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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 121 (1970)

Heft: 10

Artikel: Einfluss von Stammeigenschaften und Fertigungsprogramm auf den Wert des Sägereirundholzes

Autor: Löffler, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766937

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: 15.07.2025

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

Einfluß von Stammeigenschaften und Fertigungsprogramm auf den Wert des Sägereirundholzes [1]

Oxf.: 853

Von *H. Löffler,* Freiburg i. Br.

(Aus dem Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität)

1. Der kalkulatorische Rohholzpreis und seine Komponenten

Art, Richtung und Grössenordnung der Einflüsse auf den Wert des Rundholzes, im speziellen Fall des Sägereirundholzes, interessieren vor allem im Hinblick auf

— die Preisfindung,
— die Rundholzsortierung und auf
— das optimale Einschnittprogramm.

Beispiele hierfür werden Hauptgegenstand des Referates sein. Zunächst seien allerdings einige Ausführungen zu terminologischen und methodischen Fragen sowie zu den Untersuchungen, die diesem Bericht zugrunde liegen, erlaubt.

Unter dem Wert des Sägereirundholzes wird hier der aus retrograder Rechnung resultierende kalkulatorische Rohholzpreis verstanden. Es ist hinlänglich bekannt, dass dieser vornehmlich abhängt von

— der Mengenausbeute an Schnittwaren,
— den Schnittholzpreisen und
— den Fertigungs-, Verwaltungs- und Vertriebskosten (= Verarbeitungskosten).

In geringerem Masse spielen auch der Mengenanfall an Schwarten, Spreissel und Sägespänen, zusammen als Restholz bezeichnet, sowie deren Preis pro Verkaufseinheit eine Rolle. Kalkuliert man den Rundholzpreis frei Waldstrasse, so treten noch die Beifuhrkosten als beeinflussende Variable hinzu.

Durchaus geläufig ist auch die Tatsache, dass die eben aufgezählten Preiskomponenten einer beträchtlichen Variabilität unterliegen, die die unter-

[1] Referat, gehalten am 19. Januar 1970 an der ETH Zürich im Rahmen der holzwirtschaftlichen Kolloquien.

schiedlichen Rundholzpreise unmittelbar zur Folge hat. Verantwortlich für diese Variabilität sind eine Vielzahl von Faktoren — wir wollen sie Preisfaktoren nennen —, die einzeln aufzuzählen hier zu weit führen würde; wir wollen lediglich festhalten, dass sie ihrer Herkunft nach in drei Gruppen klassiert werden können, nämlich in Preisfaktoren

— rohstoffbedingter Art, wie etwa Dimension, Form und Qualität der Stämme,
— fertigungsbedingter Art, wie beispielsweise Fertigungsprogramm und Maschinenausstattung und schliesslich in solche
— standortsbedingter Art, wie etwa das Preis-Kosten-Niveau.

Ziel unserer Untersuchungen waren möglichst exakte und detaillierte Informationen über die quantitativen und qualitativen Wechselwirkungen zwischen diesen Preisfaktoren und dem Wert des Sägerundholzes. Hierzu mussten für möglichst vielfältige Realisationen der Preisfaktoren die zugehörigen genauen Ausbeute-, Schnittholzpreis- und Kostendaten ermittelt und über letztere durch eine Rückwärtsrechnung der kalkulatorische Rundholzpreis hergeleitet werden.

Informationen über Ausbeute-, Schnittholzpreis- und Kostendaten in Abhängigkeit von den Preisfaktoren erhält man aus Probeschnitten, in begrenztem Umfang auch aus Schnittzeichnungen. Beide Methoden vermögen sich ausgezeichnet zu ergänzen, wie beispielsweise M a i s e n b a c h e r (1966) gezeigt hat. Bei unseren Untersuchungen, die sich auf Fichte und Weisstanne aus dem süddeutschen Raum beziehen, bedienten wir uns des Versuchsschnittes. Hierzu waren rund 1500 Stämme mit einem Volumen von zusammen rund 2000 fm nach einem Zufallsverfahren aus 42 verschiedenen Waldbeständen ausgewählt und in 5 verschiedenen baden-württembergischen Sägewerken nach den dort üblichen Grundsätzen eingeschnitten worden. Vor dem Einschnitt wurden die Stämme und die daraus anfallenden Sägeblöcke genau vermessen und in qualitativer Hinsicht beurteilt; nach dem Einschnitt wurden sämtliche Schnittstücke einzeln nach Dimension und Qualität aufgenommen. Da jedes Schnittstück mit der Nummer des Ursprungsstammes und -blockes versehen worden war, konnten alsdann Blöcke und Stämme aus den Schnittstücken quasi wieder zusammengesetzt werden. Der Schwarten- und Spreisselanfall wurde stichprobenweise erhoben. Zum Zwecke der stammweisen Kostenermittlung liefen während des Einschnitts Multimoment-Zeitstudien an allen wichtigen Arbeitsplätzen bzw. Kostenstellen.

