Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 126 (1975)

Heft: 6

Artikel: Probleme der Mechanisierung und Automatisierung der Holzernte

Autor: Höfle, H.H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765221

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: 08.08.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Journal forestier suisse

126. Jahrgang Juni 1975 Nummer 6

Probleme der Mechanisierung und Automatisierung der Holzernte

Von *H. H. Höfle*, Zürich Oxf.: 312 (047) (71)

Bericht über eine Tagung der Division 3 der IUFRO im September und Oktober 1974 in Ottawa und Thunder Bay, Kanada

Die Division 3, «Waldarbeit und Forsttechnik», des Internationalen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten (IUFRO) hielt im September und Oktober 1974 in Kanada eine Tagung über die Probleme der Mechanisierung und Automatisierung der Holzernte ab. An dieser Tagung nahmen Fachleute aus fünfzehn Ländern Nordamerikas, Australiens, Asiens und Europas teil, so dass die Probleme aus einer weltweiten Sicht behandelt werden konnten. Die Tagung gliederte sich in einen Sitzungsteil in Ottawa, der Hauptstadt Kanadas, und in einen Exkursionsteil in den Norden des Bundesstaates Ontario. Über beide Teile soll im folgenden kurz berichtet werden, wobei es nicht darum gehen kann, alle Einzelheiten und Fakten festzuhalten, sondern nur darum, einige Schwerpunkte herauszugreifen, die wesentlich erscheinen oder die den mitteleuropäischen Teilnehmern aufgefallen sind.

1. Die Mechanisierung der Holzernte als weltweites, vielschichtiges Problem

Die Vorträge des Sitzungsteils behandelten die Mechanisierung der Holzernte von vier Seiten: den sozialen Aspekten, den ergonomischen Belangen, den Auswirkungen der Mechanisierung auf die Umwelt und der Planung.

1.1 Soziale Aspekte der Mechanisierung und Automatisierung der Holzernte

Die sozialen Aspekte umfassen alle Einflüsse der Gesellschaft und ihrer Struktur auf die Holzernte und umgekehrt die Rückwirkungen der Holzernte auf die Gesellschaft, wobei zwei Probleme von besonderem Interesse sind: die Nachteile von kleinen Besitzeinheiten im Walde, einschliesslich der Überwindung dieser Nachteile, und der Mangel an Arbeitskräften in der Forstwirtschaft.

An finnischen Beispielen *(Kantola)* wurde gezeigt, wie die *Nachteile der Besitzzersplitterung* durch organisatorische Massnahmen, die der Koordination und Konzentration der Nutzungen über die Besitzgrenzen hinweg dienen, *überwunden* werden können. Am Beispiel des Kleinprivatwaldes in den Vereinigten Staaten *(Row)* wurde nachgewiesen, in welchem Umfang kleine Besitzeinheiten die Neigung vermindern, zu nutzen oder überhaupt in die Forstwirtschaft zu investieren. Dazu diente einmal eine statistische Analyse der Beziehungen zwischen der Grösse der Nutzungseinheit und dem Risiko bzw. dem finanziellen Erfolg der Nutzung. Zum andern wurden die Ergebnisse dieser Analyse nachträglich durch ein Simulationsmodell überprüft und bestätigt. Das Simulationsmodell erlaubt, die Nutzungen und deren finanziellen Erfolg in Abhängigkeit von unterschiedlichen Waldverhältnissen und Besitzgrössen vorauszusagen. Aus beiden Methoden der Untersuchung geht hervor, dass die ungünstigen wirtschaftlichen Ergebnisse des Kleinprivatwaldes auch in den USA durch grössere Bewirtschaftungseinheiten oder durch eine höhere Intensität der Nutzung je vorhandene Einheit verbessert werden können.

Erstaunlicherweise wurde über einen *weltweiten Mangel an forstlichen Arbeitskräften (Guttenberg, Ferragne, Kerruish)* geklagt, was teilweise eine Folge der Mechanisierung ist — so berichteten finnische Teilnehmer, dass Waldarbeiter aus Sorge, ihren Arbeitsplatz durch die Mechanisierung zu verlieren, kündigten —, anderseits aber vielfach erst Anlass zur Mechanisierung gab. In der Regel ist der Arbeitskräftemangel nicht auf die schlechte Bezahlung zurückzuführen — damit werden arbeits- und betriebspsychologische Untersuchungen bestätigt, die dem Lohn allenfalls die Rolle eines Indikators der Unzufriedenheit im Betrieb zusprechen —, sondern auf andere *Ursachen* wie:

— die Schwere und Witterungsabhängigkeit der Arbeit;

— die Schichtarbeit und das Leben in Camps, fern der nächsten Siedlung;

— die hohe Unfallrate in der Forstwirtschaft;

— die unzureichende Ausbildung der Arbeiter und vor allem auch der Kader.

Zur *Abwendung* der Arbeitskräfteknappheit wurden folgende Massnahmen ergriffen:

— Ausbildung der Arbeiter und des Kaders;

— Steigerung der Arbeitssicherheit in der Forstwirtschaft;

— Beachtung der ergonomischen Grundsätze bei der Arbeitsgestaltung;

— Mechanisierung der Holzernte, um Arbeitskräfte einzusparen bzw. anzuziehen, selbst wenn dadurch die Kosten — zumindest vorübergehend — ansteigen.

1.2 Ergonomische Fragen der Mechanisierung

Einige Vorträge und Berichte zu diesem Thema gaben einen Überblick über die aktuellen ergonomischen Forschungsprojekte in den verschiedenen Ländern der Neuen, in erster Linie aber der Alten Welt, und zeigten, dass nach wie vor die «traditionellen» Gebiete der Ergonomie in der Forstwirtschaft untersucht werden, dass darüber hinaus aber auch neue Fragestellungen Bedeutung erlangen. Zu den *traditionellen Gebieten* gehören:

— Untersuchung von Lärm, Vibration und Abgasen, vor allem bei der Motorsäge;
— Fragen der körperlichen Belastung und der Ernährung der Waldarbeiter;
— Unfallverhütung und Arbeitssicherheit;
— Biomechanik.

Als *neue Schwerpunkte der Forschung* kommen heute dazu:

— die geistige Belastung und Beanspruchung und die Ermüdung der Arbeiter;
— psychologische Faktoren, wie die Motivation der Arbeiter und ihr Einfluss auf die Leistung;
— das Anforderungsprofil des Berufs;
— soziologische Faktoren, zum Beispiel die Lebensverhältnisse der Arbeiter und die menschlichen Beziehungen im Betrieb;
— die ergonomische Prüfung von Maschinen, vor allem mit sogenannten ergonomischen Prüflisten;
— die Ausbildung in Ergonomie.

Allgemein lässt sich feststellen, dass bei den *Mensch-Maschine-Systemen* niedrigerer Mechanisierungsstufen die Maschine der begrenzende Faktor des Systems war. Durch die komplexeren Maschinen und die damit verbundene Vervielfachung der menschlichen Leistungsfähigkeiten ist jedoch in der Zwischenzeit der *Mensch zum begrenzenden Faktor* geworden. Dies wurde schon zu Beginn der Tagung von *Silversides* in anschaulicher Weise angedeutet: «Der Mensch als Untersystem ist kein sehr befriedigendes Element eines Systems, weil er sich nicht verkleinern (miniaturisieren) oder verändern lässt, nur ein Viertel der Zeit mit maximaler Leistung arbeiten kann, als nicht austauschbar betrachtet werden muss, sehr empfindlich auf das psychologische und physiologische Klima der Umwelt reagiert und weil sein Verhalten schwer vorhergesagt werden kann.» Wenn die Leistung von Mensch-Maschine-Systemen weiter gesteigert werden soll, müssen Verbesserungen — und damit auch die weitere Forschung — daher beim Menschen ansetzen.

