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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 135 (1984)

Heft: 9

Artikel: Materialfluss für eine regionale Wald- und Holzwirtschaft

Autor: Ulrich, Heinz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766794

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: 13.07.2025

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

Materialfluss für eine regionale Wald- und Holzwirtschaft

Von *Heinz Ulrich*
(Institut für Operations Research der ETH Zürich)

Oxf.: 792:721.1:(494.24)

1. Einleitung

Für die schweizerische Wald- und Holzwirtschaft stellen die Veränderungen der letzten Jahre in der Weltwirtschaft mit ihren vielfältigen Auswirkungen eine Herausforderung dar. Als Stichworte seien nur genannt: Europäische Wirtschaftsintegration, steigende Importe von Halbfabrikaten, steigende Exporte von Rohholz.

In nächster Zeit sind Entscheidungen zu fällen, die für diesen Wirtschaftszweig von grosser Bedeutung sind und deshalb eine weitsichtige Planung erfordern. Bei dieser Planung ist von einer Gesamtbetrachtung dieses Wirtschaftszweiges auszugehen, greifen doch die verschiedenen Stufen im Verarbeitungsprozess vom stehenden Baum bis zu den Endprodukten der Holzwirtschaft in vielfältiger Weise ineinander. Es sei nur an die Verfügbarkeit und die qualitativen und dimensionsmässigen Eigenschaften des Rohstoffes Holz erinnert.

In unserem Wirtschaftssystem, der freien Marktwirtschaft, kann es nicht darum gehen, einzelnen Betrieben planerische Vorschriften zu machen. Es ist hingegen zu prüfen, ob die vorhandenen Rahmenbedingungen eine Entwicklung in der gewünschten Richtung gewährleisten oder ob gegebenenfalls noch genau abzuklärende Massnahmen zu ergreifen wären, die dies zu garantieren vermöchten.

Um diese Planungsaufgabe zu erleichtern, bewilligte der Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung dem Institut für Operations Research der ETH Zürich die erforderlichen Mittel um ein dafür geeignetes Planungshilfsmittel zu entwickeln.

2. Problemcharakteristik

Das zu erstellende Planungshilfsmittel soll für die langfristige Planung der Wald- und Holzwirtschaft verwendbar sein.

Bei dessen Realisierung ist dabei vom konkreten Planungsprozess in der Praxis auszugehen. Für eine freie Marktwirtschaft existiert keine zentrale Steuerung. Die Entscheidungen in einem Wirtschaftszweig werden *dezentral* in den Einzelbetrieben getroffen. Verbunden durch die Bereitstellung und Verarbeitung des gleichen Rohstoffes Holz ergeben sich aber für die Wald- und Holzwirtschaft durch die gegenseitigen Abhängigkeiten gemeinsame, langfristige Interessen. Letzteren ist durch Randbedingungen in der langfristigen Planung dieses Wirtschaftszweiges Rechnung zu tragen.

Eine institutionalisierte Entscheidungsinstanz bei diesem Planungsprozess fehlt; die Entscheidungen werden in einem freien Dialog zwischen den verschiedenen beteiligten Kreisen oder deren Interessenvertretern vorbereitet. Als solche wären etwa zu nennen: Regionalpolitiker, Forstdienst und Verbände der Wald- und Holzwirtschaft. Die Entscheidungskompetenz liegt für den Wirtschaftsbereich bei den Führungsinstanzen der Einzelbetriebe, auf dem öffentlichen Sektor (Gesetze, Initiativen) in der Schweiz letztlich beim stimmberechtigten Volk.

Die Zielgrösse, in der die Wünsche und Anforderungen aller Beteiligten zum Ausdruck kommen sollen, enthält sehr viele Komponenten, die so unterschiedlichen Bestrebungen wie zum Beispiel Ertragsziele der Waldwirtschaft, Versorgungssicherheit mit Rohstoff, Erhaltung von Arbeitsplätzen in der Region, entsprechen müssen. Die Gewichtung dieser verschiedenen Komponenten wird für jeden Entscheidungsträger unterschiedlich ausfallen. Den grössten Nutzen bringt hier deshalb ein Modell, das für jede Lösung die Auswirkungen bezüglich der wesentlichen Komponenten getrennt aufzeigt.

Für die Planungstätigkeit ist wesentlich zu wissen, wo die Grenzen des Handlungsspielraumes liegen. Diese sind bei der Waldwirtschaft gegeben durch die Notwendigkeit einer minimalen Bewirtschaftung zur Gewährleistung der Schutzfunktion des Waldes von unten und durch das vorhandene Ertragsvermögen von oben. Bei der Holzwirtschaft sind obere Abgrenzungen gegeben durch vorhandene oder allfällig noch bereitzustellende Verarbeitungskapazitäten. In sämtlichen Planungsvarianten ist dieser Handlungsspielraum einzuhalten; Lösungen ausserhalb dieses Bereiches ist der Realitätsbezug zum vornherein abzusprechen.

3. Lösungsmethode

Aus der Problemcharakteristik ergibt sich ein Anforderungsprofil, dem ein Modell mit der nachfolgend beschriebenen Ausgestaltung am besten gerecht wird.

Das Modell muss erlauben, den Wirtschaftsprozess einer regionalen Wald- und Holzwirtschaft bei gegebener Wirtschaftsstruktur für verschiedene äussere Verhältnisse modellmässig abzuwickeln. Dies bedingt den Nachvollzug des Materialflusses in diesem Wirtschaftssektor; das Modell kann daher als Materialflussmodell bezeichnet werden. Damit ist eine erzeugte Variante quantitativ vollständig zu beschreiben, um so eine Beurteilung nach den für den betreffenden Anwendungsfall wesentlichen Zielkomponenten zu ermöglichen.

Im Planungsprozess kann ein Modell, das die Möglichkeiten einer weit gefächerten Variantenanalyse bietet, sowohl bei der Abschätzung der Auswirkungen gezielter Massnahmen wie auch bei der Erarbeitung von Leitbildern für die wünschbare zukünftige Entwicklung wesentliche Entscheidungsgrundlagen liefern.

Nach diesen Ausführungen kommt aus methodischer Sicht nur noch ein Simulationsmodell in Betracht. Dieses bietet die erforderlichen Ausbaumöglichkeiten und eignet sich auch bestens für eine Anwendung in Dialogform, die angesichts der grossen Zahl von Entscheidungsträgern notwendig ist. Die Variantenanalyse kann daher zum Beispiel nach der bereits auf anderen Gebieten erfolgreich angewendeten Szenariotechnik erfolgen, bei der Varianten für eine Reihe möglicher Zukunftsentwicklungen unter genau zu spezifizierenden äusseren Verhältnissen erzeugt werden (3).

Neben der Vielzahl von Einflussgrössen und der Komplexität des Systems verursacht die Erfassung des Materials Holz und die breite Palette der Holzprodukte die grössten Probleme beim Modellbau. Holz als biologisches Produkt weist in Aufbau, Ausformung und in seinen Qualitätsmerkmalen eine grosse Vielfalt auf. Die zum Teil nicht objektiv messbaren Kriterien schränken die quantitative Erfassbarkeit ein.

Dem Realitätsbezug wurde bei diesem Projekt ein sehr hoher Stellenwert beigemessen, deshalb wurden im Modell nur in der Praxis erfassbare Grössen und Zusammenhänge eingebaut. Die Grenzen der Erfassbarkeit zwangen uns teilweise zu einem Verzicht auf eine wünschbare feinere Detaillierung in der Darstellung der Abläufe auf verschiedenen Stufen im Modell.

Sämtliche erforderlichen Erhebungen wurden in der Praxis auch durchgeführt. Damit konnte die Realisierbarkeit des Modelles sowohl für den modelltechnischen Bereich wie auch für jenen der Datenerfassung gleichzeitig überprüft werden.