Es werden im folgenden nur durchschnittliche Resultate aller 5 Versuchsbetriebe verwendet und dabei sowohl mittlere Schnittholzpreise (derzeitiges Niveau in Baden-Württemberg) als auch durchschnittliche Kostensätze pro Handarbeits- und Maschinenstunde zu Grunde gelegt. Die standortbedingten Preisfaktoren gehen demzufolge mit einem mittleren Niveau in die Resultate ein.

2. Stammdurchmesser

Als einer der wichtigsten Preisfaktoren gilt seit alters her der Stammdurchmesser: nimmt er zu, so wächst nach allgemeiner Ansicht auch der Wert des Holzes pro Volumeneinheit. Die meisten Rundholzsortierungen benutzen ihn deshalb als Gliederungsmerkmal.

In unserem Fichte-Tanne-Kollektiv ergaben sich die in Abbildung 1 dargestellten Beziehungen zum Stammdurchmesser.

Erwartungsgemäss, und im Prinzip mit den Resultaten anderer Autoren übereinstimmend, steigen mit zunehmendem Mittendurchmesser die wertmässige Ausbeute pro Festmeter, das ist das Produkt aus Mengenausbeute in Prozent und Schnittholzerlös pro Kubikmeter, und der kalkulatorische Rohholzpreis pro Festmeter, und sinken die Fertigungs-, Verwaltungs- und Vertriebskosten pro Festmeter sowie der Erlös pro Festmeter für die Abfälle. Die Regressionslinien für wertmässige Ausbeute, kalkulatorischen Rohholzpreis und Abfallerlös sind von der Art einer Parabel 2. Ordnung, die Kostenlinie folgt einer Exponentialfunktion.

Während der Trend der wertmässigen Ausbeute für die Praxis geläufig ist, werden immer wieder Zweifel laut am Verlauf der Kostenkurve; das vergleichsweise starke Sinken der Kosten mit wachsendem Durchmesser ist für viele Säger überraschend. Wir haben indes keinen Grund, an der Richtigkeit dieser Kostenrelationen zu zweifeln, zumal Maisenbacher (1966) bei seinen umfangreichen Untersuchungen in anderen deutschen Sägewerken ähnliche Kostenlinien gefunden hat. Ursache dieses Kostenverlaufs ist der mit steigendem Stammdurchmesser ebenfalls in Form einer Exponentialfunktion sinkende Aufwand an Fertigungszeit pro Festmeter.

