschinen investiert werden? Waldbau ohne vorherigen Wegbau ist im Gebirge praktisch unmöglich. Deshalb ist auch im Gebirge die primäre waldbauliche Maßnahme der Wegbau, da erst nach entsprechender genereller Aufschließung die nachhaltige Produktion aller Funktionen (Holz, Wohlfahrtswirkung) gesichert ist (Leibundgut, 1956). Im exploitativen Großkahlschlagbetrieb entscheidet lediglich das Transportproblem, so daß Wegdichten von 10 bis 20 lfm/ha LKW-fahrbare Wege und 60 bis 90 lfm Knickschlepperwege genügen. Mit dieser transporttechnisch bedingten Mindesterschließung sind die forstbetrieblichen Arbeiten für die nächsten 99 Jahre nicht gelöst. Die Walderschließung erfüllt sehr vielfältige produktionstechnische Aufgaben (Mayer, 1968), so daß die Benutzungsfrequenz der Wege durch nicht transporttechnische Aufgaben rund vier- bis sechsfach höher ist, wie Untersuchungen im Lehrwald der ETH

Zürich ergeben haben (Leibundgut, 1961). Da nur auf 5 bis 10% der Fläche Verjüngungsaufgaben und auf über 90% der Fläche langfristige Pflegeaufgaben zu bewältigen sind, muß die Walderschließung aus einer ausreichenden fixen Groberschließung und einer den spezifischen Pflegeanforderungen der Lebensphasen genügenden Feinerschließung bestehen. Für durchschnittliche Gebirgslagen werden als Zielwerte der Gesamterschließung immer wieder genannt: 30 bis 40 lfm/ha LKW-fahrbare Wege und 50 bis 70 lfm/ha Rückewege und 90 bis 110 lfm/ha Rückelinien bzw. Rückegassen (vgl. Harz, Piest, 1967; österreichische Berg- und Gebirgslagen, Neuber, 1969); Standort, Leistungsfähigkeit, Bestandesstruktur und andere vielfache Faktoren können eine Unter- bzw. Überschreitung der Richtwerte bewirken. Eine generell geplante und kontinuierlich entwickelte Grob- und Feinerschließung der Gebirgswälder ist die Grundlage für einen waldbaulich rationalen Maschineneinsatz, der nicht nur kurzfristig, sondern auch langfristig zu verantworten ist.

Ein Kostenvergleich für einen 2000 ha großen Betrieb zeigt, daß *Maschineneinsatz* (Anschaffung eines Knickschleppers öS 380 000,—, etwa 150 öS/ha. Vollmechanisierungskosten: Schlepper, Entrindungsmaschinen, Lader 1200 öS/ha) und *Wegerschließung* (Ausbau des Weges von 20 auf 25 lfm/ha 250 öS/ha, Neubau eines Wegenetzes von 30 lfm/ha 1500 öS/ha) annähernd gleich hohe Investitionssummen benötigen. Nach Steinlin (1968) ist es «im Augenblick» nur dann günstiger, Kapital in Maschinen zu investieren, wenn eine bestimmte Ausbaustufe des Wegenetzes erreicht ist und durch Anschaffung besserer Rückgeräte ein Ausgleich geschaffen werden kann. Dauererschließung ist langfristig rationeller. Der Kauf eines sich rasch verbrauchenden Knickschleppers bringt kurzfristige Rationalisierungsgewinne. Es bedarf also kühler Kalkulation und eines waldkonformen Kompromisses. Entschlüsse auf rein industriemäßiger Kalkulation erweisen sich auch hier als ökologisch-biologische Fehlkalkulation.

Da Knickschlepper in Gebirgsbetrieben nur auf rund 25% der Flächen eingesetzt werden können, gilt neben einer ansprechenden Grob- und Feinerschließung das *waldbauliche Hauptinteresse nutzungstechnisch* einer Weiterentwicklung von rasch auf- und abbaubaren *Kurzstreckenseilkränen*, die von einem generell erstellten Wegenetz aus rationell operieren können.

6. Waldbaulich-betriebswirtschaftliche Beurteilung der Mechanisierung

In der kurzfristig wirksamen Einsparung von Arbeitskosten liegt ein primärer Ansatzpunkt zur forstbetrieblichen Rationalisierung. Ein stärkerer Maschineneinsatz im Waldbau, insbesondere bei der Erntennutzung in Altbeständen, wird künftig nicht zu umgehen sein. Er ist zu bejahen, wenn der Einsatz in waldkonformer Weise, also nicht im Rahmen von Großflächennutzungen, erfolgt. In diesem Zusammenhang interessieren neben den Kosten die *vorhandenen Rationalisierungsreserven*, die ja letzten Endes auch dem Waldbau zugute kommen sollen.