4. Regionale Begrenzung

Obwohl die Wald- und Holzwirtschaft gesamtschweizerisch nur rund 3 % zum Bruttoinlandprodukt beisteuert, ist ihr Angebot an Arbeitsplätzen speziell in einigen wirtschaftlich schwächeren Regionen von grosser Bedeutung. Die Wald- und Holzwirtschaft weist vor allem in den ersten Stufen der Verarbeitung einen ausgeprägt regionalen Charakter auf. Dies ist einerseits in der Tradition begründet – die Holzwirtschaft hat sich aus einem regional orientierten Kleingewerbe entwickelt –, andererseits begrenzt der relativ hohe Transportaufwand die wirtschaftlich noch vertretbare Transportdistanz.

Regionalpolitische Aspekte dürfen daher in Zusammenhang mit Planungsproblemen der Wald- und Holzwirtschaft eine wichtige Rolle spielen. Deshalb wurde beschlossen, das Modell vorerst für eine regionale Wald- und Holzwirtschaft zu erstellen. Um die Realitätsnähe des Modells sicherzustellen, sollte dessen Aufbau und Überprüfung anhand eines konkreten Beispiels erfolgen. Als Testregion bot sich das Berner Oberland, eine Region des Schweizer Alpengebiets, an.

Trotz der Realisierung des Modells für ein konkretes Anwendungsbeispiel wurde bei dessen Aufbau stets auf eine allgemeine Verwendbarkeit des Modells geachtet. Durch die Ausrichtung des Modells auf die gewählte Testregion Berner Oberland ergeben sich gegenüber dem allgemeinsten Fall einer regionalen Wald- und Holzwirtschaft folgende Einschränkungen:

- Im Modell erfolgt eine Begrenzung auf das Nadelholz. (Die Verarbeitung von Laubholz spielt in der Testregion nur eine sehr untergeordnete Rolle.)
- Folgende Branchen der Holzwirtschaft sind in der Testregion nicht vertreten und fehlen daher im Modell:
  - Industrieholzverarbeitende Industrien (Span- und Faserplattenwerke, Zellulosewerke, Holzschleifereien, usw.)
  - Furnierwerke
  - Sperrholz- und Tischlerplattenwerke
- Furniere sind als Rohmaterial nicht abgebildet. (Erfassung mit zu grosser Unsicherheit behaftet).

5. Lösungsansatz

Das zu erstellende Simulationsmodell ist auf Fragestellungen im Bereich der längerfristigen Planung einer gesamten regionalen Volkswirtschaft auszurichten. In zeitlicher Hinsicht wurde daher als massgebende Einheit das Jahr gewählt. Dies entspricht auch der in der Wirtschaft üblichen Vergleichsperiode, werden doch sowohl für die einzelnen Betriebe wie auch für ganze

Wirtschaftszweige die wirtschaftlichen Ergebnisse respektive Statistiken meistens für ganze Jahresperioden ermittelt. Vorgänge, die zeitlich feiner als in Jahreswerten zu detaillieren wären, kommen daher im Modell nicht zur Abbildung. Da somit keine vom Zufall abhängige kurzfristige Detailvorgänge abzubilden sind, kann das Simulationsmodell rein deterministisch ohne stochastische Elemente aufgebaut werden.

Damit kann die vorgesehene Darstellungsform des Materialflussmodells wie folgt präzisiert werden:

> Für einen noch genau zu spezifizierenden Ablauf des Materialflusses einer regionalen Wald- und Holzwirtschaft ist das Wirtschaftsgeschehen im jährlichen Gesamtergebnis abzubilden.

Die Frage, wie ein solcher Ablauf zu spezifizieren ist, nötigt uns zu einer Auseinandersetzung mit den grössten Vor- und Nachteilen eines Simulationsmodells. Einerseits sind den Möglichkeiten zur Nachbildung der Realität kaum Grenzen gesetzt, andererseits besteht aber die Gefahr, durch eine Vielzahl von Bestimmungsgrössen den Überblick bei einer Variantenanalyse zu verlieren. Für das vorgesehene Modell, in dem grundsätzlich alle vorkommenden Grössen variierbar sind, wurde deshalb folgendes Konzept zur Spezifikation einer Ablaufvariante gewählt:

- Die Bestimmung einer Ablaufvariante soll durch möglichst wenige Grössen, im weiteren Aktionsparameter genannt, möglich sein.
- Der Fragestellung angepasst, soll zwischen verschiedenen Stufen der Aggregierung gewählt werden können. Je stärker die Aggregierung, desto geringer ist dabei die Zahl der Aktionsparameter.

Die Aggregierungen werden so vorgenommen, dass die für eine Analyse wesentlichsten Grössen als Aktionsparameter verwendbar sind, die die Grössen von sekundärer Bedeutung gemäss getroffener möglichst sinnvoller Annahmen bereits festlegen. Diese «sinnvollen» Annahmen stützen sich wesentlich auf eine weitgehende Konstanz der inneren Zusammenhänge der bestimmenden Grösse des Materialflusses. Eine Begründung dieser Annahmen ist weitgehend durch materialspezifische oder technologische Besonderheiten möglich. Durch Aktionsparameter sind auf allen Stufen sowohl die Dimensionierung des Materialflusses wie auch die Betriebsstruktur und die Kapazitäten veränderbar.

Als Ausgangssituation, die für die Erzeugung von Varianten von zentraler Bedeutung ist, wurde der Ist-Zustand gewählt. Konstanz der inneren Zusammenhänge bedeutet in diesem Falle: unveränderte Verhältnisse gegenüber dem Ist-Zustand. Die Erfassung dieses Ist-Zustandes der regionalen Wald- und Holzwirtschaft des Berner Oberlandes bezieht sich auf das Jahr 1978. Trotz Verwendung sämtlicher verfügbarer öffentlicher Statistiken erwiesen sich zusätzlich Erhebungen als notwendig (1).

6. Abbildung des Materialflusses

Der Anwendungsbereich des Modells wird entscheidend bestimmt durch die Art der Abbildung des Materialflusses. Diese Abbildung besteht in der quantitativen Darstellung der Materialbewegungen in einem System, das den Wirtschaftsprozess einer regionalen Wald- und Holzwirtschaft vom stehenden Baum bis zum Endprodukt widerspiegeln soll. Die der Praxis entsprechenden vielfältigen Verhältnisse zwingen hier zur Vornahme gewisser Vereinfachungen; diese sollten aber die Aussagemöglichkeiten des Modells so wenig wie möglich beschränken.

Der Produktionsprozess der Wald- und Holzwirtschaft lässt sich etwa gemäss Schema in *Abbildung 1* aufgliedern:

Es handelt sich hier um eine alternierende Folge von Verarbeitungs- und Distributionsstufen bis hin zum Endverbrauch. Die Abgrenzung nach Verarbeitungsstufen erfolgt allein im Hinblick auf die ausgeführten Verarbeitungsschritte, unabhängig von deren lokaler Durchführung. Ein stark integrierter Betrieb kann daher Betriebsteile in verschiedenen Verarbeitungsstufen aufweisen.

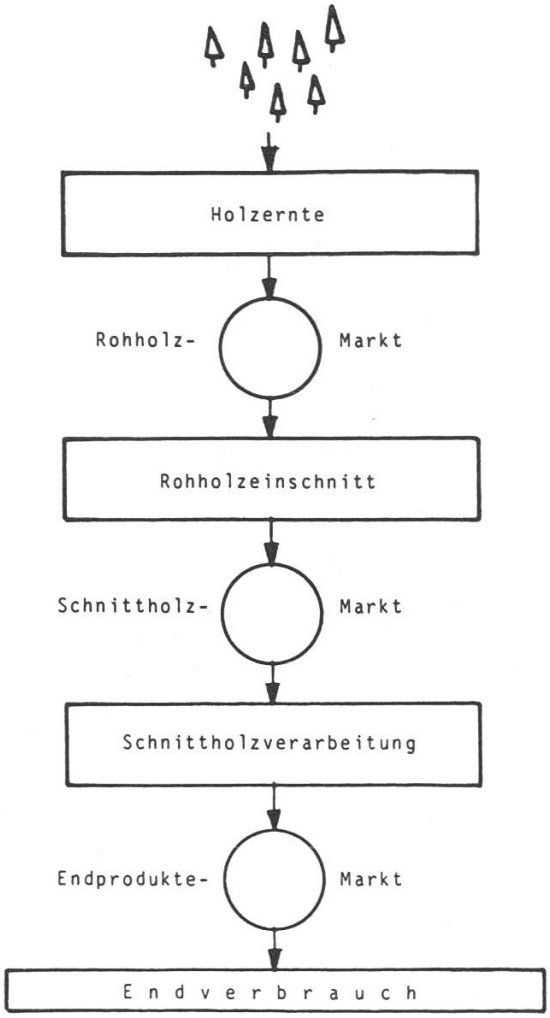


Abbildung 1. Schema des Produktionsprozesses.

