

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 123 (1972)
Heft: 1

Artikel: Waldbau und Technik im Gebirge
Autor: Mayer, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765033>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.04.2026

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

Waldbau und Technik im Gebirge

Von *H. Mayer*

Oxf.: 37:23:24

(Waldbau-Institut an der Hochschule für Bodenkultur in Wien)

Veranstaltet vom ECE-FAO- und ILO-Joint Committee on Forest working Techniques and Training of Forest Workers fand vom 30. August bis 11. September 1971 in Krasnodar (UdSSR) ein «Symposium on forest operations in mountainous regions» statt mit anschließender Exkursion in den Westkaukasus. Aus 26 Ländern kamen 130 Experten, um über den gegenwärtigen Stand der Forsttechnik im Gebirgswald zu berichten und künftige Entwicklungstendenzen aufzuzeigen. Rund 1000 Seiten umfassten die eingesandten 95 Referate, dazu kommen noch etwa 25 Kurzfilme. Dank der ausgezeichneten organisatorischen Abwicklung des Symposiums, das unter der bewährten Leitung von Prof. Dr. Ivar *Samset* (Oslo), dem derzeitigen Präsidenten der IUFRO, stand, gelang es, in einer Woche einen repräsentativen Überblick über diesen vielschichtigen Fragenkomplex zu erarbeiten: Beurteilung des Geländes für Bringungssysteme, ökonomische Aspekte bei der Planung von Bringungsanlagen; technische Berechnungsmethoden, Ausrüstung und Systeme von Seilbringungsanlagen für verschiedene Entfernungen; Rad- und Raupenschlepper im Steilgelände; Holzbringung mit Hubschraubern und Ballonseilkrananlagen; Sicherheit und Gesundheit der Forstarbeit im Gebirge; waldbauliche und forstschutzkundliche Aspekte. Über technische Ergebnisse dieses Symposiums hat *Hafner* (Allgemeine Forstzeitung Wien, 1971, Folge 12) berichtet.

Der Leiter der IUFRO-Arbeitsgruppe Gebirgswaldbau war als Gast zu diesem Symposium eingeladen, um die waldbaulichen Probleme bei forsttechnischen Arbeiten im Gebirge aufzuzeigen, von der primären Produktionsstufe aus zu den Ergebnissen Stellung zu nehmen und waldbauliche Anregungen für die forsttechnische Weiterentwicklung zu geben, damit zukünftig Waldpflege und Holznutzung optimaler als bisher aufeinander abgestimmt werden können. Als ökologisch ausgerichteter Waldbauer mit etwas skeptischen Erwartungen zu diesem Symposium technischer Spezialisten gekommen, ergab sich dank der aufgeschlossenen und zukunftsorientierten Schau des Vorsitzenden ein interessanter und fruchtbarer interdisziplinärer Dialog. Beim Symposium eröffneten sich eine Reihe zukunftsweisender Aspekte für die Gebirgsforstwirtschaft. Aus der Fülle der behandelten Materie sollen einige forsttechnische Probleme herausgegriffen werden, die direkt und indirekt für den Waldbau von Bedeutung sind.

1. Entwicklungstendenzen im Gebirgswaldbau

In einem grundsätzlichen Referat für das Symposium wurden aus mitteleuropäischer Sicht folgende Problemkreise mit Schwerpunkt behandelt (Mayer, 1971): Die heutigen forstgesetzlichen Bewirtschaftungseinschränkungen sind die Folge früherer exploitativer Nutzungen mit all ihren Folgeerscheinungen. Nach den Fortschritten in der waldkundlichen Grundlagenforschung führt nur ein soziologisch-ökologisch fundierter Waldbau im Gebirge langfristig zum Ziele. Eine kombinierte, wechselnd abgestufte Ertrags- und Schutzwaldbewirtschaftung wird in Zukunft bei expandierenden Sozialfunktionen unerlässlich sein. Spezielle Waldbauziele können nur standorts- und bestandes-individuell im Rahmen der allgemeinen Zielsetzung abgeklärt werden. Zwecks ökonomischer Rationalisierung sind die natürlichen Wuchskräfte unter weitgehender biologischer Produktionsautomatisierung konsequent auszunützen, um naturnahe, mit geringen Steuerungseingriffen sich selbst erhaltende, dauerleistungsfähige Bestockungen aufzubauen. Die erste waldbauliche Intensivierungsmassnahme im Gebirge ist eine generell geplante ausreichende Grob- und Feinerschliessung. Leitender Gesichtspunkt bei der Mechanisierung von Bestandespflege und Verjüngungsnutzung im fahrbaren und nichtfahrbaren Gelände ist ein Einsatz der Forsttechnik, der die ökologisch-biologischen Notwendigkeiten des Waldbaues berücksichtigt und die standörtliche Nachhaltigkeit sowie die produktionstechnische Dauerleistung garantiert. Bei der Bestandespflege besteht der grösste Nachholbedarf. Durch die Wegerschliessung der letzten Jahrzehnte ergibt sich eine grundsätzliche Umstellung des Verjüngungsbetriebes. Dies wurde am Beispiel von Fichten-Tannen-Buchenwaldstandorten aufgezeigt. Abschliessend wurden einige wesentliche Schwerpunktprobleme behandelt, die teilweise ebenfalls mit einer weiterentwickelten Forsttechnik leichter zu lösen sind: Verjüngung überalterter Schutzwälder, Hochlagenaufforstungen zur Wiederherstellung der Waldkrone, Verkleinerung der Diskrepanz zwischen wünschenswerten waldbaulichen Optimallösungen und realisierbaren Ersatzlösungen in der Praxis des Gebirgswaldbaues (Lösung der Wildfrage).

Über die im Referat bereits aufgezeigten gemeinsamen waldbaulichen und nutzungstechnischen Probleme hinaus soll nun geklärt werden, welche Folgerungen sich aus der technischen Entwicklung für den Gebirgswaldbau ergeben. Anlässlich der Schlussitzung des Symposiums in Krasnodar wurden bereits einige allgemeine waldbauliche Schlussfolgerungen gezogen (Silviculture and the use of machines in the mountain forests, Mayer, 1971).

2. Spezielle waldbauliche und forstschutzkundliche Aspekte der Forsttechnik im Gebirge

Verschiedene Referate zu diesem Problemkreis schneiden bei der Standortsabhängigkeit des Waldbaues neben spezifisch lokalen auch allgemein interessierende Fragen an.

Braathe (Norwegen) untersucht die Möglichkeit einer Verringerung der Durchforstungseingriffe unter schwierigen bringungstechnischen und ökonomischen Verhältnissen. In den borealen Fichtenwäldern Skandinaviens, die relativ stammzahlarm nur mittlere Höhen (22—26 m) erreichen, sind mindestens zwei, auf besseren Standorten 3 (4) Durchforstungen erforderlich, um annähernd das Produktionsziel (hoher Ertrag, Ausnützung des Wuchspotentials, gute Qualität, grösserer verwertbarer Holzanfall, bestandesstrukturelle Stabilität) zu erreichen. Er stellt ausdrücklich fest, dass es sich dabei um eine durch äussere Umstände erzwungene, noch zu vertretende Ersatzlösung handelt. In wüchsigeren, stammzahlreichen, vor allem gemischten Gebirgswäldern kann deshalb nur eine intensivere und kontinuierliche Bestandespflege ohne zu langem Durchforstungsturnus, der standorts- und bestandesindividuell abzuleiten ist, zu einer Optimierung der Produktion führen. Ohne Bestandespflege in frühen Entwicklungsphasen potenzieren sich später die waldbaulichen, technischen und ökonomischen Schwierigkeiten. Im Gebirgswald ist der sogenannte «unrentable» Bestandeseingriff im Jungbestand (Dickungsstadium) letztlich durch die entscheidende Wertsteigerung der «effektivste». Dies ist betriebswirtschaftlich bisher nicht zu belegen.

Sofronov (UdSSR) vertrat die Notwendigkeit der kontinuierlichen progressiven und selektiven Nutzung in den Gebirgswäldern des Kaukasus mit kombinierter Zielsetzung, wobei ohne Intensivierung der Wiederaufforstungsarbeiten keine Nachhaltigkeit erreicht wird. Der enge Kontakt zwischen Praxis und Wissenschaft soll der Aktivierung der biologischen Produktion dienen.

Schwierige Probleme bestehen bei der waldbaulichen Behandlung der überwiegend aus Aufforstungen entstandenen Nadelwälder mit *Cryptomeria japonica* und *Chamaecyparis obtusa* in Japan, die durchwegs sehr steiles Gelände bestocken (*Satoo, Moroto, Japan*). Extreme sommerliche Starkregen fördern die Erosion (Erdrutsche), und austrocknende kalte Winterwinde bringen viele Jungpflanzen zum Absterben, so dass der ökonomisch erscheinende Grosskahlschlag verlassen werden musste, obwohl die verwendeten Nadelbäume auf Freiflächen einen gewissen Pionierbaumcharakter aufweisen. Längere Umtriebszeit, intensivere Bestandespflege, schmale Saumschläge, Windschutz durch den vorgelagerten Altbestand einerseits und ein dichtes Wegenetz (60 lfm/ha), schmale Traktorwege wegen der Steilheit dominierend, kleine Knickschlepper und Einsatz von Seilförderungsanlagen andererseits ermöglichen eine optimale Waldbewirtschaftung mit besonderer Begünstigung der Verjüngung. Auch hier wird der lokal zu erarbeitende Kompromiss zwischen unabdingbaren biologischen Notwendigkeiten und wirtschaftlichen Möglichkeiten klar ersichtlich.

Dolezal (CSSR) zeigt am Beispiel der Wahl verschiedener waldbaulicher Behandlungsverfahren im Gebirgswald, welche Konsequenzen sich für die Nutzung und Bringung ergeben, in dem Bestreben, biologische, technische

und ökonomische Erfordernisse zu harmonisieren. Verjüngungshiebe, Ausführung, Form, Zahl und horizontale oder vertikale Form des Arbeitsfeldes, ferner der spezielle und allgemeine Verjüngungszeitraum werden näher beschrieben. Je nach Standort und Waldgesellschaft, Baumarten und Verjüngungsziel kommen Femel-, Schirm- und auch kleinflächenweiser Saumschlag in Frage. Der Phasenablauf der einzelnen Verfahren wird den technischen Anforderungen der neuen Bringungsmethoden angepasst (Seilkran, Schlepper), wobei die Langbaumbringung neue Anforderungen stellt.

Behrndt (DBR) behandelt biologische und technische Aspekte für die mechanisierte Aufforstung in Gebirgswaldstandorten. Verschiedene Methoden der Bodenvorbereitung mit den eingesetzten Maschinen werden in ihrer Auswirkung auf das Wurzelwachstum der kultivierten Pflanzen näher untersucht. In steileren Lagen scheidet vorläufig auch die mechanisierte plätze-weise Bodenverwundung mit gleichzeitiger Pflanzung aus.

Von *Khanbekov, Nedvetski* (UdSSR) wird die unterschiedliche Verjüngungspotenz in buchen- und tannenreichen Gebirgswäldern in Abhängigkeit von Vegetationstyp, Höhenlage und Schlussgrad sowie Hiebsart (Schirmschlag, Einzelstammnutzung) beschrieben. Zunehmende Nutzungsintensität verhindert eine ausreichende Regeneration und vermindert die Schutzwirkung. Ein langfristiger Schirm- und Femelschlag beeinflusst positiv den Wasserhaushalt und die Schutzfunktion des Waldes.

Swanston (USA) untersucht eingehend die Hangstabilität und die verschiedenen Formen der Erosion. Grosses Gefälle (über 50 Prozent), hohe Bodenfeuchtigkeit und extensive Niederschläge begünstigen Hangabbrüche. Für die Auslösung spielt auch die Holzbringung eine wichtige Rolle durch Wurzelverletzung, Bodenverdichtung, Zerstörung der Vegetation und Verlegung von Entwässerungsgräben. Strassenbauten im Steilgelände führen vielfach zur Entstehung tal- und bergseitiger Rutschungen. Methoden für die Ausscheidung gefährdeter Gebiete und zur Verhinderung von Abbrüchen werden abschliessend beschrieben.