Wie wirkte sich die *Teilmechanisierung* bei Einsatz eines Knickschleppers nach den österreichischen Erfahrungen aus? Die Anschaffung belastet einen Betrieb von rund 2000 ha nach Berücksichtigung von notwendiger Lohnarbeit bei nicht ausgenützter Kapazität durch das nicht knickschlepperfahrbare Gelände mit rund 200 öS. Beim Einsatz in der Verjüngungsnutzung betrug die Kosteneinsparung je Jahr und Hektare gegenüber konservativer Nutzung $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$. Statt 150 bis 350 öS bei konservativer Nutzung ergaben sich Kosten je Festmeter von 71 bis 225 öS bei teilmechanisierter Aufarbeitung. Wenn man eine fünfjährige Lebensdauer des Knickschleppers unterstellt, dann steht einer jährlichen Investition in Höhe von 40 öS je ha eine Kosteneinsparung von 200 öS gegenüber. Die Gewinne des ersten Jahres werden durch die einmalige erhebliche Gesamtinvestition aufgezehrt. Der Wirkungsgrad der Investition ist bei einer theoretischen «pay-off»-Zeit (Wiedergewinnungszeit) von einem Jahr (in der Praxis wohl rund zwei Jahre) sehr günstig. Insgesamt ist die Ersparnis vierfach höher als die Investition. Der durchschnittliche Erfolg beträgt fünf Jahre lang 160 öS.

Vollmechanisierung bedingt einen Investitionsaufwand von mindestens 1200 öS/ha. Bei einer fünfjährigen Lebensdauer der Maschinenaggregate ergibt das einen jährlichen Aufwand von öS 240,—. Erzielbar ist eine Einsparung von vielleicht der Hälfte des Gesamtaufwandes der Tagschichten oder bis zwei Drittel der gesamten Tagschichten bei der Holzernte. Damit steht im günstigsten Fall eine Einsparung in Höhe von 450 bis 600 öS gegenüber. Die Einsparung ist nur mehr zwei- bis höchstens zweieinhalbfach höher als die Investition. Nahezu zwei Jahre vergehen (reale Wiedergewinnungszeit wohl drei Jahre), bis durch die Gewinne die Kosten der Gesamtinvestition hereingebracht werden. Frühestens im dritten Jahr wirken sich die Ersparnisse voll für den Betrieb aus. Eine gutdurchdachte Teilmechanisierung unter Ansatz an den betrieblichen Kostenbrennpunkten hat — vom geringeren Risiko abgesehen — deshalb einen relativ höheren Wirkungsgrad, da der durchschnittliche Erfolg der Vollmechanisierung auf fünf Jahre begrenzt nur öS 280,— beträgt.

Um die nicht unerheblichen, zu Beginn des Arbeitseinsatzes fälligen hohen Gesamtinvestitionen (Kredite) zu drücken, drängt der Waldbauer zum *gemeinschaftlichen Ankauf von Großmaschinen* (eventuell fallweise Anmietung). Wenn sich vier bis fünf andere Betriebe mitbeteiligen, spart der Einzelbetrieb schon erhebliche Beträge, so daß dann nur 20 bis 25 % der Gesamtinvestitionen auf ihn fallen (vgl. Mayer, 1969). Werden noch mehr Teilhaber aufgenommen, wird die Einsparung rasch geringer, andererseits steigen die Einsatzschwierigkeiten in der Potenz, so daß bei etwa vier, höchstens fünf Teilnehmern unter bestimmten Voraussetzungen wohl ein Optimum an Kostenersparnis und Einsatzmöglichkeit gegeben ist. Ungünstig ist bei der Mechanisierung der außerordentlich hohe, sofort fällige bare Investitionsbetrag und die nach etwa fünf Jahren erneute Investitionswelle (Gefahr des *Circulus vitiosus*). Nur Betriebe, die ausreichend waldbaulich investieren, werden sich nachhaltig behaupten können und nicht zunehmend aufgezehrt werden. Gerade dadurch wird verständlich, daß fehlerhafte Mechanisierung kostspieliger als keine Mechanisierung ist, worauf Häberle (1968) hinweist.