Die Verarbeitungsstufen lassen sich dabei im einzelnen folgendermassen kurz umreissen:

Stufe Waldwirtschaft

- Mechanische Produktion der Waldwirtschaft (alle Tätigkeiten, die direkt mit der Holzernte in Zusammenhang stehen). Übrige Aktivitäten der Waldwirtschaft (Aufforstung, Waldpflege im weiteren Sinne, Erschliessung usw.) im Modell nicht abgebildet.

Erste Verarbeitungsstufe

- Einschnitt von Stammholz zu Schnittholz.
- Einfache Weiterverarbeitung von Schnittholz, wie Herstellung von Hobelwaren oder Verpackungsmaterial.

Zweite Verarbeitungsstufe

- Verarbeitung von Schnittholz zu Schreinerei- und Zimmereiprodukten.

In den Stufen der Distribution, im weiteren Marktstufen genannt, findet die Steuerung der Mengenflüsse zwischen den Stufen der Verarbeitung oder gegebenenfalls dem Endverbrauch statt. Ein hier allenfalls vorkommender Zwischenhandel wird nur durch seine Auswirkungen, nicht aber in der Form einer speziellen Stufe erfasst. Die Marktstufen sind folgendermassen aufgebaut:

Erste Marktstufe

Rohholzmarkt mit den 2 Marktbereichen Stammholz und Schichtholz.

Zweite Marktstufe

Schnittholzmarkt mit den 3 Marktbereichen Schnittholz, Halbfabrikate und Restholz.

Dritte Marktstufe

Endproduktemarkt mit den 2 Marktbereichen Schreinereiprodukte und Zimmereiprodukte.

In jedem dieser Marktbereiche werden die Materialflüsse durch eine globale Messgrösse erfasst, die dann auch in den entsprechenden Verarbeitungsstufen Anwendung findet. Eine differenziertere Erfassung des Materials erfolgt nur auf der ersten und zweiten Verarbeitungsstufe für das Schnittholz (5 Sortimente) und für Halbfabrikate (Hobelwaren, Verpakkungsmaterial, Span- und Faserplatten, übrige Halbfabrikate).

Eine weitergehende Differenzierung des Materials konnte, obwohl aus modelltheoretischer Sicht wünschenswert, wegen der Grenzen der quantitativen Erfassbarkeit in der Praxis nicht realisiert werden. Diese Grenzen

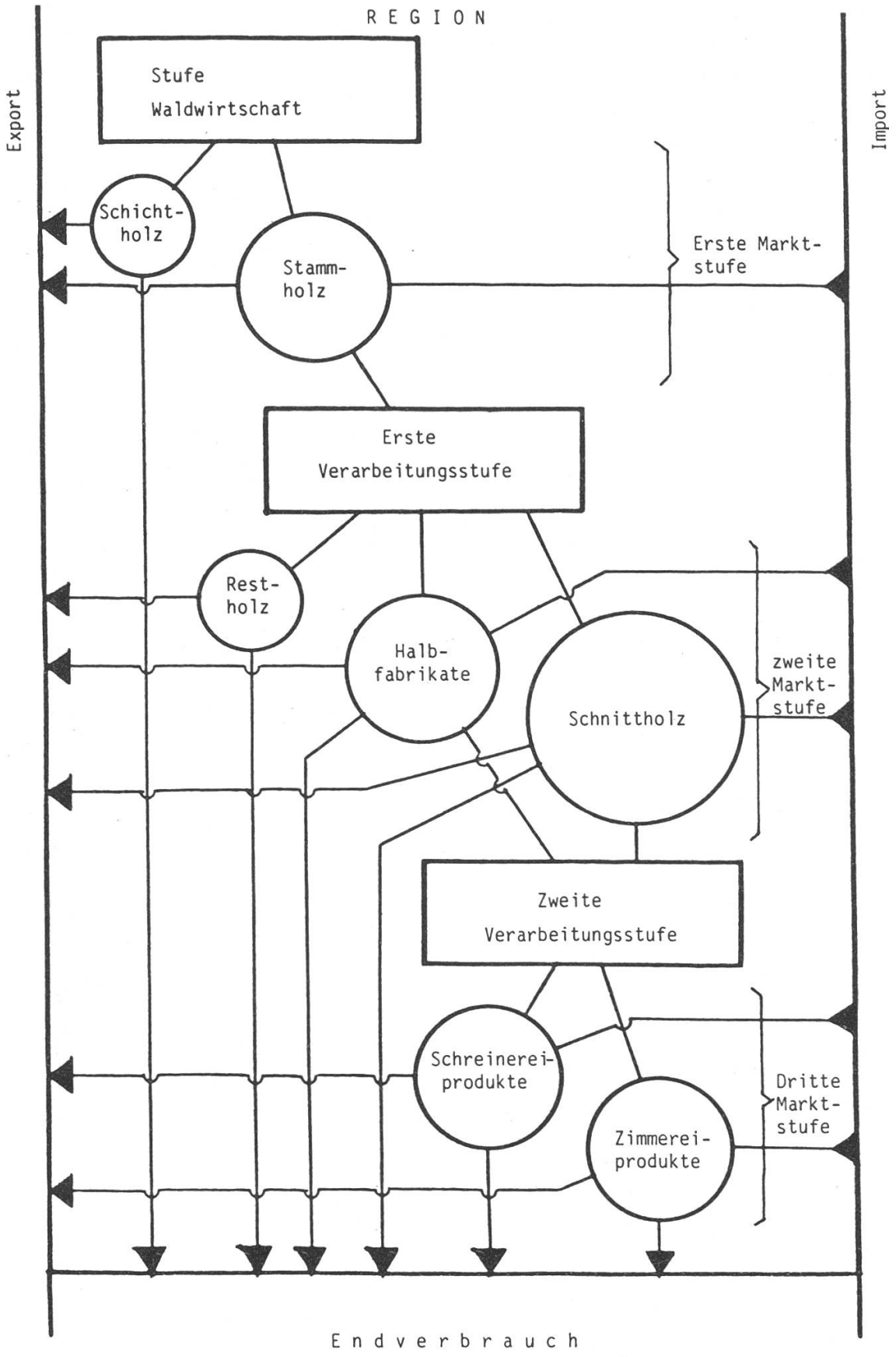


Abbildung 2. Materialflussschema.

haben uns zu der oben erwähnten Lösung geführt, die sich, bestätigt durch die Ist-Zustandserhebung, auch als in der Praxis realisierbar erwies.

Die Darstellung des Materialflusses im Modell nimmt dann die in *Abbildung 2* gezeigte schematische Form an.

7. Erfassungsbasis

Die Erfassungsbasis bestimmt wesentlich die Möglichkeit zur Detaillierung von Modellaussagen.