Poncet (Frankreich) behandelt die Gebirgswaldbewirtschaftung unter dem Gesichtspunkt der Erosion (Steinschlag, Muren, Lawinen). In der Vielzahl-Gebirgsforstwirtschaft muss eine lokale Rangfolge der wichtigsten Funktionen erarbeitet werden. Unzweckmässige Waldbewirtschaftung früherer Zeiten wirkt sich noch lange negativ auf den Wasserhaushalt aus. Die Bringungsanlagen (Wegbau, Seilkräne, Traktor) müssen unter Berücksichtigung hydrogeologischer Faktoren entsprechend der unterschiedlichen Erosionsgefährdung geplant werden. Entscheidend für den Erosionsschutz sind Wälder im ökologischen Gleichgewicht, die durch naturnahe Waldbaumethoden behandelt werden. Die Planung von Nutzungen nach Art, Intensität, Wiederkehr usw. muss in erosionsgefährdeten Gebieten besonders sorgfältig sein, wobei plenterartige Eingriffe eine wesentliche Rolle spielen.

Kronfellner-Kraus (Österreich) referierte über Gebirgswaldbewirtschaftung aus der Sicht der Wildbach- und Lawinenverbauung. Zu schwere Knickschlepper zerstören die Bodenstruktur und können erhebliche Erosionsschäden hervorrufen. Durch unzweckmässige flächige Wegentwässerung mit Auslösung von Rutschungen kann die Gefährdung durch Wildbäche infolge aussergewöhnlicher Materialzufuhr ganz erheblich gesteigert werden. In steilem und erosionsgefährdetem Gelände sollte auf die Strassenerschliessung zugunsten von Seilkranbringungsanlagen verzichtet werden.

3. Zielsetzungen im Gebirgswaldbau

Referate, instruktive Filme sowie Konstruktion und Anwendung verschiedener Bringungssysteme lassen gegenwärtig zwei gegensätzliche Methoden der Gebirgswaldbewirtschaftung erkennen, die durch Übergänge miteinander verbunden sind.

a) *Exploitativer Grossflächen-Kahlschlagbetrieb*

Bei einseitiger Minimierung der Nutzungskosten unter ausgeprägt privatwirtschaftlichen Maximen werden ohne Berücksichtigung der nachhaltigen standörtlichen Produktionskraft die Naturwälder in einem grossflächigen Kahlschlagbetrieb genutzt, wodurch das natürliche Produktionskapital der Naturwaldbestockung so weitgehend abgebaut wird, dass in der Regel nur durch künstliche Kulturmassnahmen oder durch stark verzögerte und unvollständige Naturbesamung Zweitwuchsbestände entstehen, die nicht die Leistungsfähigkeit der Naturwaldbestockung erreichen (Beispiele: nördlicher borealer Nadelwald, Tropen). Die exploitative Forstwirtschaft hat im Gebirge nur durch die wesentlich grösseren Bringungsschwierigkeiten und -kosten nicht jenes Ausmass angenommen, wie zum Beispiel in den borealen Nadelwäldern der nördlichen Halbkugel oder im tropischen oder subtropischen Laubwaldgebiet.

Aus sehr unterschiedlichen Gründen zeigt der exploitative Grossflächen-Kahlschlagbetrieb heute rückläufige Tendenz:

Durch rapiden Rückgang der leichter zu erschliessenden Naturwälder lassen sich viele Reste bei der heutigen Preis-Kosten-Situation durch Exploitation nicht mehr gewinnbringend nutzen.

Die exploitative Nutzung auf grossen Flächen mit hohem technischen Aufwand führte zum weitgehenden Abbau der Holzreserven, wodurch Holz-mangel nach Abbau der zunächst unerschöpflich erscheinenden Natur-schätze fühlbar wird. Versorgungsschwierigkeiten in den oft vertikal integrierten holzwirtschaftlichen Betrieben zwingen zum Übergang und Aufbau eines nachhaltigen Forstwirtschaftsbetriebes. Gezielte Bestandesbegründung, Einführung von Durchforstungen und Walddüngung zur schnelleren Überbrückung des Holz-mangels kennzeichnen vielfach den Beginn eines Nach-

haltsbetriebes (zum Beispiel *Morgan*, 1970, *Sommer*, USA, Weyerhäuser Company).

Der exploitative Grosskahlschlagbetrieb hat in vielen Fällen zu erheblichen Umweltschäden geführt: Erosion, Überschwemmungen, Gefährdungen des Wasserhaushaltes, Störungen des Wasserregimes. Mit zunehmender Bevölkerungsdichte spielen die Sozialfunktionen vor allem im für die Erholung prädestinierten Gebirgswald eine immer grössere Rolle, um so mehr als Folgeschäden dann auf Kosten der Allgemeinheit saniert werden müssen. Unter dem Zwang der öffentlichen Meinung, die die unbedachtsame Zerstörung der Wälder zunehmend als eine umweltgefährdende Massnahme betrachtet (Beispiele: USA, Philippinen), ergeben sich zwangsläufige Rückwirkungen auf die Nutzungsverfahren, wodurch indirekt ökologisch-biologisch zweckmässigere Massnahmen erzwungen werden. Trotz Intensivierung der Holznutzung zur Deckung des sich rapid ausweitenden Holzbedarfes sind in Zukunft verstärkt Bedürfnisse der Erholungsfunktion, des Landschaftsschutzes und der Wasserproduktion zu berücksichtigen.

Mit einer Erschöpfung der Naturwaldschätze und einem drohenden Holzangel wird auch die beim Kahlschlagbetrieb übliche kurzfristige ökonomische Betrachtungsweise wesentlich langfristiger. Durch die Exploitation wird das natürliche Produktionskapital (Bodengüte, Mischbestockung, Verjüngungspotenz, übernahmefähiger Jungwuchs) unökonomisch vergeudet. Bewertet man diese Verluste vollständig mit allen sekundären Hypothesen, künftigen Aufwendungen für kostspielige Umwandlungsmassnahmen und notwendigen künstlichen Ertragssteigerungsmassnahmen, dann ist die Exploitation als ausgesprochen unökonomische Kapitalverschleuderung zu beurteilen, die bei längerfristiger nachhaltiger Betrachtung betriebsgefährdend und leistungsmindernd ist.

Der exploitative Grossflächen-Kahlschlagbetrieb im Gebirge ist
standörtlich (Rückgang der Standortsgüter),
waldkundlich (Vernichtung des Naturwaldpotentials),
waldbaulich (Verlust der Selbstregeneration),
ökonomisch (Verschleuderung von Naturschätzen) und
umweltkundlich (Zerstörung des Landschaftscharakters mit negativen
Folgerscheinungen),

also aus gewichtigen Gründen nicht vertretbar. Trotzdem wird er heute noch weithin angewendet. Forstgeschichtliche Lehren, aus denen man die zwangsläufige Entwicklung folgern kann, scheinen nicht angewendet zu werden. Nur die eigene negative Erfahrung macht offenbar klüger und zwingt zur entscheidenden Umorientierung von kurzfristiger (mehr privatwirtschaftlicher) zur längerfristigen (mehr allgemeinwirtschaftlichen) Schau. Dieser beinahe zwangsläufig erscheinende Entwicklungsmechanismus ist zum Teil ökonomisch bedingt, da der kostenlose «Ertrag» der Naturwaldproduktion lediglich zum primären Aufbau der für die Nachhaltigkeit erforderlichen forstbe-

trieblichen Infrastruktur knapp ausreicht bzw. wohl öfter aus Gründen der Gewinnoptimierung nicht höher zur Verfügung gestellt wird.

In den ostalpinen Salinenforstbetrieben des ausgehenden Mittelalters erfolgte bereits vor rund 300 Jahren der Übergang von der exploitativen zur nachhaltigen Forstwirtschaft. Eine vergleichbare Entwicklung erleben wir heute bei manchen nordamerikanischen Forstgesellschaften. Schon forstgeschichtlich ist die amerikanische und russische Form der Forstbetriebsgestaltung (Grossflächennutzung) für Mitteleuropa seit Jahrhunderten im Prinzip überholt, wenngleich moderne nutzungstechnische Einzelheiten nach entsprechender Anpassung übertragbar sind. Wegen dieser beträchtlichen Phasenverschiebung der forstwirtschaftlichen Entwicklung wird es noch Jahrzehnte dauern, bis eine ähnliche mitteleuropäische Situation in der ganzen Welt weitgehend zum forstlichen Nachhaltsbetrieb gezwungen hat und damit vergleichbare Wettbewerbsverhältnisse auf dem Weltmarkt gegeben sind. Der Übergang vom Exploitationsbetrieb zur nachhaltigen Forstwirtschaft wird in Zukunft beschleunigt werden, nicht so sehr durch zwingende ökologisch-biologische Argumente des naturbezogenen Waldbaues oder durch langfristige ökonomische Überlegungen, sondern vor allem durch die Allgemeinheit, die unbewusst und mit Recht im Rahmen des immer mehr in den Vordergrund tretenden Landschafts- und Umweltschutzes den Wald als das letzte ausreichende Sicherheit versprechende Refugium ansieht.

Vor rund 20 Jahren sagte anlässlich einer Exkursion der Schweizer Professor für Bringungswesen an der ETH Zürich, *Bagdasarjanz*: «Durch den Langstreckenseilkran wird der Waldbau aufgehängt. Wir benötigen in der Zukunft eine intensive Aufschliessung durch ein dichtes Waldstrassennetz.» Wenn wir langfristiger in die Zukunft sehen, vielleicht 20 oder 50 Jahre voraus, können wir in Abwandlung dieser Worte sagen (Mayer, 1971): «Wenn die forstlichen Manager in der Zukunft Grosskahlschläge mit schweren Maschinen machen, dann werden sie durch die Öffentlichkeit aufgehängt — heute schon im Alpenbereich und in Mitteleuropa, morgen in Europa und vielleicht schon übermorgen in der ganzen Welt. Kein Schaden an der Umwelt ist die zukünftige Parole für den Waldbau und die Forsttechnik im Gebirgswald und darüber hinaus, kein Schaden speziell in Gebieten mit Schutzwäldern im engeren und weiteren Sinne, mit Touristenverkehr oder mit anderen vielfältigen Wohlfahrtsfunktionen, kein Schaden durch die Forsttechnik aber auch in leistungsfähigeren Wäldern aus ökonomischen Gründen.»

b) Naturnaher nachhaltiger Waldbaubetrieb

Der exploitative, auch vollmechanisierte Grosskahlschlagbetrieb ist für Mitteleuropa eine überholte und veraltete Entwicklungsphase einer extensiven Waldbehandlung. Aus diesem Grunde ist eine unmittelbare Übertragung zeitgemässer technischer Einzelheiten dieses inadäquaten Nutzungssystems auf die am weitesten fortgeschrittene, also modernste Form der Wald-

behandlung, dem naturnahen nachhaltigen Waldbaubetrieb, nicht ohne weiteres möglich. Bei zunehmender kombinierter Ertrags- und Sozialwaldzielsetzung im Gebirgswald und bei relativ engen Grenzen einer ökonomischen und technischen Rationalisierung des Forstbetriebes ist eine Leistungssteigerung nur über eine fundierte biologische Rationalisierung von Dauer. Deshalb wird die perialpine bzw. mitteleuropäische Auffassung einer rationellen nachhaltigen Waldbewirtschaftung für die Zukunft wegweisend sein. Folgende Faktoren spielen für die erforderliche technische Betriebszurüstung eine entscheidende Rolle:

Erhaltung und womöglich Steigerung der standörtlichen Leistungsfähigkeit — optimale Ausnutzung des Standortpotentials durch Schwerpunktproduktion von wertvolleren und stärkeren Holzsorten — Durchführung von Bestandespflegearbeiten auf nahezu der gesamten Betriebsfläche mit zerstreutem Anfall geringwertiger Sortimente in einem langen Produktionszeitraum — kleinflächige, langfristige Verjüngungsverfahren zur Ausnutzung der natürlichen Verjüngungspotenz — konservative plenter- bis femelschlagartige Waldbehandlung in Steilhangschutzwäldern ohne Gefährdung der Restbestockung — Holzbringung unter Vermeidung von Schäden am Standort (Erosion, Bodenverdichtung) und Bestand (Bringungsschäden).