In diesem Zusammenhang ist beispielsweise die Untersuchung von *Cottell* und *Barth* zu sehen, die an einem Beispiel in Kanada überprüften, welche — vor allem im Menschen liegenden — Faktoren die *Leistung von Fäll-*

maschinen entscheidend beeinflussen. Als erstes Ergebnis, das allerdings noch verfeinert werden muss, fanden sie heraus, dass neben den Bestandesmerkmalen (subsumiert in der Zahl der je Flächeneinheit zu nutzenden Bäume) die manuelle Geschicklichkeit, das räumliche Vorstellungsvermögen und die Dauer der Erfahrung mit der Fällmaschine den grössten Einfluss auf die Leistung (ausgedrückt durch die je Zeiteinheit gefällten Bäume) besitzen.

1.3 Mechanisierung der Holzernte und Umweltschutz

Der Einfluss der Holzernte auf die Umwelt wurde insbesondere aus der Sicht der nordamerikanischen und skandinavischen Teilnehmer diskutiert, weil die Öffentlichkeit in diesen Ländern in starkem Masse an der Art und Weise der Landnutzung durch die Forstwirtschaft Anteil nimmt und restriktiv eingreift, um tatsächliche — oder vermeintliche — Missstände abzustellen. *Kontrovers* sind heute in erster Linie folgende Punkte:

— Anwendung und Ausdehnung von Kahlschlägen;

— Auslösung von Erosionen durch Strassenbau und unpflegliche Holzerntemethoden;

— Verschmutzung der Flüsse und Seen durch die Holzernte;

— Verhinderung oder Verzögerung der Wiederbestockung der genutzten Flächen;

— unzureichende Planungsmethoden, die die multifunktionalen Aufgaben des Waldes vernachlässigen oder zu sehr vereinfachen.

Die Vorträge befassten sich nicht nur mit der Darstellung dieser eventuell eintretenden negativen Auswirkungen der mechanisierten Holzernte *(Weetman),* sondern auch mit den *Möglichkeiten (Zasada, Backe),* sie durch die Form der Nutzung, die Wahl pfleglicher Holzerntesysteme oder durch Massnahmen nach der Holzernte zu vermindern oder ganz zu beseitigen. Beispiele dafür sind die geringere Beeinträchtigung von Boden und Bestand durch Kurzholzmethoden im Vergleich zur Ganzbaumnutzung oder die Bodenverwundung nach der Holzernte zur Sicherstellung einer raschen Wiederbestockung der genutzten Flächen.

1.4 Methoden zur Planung der (hoch)mechanisierten Holzernte

Ein Beitrag *(Höfle)* zeigte in einer *Übersicht* auf, welche Verfahren heute zur Wahl der optimalen Holzerntesysteme eingesetzt werden. Danach geht der Trend von Verfahren, die nur quantitative Grössen einbeziehen (Kostenvergleich, Investitionsrechnung, Kosten-Wirksamkeits-Analyse) zu Methoden, die sowohl quantitative als auch qualitative Argumente (Kriterien) berücksichtigen können (Nutzen-Kosten-Analyse, Nutzwertanalyse). Sicher sind bei der Verwendung dieser neuen Methoden noch viele Probleme

ungelöst, mit ihrem Einsatz sollen jedoch auch in einer komplexen Situation objektive und rationale Entscheidungen gefällt werden.

Die übrigen Beiträge zu diesem Thema befassten sich mit einzelnen Methoden und Modellen. *Horncastle* stellte eine Methode für den *Vergleich verschiedener Holzerntesysteme* vor, die im wesentlichen auf finanziellen Kriterien beruht und andere Kriterien, wie die Belastung der Arbeiter oder die Pfleglichkeit der Holzernte, weitgehend vernachlässigt.

Mehrere Simulationsmodelle behandelten einzelne Aspekte der Holzernte. Das erste Modell *(Almquist* und *Nilsson)* dient zur *Unterstützung der Maschinenentwicklung* und entspricht einer schwedischen Weiterentwicklung der von *Newnham* und *Sjunesson* begonnenen Arbeiten. Die übrigen Modelle arbeiten mit bereits vollständig entwickelten Maschinen.

Über das *Holzernte-Projekt* der American Pulpwood Association wurde erst zum zweiten Male öffentlich und ausführlich berichtet *(Stuart* und *Walbridge)*. Das System besteht aus zwei Teilen:

— Auf der Grundlage einer genauen Bestandesbeschreibung (räumliche Verteilung der Bäume, gekennzeichnet durch die Koordinaten der Bäume, alle wichtigen Baumdaten usw.) werden in einem *«Maschinensimulator»* die Interaktionen von Maschine und Bestand beschrieben, wobei sich als Ergebnisse unter anderem die Zeitbedarfswerte für die verschiedenen Teilarbeiten und die Leistung der Maschine ableiten lassen.

— Im *«Holzerntesystemsimulator»* wird das Zusammenwirken aller Maschinentypen und Maschinen eines Holzerntesystems in verschiedenen Beständen untersucht.

Aus den Simulationen folgen statistische Angaben über die Zeitbedarfswerte und die Kosten der Holzernte. Damit lassen sich verschiedene Holzerntesysteme hinsichtlich dieser Grössen, aber auch hinsichtlich der zu erwartenden Gewinne miteinander vergleichen. Das ganze Programmpaket kann ohne eingehende Kenntnisse der elektronischen Datenverarbeitung benutzt werden. Die Autoren berichteten über erste Anwendungen des Modells in den Südstaaten der Vereinigten Staaten und folgerten daraus, dass das Modell zu durchaus plausiblen Resultaten führt.

Ein weiteres Simulationsmodell *(Bradley),* das eine bekannte Simulationssprache — GPSS — benutzt, betrifft die *Ganzbaumhackung* und berücksichtigt dabei alle Teilarbeiten vom Fällen, Rücken, Hacken, Transportieren bis zur Lagerung im Werk. Das Modell ermöglicht zu prüfen, wie viele Maschinen auf den einzelnen Stufen des Systems eingesetzt werden müssen, um eine bestimmte Höhe des Produktionsflusses zu gewährleisten und Verlustzeiten zu vermeiden. Dadurch kann die Form des Holzerntesystems bestimmt werden, die in einer bestimmten Situation die geringsten Kosten verursacht.

Eine ähnliche Frage untersucht *Newman*. Er bestimmt ebenfalls mit Hilfe eines Simulationsmodells, wie viele *Kurzholzvollernter* (vom Typ Koehring-Waterous) und Lastwagen in einem Holzerntesystem kombiniert werden müssen, um zu erreichen, dass die Vollernter nach dem Rückevorgang direkt die Lastwagen für den weiteren Transport beladen können und das Holz nicht zwischenlagern müssen («hot logging»). Das Kostenminimum wird hier — wie in vielen anderen Fällen — durch zwei gegenläufige Funktionen bestimmt:

— Die Vergrösserung der Zahl der Lastwagen verringert die Wartezeiten der Vollernter, ersetzt diese aber durch Wartezeiten der Lastwagen.

— Umgekehrt kann eine Vergrösserung der Zahl der Vollernter die Wartezeiten der Lastwagen verkürzen, anderseits aber zu Wartezeiten der Vollernter selbst führen.

Das Modell erlaubt, diese gegenläufigen Bewegungen zu verfolgen und den Bereich des Optimums anzugeben.

1.5 Zusätzliche Gesichtspunkte

Die *Rolle des Feuers* in der kanadischen Forstwirtschaft, seine Entstehungsursachen und seine Bekämpfung wurden in einem Vortrag *(Kiil)* behandelt. Die Bedeutung des Feuers geht daraus hervor, dass Waldbrände in Kanada jährlich etwa 1 Mio. ha Wald vernichten. In einem anderen Bericht *(Meng)* wurde die Anwendung von Warteschlangenmodellen bei der Entwicklung und Beurteilung von Holzerntesystemen diskutiert. Schliesslich waren drei Beiträge der *Ganzbaumhackung* bzw. der Verwendung von Stökken und Astmaterial bei der Zellstoff- und Plattenherstellung *(Erickson* und *Hakkila),* den *zentralen Aufarbeitungsplätzen (Eisenhauer)* und dem *Serias-System (Häberle)* gewidmet.