Für die Abbildung der Stufe Waldwirtschaft erwies sich wegen der sehr grossen Zahl von Waldbesitzern (im Testgebiet gibt es über 13 000 Waldbesitzer) eine Abstützung auf Waldflächen günstiger als eine solche auf Betriebseinheiten. Die Waldfläche wurde mittels eines Punktstichprobenverfahrens erfasst, welches erlaubt, die vorhandenen Nutzungsmöglichkeiten abzuschätzen und sämtliche pro Stichprobenpunkt erhobenen Informationen miteinander zu verknüpfen. Da zudem für jeden Punkt die zu erwartenden Holzerntekosten berechnet wurden, konnten mittels der Einführung von Kostenklassen insbesondere die Kosten in Beziehung zu allen erhobenen Merkmalen gebracht werden. Das Verhalten der Waldbesitzer bei Preisänderungen liess sich dank deren grossen Zahl auf statistischem Wege abschätzen. Eine Differenzierung des Waldbesitzes erfolgte lediglich hinsichtlich Eigentümerkategorien.

Das tragende Element in der Holzwirtschaft ist die Betriebseinheit. Diese weist hier, bereits durch die Produktionsverhältnisse bedingt, einen viel individuelleren Charakter auf als bei der Waldwirtschaft. Eine Abbildung der Verarbeitungsstufen der Holzwirtschaft muss sich daher auf Betriebseinheiten abstützen. Der Ist-Zustand wurde mit einer statistischen Erhebung erfasst, die einen hohen Erfassungsgrad bezüglich Betriebseinheiten und einen noch höheren bezüglich der Mengenanteile am Materialfluss aufwies. Dies war möglich durch eine Abstufung der Erfassungsdichte nach Betriebsgrössenklassen. Auf eine statistische Erfassung von Verhaltensweisen bei Preisänderungen wurde auf dieser Stufe verzichtet, da hier bei der doch bedeutend geringeren Zahl von Betriebseinheiten Einzelentscheidungen vor allem bei Grossbetrieben die Resultate wesentlich beeinflussen. Die tatsächlich massgebenden Entscheidungskriterien sind hier kaum durch wenige Einflussgrössen quantitativ ausreichend erfassbar.

Die gewählte Erfassungsart erlaubt neben Globalauswertungen individuelle Auswertungen bezüglich einer der folgenden Bezugseinheiten:

Geographie:	Forstkreis, Wirtschaftsregion
Betriebsgrösse:	Grössenklasse pro Branche (Holzwirtschaft)
Eigentum:	Eigentümerkategorie (Waldwirtschaft)

8. Modellaufbau

Gestützt auf die gewählte Erfassungsbasis wird nun der Materialfluss im Modell gemäss dem Materialflussschema von *Abbildung 2* nachgebildet. Das Ziel besteht darin, eine durch Aktionsparameter festgelegte Ablaufvariante quantitativ vollständig zu berechnen.

Das erwähnte Materialflussschema zeichnet einen stufenweisen Ablauf bereits vor. Vom formalen Ausbau her weisen die vorkommenden Verarbeitungs- und Marktstufen untereinander je eine grosse strukturelle Ähnlichkeit auf. Eine Ausnahme bildet die Stufe Waldwirtschaft, die wegen ihrer besonderen Erfassungsbasis im Aufbau stark von den anderen Verarbeitungsstufen abweicht.

Die vorhandenen Datengrundlagen erlaubten die Bestimmung einiger Punkte einer Funktion, die eine Beziehung zwischen Kosten und Nutzungsmengen herstellt. Zur Berechnung einer beliebigen Ablaufvariante ist daher unter Umständen eine Interpolation notwendig, um sämtliche gewünschten Beziehungen zwischen Kosten, Mengen und Merkmalen herzustellen. Zur Interpolation stehen mehrere Verfahren, ausgerichtet auf verschiedene Arten von praktischen Modellanwendungen, zur Wahl.

Die Verarbeitungsstufen der Holzwirtschaft sind im Modell auf folgenden Elementen aufgebaut:

- *Bilanzgleichungen*
  Beziehungen zwischen Bestimmungsgrössen des Materialflusses, die streng erfüllt sein müssen.

- *Materialspezifische Randbedingungen*
  Forderungen, die von Bestimmungsgrössen aus materialspezifischen Gründen zu erfüllen sind.

- *Kapazitätsrestriktionen*
  Begrenzung durch die vorhandenen Betriebsmittel.

- *Lagerbeziehungen*
  Beziehungen im Zusammenhang mit der Lagerhaltung.

Die Marktstufen sind alle formal identisch aufgebaut. Es gilt hier, die zur Verknüpfung der Verarbeitungsstufen notwendige Distribution der Mengen vorzunehmen. Aus einer Anzahl vorgegebener Zuteilungsverfahren kann das für den jeweiligen Anwendungsfall am besten geeignete ausgewählt werden.

Wie bereits erwähnt, weist die Materialerfassung auf den Verarbeitungsstufen zum Teil eine feinere Differenzierung auf als auf den Marktstufen. So

wird zum Beispiel das Schnittholz auf den Marktstufen nicht nach Sorten aufgegliedert behandelt. Dies ergibt Probleme bei der Verknüpfung, weil durch die globale Behandlung von Mengengrössen auf den Marktstufen die genaue Zuteilung nach der feineren Untergliederung nicht definiert ist. Sie wird im einzelnen auch nicht durchgeführt; hingegen sind spezielle Tests vorgesehen, die nach jeder Zuteilung der Marktstufen abklären, ob diese Lösung für die globale Grösse (zum Beispiel Schnittholzgesamtmenge) zum mindesten eine zulässige Zuteilung für die feinere Untergliederung (zum Beispiel Schnittholzsorten) überhaupt ermöglicht. Es werden nur Varianten erzeugt, deren Mengenflüsse so auf ihre Zulässigkeit getestet sind.

Die Erzeugung von vollständigen Ablaufvarianten bedingt nun die Konstruktion eines Mengenflusses gemäss Materialflussschema *(Abbildung 2)* über alle Stufen hinweg. Als zulässige Variante ist ein Ablauf dann anzusehen, wenn die Verknüpfung aller Stufen gewährleistet ist und sämtliche Randbedingungen erfüllt sind. Die Notwendigkeit der Verknüpfung der verschiedenen Stufen legt für den Rechenablauf ein schrittweises Vorgehen nahe. Nach der jeweiligen Abwicklung einer Stufe stehen die notwendigen Ausgangsdaten für die nächste bereit. Der Rechenablauf kann entweder vom Angebot her – bei der Stufe Waldwirtschaft – oder von der Nachfrage her – beim Endverbrauch – begonnen werden. Die Ablaufrichtung zur Erzeugung einer Variante ist also frei wählbar. Dies ist für den Anwendungsbereich des Modells wesentlich, sind doch auf diese Weise sowohl angebots- wie nachfrageorientierte Analysen durchführbar.

Angesichts des sich abzeichnenden grossen Rechenaufwandes kommt hier eine Realisierung nur unter Benützung eines Computers als Rechenhilfe in Betracht. Der in *Abbildung 3* schematisch dargestellte Rechenablauf berücksichtigt daher bereits die vorgesehene Computerunterstützung. Die starke Abstützung auf die Ist-Zustandsdaten bedingt deren jederzeitige Verfügbarkeit. Diese sind deshalb in drei Basisdateien abgespeichert; je eine für die Verarbeitungsstufen der Wald- und der Holzwirtschaft und eine für die Marktstufen. In den Computerprogrammen sind dann die notwendigen Zugriffsmöglichkeiten sichergestellt.

Nach der Wahl der Ablaufrichtung ist die erste abzuwickelnde Modellstufe durch Festlegung von Steuergrössen, Aktionsparametern und allfällig benötigten weiteren Daten vollständig zu determinieren. Der Materialfluss für diese Stufe liegt damit eindeutig fest und wird mit dem dafür vorgesehenen Rechenprogramm bestimmt. Als Resultate werden dann alle diesen Materialfluss beschreibenden und bewertenden Auswertungen ausgedruckt sowie die notwendigen Ausgangsdaten für die folgende Stufe bereitgestellt.