Daraus ergeben sich folgende allgemeine Folgerungen:

Jede dauernde Installation von Bringungsanlagen ist temporären vorzuziehen. Durch die Wichtigkeit der langfristigen Bestandespflege und des ertragsentscheidenden künftigen Bestandesperwartungswertes spielt die ständige Wegerschliessung im Vergleich zum mobilen Aufschluss mit Fahrzeugen eine entscheidende Rolle. Von der Aufgabenerstellung (selektive Pflegeaufgaben, mehr konzentrierte Verjüngungsnutzungen) und vom Holzfall her gesehen (Schwachholz, Mittelholz, Starkholz) ist also der Einsatz unterschiedlich dimensionierter Maschinen und Systeme notwendig. Besondere konstruktive Anforderungen ergeben sich durch Forderungen wie mobile Einsatzfähigkeit durch raschen Auf- und Abbau, geringe variable und fixe Kostenbelastung bei Nutzung lokal zerstreuter und geringer Anfälle und leichte Transportierbarkeit im Steilgelände sowie höchstmögliche Schadenverhütung.

4. Walderschliessung und Produktion

Im Gebirge kennzeichnen zwei Extreme eine meist aussetzende, im eigentlichen Sinne nicht nachhaltige Waldbewirtschaftung: Bei mangelnder Aufschliessung und erschwerter Bringung werden durch gelegentliche konservative Nutzungen in den günstigsten Lagen Reserven angehäuft; lässt durch unterlassene Pflege die Qualität zu wünschen übrig, wird die Produktionskapazität ungenügend ausgenutzt und durch drohende Überalterung der Gebirgswälder eine spätere Krisenlage hervorgerufen. Häufiger ist eine intermittierende exploitationsähnliche Bewirtschaftung durch vorübergehende Aufstellung von aufwendigeren Bringungsanlagen, die nur durch

konzentrierte Kahlschlagnutzungen rentabel eingesetzt werden können. Die primäre Voraussetzung für eine nachhaltige Gebirgswaldbewirtschaftung ist deshalb eine ständige Grob- und Feinerschliessung von ausreichender Dichte. Deshalb kann der Wegbau als erste waldbauliche Intensivierungsmassnahme bezeichnet werden.

a) Grundsätzliche Aufschliessungsplanung

Produktionstechnisch ist das zweckmässige Verhältnis zwischen der Erschliessung mittels Wege, Seilsysteme und temporärer Transporteinrichtungen von Bedeutung. Nach Hafner (Österreich) kommen Waldwegenetze bis 65 (70) Prozent Neigung in Frage; bei Verbindungswegen und Hauptzufahrtswegen zu grösseren Komplexen müssen noch steilere Neigungen in Kauf genommen werden. An sehr steilen Hängen, insbesondere bei felsigem Gelände, sind auch die Folgen des Wegbaues in den darunterliegenden Beständen einzukalkulieren. Auch die Leistungsfähigkeit der Steilhangwälder (Schutzwirkung) wird ein begrenzender Faktor sein, so dass im Steilgelände von Aufschliessungswegen aus operierende Kurz- und Mittelstreckenseilkräne eine notwendige Ergänzung darstellen. Sie erfordern einen konzentrierteren Holzanfall. Wird dieser in schwer aufschliessbarem Gelände unterschritten, so kämen spezielle Bringungsmethoden (zum Beispiel Hub-schrauber, Ballonseilkransysteme) in Betracht (Neff, USA).

Als Hilfsmittel zur ausgewogenen grundsätzlichen Aufschliessungsplanung entwickelte Samset (Norwegen) eine beschreibende lokale Geländeklassifikation in Verbindung mit einer funktionellen Geländebeschreibung nach Wegdichte, Rückeentfernung, fahrbarem und nichtfahrbarem Gelände, Tragfähigkeit des Bodens. Rechsteiner (BRD) vertrat eine dynamische Klassifikation, die der technischen Entwicklung angepasst werden kann, wobei das Gelände (Geländegeometrie) eine besondere Rolle spielt. Bei der Planung von Transportanlagen und Wegenetzen sollen alle modernen Hilfsmittel eingesetzt werden, zum Beispiel Luftbilder (Belyaev, UdSSR; Skramo, Norwegen), Computer (Craig, Kanada); dazu gehören aber auch moderne Standorts- und Vegetationskarten.

b) Generelle Wegbauplanung

Bringungstechnische Gründe dürfen nicht allein für die Erschliessungsplanung massgebend sein. Es gilt auch produktionstechnische Momente zu berücksichtigen, wie zum Beispiel Labilität und Stabilität der geologischen Unterlage, standörtliche Leistungsfähigkeit, bestandes-individuelle Potenz (Massen- und Wertleistung der lokalen Bestandestypen, Wertholzstandorte usw.). Deshalb ist bei der Wegbauplanung über die allgemeine technische Rahmenvorstellung hinaus eine standorts- und auch bestandesindividuelle (gegenwärtiger und potentieller künftiger Zustand) Anpassung der Feinplanung notwendig, um zu einer echten Optimierung wegbautechnischer, ökonomischer und waldbaulicher Gesichtspunkte zu kommen. Neben einer

bringungstechnisch statischen und dynamischen Geländeklassifikation sind auch waldbauliche Faktoren (zum Beispiel Grad der waldbaulichen Freiheit im Steilgelände, Schutzwaldbereich usw.) zu berücksichtigen.

Von besonderer Bedeutung beim Wegbau im Gebirge ist eine spezielle hydrogeologische Beurteilung der Planung (Poncet, Frankreich). Dies gilt vor allem für niederschlagsreiche Gebiete mit potentieller Hochwassergefährdung und je nach wechselnder geologischer Unterlage unterschiedlich starker Erosionsgefahr (Laatsch, 1971). Die bringungstechnisch günstigste Führung von mässig steilen Querhangwegen kann ganz entscheidend den Wasserhaushalt beeinflussen: Negativ durch überdurchschnittliche Entwässerung mit starkem Ertragsrückgang am Oberhang oder durch grundsätzliche Umstellung der Wasserführung am Unterhang, wodurch bisher stabile Standorte bei extremen Niederschlagsereignissen instabil werden — positiv durch Unterbrechung gespannter flächiger Wasserführung zugunsten der gefahrverringernenden linearen Entwässerung oder durch Dauerentwässerung labiler Standorte mit Stabilitätssteigerung.

Bei der Untersuchung von Waldabbrüchen im Osttiroler Katastrophengebiet konnte an Beispielen gezeigt werden, wie sich die Wegerschliessung positiv durch Einengung von Anbruchflächen und absolute Verhinderung von Anbrüchen, aber auch negativ durch unzuverlässige Weganlage auswirken kann (Beinsteiner, Mayer, 1970). Bei entsprechender integrierter Planung (Leibundgut, 1971) kann also der Wegbau im Gebirge eine wesentliche Massnahme im Rahmen des Umweltschutzes darstellen. Ganz entscheidend ist dabei die Entwässerung. Wenn auch vielleicht die flächige Entwässerung bei ausgeglichenen Hängen unter Umständen den Wasserhaushalt lokal verbessern kann, so ist bei drohendem extensiven Niederschlag und grösserer Erosionsgefahr eine lineare Entwässerung sinnvoller (vergleiche Hafner, Österreich). Bedenkt man ferner, dass die Erstellung eines generellen Wegnetzes gerade im Hochgebirge in felsigem Terrain ganz erhebliche Eingriffe in die Landschaft darstellt, dann ist die Forderung von Trask (USA) zu unterstützen, dass ein Team von verschiedenen Fachleuten (Forstleute, Hydrogeologen, Wegbauingenieure, Landschaftsarchitekten) bei simultanen Aufschliessungsplanungen mitwirken soll. In Mitteleuropa mit relativ kleineren Betriebsgrössen hat der Forstingenieur diese Agenden alle selbst zu vertreten, wobei die fallweise Zuziehung von Spezialisten bei schwierigen Problemen nicht ausgeschlossen werden sollte.

Der Wegbauer im Gebirgswald darf nicht nur technisch ausgebildet sein, sondern muss auch ökologisch-biologisch, standörtlich und auch waldbaulich fundierte Kenntnisse besitzen, um optimale Lösungen erarbeiten zu können.

c) *Wegdichte*

Die zweckmässige Wegdichte (LKW-fahrbare Wege) für den Gebirgswald mit überwiegender Ertragsfunktion (ohne ausgesprochene Schutzwäl-

der) hängt von so vielen Faktoren ab, dass folgende Zahlenwerte nur Grös-
senordnungen bedeuten können:

Wegdichte lfm/ha

10—20 (30)	60 bis 90 lfm Knickschlepperwege zusätzlich	Pestal 1968
10—20	Aufschliessungsbeginn	Morosanu (Rumänien)
7—10	Schlepperbringung	Sanktjohanser 1970
15—25	Steilgelände	Sanktjohanser 1970
20	steileres Berggelände	Croisé (Frankreich)
20	extensivere Bewirtschaftung	Hafner (Österreich)
8—20	schwach geneigt 100 lfm Rückewege	Giordano 1970
20—30	mittelsteil, 60 bis 80 lfm Rückewege	Giordano 1970
20	sehr steil, Seilkräne	Giordano 1970
30—40	intensivere Bewirtschaftung	Hafner (Österreich)
30—40	nachhaltiger Betrieb	O'Leary (USA)
40	Groberschliessung 100 bis 120 lfm/ha	Piest (BRD)
60	wirtschaftlich optimal	Schäfer 1971
70	hohe Intensitätsstufe	Hohenlohe- Waldenburg 1967

Die mitgeteilten Werte streuen erheblich. Rein bringungstechnisch genü-
gen zum vorübergehenden, ausschliesslich optimalen Maschineneinsatz (zum
Beispiel Knickschlepper) bei exploitationsähnlichem Kahlschlag 10 lfm/ha
LKW-fahrbare Wege mit zusätzlichen nicht weiter ausgebauten Knickschlep-
perwegen. Eine Aufschliessungsintensität von rund 20 lfm/ha ermöglicht nur
eine extensivere Bewirtschaftung. Von vielen Bringungsexperten werden 30
bis 40 lfm/ha bei mittlerer Steilheit des Geländes als bringungstechnisch
optimale Dichte für LKW-fahrbare Strassen genannt. In besonders intensiv
bewirtschafteten kleineren Betrieben hoher Massen- und Wertleistung kön-
nen auch 50 bis 70 lfm/ha als durchaus wirtschaftlich optimale Wegdichte
angesehen werden.

Mit einer Strassenerschliessung von rund 30 bis 40 lfm/ha ist im Gebirge
ein nachhaltiger Forstbetrieb möglich. Bei der Ableitung der ökonomisch
optimalen Wegdichte ist zu berücksichtigen, dass im Nachhaltsbetrieb die
Nutzungsfrequenz der Wege nur etwa $\frac{1}{5}$ reine Transportaufgaben umfasst
(Leibundgut, 1961). Die produktionstechnische Bedeutung der Aufschlies-
sung in einem meist über 100jährigen Produktionszeitraum muss auch
ökonomisch einkalkuliert werden (Mayer, 1968), zum Beispiel mögliche
Ertragssteigerung, geringere Schäden, leichterer Forstschutz, grössere orga-
nisatorische Beweglichkeit usw. Die rein technisch orientierte Optimierung

der Wegdichte nach den niedrigsten Gesamttransportkosten (*Sanktjohanser*, 1971) stellt nur einen wesentlichen Aspekt dar.