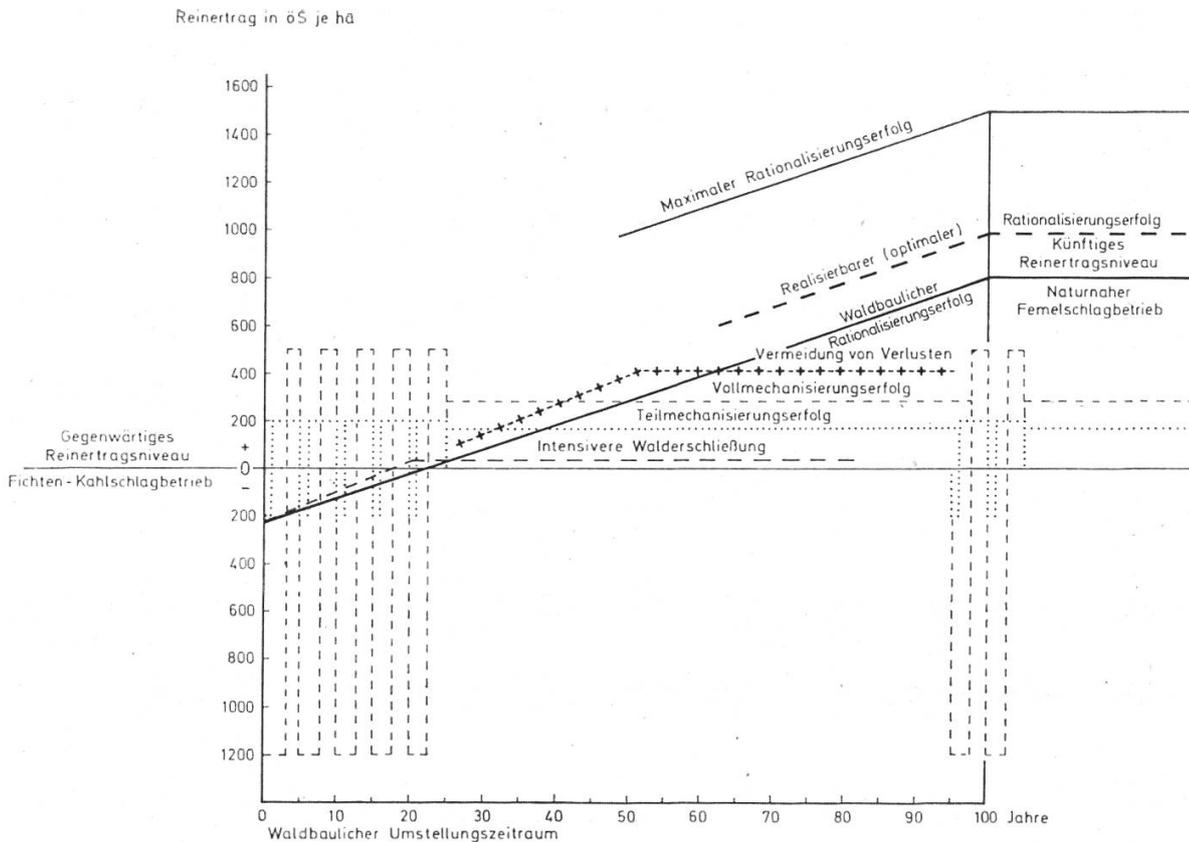


Abbildung 1

Beim Vergleich der verschiedenen Rationalisierungsmöglichkeiten fallen besonders auf: die außerordentlich hohen, nahezu betriebsgefährdenden, kurzfristig wiederkehrenden Investitionen bei der Mechanisierung, die bedeutenden Einsparungsmöglichkeiten durch Verminderung von Verlusten, die relativ geringe rechnerische Auswirkung (ohne Nebenfunktion) der Wegbauintensivierung und vor allem die große Auswirkung der waldbaulichen unbaren Investitionen (siehe Mayer, 1969).

7. Forstbetriebliche Investitionsplanung (Abb. 1, Tab. 1)

Eine endgültige Entscheidung über Investitionen zur Teilmechanisierung kann erst getroffen werden, wenn ein Gesamtüberblick über die vorhandenen Rationalisierungsmöglichkeiten besteht, um im Rahmen der verfügbaren Mittel jene Optimierung zu erreichen, die einerseits rasche Gewinne abwirft, andererseits auch mittel- bis langfristig die Produktionsnachhaltigkeit sicherstellt.