Der eben beschriebene Vorgang ist nun Schritt für Schritt für alle sechs Stufen des Materialflusses zu wiederholen, so dass man am Ende zu einer vollständigen Charakterisierung der gewählten Ablaufvariante gelangt. Im Ablauf kann es dabei vorkommen, dass gewisse Schritte unter Veränderung

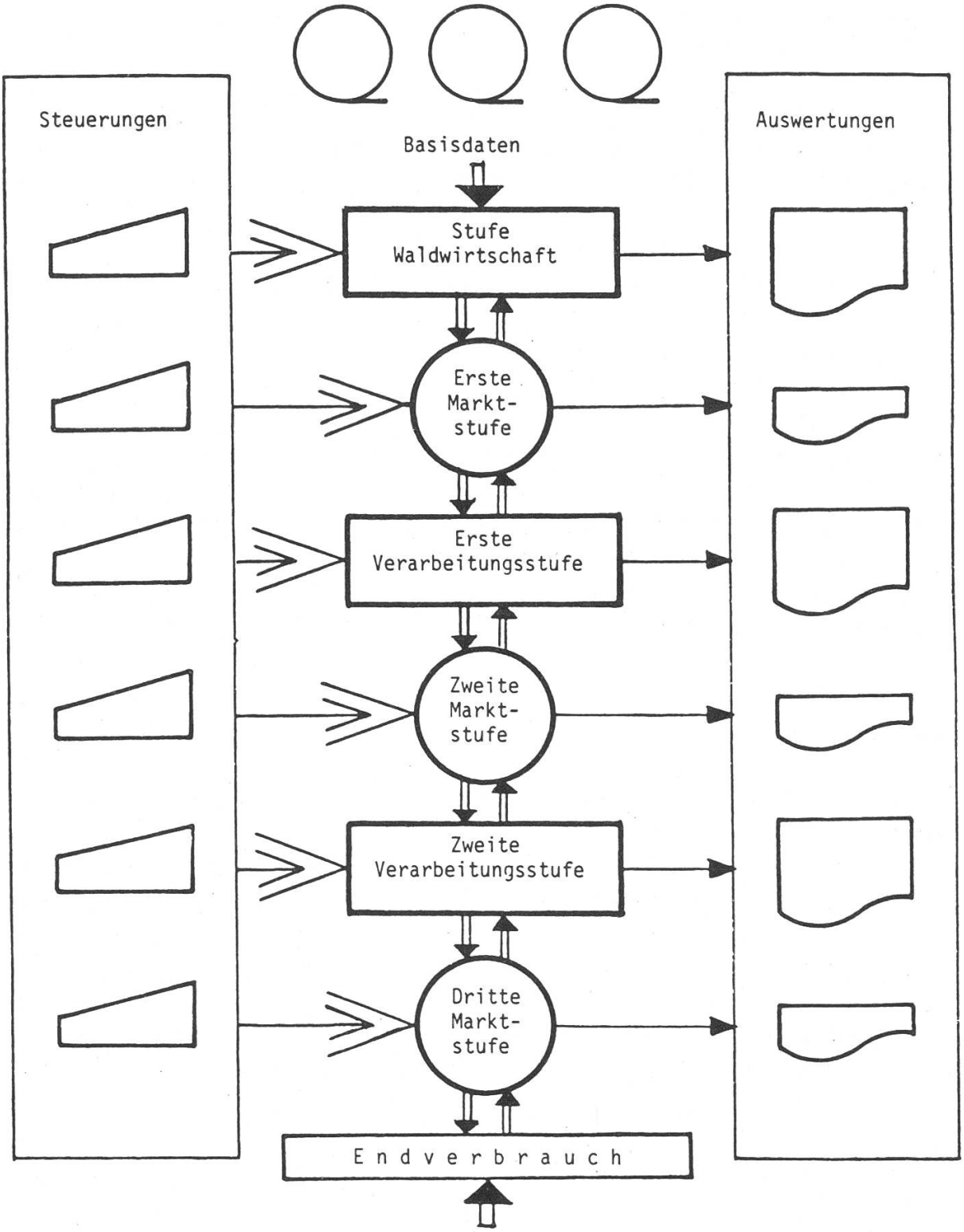


Abbildung 3. Modellablauf.

von Bestimmungsgrössen in iterativer Weise mehrmals zu durchlaufen sind, bis schliesslich eine in jeder Hinsicht befriedigende Lösung gefunden ist.

Zur Charakterisierung einer Variante werden für jede Stufe eine Reihe von beschreibenden oder bewertenden Angaben geliefert, die anschliessend jeder Anwender selbst in der ihm am geeignetsten erscheinenden Form zu

einem Gesamtbild zusammenfassen kann. Die Auswertungen sind hauptsächlich auf folgende drei Aspekte ausgerichtet:

- *Dimension des Materialflusses*
  Der Materialfluss auf den verschiedenen Stufen wird durch eine Reihe von Mengenbilanzen beschrieben.

- *Arbeitsvolumen und Kapazitätsauslastung*
  Das durch den jeweiligen Materialfluss bedingte Arbeitsvolumen sowie dessen Vergleich mit den vorhandenen Kapazitäten erfolgt auf allen Verarbeitungsstufen (inklusive Waldwirtschaft).

- *Finanzielle Auswirkungen*
  Das wirtschaftliche Ergebnis kann durch die Wertschöpfung der jeweiligen Stufe ausgedrückt werden. Da keine Erhebungen über Kosten oder Preise erfolgten, sind dafür Durchschnittswerte aus öffentlichen Statistiken der jeweils massgebenden Märkte zu verwenden.

Sämtliche erwähnten Auswertungen können für jede wählbare Bezugseinheit erstellt werden.

9. Aussagewert

Der Aussagewert von Modellresultaten wird hauptsächlich durch folgende zwei Faktoren beeinträchtigt:

1. Das Modell stützt sich stark auf die Ist-Zustandsdaten ab. Diese Daten sind mittels eines statistischen Erhebungsverfahrens bestimmt und daher auch mit dem damit verbundenen statistischen Erhebungsfehler behaftet. Derselbe Fehler haftet dann natürlich auch allen Aussagen des Modells an.
2. Bei der Variantenerzeugung mussten eine Reihe von Annahmen getroffen werden. Vor allem in gewissen Bereichen sind hier bezüglich deren strenger Gültigkeit gewisse Vorbehalte angebracht.

Für die Verlässlichkeit von Modellaussagen lässt sich daher aus dem ersten Faktor ableiten, dass diese mit zunehmender Detaillierung, das heisst mit kleiner werdenden Bezugseinheiten (Forstkreis, Betriebsgrössenklasse) abnimmt. Aus dem zweiten Faktor ergibt sich eine abnehmende Aussagesicherheit mit zunehmender Entfernung der Varianten vom Ist-Zustand. Die vorliegende Aussagesicherheit entspricht dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse bezüglich Ist-Zustand und innerer Zusammenhänge der wesentlichen Grössen. Sobald der Informationsstand hier verbessert wird, lässt sich dies leicht auch im Modell durch entsprechende Anpassungen zur Erhöhung der Aussagesicherheit verwerten.

10. Anwendungsmöglichkeiten

Der Anwendungsbereich dieses Materialflussmodells wurde bereits mit der Festlegung von dessen Zielsetzung grob umrissen. Als Planungshilfsmittel für längerfristige Planungsprobleme einer regionalen Wald- und Holzwirtschaft konzipiert, ist dieses Modell auf volkswirtschaftliche Gesamtbetrachtungen ausgerichtet. Aus einer überbetrieblichen Warte wird darin versucht, die Wechselwirkungen der verschiedenen Stufen im Produktionsprozess dieses Wirtschaftszweiges zu veranschaulichen.