Kalkuliert man waldbaulich die notwendige Gesamterschliessung von der Jungwuchs- bis zur Altersphase, so ergibt sich eine Gesamterschliessung von 150 bis 200 lfm/ha, wenn man die variablen, nicht weiter ausgebauten Rückelinien im Dickungsstadium mit 20 bis 30 m Abstand mitberücksichtigt. Da jede zweite Rückelinie für die Jungbestandspflege als zumindest traktorfahrbarer Rückeweg erforderlich wird, ergibt sich waldbaulich eine notwendige Groberschliessung von 100 bis 120 lfm/ha, wobei rund 40 lfm auf LKW-fahrbare Strassen, rund 60 lfm auf einfach ausgebaute Rückewege entfallen und deren Verhältnis von vielen lokalen Faktoren beeinflusst wird. Diese waldbaulich notwendige Erschliessungsdichte wird von *Piest* (1967) als Zielvorstellung genannt: 35 bis 40 lfm/ha LKW-fahrbare Wege und 50 bis 70 lfm/ha Rückewege sowie 90 bis 150 lfm/ha nicht weiter ausgebaute Rückelinien bzw. -gassen. Das ergibt eine Groberschliessung von 85 lfm (115 lfm) je ha und eine Gesamterschliessung von 175 (265) lfm/ha. Selbst beim extensiven Knickschleppereinsatz lediglich in Altbeständen sind nach *Pestal* (1968) schon 70 bis 90 lfm/ha Groberschliessung erforderlich (*Giordano* 1970; 80 bis 120 lfm/ha), so dass beim Nachhaltsbetrieb einschliesslich der jahrzehntelang dauernden Bestandespflege Werte von 100 bis 120 lfm/ha (Gesamterschliessung knapp 200 lfm/ha) durchaus begründet werden können. Nur eine langfristig konzipierte, ausreichende Grob- und intensive Detailerschliessung geben auf die Dauer die erwünschte betriebswirtschaftliche, waldbauliche, betriebsorganisatorische und nutzungstechnische Beweglichkeit.

5. Künftige Aspekte der Schutzwaldbewirtschaftung

Das wohl grösste Problem im Gebirgswaldbau stellt die Verjüngung der Schutzwälder im nichtfahrbaren Steilgelände ohne Beeinträchtigung des Schutzzweckes dar (*Mayer*, 1967). Zu den waldbaulichen Schwierigkeiten bei der Erneuerung der vielfach überalterten Hochlagenbestände gesellen sich erhebliche nutzungstechnische, da in den notwendigen Dauerbestockungen kein Schaden am verbleibenden Bestand in Kauf genommen werden darf. Für das Unterlassen der notwendigen rechtzeitigen Einleitung der Erneuerung waren vor allem auch ökonomische Überlegungen massgebend, da durch den zerstreuten Anfall geringer Mengen meist auch nicht besonders hochwertiger Sortimenten die Werbungskosten zum Teil weit über dem Erlös liegen. Wenn man aber bedenkt, dass unter Umständen in von Lawinen und Steinschlag gefährdeten und überalterten Beständen durch heutige Aufwände in Höhe von S 10 000 bis 30 000 je ha künftige notwendige technische Verbauungen im Aufwand bis 1 (3) Mill. S/ha vermieden werden können, liegt hier eines der wesentlichsten Gebirgswaldbauprobleme vor. Von der lokal sehr bedeutsamen Wildfrage abgesehen, war bisher das Bringungsproblem

entscheidend, zu dessen Lösung das Symposium hoffnungsvolle Ansätze ergab.

a) *Bringung durch Hubschrauber*

Nach ersten Versuchen in Russland (*Vinogorov, Kalutsky*) mit Hubschraubern von 1,5 t Tragkraft im Jahre 1959 und von 3 t Hubkraft im Jahre 1969 ist ein Einsatz nur in Spezialfällen möglich, wo andere wirtschaftlichere Bringungsmittel ausscheiden. Technisch ist die Bringung sowohl beim Saumschlag als auch bei Einzelstammnutzungen möglich. Wegen der Transportstabilität sind bei senkrecht hängender Last längere «halbbekronte» Stämme am günstigsten. Im Steilhangschutzwald wäre aber gerade zur Förderung der natürlichen Kadaververjüngung (wesentlich in verjüngungsträgen Gesellschaften) und zwecks Schneerückhalts eine möglichst fixierte Querlagerung des bekronten oberen Schaftteiles zweckmässig. Es wäre zu überprüfen, welche ökonomischen Aspekte sich aus der Nutzung lediglich des unteren und mittleren Schaftstückes ergeben.

Erfolgversprechend verliefen norwegische Versuche (*Oswald*) in den Jahren 1962, 1966 und 1969, wobei Hubschrauber mit 1,6 t (2,3 m³ Last, Bell), 2,5 t (3,5 m³, Sikorsky) und 9,0 t Hubkraft (12,8 m³, MI-6) eingesetzt wurden. Die Transportkosten waren davon unabhängig annähernd dieselben. Kleinere Hubschrauber können effektiver eingesetzt werden, da eine kleinere Ladung leichter zu sammeln und zu bündeln ist (*Samset, 1964*). Für die selektive Bestandespflege und den schutztechnisch erforderlichen Kleinflächen-Femelschlag erscheint die grössere Beweglichkeit des Kleinhubschraubers günstiger. Die reinen Hubschrauber-Bringungskosten beliefen sich auf rund 40 NKr/m³, das sind für eine Bringungsentfernung von 1 bis 6 km und rund 600 m Höhendistanz insgesamt 140 bis 160 öS. Da die Ergebnisse bei Flächennutzung erzielt wurden, dürfte bei selektivem oder femelschlagartigem Vorgehen die obere Grenze zutreffen. Versuche im alpinen Bereich sind erwünscht zur Absteckung der waldbaulichen Einsatzgrenzen und Abwägung der vertretbaren Bringungskosten. Für schwierige Schutzwaldstandorte mit weniger konzentriertem Holzanfall, wo die Aufstellung stationärer Anlagen an der zu hohen Fixkostenbelastung scheitert, ist die Hubschrauberbringung schon heute eine vertretbare ökonomische Alternative. Sie kann allerdings auf weniger extremen Sonderstandorten nicht mit den konservativen Bringungsverfahren konkurrieren. Betrachtet man die technische Weiterentwicklung, so ergeben sich hoffnungsvolle Aspekte für die künftige Schutzwaldbewirtschaftung. Ein nicht zu unterschätzendes Problem ist dabei die Lärmentwicklung in Fremdenverkehrs-Schwerpunktgebieten.

b) *Bringung mit Ballonseilkransystemen*

Den in gleicher Weise waldbaulich und nutzungstechnisch interessantesten Film, der betont ökologisch ausgerichtet den Umweltschutz bei der

Bringung an Steilhängen hervorhob (keine Erosion, Erhaltung der Trinkwasserqualität in Forellenbächen, szenisch gute Einfälle mit der Fischaugenkamera-Perspektive), zeigte *Mann* (USA) über das Ballonseilkransystem. Nach *O'Leary-Moscher* (USA) laufen schon seit über 15 Jahren Versuche mit fixierten oder mitgeführten Ballons als Stütznersatz zur Hochführung des Seils bei der Holzbringung über weite Entfernung. Gegenüber einem normalen Langstreckenseilkran ergeben sich eine Reihe von Vorteilen: Ganzbaumrückung durch Hochbringung ohne Schaden am Boden, an der Verjüngung oder am verbleibenden Bestand; Anwendung bei konvexem und konkavem Gelände, insbesondere bei sehr langen Bringungsdistanzen. Es wurde überzeugend demonstriert, dass mit dem Ballonseilkransystem bei hochgeführtem Tragseil plenter- und femelartige Nutzungen im Steilhanggelände in produktionstechnisch idealer Form möglich sind. Ein entscheidender Nachteil sind aber die ganz erheblichen Investitionskosten (10 Mill. S), abgesehen von einigen weiteren Schwierigkeiten (zum Beispiel grössere Windabhängigkeit, zum Teil hohe Umstellungskosten).

Die besonderen Vorteile, wie Verzicht auf Stützen, längere stützenlose Bringungsdistanz, können vielleicht bei langen, nicht aufgeschlossenen Hängen entscheidend sein (ausgedehnte Wasserschutzgebiete mit Trinkwassersperren). Gegenüber einem konservativen Einsatz von Langstreckenseilkränen mit hohen Stützen zur Kopfhochbringung ergeben sich aber keine entscheidenden wirtschaftlichen Vorteile, so dass mit zunehmender Wegdichte die Bringung mit zeitweise angemieteten Hubschraubern in der Zukunft aussichtsreicher sein dürfte. Russische Versuche (*Pikalkin*) mit kleineren Ballons und Ladungen von 0,5 t ergaben bei einer Distanz von 900 m ökonomisch vertretbare Kosten von rund 80 bis 90 S/fm, wobei noch manche biologisch-ökologischen Vorteile damit verbunden sind. Die technische Zurüstung ist für mitteleuropäische Verhältnisse vorerst noch zu schwer. Ballonseilkransysteme in der modernen Form mit beweglichem Ballon sind «ökonomisch» dort einsetzbar, wo entlang ausgedehnter, sehr kupierter Hänge mit grossem, zerstreutem Anfall stärkeren Holzes bei Femelschlagnutzung ein besonders ausgeprägter Schutzwaldcharakter gegeben ist; zum Beispiel Einzugsgebiet von Staubecken und Trinkwasserreservoirs, Steinschlag- und Lawinenschutzwälder, also bei besonders hohem Wert der produzierten Infrastruktur (*Rasmussen*, USA).

Bringungsprobleme bei der waldbaulichen Behandlung von Schutzwäldern im nichtfahrbaren Steilgelände scheinen in nächster Zukunft gelöst zu sein vor allem durch die Bringung mit Hubschraubern, vielleicht auch durch weiterentwickelte, weniger investitionsaufwendige Ballonseilkransysteme. Damit besteht auch kein besonderer Zwang, die Wegerschliessung im Steilgelände mit letzter Konsequenz voranzutreiben, wogegen auch landschaftsschutzkundliche Bedenken sprechen. Gerade bei einem sehr schwierigen und vordringlichen waldbaulichen Problem der Zukunft, der Verjüngung

überalterter Schutzwälder, kann deshalb mit um so grösserer Intensität an die Lösung der wildbiologischen und speziellen waldbaulichen Aufgaben herangegangen werden.

6. Waldbau und Seilkransysteme

Seilkransysteme werden zukünftig mit Schwerpunkt im mobilen aussetzenden Betrieb einzusetzen sein, und zwar im bisher noch nicht mit Wegen aufgeschlossenen, steileren (teilweise sogar fahrbaren) Gelände, im nichtfahrbaren, stark geneigten Gelände als primäre Aufschliessung oder als sekundäre Bringungseinrichtung im Steilgelände zwischen Hangwegen. Über die rein technische und ökonomische Kalkulation hinaus (*Wettstein*, Schweiz), wobei auch EDV-Anlagen eingesetzt werden können (*Serb*, Rumänien), ergeben sich folgende produktionstechnische Anforderungen beim nachhaltigen Gebirgswaldbau: Einsatzmöglichkeit ab 30 bis 50 fm schwächeren Materials je Einsatzort bei der Bestandespflege, bestandesschonender Einsatz, bei Notwendigkeit vollständige Schonung erosionsanfälliger Böden, volle Einsatzfähigkeit am Steilhang bis zu den oberhalb bzw. auch unterhalb des Weges befindlichen waldbaulichen Transportgrenzen im Sinne von *Schädelin*.

Bei ausreichender Groberschliessung und bei starkem Wechsel von Ertragswäldern, wenig leistungsfähigen Schutzwäldern sowie unproduktivem Gelände (zum Beispiel ostsibirische Gebirgsforste; *Garkush*, *Ilyashenku*, UdSSR) sind die Bringungsentfernungen nur relativ gering (100 bis 300 m, evtl. 500 m) und der Holzanfall insbesondere bei der Bestandespflege, so dass nur leichtere, schnell auf- und schnell abbaubare, also leicht überstellbare Seilkräne mit möglichst geringer Fixkostenbelastung wünschenswert sind. Da je nach Bodenverhältnissen (Erosionsgefahr, Verjüngungsentwicklung) das Schleppverfahren teilweise ausscheidet und auch ein Tragseilverfahren mit Stützen erforderlich sein kann, sind mobile Seilkräne mit aufgebautem Mast am Fahrzeug auch waldbaulich von besonderem Interesse.