2. Eindrücke von den Exkursionen

Die Exkursionen führten in die Umgebung von Ottawa (Besuch der Konzessionsgebiete der James MacLaren Company), in die weitere Umgebung von Thunder Bay, das durch den Zusammenschluss der beiden Städte Port Arthur und Fort Williams entstanden ist (Besuch der Konzessionsgebiete der Great Lakes Paper Company und der Firma Domtar, ausserdem Besichtigung von zwei Sägewerken in Thunder Bay und Empfang bei der Forstlichen Abteilung der Lakehead University in Thunder Bay) und in die Nähe von Sault St. Marie (Besuch des Waldes der Weyerhaeuser [Ontario] Company). Thunder Bay liegt am Oberen See, Sault St. Marie an der Landenge zwischen dem Oberen und dem Huron See.

Kanada ist ein Land mit einer Fläche von rund 10 Mio. km², 22 Mio. Einwohnern, mit einem Bruttosozialprodukt von 103,5 Mrd. kanad. $ und einem Holzeinschlag von 102 Mio. m³ (Zahlen vom Jahre 1972). Durch die Exkursionen wurde ein so kleiner Ausschnitt dieses grossen Landes erfasst — beispielsweise wurden mit der borealen Nadelwaldregion und der Region des Nadel- und Laubmischwaldes nur zwei der insgesamt acht Waldregionen besucht —, dass die Beobachtungen nur als subjektive Eindrücke und nicht als repräsentatives Bild des ganzen Landes gewertet werden können. Trotzdem seien einige Beobachtungen mitgeteilt, weil sie — so ist zu hoffen — zum Verständnis der kanadischen Forstwirtschaft beitragen und die mitteleuropäische Forstwirtschaft aus einem anderen Blickwinkel beleuchten können.

2.1 Zur forstlichen Planung

Die *geringe Intensität* der forstlichen Planung wird verständlich, wenn man bedenkt, dass die kanadische Waldfläche etwa 238 Mio. Hektaren umfasst, über viele Waldgebiete genaue Unterlagen fehlen, zurzeit nur etwa 60 Prozent des möglichen Hiebsatzes genutzt werden und viele Gebiete Kanadas noch nicht oder nicht ausreichend erschlossen sind.

Der überwiegende Teil des Waldes (82 bzw. 9 Prozent) gehört den Provinzen bzw. dem Bund. Die einzelnen Unternehmungen der Holzindustrie erhalten das Recht zur Holznutzung vom Staat in Form sehr unterschiedlich gestalteter *Konzessionen* und verpflichten sich, bei der Nutzung gewisse Restriktionen einzuhalten (genutzte Holzmenge, Massnahmen zur Wiederbestockung usw.) und für jeden genutzten Kubikmeter einen bestimmten Betrag zu bezahlen. Die ungefähre Höhe und der mutmassliche Ort der Nutzungen werden durch *zehn- bzw. zwanzigjährige Pläne,* die im wesentlichen Absichtserklärungen gegenüber dem Konzessionsgeber gleichkommen, und durch *Fünfjahrespläne* geregelt. Die Fünfjahrespläne enthalten genauere Angaben über die geplanten Nutzungen und das Erschliessungsnetz und bedürfen — wie auch die längerfristigen Pläne — der Genehmigung des Konzessionsgebers.

Der eigentliche Kern der Planung und damit auch die Grundlage für die Holzernte ist der *Jahresplan,* der unter Berücksichtigung des im Fünfjahresplan formulierten Rahmens aufgestellt wird. Durch ihn wird unter anderem festgelegt, welche Holzmengen in welchem Monat an welchem Ort eingeschlagen werden sollen, um folgende *Ziele* zu erfüllen:

— die Bereitstellung der Holzmengen und Holzarten, die von der Industrie benötigt werden;

— die kontinuierliche Versorgung der Industrie; hier ist in erster Linie auf die Tatsache zu achten, dass während gewisser Zeiten Holz aus gewissen Regionen oder mit gewissen Mitteln nicht transportiert werden kann;

— die Begrenzung der Transportentfernung;

— die Auslastung von Arbeitskräften und Maschinen.

Insgesamt liegt der Schwerpunkt der Planung also im kurzfristigen Bereich. Dadurch trägt die Planung eher den Charakter der Steuerung einer Exploitation als die Züge einer nachhaltigen Forstwirtschaft. Es ist jedoch nicht zu verkennen, dass Bestrebungen im Gange sind, die Planungsarbeit im mittel- und langfristigen Bereich zu intensivieren und die Grundsätze einer nachhaltigen Forstwirtschaft zu befolgen.

2.2 Zur waldbaulichen Behandlung der Bestände

Die *waldbaulichen Vorschriften,* die im Rahmen der Konzessionen formuliert werden, sind von Provinz zu Provinz sehr verschieden. Grundsätzlich bleibt der Wald ja im Eigentum des Staates, so dass die Unternehmungen der Holzindustrie bei vielen Formen der Konzessionen im Grunde genommen kein Interesse haben, die genutzten Flächen aus eigener Initiative *wieder zu bestocken.*

In vielen Provinzen werden sie aber dazu gezwungen, wobei grundsätzlich folgende *Lösungen* denkbar sind:

— Die Politik, die Verjüngung vollkommen der Natur zu überlassen und sich nicht darum zu kümmern, ob und in welcher Form die Nutzungsflächen wieder bestockt werden, ist nahezu überall verlassen worden.

— Man sorgt für die Herstellung eines möglichst günstigen Saatbeetes (durch Beseitigen der nicht genutzten Holzreste, kontrollierte Brände, Bodenvorbereitung usw.), prüft den Erfolg der Verjüngung aber nicht nach.

— Man sät oder pflanzt unmittelbar nach der Holzernte.

— Die bisherigen Massnahmen können auch kombiniert werden, indem man die Bestände zunächst sich selbst überlässt und nach einigen Jahren — dabei wirken der Staat und die einzelne Unternehmung zusammen — untersucht, ob sich eine Verjüngung eingestellt hat oder nicht. Wenn die Verjüngung ausgeblieben ist, werden an Ort und Stelle die notwendigen Massnahmen festgelegt, durchgeführt und der Erfolg kontrolliert.

Zunehmend werden heute die letzten Formen angewendet. Um die Anstrengungen für die künstliche Verjüngung möglichst gering zu halten, sind Versuche zur Verringerung der Kahlschlaggrössen (durch *Streifenkahlschläge)* im Gange. Beim Übergang vom Grosskahlschlag zum Streifenkahlschlag stösst man auf ein interessantes, mit der Natur der Konzessionen verbundenes Problem: Für die Massnahmen der Wiederbestockung hat gemäss vielen Konzessionen der Staat aufzukommen. Weil nun der Streifenkahlschlag als eine Massnahme zur Wiederbestockung angesehen werden kann, müssen höhere Holzerntekosten, als sie im Vergleich zum Grosskahlschlag

entstehen, vom Staat getragen werden. Um diese Frage zu klären, beschränkt sich der Versuch der Streifenkahlschläge nicht nur auf die waldbauliche Seite, sondern zugleich werden die anwendbaren Holzerntesysteme und deren Leistungen und Kosten untersucht.