Eine Angabe der wichtigsten Aktionsparameter als veränderbare Grössen soll den Anwendungsbereich noch etwas konkreter umreissen. Als solche sind verwendbar:

Waldwirtschaft:	– Kosten-Preis-Verhältnis
	– Nutzungsniveau
Erste Verarbeitungsstufe:	– Einschnittmenge (Stammholz)
	– Weiterverarbeitungsmenge (Schnittholz)
Zweite Verarbeitungsstufe:	– Verarbeitungsmengen Zimmereien und Schreinereien
Marktstufen:	– Import- und Exportmengen auf allen Märkten

Wie in allen Simulationsmodellen können auch hier grundsätzlich alle Eingabegrössen (Aktionsparameter, feste Daten) variiert werden.

Bei den meisten in Frage kommenden Anwendungen dürfte es in irgendeinem Zusammenhang um die bestmögliche Erfüllung bestimmter Zielsetzungen gehen. Sobald diese Zielsetzungen quantitativ ausreichend fassbar sind, bewegen wir uns im Bereich mathematischer Optimierungsaufgaben, in unserem Falle höchstwahrscheinlich von solchen mit mehreren Zielfunktionen. Beim Lösungsprozess solcher Aufgaben kann unser Simulationsmodell auf vielfältige Weise wertvolle Beiträge leisten, zum Beispiel bei der vollständigen quantitativen Beschreibung einzelner Ablaufvarianten oder bei der Ermittlung von für die Optimierungsrechnung notwendigen Koeffizienten.

Für Anwendungen, die auf die Bestimmung von Marktgleichgewichten abzielen, sind hingegen durch dieses Modell lediglich bescheidene Lösungsbeiträge zu erwarten, da wir empirisch nur auf der ersten Marktstufe eine Funktion zwischen Preis und Menge schätzen konnten.

11. Resultate einer praktischen Modellanwendung

Im folgenden werden die wichtigsten Resultate einer praktischen Modellanwendung kurz dargestellt. Die Entwicklungsmöglichkeiten einer regionalen Wald- und Holzwirtschaft waren zu analysieren unter Annahme einer

möglichst weitgehenden Ausschöpfung des vorhandenen Rohstoffpotentials, ohne tiefgreifende Änderungen in der bestehenden Wirtschaftsstruktur vorzusehen. Als Testgebiet wurde wiederum das Berner Oberland gewählt mit einer flächenmässigen Ausdehnung von rund 3000 km² von denen etwa 600 km² bewaldet sind.

Gemäss einer Ist-Zustandsanalyse und den zu diesem Zwecke durchgeführten Datenerhebungen liegen in dieser Region für den Materialfluss Verhältnisse vor, die in *Abbildung 4* dargestellt sind.

Bemerkenswert sind folgende Sachverhalte:

- Die Forstwirtschaft verfügt noch über bedeutende Nutzungsreserven.
- Trotz eines erheblichen ungenutzten Rohstoffpotentials ist die Region ein Nettoimporteur von Nadelstammholz.
- Beachtliche Mengen an Schnittholz werden exportiert, obwohl in der 2. Verarbeitungsstufe noch freie Kapazität verfügbar wäre.
- Auf dem Endproduktemarkt werden die Zimmereiprodukte fast ausschliesslich innerhalb der Region abgesetzt, während die Schreinereien annähernd die Hälfte ihrer Produkte aus der Region ausführen. Exportmöglichkeiten bestehen offenbar hauptsächlich für Schreinereiprodukte.

Entwicklungsmöglichkeiten der Forst- und Holzwirtschaft dieser Region zeichnen sich in folgenden zwei Richtungen ab:

1. Steigerung des Verarbeitungsgrades des produzierten Schnittholzes innerhalb der Region durch Reduktion der Exportmenge zugunsten einer Weiterverarbeitung.

2. Bessere Ausnutzung des Nutzungspotentials durch Steigerung des Nutzungsniveaus.

Zu Punkt 1 ergab eine differenziertere Analyse des Materialflusses, dass nur etwa 10 % der Exportmenge an Schnittholz für die bestehende Verarbeitungsindustrie zur Weiterverarbeitung in Frage kommt. Grund dafür ist der grosse Anteil an geringerwertigen Schnittholzsortimenten bei der Exportmenge, für den bei der bestehenden Verarbeitungsindustrie ein geeigneter Verarbeitungszweig fehlt. Die Entwicklungsmöglichkeiten für die bestehende Industrie sind also in dieser Richtung sehr begrenzt.

Zur Abklärung der zweiten Entwicklungsrichtung wurden unter Anwendung des erstellten Materialflussmodells folgende drei Szenarien analysiert:

1. Normalvariante:	Ist-Zustand zu Vergleichszwecken (Nutzungsniveau = 100 %).
2. Erhöhte Nutzung:	Nutzungsniveau, das etwa erreicht würde bei einer Preissteigerung von 30 % unter konstanten Kostenverhältnissen. (Nutzungsniveau = 131,4 %).
2. Maximalnutzung:	Nutzungsniveau bei vollständiger Ausschöpfung des nachhaltig nutzbaren Zuwachses (Nutzungsniveau = 151,2 %).

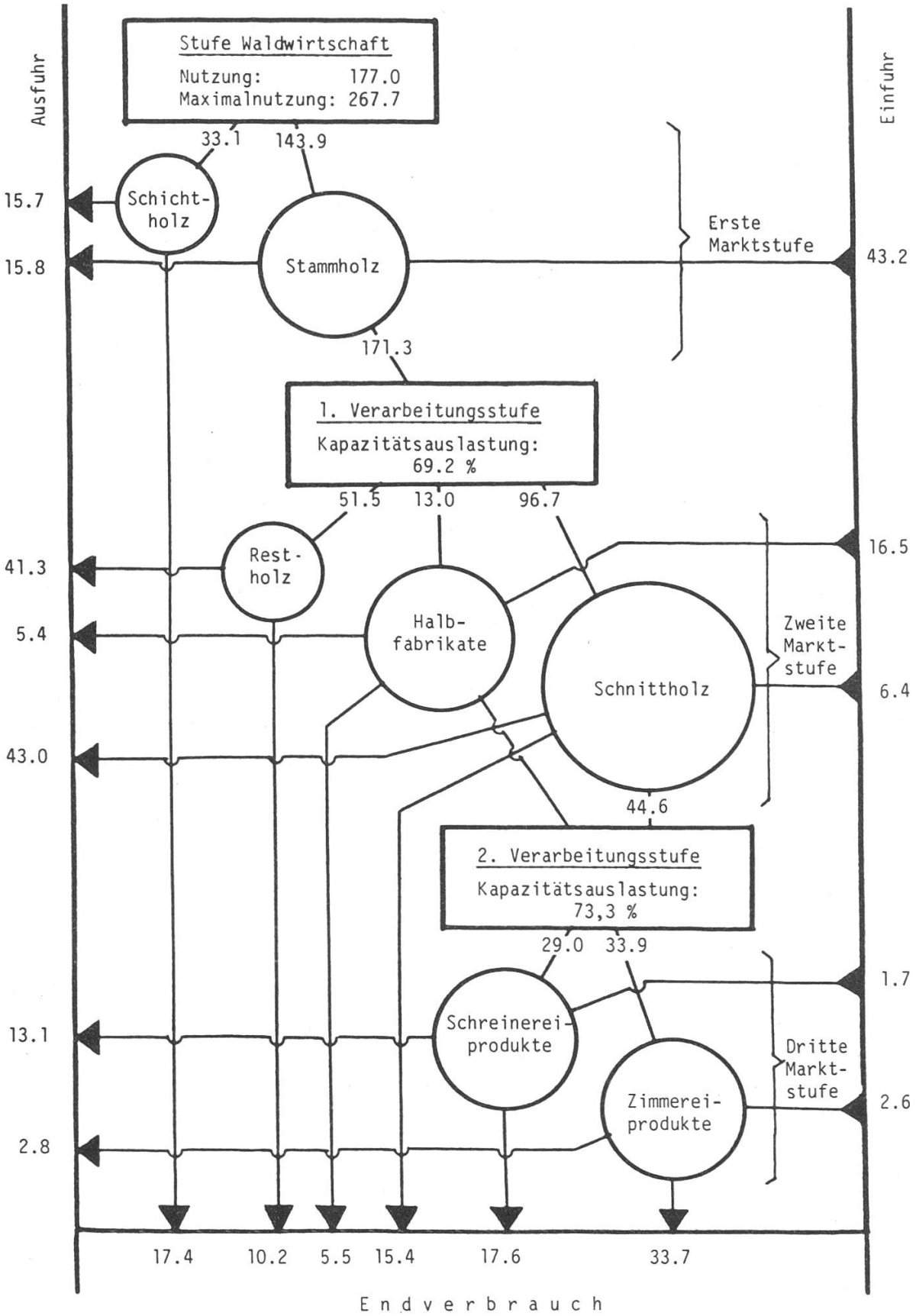


Abbildung 4. Materialfluss im Berner Oberland im Jahre 1978. (Mengen in 1000 m³).