Daraus ergibt sich schon eine Beschränkung der anwendbaren Typen:

a) *Schwere und überschwere Langstreckenseilkräne*, wie sie beispielsweise bei der Exkursion gezeigt wurden, die relativ grosse Ladungen mit langsamer Fahrt bewältigen und durch sehr langwierigen Auf- und Abbau sowie hohe Investitionskosten einen Mindestanfall von 1000 bis 3000 fm benötigen, sind exploitationsfördernd und zwingen zu Flächennutzungen mit allen produktionstechnischen Nachteilen (vergleiche Bagdasarjanz). Sie kommen ausnahmsweise im Nachhaltsbetrieb als Daueranlage dann in Frage, wenn durch übermässige Wegschwierigkeiten eine andere Erschliessung nicht möglich ist. Als langfristig kalkulierte Daueranlage sind sie dann waldbaugerecht einzusetzen.

b) *Mittel- und Kurzstreckenseilkräne* verschiedener Systeme und Konstruktionen kommen in Frage, da für Bestandespflege und Verjüngungsnutzung, Schwachholz und Starkholz nicht die gleichen Typen rationell eingesetzt werden können. Japan, wo infolge der überaus steilen Geländebeziehungen bis 70 Prozent des Holzanfalles mit Seilanlagen gebracht werden (eine Unzahl von interessanten Systemen), könnte für Mitteleuropa Anregungen geben. In der Leistungsfähigkeit sind unter Berücksichtigung von Ladung und Fahrgeschwindigkeit kleinere Anlagen gegenüber schweren vielfach ökonomischer einzusetzen. Waldbaulich wünschenswert wäre die technische Lösung des seitlichen Zuzuges, ohne Beschädigung der stehenden Stämme (Carson, USA).

c) *Kippmast-Kurzstreckenseilkräne* (zum Beispiel *Urus*, Österreich; *Igland*, Norwegen) haben durch grosse Beweglichkeit, kurze Montagezeiten und raschen Arbeitsablauf alle Voraussetzungen, um in Zukunft bei durchgeführter genereller Wegerschliessung primär eingesetzt zu werden. Die Tendenz geht auch hier nicht zu schweren Anlagen, sondern zu mobilen, technisch einfachen Systemen. Waldbaulich erscheint für die Bestandespflege das in Krasnodar im Film vorgeführte neue *Igland*-System (Norwegen) zukunftsreich, da selbst landwirtschaftliche Traktoren mit dem Mast-Zusatzgerät versehen werden können.

Die Zukunft liegt im Gebirge in der Kombination einer genügend dichten Groberschliessung durch nur mässig geneigte Hangwege (Strassenerhaltung, Wasserführung) mit leichten Kabelkränen und mobilen Kurzstreckenseilkrananlagen. Darüber herrscht für den mitteleuropäischen Nachhaltsbetrieb zwischen dem Nutzungstechniker (*Croisé*, Frankreich) und Waldbauer (Mayer, 1971) weitgehende Übereinstimmung. Diese waldbauliche Perspektive fand auch in die Schlussresolution Eingang.

Waldbaulich wünschenswert ist daher die konstruktive Verbesserung der mobilen Kurzstreckenseilkräne, insbesondere eine Verkürzung der Auf- und Abbauzeit, die Verbesserung der funktechnischen Steuerung usw. Denn jede technische Verbesserung ermöglicht einen rationelleren Einsatz und gleichzeitig eine nachhaltige Leistungssteigerung.

d) *Funkgesteuerte Kurzstreckenseilkräne und Winden* (zum Beispiel *Radio-tir*) haben eine besondere Zukunft bei der Bestandespflege, da diese insbesondere bei Verwendung von Umlenkrollen noch bestandesschonender arbeiten können als Zugtiere.

7. Waldbauliche Aspekte der Bringung in schlepperfahrbarem Gelände

a) Gesamtkalkulation der mechanisierten Bringung

Entscheidend bei der Beurteilung der zweckmässigen Bringungsmethoden und des rentableren Transportmittels ist eine gleichzeitig nutzungstechnische und waldbauliche Beurteilung des Fragenkomplexes. Unter lediglich

nutzungstechnischen Aspekten drängt sich zum Beispiel ein Abgehen vom modifizierten Plenterbetrieb mit sehr differenzierter Einzelstammnutzung mittels Zugtiere auf. Der Übergang zum nutzungstechnisch günstigeren mechanisierten Kahlschlagbetrieb scheint ökonomisch die beste Lösung zu sein, um so mehr als dann grosse Flächen gut bevorrateter und Qualitätsholz liefernder Bestände zur Abnutzung gelangen (vergleiche *Gürtan*, Türkei). Um objektive Entscheidungsunterlagen zu erhalten, muss auch die primäre Produktionsstufe in der alten und neuen Phase kalkulatorisch berücksichtigt werden; zum Beispiel alte Phase: modifizierter Plenterwaldbetrieb; durch biologische Produktionsautomatisierung kostenlose Produktion von starkem Wertholz, dadurch Höchstmass an innerbetrieblicher Rationalisierung, nachhaltige Dauerhöchstleistung, Erhaltung des Standorts- und Bestandeskapitals; neue Phase: Kahlschlagbetrieb: hoher Kultur- und Pflegeaufwand, Produktion von wenig wertvoller Massenware, Rückgang des Produktionskapitals. Unter diesen Aspekten erscheint die nutzungstechnische Optimallösung nicht mehr selbstverständlich, so dass die nutzungstechnische und waldbauliche Optimierung die zweckmässigste Lösung darstellt (Mayer, 1970): Umstellung des Plenterwaldbetriebes in einen modifizierten Femelschlagbetrieb mit längerem Verjüngungszeitraum; durch ausreichende Nutzungskonzentration im stärkeren Holz (80 bis 90 fm/ha) können dann auch geeignete Bringungsschlepper eingesetzt werden; vergleiche Tagung der IUFRO-Waldbausektion in Slowenien 1970, *Mlinšek*, Laibach/Jugoslawien. Trotz aller bestehenden betriebswirtschaftlichen Schwierigkeiten müssten Wege gefunden werden, wenigstens mit kalkulatorischen Grössenordnungen die mittelfristig wirksam werdenden produktionstechnischen Faktoren in einer Gesamtanalyse zu erfassen. Einseitige technische, kurzfristig rentabel erscheinende Lösungen sind keineswegs ökonomisch günstige Dauerlösungen (vergleiche *Dolezal*, 1958). Alle Vor- und Nachteile müssen abgewogen werden (*Nikolic*, Jugoslawien). Auch *Voronitsyn* (UdSSR) betont die durch die Sozialfunktionen des Gebirgswaldes begrenzte Anwendung mancher im Flachland gebräuchlicher Nutzungssysteme.

Im schlepperfahrbaren Gelände, das bis 20 bis 25° Neigung aufweisen kann (*Makarov*, UdSSR), spielen bei der Bringung folgende waldbauliche Faktoren eine wesentliche Rolle: Schutz der Verjüngung, Beschädigung des verbleibenden Bestandes an Schäften und Wurzeln, Auswirkungen auf den Boden, direkte und indirekte Folgerungen für die künftige Baumartenwahl und das zweckmässige waldbauliche Verfahren.

Von Ausnahmen abgesehen (zum Beispiel *Sundberg*, 1971) ist bisher das Ernteproblem überwiegend von transporttechnischer Seite gesehen worden, wodurch wesentliche, meist negative produktionstechnische Auswirkungen unberücksichtigt blieben, da diese ökonomisch erst längerfristig voll wirksam werden. Die Berücksichtigung der Bringungsschäden spielt also bei der Kalkulation des optimalen Verfahrens eine wesentliche Rolle. Aufwendigere

Bringungsverfahren mit geringerer Schadenquote können also letztlich rentabel sein.

b) Zweckmässige Schleppertypen

Bringungstechnisch wird bei zunehmend intensiverer Wegerschliessung der Raupenschlepper durch den beweglicheren, schnelleren und im Unterhalt billigeren Radschlepper ersetzt. Waldbaulich hat aber der Raupenschlepper gewisse Vorteile: geringere Beschädigung von Boden und Wurzeln, geringere Gleisbildung bei feuchtem Wetter und feinerdereichen geologischen Unterlagen, unter Umständen geringere Verletzungsgefahr für den Bestand. Waldbaulich erwünscht wäre vor allem die Weiterentwicklung von leichten Raupenschleppern mit Gummiraupen für Bestandespflegearbeiten, wo die Gefahr von Schäden am grössten ist (*Drabant*-Raupe, Norwegen; vergleiche Unitrac, Deutschland; eventuell Weiterentwicklung der Skipistenpflegegeräte).

Unter den Radschleppern setzen sich immer mehr die Knickschlepper durch. Diese spezifische Forstversion des Radschleppers ist im Prinzip auch waldbaulich vorzuziehen, da durch die grössere Wendigkeit eine bestandeschonendere Bringung möglich ist. Andererseits erhöht sich aber durch die grössere Transportmenge der stärker ausfächernden Ladungen die Schadensgefahr. Im Gebirgswald, wo sehr differenzierte Sortimenten (Lang- und Kurzholz, Schwach- und Starkholz) anfallen, werden für einen rationellen Einsatz verschiedene Schleppertypen benötigt. Da durch gebirgisches Gelände und grössere Beanspruchung der Trend zum grösseren, aber Standort und Bestand gefährdenderen Schlepper besteht, ist auch bei der Verjüngungsnutzung der wahlweise kleinere Schlepper waldbaulich empfehlenswert. Überschwere Knickschlepper (zum Beispiel in Russland) mit nicht überzeugender Leistungsökonomie scheiden für den Nachhaltsbetrieb aus. Für die Bestandespflege kommen nur kleinere Spezialschlepper in Frage (Holder, Tigrone).

c) Bringungsformen

Bei der Ausrüstung der Schlepper mit Seilwinden zum Zuzug sind alle Methoden, die eine grössere Anpassung ermöglichen und damit Schäden an Boden, Bestand und Verjüngung herabsetzen, zweckmässiger. Doppeltrommelseilwinden mit Einzelzuzug sind den lang laufenden Chokersystemen vorzuziehen.

Sortiments- oder Baumbringung: Künftig besteht im Gebirgswald verstärkte Tendenz, von der Sortimentsbringung (ausgeformte Bloche auf der Schlagfläche) zur Bringung von halben oder ganzen, entrindeten Schäften oder zu unentrindeten und teilweise oder ganz bekronten Bäumen überzugehen, welche am zentralen Platz maschinell entrindet, entastet und ausgeformt werden (*Bjerkelund*, Kanada; *Silversides*, Kanada). Waldbaulich ist diese Entwicklung ungünstig. Je länger die zu liefernden Schäfte sind, desto

stärker nehmen die Schäden am Boden und verbleibenden Bestand an Intensität zu. Die vom exploitativen Kahlschlagbetrieb übernommene «rationelle» Ganzbaumnutzung eignet sich nicht für eine schutztechnisch erforderliche Kleinflächen-Femelschlagverjüngung. Auch im Ertragswald garantiert nur eine sorgfältige Planung und gute Kennzeichnung der Rückelinien und die konsequente, das heisst also ständige Überwachung einen auch waldbäulich erfolgversprechenden mechanisierten Einsatz. Bei der Bestandespflege wird die Sortimentsbringung (Blochholz, Doppelbloch) unter Berücksichtigung der Schadenvermeidung langfristiger betrachtet rentabler sein.