2.3 Die Holzernte

Die Bestände, vor allem die Nadelholzbestände, im Osten Kanadas zeichnen sich durch geringe *Vorräte* (etwa 150 bis 200 m^3 pro ha) und bescheidene *Baumdimensionen* aus (Baumhöhen kaum über 20 m, Stückmasse des Volumenmittelstamms etwa im Bereich von 0,05 bis 0,20 m^3). Die einzelnen Bäume werden im allgemeinen bis zu einem Zopfdurchmesser ausgehalten, der etwa der Derbholzgrenze gleichkommt bzw. etwas darüber liegt (4 inches = etwa 10 cm). Diese Grenze entspricht aber nur einer generellen Tendenz und wird — vor allem beim Laubholz — nicht erreicht, wenn Verwendungsmöglichkeiten für das Holz fehlen. Aus diesem Grund erhält die Nutzung beim Laubholz vielfach den Charakter eines Sortenhiebs.

Die *Sortierung und Aushaltung* des genutzten Holzes ist unterschiedlich und in vielen Fällen noch unbefriedigend gelöst, was von den beteiligten Unternehmungen erkannt und durch verschiedene Entwicklungen zu verbessern versucht wird. So war zum Beispiel in einem der besuchten Sägewerke zu beobachten, dass das Nadelholz in langer Form oder zumindest in «Doppellängen» (für kanadische Verhältnisse) ins Werk gebracht und erst dort mit einer *stationären* Anlage ausgehalten und sortiert wurde. In einem anderen Fall wurde das Laubholz ebenfalls in langer Form zu einem Lager- und Umschlagplatz an der — im übrigen firmeneigenen — Bahn transportiert und dort mit Hilfe einer *mobilen* Einschneidemaschine individuell ausgehalten. Der Tendenz der besseren Nutzung jedes geernteten Stammes kommt auch die Dominanz des Langholzsystems, gekennzeichnet durch das Rücken in langer Form, entgegen, weil das Holz dabei nicht schematisch auf eine bestimmte Länge eingeschnitten werden muss, sondern am Weg manuell mit der Einmannmotorsäge oder — mit zunehmender Tendenz — maschinell mit Einschneidemaschinen (slasher) individuell eingeschnitten werden kann. In dieselbe Richtung weist schliesslich auch die Entwicklung bei den Holzerntemaschinen, indem zusätzlich zu den verfügbaren Modellen (Beloit, Poclain-Fel-Del) mehrere Prototypen von Langholzvollerntern vorhanden sind.

Erstaunlich sind die *grossen Transportentfernungen* vom Wald zu den Be- und Verarbeitern, die bei den besuchten Firmen zwischen 125 und 214 km lagen. Die Gründe dafür liegen einerseits darin, dass sich die überwiegende Mehrzahl der Unternehmungen der kanadischen Holzwirtschaft — wie auch die Bevölkerung Kanadas — in einem dichten Gürtel entlang der amerikanisch-kanadischen Grenze konzentriert, und anderseits darin, dass die Bestände mit geeigneten Baumarten und ausreichenden Dimensionen in

Werknähe bereits genutzt sind. Die grossen Entfernungen verursachen nicht nur *hohe Transportkosten,* sondern auch grosse *Schwierigkeiten bei der Rekrutierung der Waldarbeiter,* die weniger denn je bereit sind, fernab jeglicher Zivilisation in einem Camp zu leben.

In den besuchten Forstbetrieben waren praktisch *keine Hänge* zu beobachten, die nicht mit Knickschleppern zu befahren gewesen wären. Auch Überlagerungen mit grossen Findlingen, wie sie von Skandinavien her bekannt sind, fehlten weitgehend. Im Gegensatz zu den relativ problemlosen Neigungsverhältnissen ist die Tragfähigkeit der Böden in den meisten Fällen kritischer zu beurteilen, denn häufig sind ausgesprochene *Weichböden* anzutreffen, die sich entweder über relativ grosse Gebiete erstrecken oder die kleinflächig mit ständig befahrbaren Böden wechseln. Ähnlich vielfältig ist im letzteren Fall das Bestandesbild, so dass schon dank dieser Ausgangssituation grosse, zusammenhängende Kahlschläge vermieden werden. Anderseits ist nicht zu übersehen, dass die Weichböden den ganzjährigen Einsatz schwerer Holzerntemaschinen auf der Bestandesfläche verhindern oder zumindest erschweren, so dass die Auslastung komplexer Holzerntemaschinen auch in Kanada zuweilen ein schwer zu lösendes planerisches und organisatorisches Problem ist.

Dank der einfachen Geländeverhältnisse können die *Waldstrassen* relativ billig gebaut werden (es wurden während der Exkursion wiederholt Beträge von 10 bis 20 Franken je Laufmeter genannt). Die Strassennetze müssen von den Unternehmungen, die die Konzessionen besitzen, gebaut und unterhalten werden. Sie werden für relativ hohe Geschwindigkeiten und schwere Lasten ausgelegt, weil die zulässigen *Fahrzeuggewichte* über den in Europa zugelassenen liegen (maximal bis zu 58 t) bzw. auf den Privatstrassen der Unternehmungen nicht begrenzt sind.

Meist wird ein *Strassenabstand* von 600 bis 800 m gewählt (dies entspricht einer Wegedichte von rund 7 bis 12,5 m/ha). Die Linienführung lässt sich durchaus mit europäischen Massstäben und Anforderungen vergleichen, doch ist die Bauausführung wesentlich gröber und rücksichtsloser.

Die Bestände zwischen den Strassen werden durch *Rückegassen* im Abstand von etwa 100 m erschlossen, wobei vielfach bereits die Feinerschliessungslinien, die in Mitteleuropa nur als Rückegassen angelegt würden, mit Planierraupen ausgeschoben und dadurch zu «Maschinenwegen» werden. Die Anlage dieser «Maschinenwege» erfolgt oft ohne grosse Rücksicht auf Gelände und Bestände. Noch kritischer ist die Tatsache, dass sie bei jeder Witterung von den Knickschleppern befahren werden.

Reichlich bemessen sind im allgemeinen die *Lagerplätze,* die entweder grossflächig innerhalb des Waldes angelegt werden oder die Strassen beiderseits in einer Tiefe von 20 bis 30 m begleiten. Die Lagerplätze entlang der

Strasse dienen gleichzeitig als Aufarbeitungsplatz für den Einsatz der mobilen Einschneidemaschinen.

Weitere Lagerplätze — gewissermassen Lagerplätze höherer Ordnung oder «upper landings» — werden häufig an den Punkten angelegt, an denen ein Transportbruch erfolgt, also beispielsweise beim Übergang vom Strassentransport zur Flösserei (in seltenen Fällen) oder beim Übergang von der Strasse zur Bahn. Diese Lagerplätze übernehmen zugleich die Funktion eines werksfernen *Pufferlagers* für die Zeit, in der das Holz wegen der hohen Schneelage oder wegen der Sperrung von Strassen nur mit der Bahn transportiert werden kann.

2.4 Holzerntesysteme

Der ferne Beobachter vermutet im allgemeinen, die Holzernte sei in ganz Kanada oder wenigstens im ganzen Osten Kanadas voll- oder hochmechanisiert. Dieses Bild entspricht jedoch nicht der Wirklichkeit — weder bei den einzelnen Firmen noch, wie Tabelle 1 zeigt, im ganzen Land.

Tabelle 1. Die voraussichtliche Entwicklung der Holzerntesysteme in Kanada.

Holzerntesysteme	*Anteil an der Nutzung (in Prozent)*	
	1973	*1980*
Kurzholzsystem	9	5
Langholzsystem	90	90
Vollbaumsystem	1	5

Tabelle 2. Die voraussichtliche Entwicklung der Mechanisierung der einzelnen Teilarbeiten bei der Holzernte in Kanada[1].