Bei diesen Szenarien wurden folgende Annahmen getroffen:

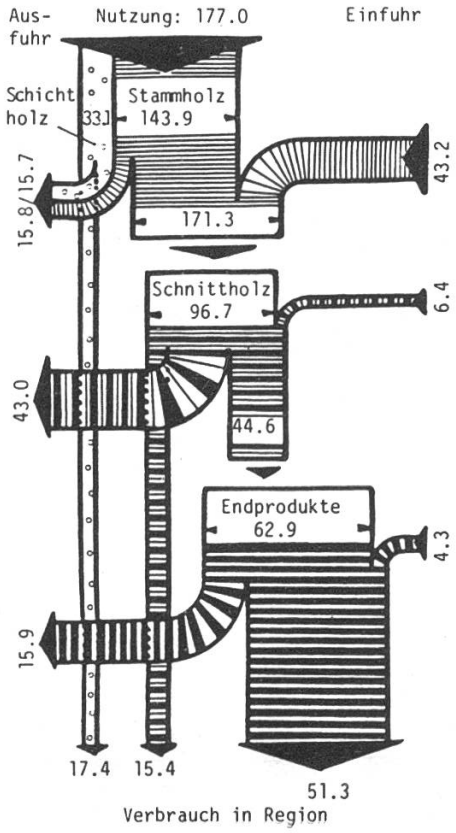
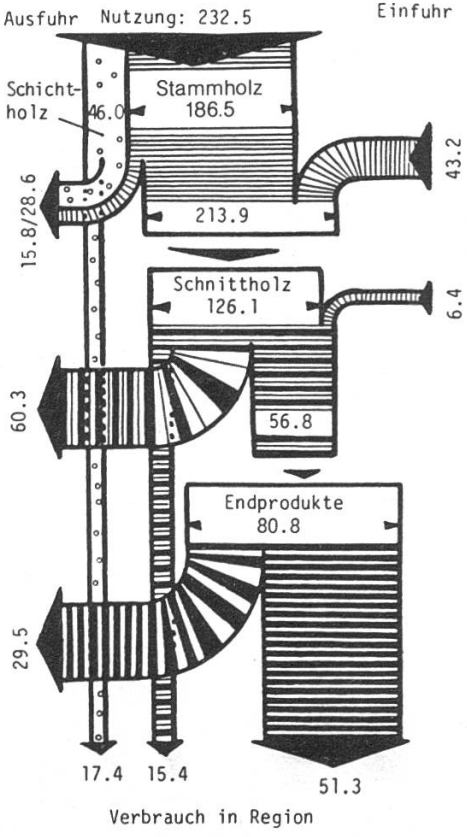
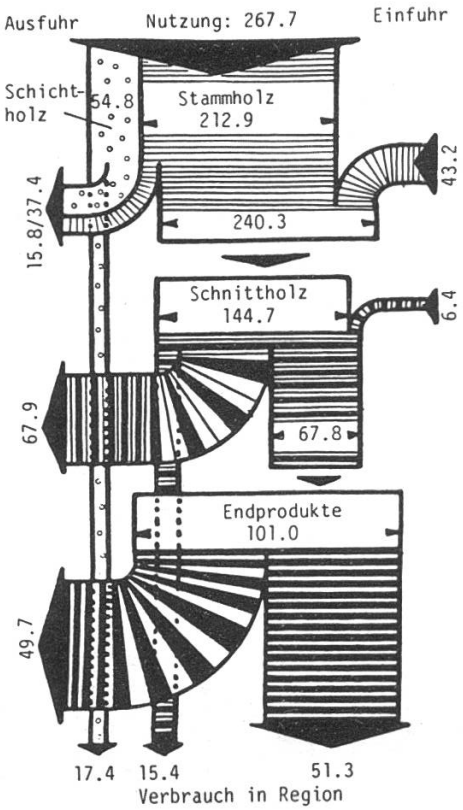
- Die zusätzlich anfallenden Holzmengen sollen möglichst weitgehend innerhalb der Region verarbeitet werden.
- Der Holzverbrauch innerhalb der Region bleibt konstant.
- Die Importe bleiben auf den ersten beiden Marktstufen unverändert, während sie auf der dritten (Endprodukte) so weit wie möglich durch Mehrproduktion aus der Region kompensiert werden.
- Die Weiterverarbeitungsmenge der Sägereien bleibt unverändert; die Mehrproduktion an Schnittholz wird an die zweite Verarbeitungsstufe mit der grösseren Wertschöpfung weitergegeben.
- Die Verarbeitungskapazitäten bleiben unverändert, mit Ausnahme jener der Schreinereien in der zweiten Verarbeitungsstufe bei Szenario 3, die soweit erhöht wird, dass *sämtliche* für die Verarbeitung geeigneten Schnittholzsortimente innerhalb der Region verarbeitbar sind.

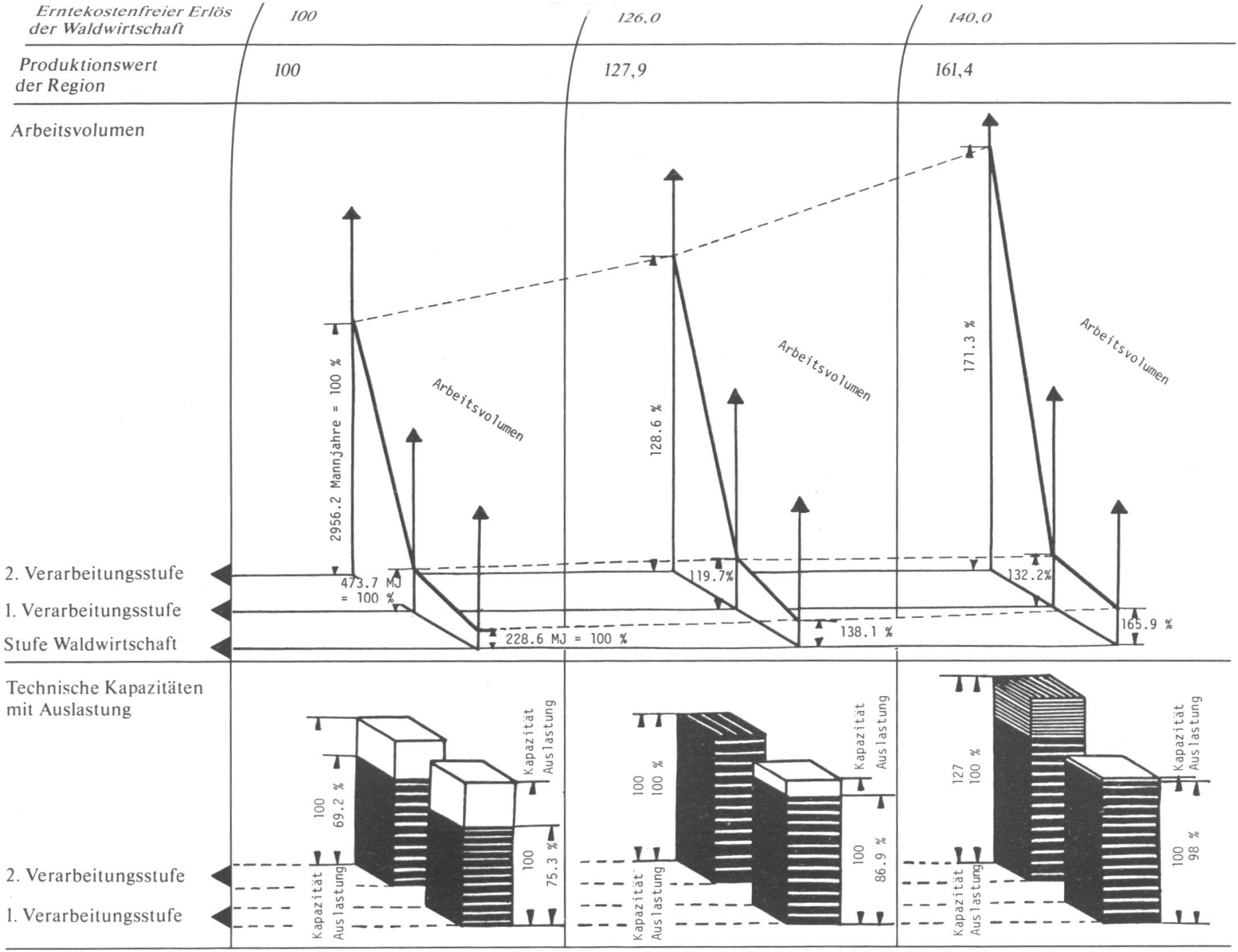
Die wichtigsten Resultate für die einzelnen Szenarien sind in *Abbildung 5* zusammengestellt, wobei das Hauptgewicht auf die relative Beziehung zur Normalvariante (Szenario 1) gelegt wird.