Durch die Entrindung und Entastung an zentralen Ausformungsplätzen werden den Standorten so erhebliche Mengen von Nährelementen entzogen, dass man nun von einer modernen Form der Streunutzung sprechen kann. Nach *Krapfenbauer* (1971) kann dabei je nach Standort und Bestand durch den Nährstoffentzug und die Einengung des rasch umlaufenden Nährstoffkapitals eine nachhaltige Schwächung des Wuchspotentials im Ausmass von etwa 50 bis 200 fm im Produktionszeitraum eintreten, die nur durch eine mehrfache Düngung ausgeglichen werden könnte. Zur objektiven Beurteilung dieser hochmechanisierten Nutzungsart sind diese Folgehypotheken einzukalkulieren (ausgleichender Düngungsaufwand 10 000 bis 20 000 öS; bei 500 fm Holzanfall Belastung 20 bis 40 öS/fm). Erst mit derartig bereinigten Werten (und Einkalkulation der Schäden am Boden und Bestand) kann ein reeller Vergleich der verschiedenen Nutzungsarten durchgeführt werden. Auch hier wird die zunächst aufwendigere Nutzungsmethode letztlich wohlfeiler sein. Die Zielsetzung und vor allem die grundlegende Einstellung entscheiden darüber. Nach *Sundberg* (1971) können wir beträchtlich höhere Kosten in Kauf nehmen, wenn eine bestimmte Maschine oder ein bestimmtes Nutzungssystem den Erfordernissen einer biologisch optimalen Nutzung des Wachstumspotentials besser entspricht als eine biologisch unzuweckmässige.

Das Hauptproblem der mechanisierten Bringung mit Knickschleppern ist eine Anpassungsfrage. Die für den exploitativen Kahlschlagbetrieb entwickelten Maschinen und Methoden müssen sich der nachhaltigen kleinflächigen Waldbewirtschaftung im mitteleuropäischen Gebirge anpassen. Nachdem sich die primär eingesetzten Typen meist nutzungstechnisch, nicht aber produktionstechnisch eigneten, erfolgte eine Konstruktion sehr unterschiedlicher Typen, deren Selektion nach mitteleuropäischen Bedürfnissen heute in vollem Gange ist, wobei kleinere und mittlere Typen ein besonderes Augenmerk verdienen. Der Waldbauer sollte aktiv bei diesem Entwicklungsprozess mitwirken, da im Wald nicht die Maschine selbst, sondern ihr unzuweckmässiger Einsatz oder die Verwendung ungeeigneter Maschinen über den waldbewirtschaftlichen Erfolg entscheiden (*Kronfellner-Kraus*, Österreich).

Da der individuelle Einsatz möglichst kleiner, weniger gefährdender Maschinen im Gebirgswald (siehe gleicher Trend bei den Seilkransystemen)

waldbaulich besonders zu begrüßen ist, sind vielfach mittlere Traktoren vom waldbaulichen Standpunkt den schweren Knickschleppern vorzuziehen, die zudem durch die geringere Fixkostenbelastung und bei Anmietung bäuerlicher Arbeitsreserven durchaus mit den leistungsfähigeren, aber wesentlich aufwendigeren Grossmaschinen in Konkurrenz treten können. Bei der gegebenen Besitzstruktur und den dominierenden kleineren Betrieben sind diese Möglichkeiten weitgehend auszuschöpfen. Gerade konstruktiven Verbesserungen bei der Zusatzausrüstung für den Einsatz bäuerlicher Schlepper im Walde kommt grosse Bedeutung zu (zum Beispiel Island, Norwegen).

8. Ergebnisse der Exkursionen in den Westkaukasus

Auf spezielle nutzungstechnische und holzwirtschaftliche Aspekte hat ausführlich *Löffler* (1970) hingewiesen. Es können nur einzelne waldbauliche Gesichtspunkte skizziert werden, da sich die einwöchentliche Exkursion in den Westkaukasus nur einen Tag mit nutzungstechnischen Fragen des Gebirgswaldbaues beschäftigte, so dass der ökologisch interessierte Waldbauer mehr auf seine Kosten kam.

a) Bewaldung in Russland

Von den 800 Mill. ha bestockter Waldfläche mit 113 fm/ha Durchschnittsvorrat (Nadelholz 83 Prozent Vorratsanteil) nehmen 62 Prozent der Fläche hiebsreife Bestände ein. Mindestens 70 Prozent des Vorrates gelten als überaltert, so dass die Nutzungstauglichkeit unterdurchschnittlich ist; jährlicher Hiebsatz 600 Mill. fm. Da nur 75 Prozent der Nutzungsfläche zugänglich sind, ergeben sich beachtliche Reserven vor allem in Sibirien. Dort ist die restliche Aufschliessung aber mit ganz erheblichen Kosten verbunden. Da bisher rund 70 Prozent der Nutzung im europäischen Teil der UdSSR getätigt und dadurch die Altholzvorräte stark abgesenkt wurden, ist in Zukunft durch die Einschlagsverlagerung in Gebiete östlich des Urals und durch einen Übergang zur nachhaltigen Bewirtschaftung westlich des Urals mit einer ganz erheblichen Verteuerung der Holzproduktion zu rechnen. Dadurch wird sich zunehmend eine ausgeglichene Wettbewerbssituation mit der mitteleuropäischen nachhaltigen Forstwirtschaft einstellen, um so mehr als die bisherigen Weltmarktpreise für Rohholz kaum ausreichten, die russischen Produktionskosten selbst bei exploitativer Nutzung zu egalisieren.

Im Gebirge liegen $\frac{1}{3}$ der russischen Wälder. Die jährliche Nutzung mit 25 Mill. fm kennzeichnet die geringe Zugänglichkeit bzw. den noch fehlenden Aufschluss. Als Hauptprobleme im Gebirgswald nennt *Stupnev* (UdSSR): Wahl der Fällungstechnik, optimale Vorratshaltung, Verbesserung der Qualität und Erhöhung des Schutzzweckes.

b) Organisation der Forstwirtschaft

Waldbaulich ungünstig wirkt sich die Organisation der russischen Forstwirtschaft aus. Dem Ministerium für Forstwirtschaft untersteht die biologi-

sche Produktion, also Bestandespflege und -begründung sowie Forstschutz. Dagegen werden Holzernte und Erschliessung (einschliesslich Holzbearbeitung und Sägeindustrie) vom Ministerium für industrielle Forstwirtschaft wahrgenommen. Durch die Trennung der primären und sekundären Produktionsstufe und die dadurch entstehenden Schwierigkeiten lassen sich in Nutzungsgebieten waldbauliche Konzeptionen praktisch kaum verwirklichen, so dass der exploitative Grosskahlschlag noch überwiegend dominiert. In Schutz- und Bannwaldgebieten (zum Beispiel rund um Moskau, Teile des Kaukasus; Sofronov, UdSSR), wo landschaftsschutzkundliche Momente überwiegen und der gesamte, auch nutzungstechnische Betrieb durch das Ministerium für Forstwirtschaft (Forstamt) erfolgt, wird in mitteleuropäischem Sinne bereits nachhaltig gearbeitet.

c) *Waldreservate:*

Im Kaukasus bestehen eine ganze Reihe von Waldreservaten, die unter Naturschutz stehend der Allgemeinheit teilweise zugänglich sind und auch wissenschaftlich untersucht werden. Im Westkaukasus wurde 1924 ein Reservat von 250 000 ha vor allem zum Schutze der restlichen Herden der Auerochsen geschaffen. Es gibt bekannte Jagdreservate für Hirsche (*Kavkaskij Sagovednik*). Drei Reservate wurden besichtigt:

Guzeriple: 200- bis 450jähriger mehrschichtiger Urwaldbestand aus 0,8 *Abies nordmanniana*, 0,2 *Fagus orientalis*, Oberhöhe 36 bis 40 m, Kreisfläche 54 m²; Vorrat 900 m³/ha. Waldgesellschaft: *Abieti-Fagetum* mit *Festuca montana*, *Asperula odorata*; *Rhododendron ponticum*-Variante und *Abietetum polypodietosum*, Block-Tannenwald; vorherrschend ausklingende Optimalphase bis beginnende Zerfallsphase; Struktur und Entwicklungsdynamik haben grosse Ähnlichkeit mit analogen alpinen Tannen-Buchen-Naturwäldern.

Taxus-Buxus-Hain bei Sochi: Kolchischer Laubmischwaldstandort in einem geschützten Muldenstandort auf Kalk; sehr luftfeuchtes Allgemeinklima mit *Phyllitido-Aceretum* auf durchschnittlichen Standorten; Ahorn, Esche, Ulme, Eiche, Buche; durchweg sehr starker Flechtenbehang der Äste (Neckera). Kleinbestände von baumförmigem *Buxus* in Unter- bis Mittelschicht, bis 18 m hoch und 50 cm Brusthöhendurchmesser, 500 bis 600 Jahre; Eibe in gewaltigen Dimensionen bis 2,5 m Durchmesser und 30 m Höhe, bis etwa 2000 Jahre alt; charakteristische Bodenvegetation: *Ilex aquifolium*, *Prunus laurocerasus*, *Ruscus caucasicus et aculeatus*, *Staphylea colchica*, *Rhododendron ponticum*; ferner *Castanea sativa*, *Juglans regia*, an Dauergesellschaftsstandorten vereinzelt *Pinus pithyusa*.

Reservat Ritsa-See in Georgien: Zwischen 1400 und 2000 m am Südfall des zentralen Kaukasus ausgedehnte, wüchsige (30 bis 40 m hohe), vorratsreiche Mischbestände aus *Abies nordmanniana* und *Picea orientalis* mit *Rhododendron ponticum* und *Ilex*, *Buxus*, *Prunus laurocerasus*; lokal Tannen-Buchenwald, Schwarzerlenbestockungen (*Alnus barbata*) und spitz-

kronige *Pinus sylvestris/hamata*-Bestände mit *Arctostaphylos uva-ursi* auf südseitigen initialen Standorten (Schuttreissen); in Schluchten charakteristische *Taxus-Buxus*-Steilhanggesellschaften.

d) *Zur waldbaulichen Behandlung der Abies-Fagus-Naturwälder im Westkaukasus*

Der Nutzungsbetrieb (Lespromchose) Guzeriple umfasst 49 000 ha, davon 23 000 ha Urwaldbestände; Holzvorrat von 363 fm/ha (40 Prozent *Abies nordmanniana*, 30 Prozent *Fagus orientalis*, 20 Prozent *Quercus robur*, 10 Prozent *Carpinus betulus*), Nutzung jährlich 3,15 fm/ha, durchschnittliches Volumen der geernteten Stämme 3,62 fm. Die Wegdichte beträgt 3,1 lfm/ha. Daraus ergibt sich eine sehr initiale Erschließungsphase und dadurch zwangsläufig ein exploitativer Kahlschlagbetrieb. Die eingesetzten technischen Mittel bestätigen dies: der Langstreckenseilkran UK-I (6 t) benötigt für die rentable Aufstellung eine Mindesttransportmenge von 2000 fm; der «überschwere» Knickschlepper T 125 (Last bis 8 fm) ist nur im Kahlschlag rationell einsetzbar; die vorgeführte VTM-Vollerntemaschine mit 2 m Reichweite und Einsatz bei Bäumen bis 60 cm Fussdurchmesser eignet sich nur für den Kahlschlagbetrieb, eventuell für die Anlage von Rücke- und Gliederungslinien. Die langsamfahrenden Raupenschlepper (bei den flyschähnlichen Böden teilweise unentbehrlich) zwingen zu konzentrierten, nahegelegenen Nutzungen. Da unter den gegebenen Umständen die Bestandespflege undurchführbar ist, besteht auch keine nachhaltige Waldbehandlung. In der Praxis der zweigeteilten forstbetrieblichen Organisation ist der selbständige vollmechanisierte Nutzungsbetrieb tonangebend.

Aus der Sicht der biologischen Produktion stellt Sofronov (UdSSR) fest, dass die Wälder des Kaukasus eine kombinierte Ertrags- und Sozialfunktion zu erfüllen haben. Deshalb wurde die oft lange ausbleibende Wiederaufforstung durch Saat, Pflanzung, Pflege und mit Hilfe von Pionier- und schnellwachsenden Baumarten intensiviert. Auf mehr als der Hälfte der Fläche werden bereits saumweise und selektive Nutzungen durchgeführt. Die Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Instituten soll zur Lösung offener Fragen ausgebaut werden. Waldbauliche Konzeptionen der Leschosen (Forstämter), wie differenzierte Pflegeheibe zum Zwecke gezielter Naturverjüngung, scheinen mehr Wunsch als Realität zu sein (Löffler, 1970).