Teilarbeit	*Anteil in der Nutzung (in Prozent)*			
	1973		*1980*	
	EMS	*Holzerntemaschinen*	*EMS*	*Holzerntemaschinen*
Fällen	50	50	40	60
Entasten	50	50	40	60
Einschneiden	50	50	40	60

Beim *Laubholz* ist das Fällen und Entasten weitgehend noch eine Domäne der Handarbeit und der Motorsäge. Das Holz wird in der Regel schaftlang zum Lagerplatz gerückt und dort entweder mit der Motorsäge oder mit mobilen Einschneidemaschinen ausgehalten. Der Verlad erfolgt meist mit mobilen Ladekränen, die den Lw-montierten Kränen dank der starken Holzdimensionen, der langen Transportdistanzen und der grossen Holzkonzentration überlegen sind.

[1] nach einer von der IUFRO durchgeführten Umfrage.

Nach den Aussagen der kanadischen Gastgeber wird sich bei der Nutzung des Laubholzes in der nächsten Zeit wenig ändern: Beim Fällen und Entasten der Hartholzarten zeichnen sich wegen der Holzhärte noch keine befriedigenden mechanisierten Lösungen ab. Die Ganzbaumhackung wird sich vermutlich nicht rasch durchsetzen, und zwar weniger wegen der fehlenden Technologie, als wegen der Tatsache, dass die potentiellen Abnehmer der Ganzbaum-Hackschnitzel («green chips») nicht auf die Verarbeitung dieses Rohstoffs eingerichtet bzw. auf die dafür notwendigen Investitionen nicht vorbereitet sind.

Wesentlich komplexer ist die Situation beim *Nadelholz:* Hier sind alle Stufen der Mechanisierung vom manuellen Verfahren bis zum halbautomatisierten Kurzholzvollernter zu finden. Generell dominiert im Osten Kanadas heute das Rücken in langer Form mit Hilfe von Knickschleppern, die in den 60er Jahren die Raupenschlepper und anderen Rückemittel nahezu vollkommen verdrängt haben.

Das *Fällen und Entasten* vor dem Rückevorgang wird entweder manuell mit der Motorsäge durchgeführt oder durch Langholzernter wie den Beloit-Tree-Harvester — dessen Produktion inzwischen allerdings eingestellt wurde, weil er hinsichtlich seiner Leistung mit den neuentwickelten Langholzerntern nicht mehr konkurrieren kann —, den Poclain Fel-Del (=Feller-Delimber) oder eine Reihe von Prototypen, über die hier nicht weiter berichtet werden soll. Manchmal wird das Nadelholz auch maschinell gefällt und dann entweder manuell oder — in seltenen Fällen — mit sogenannten Prozessoren (Entastungs- und Einschneidemaschinen) auch maschinell entastet.

Nach dem Rückevorgang wird das Holz auf den bereits genannten Lagerplätzen längs der Strassen — meist senkrecht zur Strasse — gelagert und später maschinell von Einschneidemaschinen zu Sägeholz (von 4,80 m Länge) und/oder Industrieholz (überwiegend 2,40 m lang) *eingeschnitten.* Teilweise befinden sich diese Einschneidemaschinen, wie bereits im Abschnitt 2.3 erwähnt wurde, erst ausserhalb des Waldes an den Lagerplätzen an der Bahn oder sogar erst im Werk. In manchen Fällen wird der Trennschnitt zwischen Sagholz und Industrieholz noch mit der Motorsäge geführt und nur das Industrieholz maschinell eingeschnitten.

Von den *Kurzholzvollerntern* konnte sich bisher nur der Koehring-Waterous-Harvester durchsetzen, von dem inzwischen mehr als 100 Stück arbeiten. Diese Maschine vereinigt im Grunde eine Fäll-, Entastungs-, Einschneide- und Rückemaschine in einem Gerät. Der Fahrer muss lediglich den einzelnen Baum fällen und bis zu einem bestimmten Punkt schwenken. Alles weitere — die Einführung des Baumes in den Entastungskopf, das Entasten, Einschneiden, Kappen und Stapeln im Transportbehälter — übernimmt der Ernter vollautomatisch, so dass sich der Fahrer sofort nach der Einführung des Baumes in das Entastungsaggregat auf das Fällen des näch-

sten Baumes konzentrieren kann. Die Maschine kann eine Ladung von etwa 20 m³ rücken und dann mit Hilfe eines eigenen Kranes selbst entladen: entweder längs der Strasse oder (siehe Abschnitt 1.4) auf einen jeweils wartenden oder gerade ankommenden Lastwagen. Untersuchungen haben gezeigt, dass es wirtschaftlich ist, mit dem Vollernter bis zu einer Entfernung von rund 500 m selbst zu rücken und erst jenseits dieser Entfernung das Holz auf der Bestandesfläche abzuladen und in einem getrennten Arbeitsgang mit einem Rückezug (Forwarder) zur Strasse zu bringen. Die Dimensionen der Maschine sind für mitteleuropäische Verhältnisse geradezu beängstigend: Bei einer Breite von rund 4,50 m, einer Länge von etwa 10 m und einer Höhe von rund 5,50 m wiegt der Vollernter im unbeladenen Zustand etwa 40 t, im beladenen Zustand maximal 54 t.

Insgesamt lässt sich für das Nadelholz feststellen: Die Mechanisierung ist beim Entrinden voll abgeschlossen und auch beim Einschneiden schon weit fortgeschritten. Beim Fällen und Entasten beginnt sie dagegen erst. Dafür ist nicht nur der augenblickliche Stand der technischen Entwicklung verantwortlich zu machen, sondern auch die Tatsache, dass die manuellen Verfahren den hochmechanisierten Verfahren unter den heutigen *Relationen der Lohn- und Maschinenkosten* noch überlegen sind.

So ergibt beispielsweise die *Anordnung der verschiedenen Holzerntever-fahren,* definiert nach der Form, in der das Holz zur Waldstrasse gerückt wird, *nach steigenden Kosten* je Einheit folgende Reihenfolge (wobei die Kostendifferenz von der billigsten zur teuersten Variante etwa 10 Fr./m³ beträgt):

— Kurzholzmethode teilmechanisiert (mit maschinellem Einschneiden);

— Langholzmethode manuell;

— Langholzmethode teilmechanisiert;

— Ganzbaummethode teilmechanisiert;

— Kurzholzmethode manuell;

— Langholzmethode vollmechanisiert (Langholzvollernter);

— Kurzholzmethode vollmechanisiert (Kurzholzvollernter);

— Ganzbaummethode vollmechanisiert.

Die einzelnen Unternehmungen wenden bei der *Entlohnung* der Waldarbeiter unterschiedliche Lohnsysteme — Zeitlohn, Prämienlohn und Stücklohn — an. Bei den Fahrern der komplexen Holzerntemaschinen überwiegt der Zeit- und Prämienlohn, während die Arbeiter mit der Motorsäge und die Knickschlepperfahrer häufig im Stücklohn entlohnt werden, und zwar oft nach einem Gruppenakkord für eine Gruppe, die aus einem oder zwei Motorsägenführern und einem Schlepperfahrer besteht. Als durchschnittlicher Tagesverdienst wurde von mehreren Firmen 50 kanad. $ angegeben.

2.5 *Die Kosten der Holzernte*

Trotz der höheren Kosten der vollmechanisierten Verfahren sind die *Kosten des Holzes* am kanadischen *Werktor* jedoch wesentlich geringer als am schweizerischen oder irgendeinem anderen mitteleuropäischen (beim Faserholz etwa 50 Fr./m³).

In der *Forstwirtschaft* sind dafür unter anderem folgende *Faktoren* verantwortlich:

— die niedrigen Konzessionsgebühren;

— die ausgedehnten Waldflächen und die Konzentration der Nutzungen;

— die Kahlschlagwirtschaft mit wenig Kultur- und Pflegemassnahmen;

— die — zumindest in der Vergangenheit — begrenzte Rücksichtnahme auf die Nachhaltigkeit und die Umwelt;

— der Verzicht auf unnötige Feinarbeiten;

— die hohen Transportlasten;

— die gute Organisation der Holzerntearbeiten;

— die extensive forstliche Betreuung.