Am Beispiel von Modellbetrieben wurde versucht, die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen *langfristiger bis kurzfristiger* waldbaulicher Rationalisierungsmaßnahmen zu kalkulieren (Mayer, 1968, 1969). Auf waldbaulichem Gebiet bestehen beträchtliche Rationalisierungsmöglichkeiten, zum Beispiel durch langfristige Betriebsumstellung vom kurzumtriebigen Fichtenkahl-schlagbetrieb zum naturnahen Femelschlagbetrieb mit höherem Umtrieb,

Tabelle 1

Überblick über kurz- bis langfristige Rationalisierungsmöglichkeiten als Grundlage für die forstbetriebliche Investitionsplanung
(Modellbetrieb 2000 ha, vgl. Mayer 1968, 1969, Werte in öS je ha)

Rationalisierungsmaßnahmen	Rationalisierungszeitraum in Jahren	jährlicher Investitionsaufwand	jährlicher «Erfolg»	Investitionskapital — Wieder- gewinnungszeit in Jahren	Gesamtinvestition für die Maßnahme	Gesamtinvestition in 100 Jahren
langfristige waldbauliche Betriebs- umstellung vom Fichtenkahlschlag- zum naturnahen Femelschlagbetrieb	100	120—240	400—800	70	12 000—24 000	12 000—24 000
mittelfristige waldbauliche Maßnahmen unter anderem zur Vermeidung von Verlusten	50	100—200	315—525	30—50	5 000—10 000	10 000—20 000
Walderschließung als waldbauliche Intensivierungsmaßnahme	25	60	75	10	1 500	1 500
generelles Wegenetz 30 Ifm/ha Ausbau von 30 auf 35 Ifm/ha	15	17	17	15	250	250
kurzfristige Maßnahmen						
Teilmechanisierung	5	40	150—250	1—2	200	4 000
Vollmechanisierung	5	240	450—600	2—3	1 200	24 000
Rationalisierung der Betriebsführung	0	(75)	900—(1800)	0	0	7 500

durch entsprechende Baumartenwahl (Laubwaldanreicherung mit Nadelbäumen), Ersatz standortswidriger Nadelbestände durch standortstaugliche Mischbestände, Anbau ausländischer Baumarten, Intensivierung der Bestandespflege, Astung, Walddüngung, Wildschadenregelung durch den Jagdbetrieb. Bei ungefähr gleichem waldbaulichem Investitionsaufwand lassen sich im Nachhaltsbetrieb Mehrerträge in ähnlicher Größenordnung wie bei weitgehender Mechanisierung erwarten. Waldbauliche Rationalisierungsmaßnahmen, welche die betriebliche Leistungsfähigkeit erhalten und steigern, sind also langfristig im Nachhaltsbetrieb *gleichrangig* mit Mechanisierungsinvestitionen.

Bei kurzfristiger betriebswirtschaftlicher und nutzungstechnischer Betrachtung, die durch die jetzige konjunkturelle und strukturelle Situation der Forstbetriebe von besonderer Bedeutung ist, ist nun der zeitliche Wirkungsgrad der Investition wesentlich. Die Wiedergewinnungszeit («pay-off-Zeit») für das eingesetzte Kapital beträgt bei der Mechanisierung zwei bis drei Jahre, beim Wegbau 10 bis 20 Jahre, bei der Astung und waldbaulich mittelfristig wirksamen Maßnahmen 30 bis 60 Jahre und bei langfristigen Vorhaben über 50 bis 100 Jahre und mehr. Für den Augenblick, also kurzfristig, ist damit bei knappen Investitionsmitteln zwangsläufig eine Priorität für die Mechanisierung gegeben. Über die Amortisation hinausgehende Gewinne bei der Mechanisierung müssen dann den mittel- und langfristigen Rationalisierungsmaßnahmen zugute kommen. Da bei der nachhaltigen Forstbetriebsführung kurz-, mittel- und langfristige Aspekte zu berücksichtigen sind, heißt die Investitionsentscheidung nicht entweder – oder, sondern sowohl als auch (vgl. Steinlin, 1969). Die Zusammensetzung und Reihenfolge der Investitionen ist eine typische Optimierungsaufgabe, die nur betriebsindividuell zu lösen ist. Im Gebirgswald, wo langfristige Aspekte und soziale Funktionen ein größeres Gewicht haben, wird die Entscheidung anders ausfallen als im dichtbewaldeten Hügelland.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß eine in ihrer Wirkung durchweg unterschätzte Rationalisierungsmaßnahme in der *Vermeidung von Verlusten* besteht, die «buchmäßig» im «nachgewiesenen Wirtschaftserfolg» nicht aufscheinen. Verluste im österreichischen Wald erreichen schätzungsweise eine Höhe von 630 bis 1050 öS/ha, die den durchschnittlichen Betriebserfolg (1958–63; Frauendorfer, 1967) um das vier- bis sechsfache übersteigen. Dies erklärt einerseits die unterdurchschnittliche Kapazitätsausnutzung der österreichischen Forstbetriebe (zwei Drittel bis ein Drittel), andererseits weist dies auf ungenutzte Reserven hin, die mindestens zu 50 % mobilisiert werden können.