Durch den dominierenden Kahlschlag wird das natürliche Produktionskapital der Erstwuchsbestände in ökonomisch unrentabler Weise vergeudet. In den überwiegend gestuften Tannen-Buchenbeständen mit reichlich vorhandenem trupp- bis gruppenweisem und einzelbaumweisem sowie meist überführungsfähigem Nebenbestand bzw. Vorwuchs von Tanne könnte waldbaulich durch eine mehr etappenweise, differenzierte Verjüngung der überalterten Bestände in einem räumlich geordneten mittelfristigen «Femel-Schirmschlagbetrieb» soviel Nachwuchs für die neue Waldgeneration aktiviert werden, dass nur an verlichteten Stellen mit Strauchunterwuchs

(*Rhododendron ponticum*, *Vaccinium arctostaphylos*) eine künstliche Ergänzung notwendig wäre. Voraussetzung für eine weitgehende Einsparung von Kulturkosten, eine Vermeidung von Produktionsverlusten und den Aufbau leistungsfähiger Zweitwuchsbestände ist eine Intensivierung der Erschliessung (zunächst 20 lfm/ha), eine gründliche waldbauliche und nutzungstechnische Planung des mittelfristigen Verjüngungsverfahrens (Verjüngungskerne, überführungsfähige Gruppen, Transportgrenzen, Rückelinien), das in Naturwaldbeständen leichter und rascher als in Sekundärbeständen erfolgreich zu verwirklichen ist. Nutzungstechnisch ist der Einsatz leichterer, beweglicher Radschlepper für die längeren Bringungsdistanzen erforderlich. Für den Erfolg ausschlaggebend ist die verantwortliche Unterstellung des «fliegenden» Nutzungskollektives unter den ständigen, nachhaltigen, biologischen Produktionsbetrieb (Forstamt). Kalkuliert man die nutzungstechnischen Mehrkosten einer Mobilisierung der natürlichen Produktionskräfte mit den Nachteilen der exploitativen Nutzung, so ist letztere ein Verlustgeschäft durch eine erhebliche Hypothekenaufnahme. Nach weitgehender Zerstörung des natürlichen Bestandes-Produktionskapitals und Erschöpfung der Urwaldreserven muss später auf alle Fälle mit erheblichen Mitteln ein Nachhaltigkeitsbetrieb aufgebaut werden. Das zwangsläufige Umdenken in naher Zukunft wird die Unrentabilität kurzfristiger Vorteile in der nachhaltigen Waldwirtschaft belegen. Wie in der menschlichen Gesellschaft scheint nur ein gewisser Zwang zu wirklich rationellem, über den Augenblick hinausgehendem Handeln zu führen.

e) Verjüngungsproblem im Buchenwald

Fagus orientalis bildet zwischen 500 bis 800 m eine Höhenstufe, begleitet von Tanne, Ahorn, (Hainbuche). Auf wüchsigen Standorten (28 bis 32 m) wird Stark- und Wertholz produziert. Auch die bis 350-(400)jährigen Altbäume des Naturwaldes können trotz eines Rotkernes noch überwiegend für die Furnierholzproduktion verwendet werden. Die Nachzucht leistungsfähiger Zweitwuchsbestände ist hier mit grösseren Schwierigkeiten als im *Rhododendron-Abieti-Fagetum* verbunden. Selten gruppen-, mehr unregelmässige trupp- und einzelbaumweise Verjüngungstendenz und auf weiten Teilen ein nicht übernahmefähiger, lockerer Nebenbestand ermöglichen nur nach sehr eingehender Planung und aktiven waldbaulichen Massnahmen (zum Beispiel Ausformung von Gruppen, Beseitigung des verjüngungshindernden Nebenbestandes, Räumung von Verstrachungen usw.) eine volle Ausnützung der natürlichen Ansamlungspotenz. Bei der differenzierten Struktur der Ausgangsbestände ist nur ein individuelles kleinflächiges Verjüngungsverfahren erfolgversprechend. Nach flächenweiser Nutzung des Naturwaldes mit Anfall von Stark- und Wertholz blieb nur verbuschender Vorwuchs übrig, so dass eine Gesamtkultivierung der vergrasten und verunkrauteten Kahlschlagfläche notwendig war. In einem weiten Verband (etwa 2 x 2 m) wurden nesterweise 3 bis 5 Buchen gepflanzt. Bei sehr gutem

Wuchs in dem luftfeuchten Klima befriedigte die Qualitätsentwicklung keineswegs (einseitige, obstbaumähnliche Ausformung, ungenügende Schaftausformung), so dass die bis 6 m hohen Buchen-Heister grün aufgeastet wurden. Statt wertvollen Starkholzes wie im Naturwald wird im Zweitwuchs also überwiegend schlechtere Massenware (Brennholz und Papierholz) anfallen. Bei dieser Ausgangslage wäre eine Aufwertung mit standortstauglichen Nadelbäumen (Douglasie, Fichte, Japanlärche [?]), auch Tanne (teilweise nur konkurrenzbedingt fehlend) zweckmässig, um im Schutze des Vorwaldbestandes die Buchenregeneration zu ermöglichen und für die leistungserhaltenden Bestockungstypen den erforderlichen biologischen Mischbaumartenanteil (0,2 bis 0,4) ohne zusätzliche Kosten zu erhalten. Schwierigkeiten bei der Aufforstung der Kahlflächen bestehen vor allem durch das Fehlen leistungsfähiger Pflanzgärten mit den notwendigen Baumarten und die ungenügende Versorgung mit standortgeeignetem Saatgut. Die waldbauliche Infrastruktur des Forstbetriebes bedarf noch des Ausbaues für den intensiveren Nachhaltsbetrieb.

f) *Russische Perspektiven*

Die russische Forstwirtschaft kehrt langsam wieder zur nachhaltigen Waldwirtschaft zurück. Der hohe Stand des russischen Waldbaues, der in den zwanziger Jahren den mitteleuropäischen durch seine beispielhafte standörtliche Grundlegung befruchten konnte (*Morosov, Sukacev*) und im Steppenwaldbau Beispielhaftes geleistet hat, erlitt in den letzten Jahrzehnten durch einseitige Mechanisierung, exploitativen Kahlschlagbetrieb und eine für die nachhaltige Produktion ungünstige Organisation der Forstwirtschaft einen Rückschlag. Unter dem Zwang der öffentlichen Vorsorge (Waldschutzgürtel bei den Grossstädten, Naturreservate im Gebirge und in Fremdenverkehrsgebieten) und durch das Schwinden der Naturwälder und Holzreserven in gut erschlossenen Gebieten erfolgt bereits lokal und regional ein Übergang zur nachhaltigen Waldwirtschaft. Dieser Vorgang wird sich zunehmend beschleunigen durch immer grösser werdende Aufwände für die entfernter liegenden und qualitativ weniger versprechenden Waldreserven im Vergleich zur nachhaltigen Mobilisierung leistungsfähiger Standorte (vergleiche *Nesterov*, 1968). Die Beibehaltung der nachhaltigen Ertragsfähigkeit mindernden Forstorganisation mit all ihren produktionstechnischen Konsequenzen wird schliesslich dazu führen, dass Russland trotz der heute noch unermesslich scheinenden Reserven mit zunehmender Industrialisierung und Bevölkerung langfristig gesehen aus dem Kreis der wesentlichen Holzexportländer ausscheiden wird, bis sich die Produktionslücke durch den zwangsläufigen Übergang zum Nachhaltsbetrieb langsam wieder schliesst.

Russland steht trotz der hohen exploitativen Mechanisierungsstufe in einer waldwirtschaftlichen Entwicklungsphase, die im Durchschnitt der mitteleuropäischen mit einer jahrzehntelangen Phasenverschiebung nachfolgt. Daraus ergibt sich nutzungstechnisch, dass die vorgeführten Systeme und

Maschinen in ihren Dimensionen und auch im technischen Entwicklungskonzept für die modernste Form der Forstwirtschaft, der nachhaltigen Waldbewirtschaftung im Gebirge, überholt sind. Deshalb ist in der russischen Forstwirtschaft für die nächsten Jahrzehnte eine stärkere Entwicklungsdynamik zu erwarten. Die vom nordischen Exploitationsbetrieb mit seiner hochmodernen Technik inspirierten mitteleuropäischen nutzungstechnischen Neuentwicklungen dürften in Zukunft auch für Russland und Nordamerika von Bedeutung sein (zum Beispiel URUS-Kippmast-Kurzstrecken-seilkran).

9. Zusammenfassender Ausblick

Das Symposium Krasnodar 1971 für Forsttechnik im Gebirge war nicht nur für die technische Entwicklung aufschlussreich, sondern war auch waldbaulich gewinnbringend.

Es war erstaunlich, inwieweit heute schon die Nutzungstechniker aus aller Welt ökologisch-biologische Fragen bei ihren Überlegungen berücksichtigten. Dieser weniger vom Waldbau und mehr noch von einer «umweltbewussten Öffentlichkeit» bewirkte Trend wird sich verstärken, so dass in Zukunft zunehmend ökologisch-biologisch ausgerichtete technische Dauerlösungen zur Verfügung stehen werden.

Auch bei den Nutzungstechnikern besteht darüber Übereinstimmung, dass der Trend in der Gebirgsforstwirtschaft vom exploitativen Kahlschlagbetrieb zur modernen nachhaltigen Waldbewirtschaftung mit ausreichender Strassenerschliessung geht. Die für den Kahlschlagbetrieb ausgereiften Maschinen und Systeme sind deshalb entsprechend weiterzuentwickeln, damit eine optimale, waldbaulich vertretbare Anwendbarkeit möglich ist.

Da gerade im Gebirge ohne technische Zurüstung keine Forstwirtschaft möglich ist und sowohl im ausschliesslichen Ertragswald wie auch im spezifischen Sozialwald notwendige waldbauliche Massnahmen ökonomisch ausgeführt werden müssen, sind der Waldbauer und der Techniker Partner bei einer gemeinsamen Entwicklungsaufgabe. Der Waldbauer wird technisches Interesse benötigen, um mit gewichtigen Argumenten im Rahmen des technisch Realisierbaren ökologisch-biologische Erfordernisse durchzusetzen. Dies sollte bei einem «modernen Techniker» mit waldbaulichem Verständnis und ökologischem Grundwissen nicht schwierig sein.

Bei dieser engen Zusammenarbeit ist der Waldbauer der Futurologe in der Gebirgsforstwirtschaft, da der technische Spezialist infolge der sich überstürzenden Entwicklung zwangsläufig einen kurzfristigen Blickpunkt besitzt. Die Verhütung von Schäden am Wald und Standort, also an der Umwelt, muss deshalb bei nutzungstechnischen Massnahmen leitendes Prinzip sein, sowohl im Schutzwald als auch im leistungsfähigen Ertragswald.

Ermöglicht durch den technischen Fortschritt und die um sich greifende ökologische Einsicht und Verantwortlichkeit gegenüber der Umwelt kann in

nächster Zukunft eine Weiterentwicklung des praktischen Gebirgswaldbaues erhofft werden, wodurch verstärkt moderne waldbauwissenschaftliche Erkenntnisse zur Leistungssteigerung beitragen können.