In der *Holzwirtschaft* wirken in ähnlicher Weise:

— die vertikale Integration der Unternehmungen;

— die grossen Produktionseinheiten bei der Zellstoff- und Papierindustrie und die Spezialisierung der Produktion durch die Beschränkung auf wenige Produkte (zum Beispiel Papierfabriken, die lediglich eine Sorte Zeitungspapier oder Tapetenpapier herstellen, oder Sägewerke, die nur wenige Sortimente für den amerikanischen Markt produzieren);

— die günstige Lage der Werke im Verkehrsnetz und im Energie- und Wasserversorgungsnetz;

— die niedrigen Holzpreise (je geernteten Kubikmeter müssen bei Faserholz je nach Holzart nur etwa 2 bis 5 Fr./m³ bezahlt werden. Bei den wertvollsten Furnierstämmen kann dieser Betrag bis auf 35 Fr./m³ anwachsen).

Sicher werden die Kosten steigen, unter anderem wegen der hohen Inflationsrate, der Bestrebungen der Vertreter des Umweltschutzes oder der Intensivierung der forstlichen Bewirtschaftung. Die Frage ist allerdings offen, ob sie soweit ansteigen werden, dass der Konkurrenzdruck des kanadischen Holzes und der kanadischen Holzprodukte auf dem Weltmarkt merklich nachlässt und dadurch die Ertragslage der mitteleuropäischen Forstwirtschaft in ausreichendem Masse verbessert werden kann.

3. Schlussbetrachtung und Folgerungen

Grundsätzlich stehen der *Forstwirtschaft Kanadas* heute zwei *Möglichkeiten offen:* entweder in der bisherigen Art und Weise der — eher exploitativen — Nutzung fortzufahren, dadurch immer mehr in den Norden des Landes vorzurücken und höhere Transportkosten in Kauf zu nehmen oder die Bewirtschaftung zu intensivieren und so die Transportkosten durch die Kosten der Waldpflege zu substituieren. Meines Erachtens wird die weitere Entwicklung einer *Kombination* der beiden Varianten entsprechen. Ein Ausweichen nach Norden ist unumgänglich, weil die Nutzungsmengen im Süden nicht schnell genug in beliebiger Höhe gesteigert werden können. Für eine Intensivierung der Bewirtschaftung sprechen nicht nur interne forstliche Überlegungen, sondern auch externe Faktoren:

— Durch die Holzknappheit in Werknähe werden die Unternehmungen gezwungen, alle vorhandenen Holzarten und Bestände und jeden einzelnen Baum besser und vollständiger zu verwerten.

— Die Forderungen des Umweltschutzes bedingen eine intensivere und pfleglichere Bewirtschaftung der Wälder, so dass in Zukunft mehr als bisher auf die Nachhaltigkeit der Produktivität und auf die Verjüngung bzw. Wiederbestockung der Bestände geachtet werden muss.

— Daraus folgt zugleich, dass künftig mehr Aufgaben in der Forstwirtschaft zu bewältigen sind, dass die forstliche Planung und Kontrolle intensiviert werden müssen, und dass schliesslich auch die Forstorganisationen ausgebaut und aufwendiger gestaltet werden müssen.

Durch diese teils von der Forstwirtschaft initiierte, teils von aussen angeregte Politik werden die Kosten für die Bewirtschaftung und Nutzung der Wälder steigen. Es wäre aber vermutlich voreilig zu folgern, dass die Konkurrenzfähigkeit der kanadischen Holzprodukte auf dem Weltmarkt und speziell in Mitteleuropa entscheidend beeinträchtigt wird.

In diesen Überlegungen sind bereits einige wichtige Randbedingungen für die *weitere Entwicklung der Holzerntesysteme* enthalten, denn diese Systeme dürfen die Umwelt — durch Bodenverdichtung, Erosion, Wasserverschmutzung, Beeinträchtigung des Landschaftsbildes usw. — nicht belasten, die Wiederbestockung der Nutzungsflächen nicht erschweren, und sie müssen sicherstellen, dass das genutzte Holz optimal verwertet wird. Dies verlangt zunächst eine Anpassung der Holzerntesysteme an die Bestandes- und Geländeverhältnisse, und so ist zu erwarten, dass in Kanada auch in Zukunft verschiedene Holzerntesysteme nebeneinander eingesetzt werden — sowohl von Region zu Region als auch innerhalb einer Unternehmung, auch wenn die Unternehmungen bestrebt sind, ihre Holzerntesysteme so weit wie möglich zu standardisieren.

Innerhalb der einzelnen Holzerntesysteme ist mit einem breiten Angebot an Maschinen zu rechnen: Bei den Holzerntemaschinen (Fäller-Entaster und Vollernter) bahnt sich eine ähnliche Entwicklung an wie bei den Knickschleppern. Der Zwang, das Holz möglichst dem besten Verwendungszweck zuzuführen, wird weiterhin die Dominanz des Langholzsystems gewährleisten; es wird also auch in Zukunft im Kahlschlag genutzt, auf der Bestandesfläche geastet und lang gerückt werden. Kurzholzvollernter werden wahrscheinlich nur dort in grösserem Umfang eingesetzt werden, wo überwiegend Industrieholz geerntet wird.

Am Schluss einer solchen Reise muss die Frage gestellt werden, welche *Folgerungen* aus den Beobachtungen und Überlegungen *für die Verhältnisse im eigenen Land* gezogen werden können. Diese Frage ist insofern nicht direkt zu beantworten, als die Verhältnisse in Kanada und in Mitteleuropa so verschieden sind, dass die Lösungen aus Übersee nicht oder nicht ohne grosse Modifikationen übertragen werden können. Denn in Kanada herrschen abgesehen von den unterschiedlichen Klimabedingungen und Wachstumsverhältnissen menschenleere Räume, Urwaldbestände, grossflächige Konzessionsgebiete, eine bedeutungsvolle Holzindustrie und (quasi-)integrierte Unternehmungen vor, während wir in Mitteleuropa von extremen Geländeverhältnissen, einer gut ausgebauten Infrastruktur und leistungsfähigen Märkten in unmittelbarer Waldnähe, einer grossen Bevölkerung, die an den gesamten Wald hohe Ansprüche stellt, kleineren Besitzeinheiten und dem Fehlen integrierter Betriebe mit der Folge einer Zersplitterung von Angebot und Nachfrage — um jeweils nur wenige Punkte zu nennen — ausgehen müssen. So ist es beispielsweise aus wirtschaftlichen oder biologisch-ökologischen Gründen undenkbar, eine Maschine mit den Ausmassen des Koehring-Waterous-Kurzholzvollernters in Mitteleuropa einzusetzen.

Wohl aber können wir gerade wegen der Verschiedenartigkeit der Situation um so deutlicher prüfen, ob die *Prinzipien unserer Forstwirtschaft* richtig sind. Eine solche *Prüfung* führt zu dem Schluss, dass:

— die Forstwirtschaft in Mitteleuropa ihrer multifunktionalen Zielsetzung gerecht werden und die Ansprüche des Umweltschutzes und der Bevölkerung voll berücksichtigen muss, auch wenn die höheren Kosten der Holzbereitstellung der Preis sind, den wir für die Infrastrukturleistungen des Waldes bezahlen müssen;

— die Forderungen nach Nachhaltigkeit, langfristiger Planung und Waldpflege auf keinen Fall verlassen werden dürfen;

— die Arbeit im Wald menschenwürdig gestaltet werden muss;

— die Nutzung für Boden und Bestand pfleglich durchzuführen und das geerntete Holz möglichst gut zu verwerten ist.