In diesem Zusammenhang soll auch nicht auf die primär entscheidende *geistige Rationalisierung der forstlichen Betriebsführung* eingegangen werden. Nur durch schöpferische Initiative und persönlichen Führungseinsatz lassen sich die forstbetrieblichen Rationalisierungserfolge ermöglichen und Verluste vermeiden in einem Gesamtumfang von 900 bis 1800 öS/ha. Da somit die Intensivierung der forstlichen Betriebsführung hinsichtlich des potentiellen Wirkungsgrades vor der Mechanisierung rangiert, ist die unbedachte Einsparung von Führungspersonal, die den Betrieb mit 75 öS/ha belastet, alles andere als eine Rationalisierungsmaßnahme.

Der Überblick ist in vielfacher Hinsicht aufschlußreich. Langfristig sich auswirkende Maßnahmen mit guten Erfolgsaussichten erfordern relativ geringen jährlichen «unbaren» Investitionsaufwand. Überwiegend mittelfristige Einzelmaßnahmen zur Vermeidung von Verlusten, die von mittlerer Effektivität sind, benötigen einen schon relativ höheren jährlichen Investitionsaufwand. Rationalisierung durch Mechanisierung führt zu geringen bis mittleren, aber sofortigen Einsparungen, die mit außergewöhnlich hohen, sofort fälligen «baren» Gesamtinvestitionen erkauft werden müssen, im jährlichen Durchschnitt dem übrigen Aufwand gleichkommen und entsprechend der Lebensdauer der Maschinen relativ kurzfristig immer wieder zu außergewöhnlichen Belastungen führen. Waldbauliche Rationalisierungsmaßnahmen sind deshalb für die Nachhaltigkeit des Betriebes unumgänglich notwendig. Nach durchgeführtem Betriebsaufbau ist die nachhaltige Leistungsfähigkeit ohne zusätzliche waldbauliche Investitionen gewährleistet, während bei allgemein steigendem Mechanisierungsgrad ständig wiederkehrende und sich erhöhende Investitionen allzu leicht zum Abbau verführen, da eine betriebsinterne Finanzierung dieser Investitionen (im Gegensatz zum Waldbau) auf die Dauer unmöglich erscheint und Betriebsreserven in Aufbaubetrieben kaum vorhanden sind.

Bis wir hier waldkonforme Ideallösungen für eine umfassende forstbetriebliche *Gesamtplanung der Investitionen* besitzen, müssen *tragbare Ersatzlösungen* verwendet werden, da lineare Programmierungsversuche noch nicht befriedigen (Nesterov, 1965) und investitionstheoretische Überlegungen die betrieblichen Entscheidungen lediglich allgemein erleichtern (Ritter, 1969). Gerade auch nach den Erfahrungen der Landwirtschaft hat sich gezeigt (Kopetz, 1968), die sich in diesem Zusammenhang als Orientierungspartner viel besser eignet als die Industrie, daß errechnete Optimalpläne mit Hilfe der linearen Programmierung zu Fehlschlüssen verleiten, wenn nicht alle zusätzlichen Einschränkungen beobachtet werden. So ist es verständlich, daß Pläne und Optimierungsversuche, die mit einfachen Methoden von einem vielseitig ausgebildeten Fachmann mit gutem Fingerspitzengefühl für biologisch-ökologische Möglichkeiten und wirtschaftliche Tendenzen entwickelt werden, sich vielfach besser erweisen als solche, die auf komplizierten Methoden basieren, aber entsprechende Praxisnähe und Berücksichtigung der ökonomischen *und* biologischen Wirklichkeit vermissen lassen. Es sei nur an das Beispiel der Bodenreinertragslehre verwiesen. Ein auf Können, Erfahrung, dynamischer Anpassung zur ständigen Überprüfung und Korrektur sowie Intuition beruhender sogenannter forstlicher Götterblick kann dann einem Computer durchaus überlegen sein.