Die Bestandesbehandlung und der nutzungstechnische Einsatz in waldbaulich optimaler Form oder in einer gerade noch vertretbaren Ersatzlösung hängen weitgehend von ökonomischen Überlegungen ab. Deshalb besteht für den Gebirgswaldbau eine vordringliche Zukunftsaufgabe darin, jenen ökonomischen Beurteilungsweisen zum Durchbruch zu verhelfen, die neben kurzfristigen Aspekten mittel- und langfristige Momente einkalkulieren und die notwendige, spezifisch waldbetriebswirtschaftliche Beurteilung sicherstellen. Gerade im Gebirge mit seinen extremeren Standortverhältnissen und weitgehenderen Folgen bei unzweckmässiger Waldbehandlung erweist sich eine lediglich kurzfristige Beurteilung zu leicht als kurzsichtig. Zur Optimierung der nachhaltigen Gebirgswaldbewirtschaftung ist deshalb die aufgeschlossene Zusammenarbeit zwischen Waldbau und Forsttechnik nicht ausreichend. Unerlässlich ist eine Weiterentwicklung der ökonomischen Kalkulationsmethoden zur integrierten Beurteilung der lang- und kurzfristigen Aspekte und von Ertrags- sowie Sozialkomponenten. Erst mit einer befriedigenden Klärung dieses Fragenkomplexes entfällt die moderne ökonomische Diskriminierung des Nachhaltsbetriebes und der Zwang zum ökologisch-biologisch unbefriedigenden technischen Einsatz. Waldbaulich ist nur zu hoffen, dass mit dem gegebenen technischen Durchbruch ein entscheidender ökonomischer Fortschritt einhergeht. Dies sollte als Katalysator wirken zur Weiterentwicklung der gerade im Gebirge nach Standort und Bestand sehr differenzierten waldbaulichen Behandlungsverfahren.

Résumé

Sylviculture et technique en montagne

A Krasnodar (URSS) s'est tenu du 30 août au 11 septembre 1971 un « Symposium on forests operations in mountainous regions » complété par des excursions dans les forêts de l'Ouest du Caucase. L'auteur de l'article y a été invité dans le but de défendre les intérêts et d'exposer les problèmes de la sylviculture face aux aspects techniques de l'exploitation forestière, de la récolte en particulier. Il constate d'emblée que le symposium a été marqué par un dialogue interdisciplinaire fructueux.

L'auteur rappelle en premier lieu les lignes directrices auxquelles se réfère la sylviculture moderne ainsi que les difficultés particulières aux régions montagneuses. Au cours du symposium, les exposés de plusieurs délégués ont tenu compte des aspects sylviculturaux de l'exploitation forestière. L'accent a été mis sur la nécessité d'abandonner peu à peu les coupes rases au profit de systèmes plus différenciés (coupe d'abri, coupe en lisière, régime en mosaïque). La baisse du rendement économique immédiat sera compensée par une production soutenue à long terme et par la conservation des facteurs écologiques. Il a également été

question des répercussions qu'entraînent de nouveaux moyens de desserte sur l'environnement en général et sur les peuplements en particulier.

En ce qui concerne l'exploitation des forêts de montagne, deux tendances sont encore aujourd'hui en présence : d'une part la coupe rase sur de grandes surfaces, d'autre part une sylviculture proche de la nature et assurant une production soutenue. Il ne fait pas de doute qu'à long terme, le maintien de la production ainsi que la conservation des stations l'emporteront sur les avantages immédiats (reposant sur des facilités techniques avant tout) offerts par la coupe rase de grande étendue.

La condition principale propre à assurer le rendement soutenu des forêts de montagne est la création d'une desserte suffisante dans le cadre d'un plan général qui sera établi soit par une équipe de spécialistes (forestiers, hydrogéologues, ingénieurs des routes, architectes-paysagistes), soit par l'ingénieur forestier qui tiendra compte des divers points de vue. L'auteur cite des chiffres concernant la densité de la desserte en zone montagneuse.

Le problème le plus important auquel se trouvera confrontée la sylviculture de montagne est celui du rajeunissement des forêts protectrices dans les régions difficiles d'accès, ce sans porter atteinte à la fonction particulière de ces massifs. Dans ce contexte sont décrits de nouveaux procédés de récolte à l'aide d'hélicoptères et de ballons captifs ou entraînés. Des chiffres concernant la capacité de transport de ces engins et le coût de la récolte au mètre cube illustrent ce chapitre.

Une place importante est réservée aux télégrues et aux véhicules de débardage. Les exigences posées à la sylviculture par les divers systèmes et modèles qui se trouvent sur le marché sont analysées, particulièrement en ce qui concerne l'étendue des coupes et la formation des assortiments. Il en ressort que la comparaison des avantages respectifs ne devra pas se limiter au résultat commercial de la récolte mais devra se baser sur une calculation englobant également la production primaire. Le coût de cette dernière varie fortement selon le type d'exploitation imposé par le système ou le modèle utilisé lors de la récolte.

Pour terminer, l'auteur passe aux excursions dans le Caucase et livre quelques réflexions au sujet de la surface boisée de l'Union soviétique ainsi que de l'organisation forestière dans ce pays. Il décrit également quelques réserves forestières visitées et la manière dont elles sont traitées.

Résumé : Jean-Pierre Sorg

Literatur

a) Besprochene Referate des Symposiums 1971 Krasnodar

Behrndt, W.: Biological and technical aspects of applying mechanical equipment for reforestation in mountainous areas with regard to experience in the plain.

Belyaev, N.: Planning timber transport routes by means of aerial photography.

Bjerkelund, T.: Off-road transportation systems currently used for steep terrain conditions in eastern Canada.

Braathe, P.: Reduced number of thinnings under difficult conditions for mechanical operations.

Carson, W. W.: Lateral excursions of running skylines used in selective cuttings.

Craig, R.: An introduction to economical harvest planning by computer simulation.

- Croisé, R.:* L'exploitation forestière en région montagneuse et ses conséquences sur l'Infrastructure routière.
- Dolezal, B.:* Conditions préalables à l'utilisation de techniques nouvelles dans l'aménagement des forêts de montagne.
- Garkush, V., und Ilyashenko, B.:* The special features of mountain forest exploitation in eastern Siberia.
- Gürtan, H.:* Transportation problems in the mountainous forests of Turkey and possibilities for rationalization.
- Hafner, F.:* Economic layout of road networks in mountainous regions.
- Khanbekov, I., und Nedvetski:* Reforestation and soil erosion control with the use of various means of primary transport in mountainous regions.
- Kronfellner-Kraus:* Forest operations and the aspects of erosion, torrent and avalanche control, forest production and watershed management.
- Makarov, F.:* Technical and economic bases for the location of cable systems for timber skidding in mountainous regions and their performance.
- Mann, C.:* Balloon-running skyline system.
- Mayer, H.:* Development tendencies in the silviculture of mountain forests (Silvicultural methods in mountainous regions).
- Mayer, H.:* Silviculture and the use of machines in mountain forests.
- Morosanu, D.:* Considérations relatives à l'établissement de réseaux rationnels de routes forestières dans les régions de montagne en république socialiste de Roumanie.
- Neff, P. E.:* Multidiscipline planning. The key to harvesting mountainous areas in western United States.
- Nikolic, S.:* Technological and economic conditions of production of various wood products in depots located in mountain forest areas.
- O'Leary-Moscher:* Balloon logging in the Douglas-Fir region of North America.
- Oswald, D.:* Norwegian experiences with Helicopter transport of timber.
- Piest, K.:* The use of wheeled tractors in steep terrain and the necessary road network.
- Pikalkin, V.:* The use of balloons for timber skidding in mountain forests.
- Poncet, A.:* Aménagement, exploitation et entretien des forêts en rapport avec l'érosion.
- Rasmussen, B.:* Skyline yarding of nature Douglas-Fir in mountainous terrain.
- Rechsteiner, K.:* Geomorphological interpretation of aerial photographs as a basis for a system of technical forest terrain evaluation.
- Rolston, K.:* Clobberless skidding.
- Samset, I.:* Classification of terrain and operational systems.
- Satoo, T., und Moroto, T.:* Harvesting methods in very steep terrain conditions with emphasis on maintaining productivity and better regeneration of the forest: Experiences and problems in Japan.
- Serb, I.:* Methodes de calcul électronique dans l'établissement de projets des systèmes à câbles.
- Silversides, C.:* Mechanized conversion as part of harvesting, skidding and transport operations.
- Skramo, G.:* Aerial photographs in planning transport networks with particular stress on detailed cableway layout.
- Sofronov, A.:* Timber operations and reforestation in the northern caucasus.
- Sommer, H.:* Cable grapple yarding systems.
- Stupnev, G. K.:* The distribution of mountain forests in the USSR and problems of their exploitation.
- Swanston, D. N.:* Slope stability problems associated with timber harvesting in mountainous regions of the western United States.
- Trask, D.:* Transportation system analysis in forest resource planning.
- Vinogorov, G., und Kalutsky, K.:* Helicopter transport of timber in the mountain regions.

Voronitsyn, K.: Organization and mechanization of forestry operations in mountainous regions.

Wettstein, W.: Economic layout of cable crane system.

b) Sonstige Literatur

- Beinsteiner, H., und Mayer, H.: Waldbauliche Untersuchungen von Waldabbrüchen im Osttiroler Katastrophengebiet. In: «Interpraevent», 1971, Villach.
- Dolezal, B.: Über die planmässige Anpassung des Waldgefüges an die neue Nutzungs- und Bringungstechnik. Archiv f. Forstw., 1958.
- Giordano, G.: Anforderungen der Mechanisierung an Nutzungsform und Walderschliessung. Allg. Forstztg., H. 9, 1970.
- Hafner, F.: Probleme der Forsttechnik im mitteleuropäischen Raum unter Berücksichtigung der Verhältnisse im Hochgebirge. Int. Holzmarkt, Nr. 16/17, 1970.
- Hafner, F.: Internationales Symposium über forstliche Arbeiten in Gebirgsgebieten mit Exkursion in Gebirgswälder des Kaukasus. Allg. Forstztg., F. 12, 1971.
- Hohenlohe-Waldenburg, F.: Höhere Wegenetzdichte und moderne Rückeschlepper. Allg. Forstztschr., 1967.
- Krapfenbauer, A.: Vollmechanisierung der Holzernte und Nachhaltigkeit der Holzproduktion. Allg. Forstztg., 1971.
- Laatsch, W.: Bodenschutz im Bergwald des bayerischen Alpengebietes. Forstwiss. Cbl., 1971.
- Leibundgut, H.: Walderschliessung als Voraussetzung für den Waldbau. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1961.
- Leibundgut, H.: Integrale Walderschliessung. Forstwiss. Cbl., 1971.
- Löffler, H.: Von einer forst- und holzwirtschaftlichen Studienreise in die Sowjetunion. Holzbl., Nr. 131, 138/139, 141, 1970.
- Mayer, H.: Zur Behandlung überalterter Gebirgswälder. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1967.
- Mayer, H.: Forstbetriebliche Aspekte der Walderschliessung. Holz-Kurier, Wien 1968.
- Mayer, H.: Zweckmässiger Maschineneinsatz im Gebirgswaldbau. Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 1969.
- Mayer, H.: Gebirgswaldbau in Slowenien 1970. IUFRO-Sektion, Arbeitsgruppe Gebirgswaldbau, Wien 1970.
- Mayer, H.: Entwicklungstendenzen im Gebirgswaldbau. Cbl. ges. Forstw., 1971.
- Morgan, H.: Hohertragsforst und Mechanisierung. Symposium für Forst- und Holztechnik, Vortrag München 1970.
- Nesterov, V.: Die Zukunftswälder und ihre Programmierung. In: Die Produktivitätssteigerung der Wälder. Brünn 1968.
- Pestal, E.: Forstwegebau unter Berücksichtigung der Knickschlepperrückung und mechanisierten Entrindung. Allg. Forstztg., 1968.
- Piest, K.: Grundsätze der Walderschliessung unter Berücksichtigung der modernen Bringungstechnik. Forstarchiv, 1967.
- Samset, I.: Timber transportation with a Bell 204-B Helicopter in the mountainous regions of Norway. Vollebakk 1964.
- Sanktjohanser, L.: Zur Frage der optimalen Wegedichte in Gebirgswaldungen. Forstwiss. Cbl., 1971.
- Schäfer, G.: Waldwegebau. In: Gutschick, V., Der Forstbetriebsdienst, Bd. 2, München-Basel-Wien 1971.
- Schmidt-Vogt, H.: Programmierung der Wälder. Allg. Forstztschr., H. 27, 1971.
- Sundberg, U.: Technik der Durchforstung und Bringung von Schwachholz. Allg. Forstztg., 1971.