Damit sind Restriktionen für die Holzernte formuliert. Gerade das kanadische Beispiel kann aber zeigen, dass innerhalb dieser Restriktionen noch

ein weiter Spielraum besteht, um *der vermeintlichen Krise des Holzproduktionsbetriebes entgegenzuwirken* und die Verschlechterung der Ertragslage aufzuhalten. So müssen alle Möglichkeiten zur Rationalisierung bei der Holzernte ausgeschöpft werden, was nicht immer bedeutet, dass man mechanisieren und Grossmaschinen einsetzen muss, wie die Aushaltung von Industrieholz in langer Form oder die Bildung grösserer Nutzungs-, Verkaufs- und Transporteinheiten beweisen. Dies bedingt aber, dass wir in verstärktem Masse in der Forstwirtschaft, aber auch in gemeinsamem Bemühen von Forst- und Holzwirtschaft zusammenarbeiten.

Schliesslich zeigen die Angriffe der Vertreter des Umweltschutzes auf die Forstwirtschaft in Nordamerika, dass eine verstärkte *Öffentlichkeitsarbeit* notwendig ist, um über die Probleme und die Arbeitsweise der Forstwirtschaft zu informieren, damit gar nicht erst der Eindruck entstehen kann, die Forstwirtschaft handle den allgemeinen Interessen zuwider. So können uns die Erfahrungen insgesamt ein Ansporn sein, die biologisch-ökologischen, sozialen, technischen und wirtschaftlichen *Dimensionen der Forstwirtschaft* — unserer Tradition folgend — weiterhin *gleichzeitig zu beachten,* um nicht durch die Vernachlässigung einer Dimension die Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit oder Umweltverträglichkeit des forstlichen Handelns zu gefährden.

Zusammenfassung

Das Symposium gliederte sich in einen Sitzungsteil in Ottawa und einen Exkursionsteil in den Norden der Provinz Ontario. Während der Sitzung wurden in Vorträgen und Diskussionen vier Aspekte der Mechanisierung und Automatisierung der Holzernte behandelt. Auf *sozialem Gebiet* sind die Nachteile der Besitzzersplitterung in der Forstwirtschaft und ein weltweiter Mangel an forstlichen Arbeitskräften zu überwinden. Mit zunehmender Mechanisierung der Holzernte wird immer mehr der Mensch zum begrenzenden Faktor der Mensch-Maschine-Systeme. Daher werden die traditionellen Forschungsgebiete (körperliche Belastung, Arbeitssicherheit) der *Ergonomie* heute ergänzt durch neue Schwerpunkte wie die geistige und psychische Belastung der Arbeiter, psychologische und soziologische Fragen bei der Waldarbeit und die Ausbildung in Ergonomie. Gerade in Nordamerika sind die Rückwirkungen der Holzernte auf die *Umwelt* zu einem Streitobjekt geworden, das durch die Wahl geeigneter Holzerntesysteme beseitigt werden muss. Die *Planung* der Holzernte wird dadurch zu einem äusserst komplexen Problem, worüber auch die Tatsache nicht hinwegtäuschen kann, dass während der Tagung eine Reihe von Simulations- und anderen Modellen vorgestellt wurden, die mehr oder weniger ausschliesslich auf die wirtschaftlichen Aspekte der Verfahren ausgerichtet sind.

Bei den *Exkursionen* trat — zum Beispiel bei der forstlichen Planung und der waldbaulichen Behandlung der Bestände — der eher exploitative Charakter der

Forstwirtschaft im Osten Kanadas zutage. Diese Situation wird durch die äusseren Voraussetzungen, zum Beispiel die ausgedehnten Waldflächen, die Urwaldbestände oder die geringe Bevölkerungsdichte, begünstigt. Bei den *Holzerntemethoden*, gekennzeichnet durch die Form, in der das Holz zur Waldstrasse gerückt wird, dominiert die Langholzmethode. Beim Laubholz wird weitgehend noch mit der Motorsäge gearbeitet. Nur das Einschneiden ist vereinzelt schon Maschinen übertragen. Beim Nadelholz ist dagegen eine ausserordentliche Vielfalt der Holzernteverfahren anzutreffen: neben Verfahren, bei denen nur Motorsägen und Knickschlepper als Mechanisierungsmittel eingesetzt werden, sind Verfahren mit maschineller Fällung, maschinellem Fällen und Entasten und/oder maschinellem Einschneiden zu beobachten. Die höchste Mechanisierungsstufe ist mit dem Koehring-Waterous-Kurzholz-Vollernter erreicht, einer halbautomatischen Maschine, die die Bäume fällt, entastet, einschneidet, rückt und stapelt. Alle vollmechanisierten Holzerntesysteme sind heute noch teurer als die manuellen oder teilmechanisierten. Aus diesem Grunde ist zurzeit auch nur etwa die Hälfte aller Teilarbeiten vollmechanisiert, doch schreitet die Mechanisierung rasch voran, weil die Arbeitskräfte fehlen. Ausserdem werden die Bestandes- und Geländeverhältnisse, die Aushaltung und Sortierung, die Erschliessung, der Transport und die Lagerung des Holzes beschrieben.

Die *weitere Entwicklung* wird auch in Kanada zu einer Intensivierung der Forstwirtschaft im Sinne der Nachhaltigkeit, der Waldpflege und des Umweltschutzes führen. Dadurch werden die Prinzipien der mitteleuropäischen Forstwirtschaft erneut als richtig bestätigt.

Résumé

Problèmes de la mécanisation et de l'automatisation de la récolte des bois. Rapport d'une session de la division «Opérations et techniques forestières» de l'Union internationale des instituts de recherches forestières au Canada

Le symposium se composa d'une session à Ottawa et d'une excursion dans le Nord de la province de l'Ontario. Au cours de la session, quatre aspects de la mécanisation et de l'automatisation furent traités sous forme d'exposés et de discussions. Dans le *domaine social,* il s'agit de surmonter les désavantages dus au morcellement de la propriété forestière et à la pénurie de main d'œuvre forestière à l'échelle mondiale. Avec l'accroissement de la mécanisation de la récolte des bois, l'être humain devient de plus en plus le facteur limitatif du système homme—machine. C'est pourquoi les domaines traditionnels de la recherche en *ergonomie* (effort corporel, sécurité du travail) sont actuellement complétés par de nouvelles études sur la pression psychique et intellectuelle à laquelle sont soumis les ouvriers, ainsi que sur les questions psychologiques et sociologiques de la main d'œuvre forestière et de l'éducation en ergonomie. En Amérique du Nord spécialement, les effets de l'exploitation des bois sur *l'environnement* sont devenus un sujet de dispute qui doit être éliminé par le choix

de systèmes de récolte appropriés. La planification de la récolte des bois devient de ce fait un problème extrêmement complexe. Durant la session, une série de modèles de simulation et d'autres modèles de planification ont été présentés, mais ils étaient plus ou moins exclusivement axés sur les aspects économiques des procédés.

Au cours des *excursions,* le caractère plutôt d'exploitation de l'économie forestière de l'Est du Canada se manifesta par exemple dans la planification forestière et le traitement sylvicole. Cet état de fait est favorisé par les conditions de la région, par exemple les grandes surfaces de forêt, les peuplements encore vierges, ou la faible densité de la population. Dans les *méthodes de récolte des bois,* caractérisées par la forme sous laquelle les bois sont débardés jusqu'aux routes forestières, la méthode de bois en toute longueur domine. Dans les feuillus, l'exploitation se fait encore largement à l'aide de la scie à moteur. Seul le débitage est, dans quelques cas, déjà effectué par des machines. Chez les résineux, on rencontre en revanche une multitude de procédés d'exploitation; à côté de méthodes qui n'utilisent que les scies à moteur et les tracteurs articulés comme moyens de mécanisation, on trouve des procédés d'abattage, d'abattage et d'écorçage et/ou de débitage à l'aide de machines. Le plus haut degré de mécanisation est atteint par le récolteur de bois court Koehring-Waterous, une machine semi-automatique qui abat les arbres, les ébranche, les découpe, les débarde et les empile. Tous les systèmes entièrement mécanisés de la récolte des bois sont actuellement encore plus coûteux que les procédés manuels ou partiellement mécanisés. Aussi, pour cette raison, aujourd'hui seule la moitié environ de toutes les opérations de l'exploitation des bois sont entièrement mécanisées; mais la mécanisation progresse rapidement car la main d'œuvre manque. Le rapport décrit encore les conditions de peuplements et de terrain, le débitage et la classification des bois, la desserte, le transport et le stockage des bois.