8. Waldbauliche Schlußfolgerungen

Zielsetzung: Weit mehr als im mitteleuropäischen Tiefland ist im Gebirgswald die forstbetriebliche Beweglichkeit eingeschränkt, da neben der

Holzproduktion bei zunehmenden forstwirtschaftlichen Grenzertragsböden in mehr oder minder großem Umfang vielfältige und stark expandierende soziale Funktionen bereitzustellen sind. Bei der Ungewißheit der Entwicklung ist *waldbaulich* nur eine zeitlose Zielsetzung vertretbar, die dynamisch jeder möglichen Entwicklung gerecht wird und eine wechselnd intensive oder extensive Betriebsführung (Intensitätsstufen nach Speidel u. a., 1968) ermöglicht: nachhaltig leistungsfähige naturgemäße Wirtschaftswälder von ausreichender biologisch-ökologischer und bestandesstruktureller Stabilität. *Nutzungstechnisch* muß dieser mittel- und langfristigen Zwangsproduktion Rechnung getragen werden, wobei nicht die zeitbedingte, sondern die künftige Entwicklung die maßgebliche Richtschnur für die Produktionsstufe eins ist. Trotz der momentanen technischen Dynamik muß der Nutzungstechniker die Entwicklungstendenzen klarer umreißen und langfristiger planen. Denn eine Ausrichtung der Produktionsstufe eins nur auf gegenwärtige Bedürfnisse wäre waldbaulich ebenso wie nutzungstechnisch (vgl. Steinlin, 1969) verfehlt, und ein Zurückgehen auf den vorindustriellen Nadelreinbestandskahl Schlagbetrieb negiert alle schlechten Erfahrungen, die in Mitteleuropa zum Aufbau der nachhaltigen Forstwirtschaft geführt haben.

Mechanisierungsstufe: Da ohne schwerwiegende forstbetriebliche Gefährdungen Entwicklungsstufen nicht übersprungen werden können, steht die *Vollmechanisierung* im Gebirgswaldbau, von zufälligen Ausnahmefällen abgesehen, nicht zur Diskussion, da grundlegende Voraussetzungen fehlen: besitzstrukturell durch zu kleine Betriebe, Aufschließungsgrad und Ausbauintensität der Bringungswege, geomorphologisch bedingtes Fehlen einheitlicher Großflächen.

Selbst eine *Teilmechanisierung*, zum Beispiel durch Knickschlepperbringung in Verbindung mit Kurzstreckenseilkränen, ist reliefbedingt nur auf relativ kleinen Flächen der Betriebe (ein Viertel bis ein Drittel) durchführbar (Vypel, 1969). Eine langfristige und nachhaltige Erfordernisse berücksichtigende Teilmechanisierung ist zweckmäßig und betriebswirtschaftlich erwünscht. Dies erfordert aber zunächst korporative Zusammenschlüsse von Mittel- und Großbetrieben zur rentablen Auslastung der Maschinen und Senkung der Investitionskosten. In weiter Zukunft ist mit fakultativem Unternehmereinsatz zu rechnen für Mittel- und Kleinbetriebe, ähnlich wie beim Schubraupeneinsatz im Wegebau. Der vorbereitenden Einsatzplanung kommt nutzungstechnisch (generelle Wegerschließung, Aufarbeitungsplätze, Halbbaum- bis Doppelblock- statt Ganzbaumrückung) und waldbaulich (reichgegliederter Femelschlagbetrieb mit langen Transportgrenzen) entscheidende Bedeutung zu. Optimale Möglichkeiten und Grenzen einer Teilmechanisierung sollten an repräsentativen Beispielsbetrieben bei gemeinsam geplanteinsatz durch anerkannte Waldbauer und Nutzungstechniker abgesteckt werden. Dabei ist stets kritisch die betriebliche Gesamtsituation

zu beachten, da nicht der höhere Mechanisierungsgrad in jedem Fall der rentablere ist.

Auf großen Flächen scheidet aus waldbaulichen Zwangslagen oder reliefbedingt eine Teilmechanisierung durch Knickschlepperbringung aus. Hier kann nur ein bewegliches Ausschöpfen aller Rationalisierungsmöglichkeiten die kontinuierliche Fortführung der forstbetrieblichen Arbeiten garantieren (vgl. v. Kaufmann, 1969): verstärkter Einsatz von Bauernakkordanten mit Traktoren, die ein ausgleichendes Arbeitseinkommen suchen, Einsatz von weiterentwickelten Kurzstreckenseilkränen, Erleichterung des Pferdeinsatzes durch moderne Hilfsgeräte usw.