Bemerkungen zu den Resultaten der Szenarien:

- Die technische Kapazität der ersten Verarbeitungsstufe im Ist-Zustand reicht auch zum Einschnitt der maximalen Nutzungsmenge aus.
- Die technische Kapazität der zweiten Verarbeitungsstufe reicht bereits bei Szenario 2 nicht mehr aus, um alles zur Verarbeitung geeignete Schnittholz innerhalb der Region zu verarbeiten. Der Überschuss an Schnittholz muss aus der Region ausgeführt werden.
- Obwohl bei Szenario 3 die technische Kapazität der zweiten Verarbeitungsstufe so bemessen wird, dass alles dafür geeignete Schnittholz verarbeitet werden kann, nimmt die Exportmenge an Schnittholz gegenüber Szenario 2 weiter zu. Die exportierten Schnittholzsortimente würden sich auch nicht in wesentlichem Umfang zur Weiterverarbeitung auf der ersten Verarbeitungsstufe bei der bestehenden Struktur der Verarbeitungsbetriebe eignen.
- Mit zunehmender Verarbeitungsstufe nimmt der Arbeitsaufwand pro m^3 verarbeiteten Holzes stark zu. Eine Arbeitskraft im Wald kann Arbeit für etwa 2 auf der ersten Verarbeitungsstufe und für 12 bis 164Arbeitskräfte auf der zweiten bringen.
- Der erntekostenfreie Erlös pro m^3 genutzten Holzes in der Forstwirtschaft nimmt mit zunehmender Nutzung ab, das heisst die Nutzungen werden teurer.
- Das finanzielle Ergebnis für die Region wird bei Mehrnutzungen erst mit dem Ausbau der technischen Kapazität auf der zweiten Verarbeitungsstufe wesentlich verbessert.

Abbildung 5. Vergleich der Szenarien (Ist-Zustand = 100).

Charakterisierung	**Szenario 1:** Normalvariante	**Szenario 2:** Erhöhte Nutzung	**Szenario 3:** Maximalnutzung + Ausbau der Maschinenkapazität auf 2. Verarbeitungsstufe
Nutzungsniveau	100	131,4	151,2
Dimension des Materialflusses (Mengen in 1000 m³)			


Erntekostenfreier Erlös der Waldwirtschaft
100
126,0
140,0
Produktionswert der Region
100
127,9
161,4
Arbeitsvolumen
2956.2 Mannjahre = 100 %
Arbeitsvolumen
128.6 %
Arbeitsvolumen
171.3 %
Arbeitsvolumen
2. Verarbeitungsstufe
1. Verarbeitungsstufe
Stufe Waldwirtschaft
473.7 MJ = 100 %
228.6 MJ = 100 %
119.7%
138.1 %
132.2%
165.9 %
Technische Kapazitäten mit Auslastung
100
69.2 %
Kapazität
Auslastung
100
75.3 %
100
100 %
100
86.9 %
127
100 %
100
98 %
2. Verarbeitungsstufe
1. Verarbeitungsstufe

Für die Wald- und Holzwirtschaft des Berner Oberlandes lassen sich vorläufig aus dieser Analyse folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Die wesentlichste Verbesserung der wirtschaftlichen Verhältnisse dieser regionalen Wald- und Holzwirtschaft wird durch eine Steigerung des Nutzungsniveaus erzielt.
- Um die günstigen Auswirkungen einer Mehrnutzung auf die Beschäftigungslage in der Region voll auszuschöpfen, ist ein Ausbau der technischen Kapazitäten auf der zweiten Verarbeitungsstufe notwendig.
- Die Nachfrage nach Holzprodukten in der Region wird bereits im Ist-Zustand weitgehend durch die regionale Industrie gedeckt. Bei einer Mehrproduktion wäre in erster Linie die Ausfuhr zu erhöhen. Als exportfähige Produkte mit bereits vorhandenen Absatzmärkten kommen dafür hauptsächlich die Produkte der Schreinereien in Betracht.
- In dieser Region bestehen bei Angebot und Nachfrage von Rohmaterial Unterschiede bezüglich der erforderlichen qualitativen Zusammensetzung. Falls das Nutzungsniveau angehoben würde, könnten die zusätzlich anfallenden Mengen nur teilweise innerhalb der Region weiterverarbeitet werden. Es fehlt an Verarbeitungszweigen für vornehmlich schwache Schnittholzsorten. Aussichten auf weitere Verbesserungen der wirtschaftlichen Lage eröffnet deshalb die Schaffung der dafür notwendigen technischen Verarbeitungskapazitäten. Absatzmöglichkeiten für entsprechende Produkte wären mangels ausreichender Nachfrage innerhalb der Region vornehmlich ausserhalb der Region zu suchen.

Résumé

Flot de matériel pour l'économie forestière et l'industrie du bois d'une région

Dans les années à venir des décisions doivent être prises concernant l'économie forestière et l'industrie du bois, nécessitant une planification à long terme approfondie. Cela suppose une vue d'ensemble de ce secteur de l'économie comprenant tous les stades de transformation, de l'arbre sur pied jusqu'aux produits finis. Un modèle de simulation a été développé afin de procurer une aide à la décision. Celui-ci permet de générer des réalisation du flot de matériel adaptées aux conditions extérieurs variables et de les évaluer selon différents critères (par exemple utilisation des capacités, valeur ajoutée). Dans une première phase le modèle a été conçu pour une région limitée de l'économie en question. Afin d'assurer une reproduction de la réalité aussi fidèle que possible, une région des Alpes Suisses, l'Oberland Bernois, a été choisie comme région-test pour laquelle toutes les données statistiques nécessaires ont été préparées. Les résultats d'une application du modèle pour cette région démontre ses possibilités d'utilisation pratique.

Literatur

(1) *Hofer, P., Ulrich, H.*: Materialflussmodell Berner Oberland, Zürich, 1981

(2) *Ulrich, H.*: Materialflussmodell, Schlussbericht für Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung, 1981 (unveröffentlicht)

(3) *Gomez, P., Escher, F.*: Szenarien als Planungshilfen, Management Zeitschrift io *49* (1980) Nr. 9