L'évolution conduira au Canada aussi à une intensification de l'économie forestière dans le sens du rendement soutenu, du traitement des forêts et de la protection de l'environnement. Ainsi les principes de l'économie forestière de l'Europe centrale seront une fois de plus confirmés comme étant justes.

Traduction: J.-P. Farron

Literatur (Vorträge[1] während des Symposiums)

Almquist, A., and *Nilsson, P. O.*: Computer Simulation — A New Means of Aid for Studying Harvesting Machines in Forestry

Bradley, D.: A Full Tree Field Chipping System Simulator Using IBM/GPSS — The North Central Forest Experiment Station Approach

Cottell, P., and *Barth, R. T.*: Operator Performance in Logging

Eisenhauer, G.: Automation in Highly Mechanized Systems of Centralized Conversion

Erickson, J., and *Hakkila, P.*: Harvesting for Improved Wood Utilization

Ferragne, R.: Le marché du travail forestier du Quebec, au passé, présent et future

Guttenberg, S.: Woods Labor Problems in America's South

Höfle, H. H.: Techniques for Analysis, Comparison and Choice of Harvesting Systems — A Central European Point of View

Horncastle, D. C.: Techniques for Analysis, Comparison and Choice of Harvesting Systems

Kantola, M.: Forest Ownership Structure and Its Effect on the Choice and Design of Harvesting Methods

Kiil, D.: Forest Fire Effects on the Environment — An Outline

Meng, C.: Probabilistic Approach to Solving Waiting Times and Idle Time of Logging Machines

Row, C.: Effect of Tract Size and Financial Return in Forestry

Stuart, W. B., and *Walbridge, T. A. Jr.*: The Harvesting Analysis Technique

Weetman, G. F.: Effects of Mechanization and the Environment

Zasada, Z. A.: Effects of Mechanized Harvesting Upon the Forest Ecosystem and Silvicultural Practices in the Northern Lake States

[1] Die Liste ist unvollständig, weil nicht alle Beiträge vervielfältigt vorlagen bzw. nicht alle Themen im Bericht behandelt wurden.

Abbildung 1. Eine typische Kahlschlagfläche in der borealen Nadelwaldregion der Provinz Ontario. Das Laubholz ist nicht verwertbar, der Nadelholzbestand im linken Teil des Bildes noch zu jung.

Abbildung 2. Eine Waldstrasse der zweiten Kategorie (Zubringer) mit breiten Lagerstreifen, auf denen das Langholz senkrecht zur Strasse gelagert wird. In der Bildmitte der Poclain Feller-Delimber.

Abbildung 3. Das Grundfahrzeug der Poclain-Fäll- und Entastungsmaschine (Feller-Delimber) ist ein Bagger auf Raupen. Am Ausleger des Baggers ist ein Fäll- und Entastungskopf angebracht, mit dem die Bäume mit Hilfe von zwei Messern zunächst abgetrennt und dann nach einer Schwenkung des Kopfes um 90 Grad in waagrechter Lage entastet werden. Die Entastung erfolgt mit Messern, durch die jeder Baum mit hydraulisch angetriebenen Rollen gezogen wird.

Abbildung 4. Fournierstämme — überwiegend Birken — aus der Mischwaldregion der Provinz Ontario liegen nach dem Rücken der Schäfte in langer Form und dem Einschneiden mit der Motorsäge für den Verlad und Transport bereit.

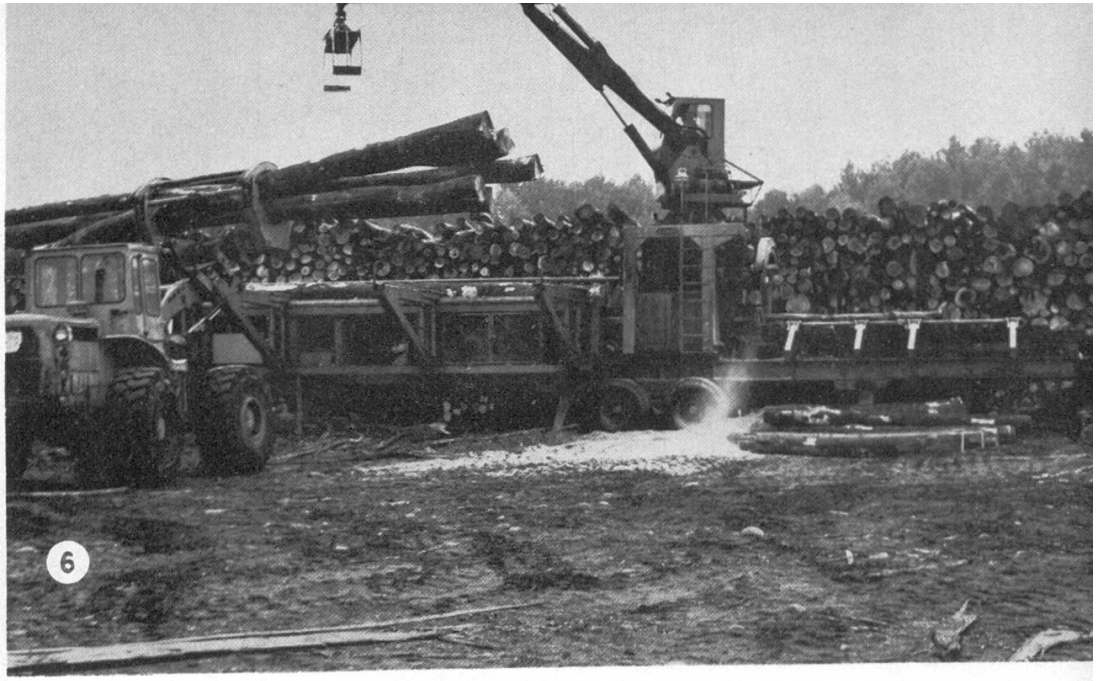
1

2

3

4

5



6

Abbildung 5. Nadellangholz (links im Hintergrund) wird mit einer Nesco-Einschneidemaschine auf 4,80 bzw. 2,40 Meter Länge eingeschnitten. Die Kreissäge (in der Bildmitte) wird von einem Arbeiter bedient. Die Zufuhr des Langholzes erfolgt durch den Kran der Einschneidemaschine. Das eingeschnittene Holz wird zunächst in zwei Wannen gesammelt und von dort mit einem unabhängigen Drott-Lader (rechts im Bild) entnommen und abfuhrgerecht gestapelt.

Abbildung 6. Laubholz — vor allem Buche und Ahorn — wird an einem grossen Lagerplatz an der Bahn mit einer Forano-Einschneidemaschine eingeschnitten und mit dem Kran der Einschneidemaschine transportbereit gestapelt. Die Zufuhr des Holzes ist in diesem Falle einem Radlager übertragen.

Abbildung 7. Für den Belad sind dank der grossen Holzkonzentrationen in der Regel unabhängige Ladekräne — hier beim Verlad von 2,40 Meter langem Nadelfaserholz — eingesetzt.

Abbildung 8. Beim Übergang von den Waldstrassen auf das öffentliche Strassennetz durchfahren die Lastwagen sogenannte Ladegleichrichter («load-deliners»), durch die vorstehende Holzstücke in das zulässige Laderaumprofil zurückgeschoben werden.
Alle Photos von H. H. Höfle.