Schluß: Auch im Gebirgswaldbau bestehen bei voller Rücksichtnahme auf soziale Funktionen Möglichkeiten zur Teilmechanisierung, die ohne generelle Wegerschließung in bisheriger Intensität nicht genutzt werden können. Vorurteilslos sollte der Waldbauer gemeinsam mit dem Nutzungstechniker Möglichkeiten und Grenzen der Mechanisierung abstecken. Erwünscht sind waldbaulich vor allem nutzungstechnische Dauerlösungen, die aber ohne korporatives Zusammengehen kaum zu verwirklichen sind, ebenso wie jedes Anstreben einer höheren Mechanisierungsstufe oder die optimale Lösung durch vertikale Integration. In den nur bedingt mechanisierungstauglichen Gebieten der Gebirgsforstwirtschaft sind alle sich bietenden Rationalisierungsmöglichkeiten durch entsprechende Weiterentwicklung der bisherigen Verfahren auszuschöpfen, um die forstbetrieblichen Arbeiten weiterhin durchführen zu können.

Résumé

L'utilisation appropriée de machines en sylviculture de montagne

En Europe centrale, la gestion des forêts de montagne est beaucoup plus limitée dans sa liberté de disposition que celle des forêts de plaine, car, à côté d'une production de bois sur des sols forestiers que l'évolution rend de plus en plus marginaux, les diverses fonctions sociales de ces forêts de montagne s'accroissent continuellement. En raison de l'incertitude de l'évolution future, seul un *but sylvicole* constant et adaptable à chaque évolution possible, ainsi qu'à différentes intensités de gestion, entre en ligne de compte. Ce but peut être énoncé comme suit: des forêts naturelles, productives, à rendement soutenu et dont la stabilité bio-écologique et celle de la structure des peuplements sont assurées. La *technique des exploitations* doit tenir compte de cette forme de production fixée à moyen et à long terme, et elle doit s'adapter, non pas aux conditions momentanées, mais à l'évolution future. Le technicien des exploitations s'efforcera donc de définir clairement les tendances de cette évolution et planifiera à longue échéance. Quant à un retour au système des coupes rases de forêts résineuses et équiennes de l'époque préindustrielle, ce serait la négation de toutes les mauvaises expériences qui ont conduit finalement en Europe centrale à la constitution d'une économie forestière à rendement soutenu.

Etant donné qu'il serait dangereux de sauter des étapes d'une évolution, la *mécanisation totale* de la sylviculture de montagne, quelques exceptions mises à part, n'entre pas en discussion, car les conditions essentielles à sa réalisation font défaut, à savoir : les conditions de propriété qui sont trop morcelées, la densité et l'état de la desserte qui sont insuffisants, et l'absence en raison des conditions géomorphologiques de grandes surfaces uniformes.

Même une *mécanisation partielle*, par exemple un débardage combiné à l'aide de tracteurs articulés et de câbles-grues à faible portée, est dépendante du relief et n'est réalisable que sur des fractions seulement de la surface des entreprises forestières de montagne ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$). A longue échéance cependant, une telle mécanisation partielle, tenant compte des exigences du rendement soutenu, est souhaitable du point de vue de la gestion. Mais elle exige d'abord une association coopérative des grandes et moyennes entreprises afin d'utiliser les machines acquises d'une façon rentable et de diminuer les frais d'investissement. Quant aux moyennes et petites entreprises, elles feront appel, à l'avenir, facultativement à des entrepreneurs, par exemple à la manière pratiquée actuellement pour l'utilisation des différents dozers dans les constructions routières. Le plan d'utilisation des machines a, aussi bien du point de vue de la technique de l'exploitation que de la sylviculture, une grande importance. Les possibilités optimales et les limites d'une mécanisation partielle devraient être déterminées, à l'aide d'entreprises témoins représentatives, par des sylviculteurs expérimentés et des techniciens des exploitations établissant en commun des plans d'utilisation de machines. Dans ces essais, l'ensemble de la gestion devra toujours être prise en considération d'une manière critique, car le plus haut degré de mécanisation n'est pas toujours le plus rentable.

En conclusion, l'auteur affirme que, même en tenant pleinement compte de leurs fonctions sociales, la sylviculture des forêts de montagne offre des possibilités à la mécanisation partielle, à condition cependant que leur desserte soit activement développée. Dans toutes les régions montagneuses où une mécanisation n'est que très partiellement réalisable, il est nécessaire de perfectionner et de rationaliser les techniques utilisées jusqu'à présent afin de pouvoir continuer à y exécuter les travaux forestiers indispensables.

Traduction Farron

Literatur

- Behrndt, W.*: Weitere Mechanisierung der forstlichen Arbeitswirtschaft in deutsch-schweizerischer Zusammenarbeit. Allg. Forstztschr., 1969
- Flachberger, K.*: Die mechanisierte Holzerzeugung im obersteirischen Windwurfgebiet. Allg. Forstztg., 1968
- Fraundorfer, R.*: Betriebswirtschaftliche Analyse in der Forstwirtschaft. Holz-Kurier, 1967
- Fraundorfer, R.*: Prognose über die wirtschaftliche Entwicklung der Forstwirtschaft Österreichs bis zum Jahre 1975. Forstarchiv, 1968
- Häberle, S.*, Aktuelle Ansatzpunkte zur Rationalisierung der forstlichen Rohholzerzeugung. Holz-Zbl., 1968
- Hafner, F.*: Rationalisierung, Personaleinsparung, Mechanisierung. Gedanken zu neueren Tendenzen und Entwicklungen. Allg. Forstztg., 1969
- Kaufmann, G. v.*: Gedanken eines Forstamtsleiters zur vollmechanisierten Holzwerbung im Gebirge. Allg. Forstztg., 1969

- Kopetz, H.:* Risiko, Unsicherheit und wirtschaftliche Entscheidungen. Der Förderungsdienst, 1968
- Kratzer, H.:* Mechanisierung und Produktivitätssteigerung im Forstbetrieb. Holz-Kurier, 1969
- Lamprecht, H.:* Einige waldbau-ökologische Überlegungen aus überregionaler Sicht. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1969
- Leibundgut, H.:* Das Problem der Gebirgshilfe. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1956
- Leibundgut, H.:* Walderschließung als Voraussetzung für den Waldbau. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1961
- Leitner, K.:* Rückblick auf die Sturmholzaufarbeitung bei den Österreichischen Bundesforsten. Allg. Forstztg., 1968
- Mayer, H.:* Waldbauliche Probleme in nadelbaumreichen Wäldern. Allg. Forstztg., 1968
- Mayer, H.:* Forstbetriebliche Aspekte der Walderschließung. Holz-Kurier, 1968
- Mayer, H.:* Langfristige waldbauliche Betriebsrationalisierung. Allg. Forstztzshr., 1968
- Mayer, H.:* Kurzfristige waldbauliche Betriebsrationalisierung. Allg. Forstztzshr., 1969
- Mayer, H.:* Waldbauliche Rationalisierung und forstbetriebliche Investitionsplanung. Allg. Forstztzshr., 1969
- Nesterov, W.:* Natürliche und programmierte Wälder. In: Aktuelle Probleme der Kiefernwirtschaft. Dtsch. Akad. d. Landw. Wiss. z. Berlin, Tagungsber. Nr. 75, Berlin 1965
- Neuber, B.:* Mechanische Holzernte und Forstaufschließung. Holz-Kurier, 1969
- Niesslein, E.:* Betriebsstruktur, Betriebsorganisation und Maschineneinsatz im Bereich der privaten Großbetriebe. Referat anläßl. der Großdemonstration moderner schwedischer Holzerntemethoden in Großreifling. 1968
- Niesslein, E.:* Betriebsorganisatorische Erfordernisse einer mechanisierten Forstwirtschaft. Holz-Kurier, 1969
- Österreichische Bundesforste:* Holzerntezug im Hochgebirge. Holz-Kurier, 1969
- Pestal, E.:* Zur Rationalisierung der Holzernte mit Knickschleppern. Holz-Kurier, 1968
- Pestal, E.:* Forstwegbau unter Berücksichtigung der Knickschlepperrückung und mechanisierten Entrindung. Allg. Forstztg., 1968
- Piest, K.:* Grundsätze der Walderschließung unter Berücksichtigung der modernen Bringungstechnik. Forstarchiv, 1967
- Richter, J.:* Waldbau und Mechanisierung. Der Forst- u. Holzwirt, 1969
- Ritter, H.:* Investitionsentscheidungen im Forstbetrieb. Allg. Forstztzshr., 1969
- Speidel, G., Dummel, K., Mayer, R., u. Vollmer, V.:* Die Bildung von Intensitätsstufen als Mittel zur Rationalisierung der Forstbetriebe. Allg. Forstztzshr., 1969
- Splechtna, K.:* Knickschlepper im Gebirgsrevier. Holz-Kurier, 1968
- Splechtna, K.:* Leistung und Kosten der Knickschlepperarbeit. Holz-Kurier, 1969
- Steinlin, J.:* Die Beeinflussung der Arbeitsproduktivität durch Produktionsverfahren und Betriebsorganisation. In: Möglichkeiten optimaler Betriebsgestaltung in der Forstwirtschaft. München-Basel-Wien, 1968
- Steinlin, J.:* Möglichkeiten und Grenzen der Mechanisierung der Forstwirtschaft. Holz-Kurier, 1969
- Vyplél, K.:* Rationalisierung im Großbetrieb. Möglichkeiten, Erfolg und Aussichten. Holz-Kurier, 1969