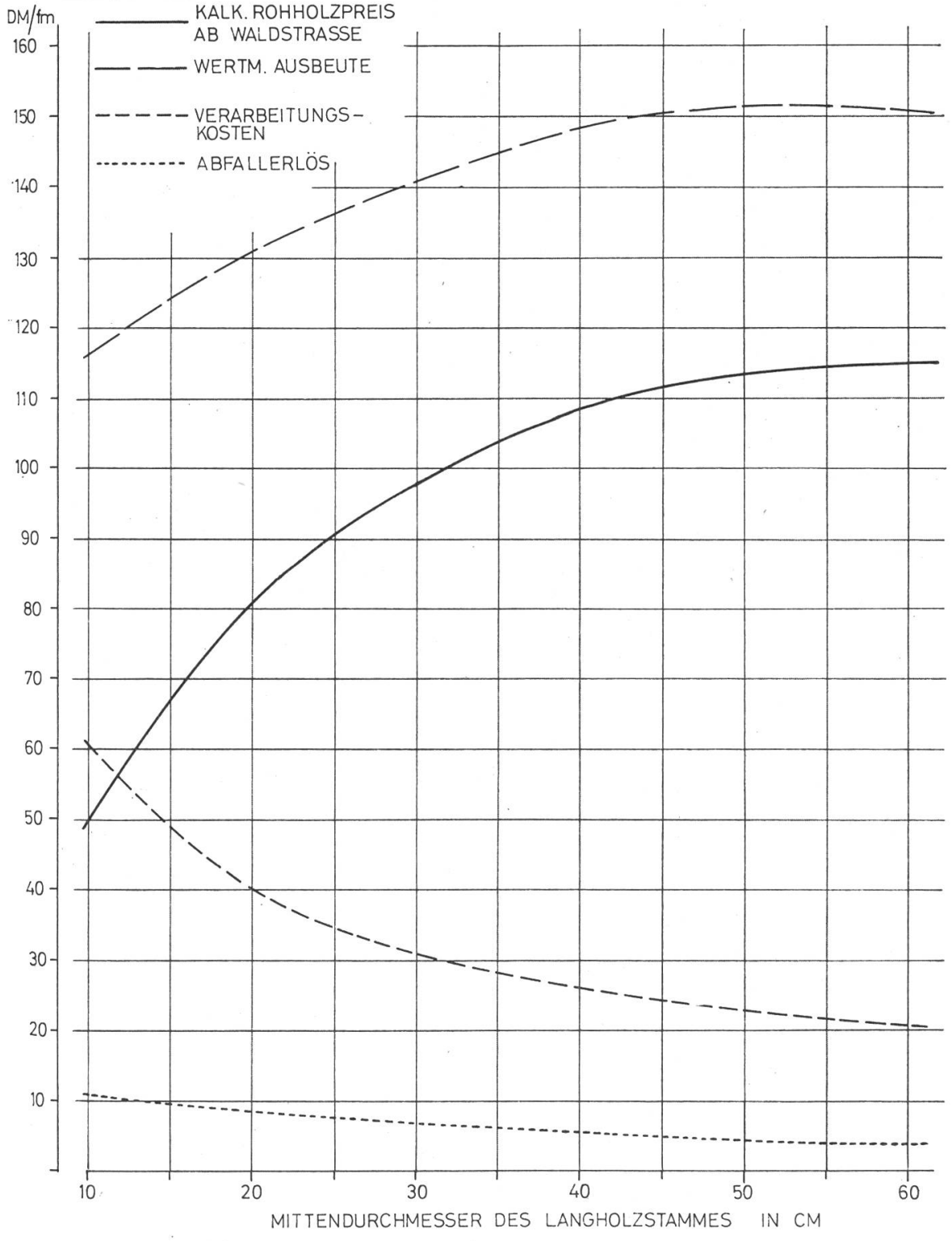
Die Beziehung zwischen Stammdurchmesser und Abfallerlös geht zurück auf den Zusammenhang zwischen Abfallanteil und Stammdurchmesser, der nach unseren Erhebungen der Gleichung

$$y = 0{,}6761 - 0{,}0174\, d_m + 0{,}00015\, d_m^2 \quad [\mathrm{rm/fm}]$$

folgt. Multipliziert man die rechte Seite mit dem Faktor 214,5, so erhält man kg atro/fm und vermag auf diese Weise den Anfall an Hackschnitzel in Gewichtseinheiten Holztrockensubstanz zu schätzen. Es wurde eine Raumdichte von 390 kg/fm unterstellt und angenommen, ein Raummeter Schwarten und Spreissel beinhalte 0,55 fm.

Aus der Kurve für den kalkulatorischen Rohholzpreis können auch die kalkulatorischen Rohholzpreise je Langholzklasse entnommen und die Wertrelationen zwischen den Klassen ermittelt werden. In unserem Versuchskollektiv wurden für die einzelnen Langholzklassen (deutsche Sortierung) folgende mittlere Stammdurchmesser festgestellt: Klasse 1 ~ 13 cm o. R., Klasse 2 ~ 17 cm, Klasse 3 ~ 21 cm, Klasse 4 ~ 26 cm, Klasse 5 ~ 32 cm, Klasse 6 ~ 43 cm. Alsdann verhalten sich die Relationen der kalkulatorischen Rohholzpreise je Festmeter zwischen den Klassen der (deutschen)

STAMMDURCHMESSER, WERTAUSBEUTE, KOSTEN UND PREISE BEI FI / TA - LANGHOLZ (STAND 1969)



Heilbronner Sortierung wie folgt, wenn der Preis für Klasse 4 zu 100 Prozent angesetzt wird: Klasse 1 ~ 65 %, Klasse 2 ~ 79 %, Klasse 3 ~ 90 %, Klasse 4 ~ 100 %, Klasse 5 ~ 109 %, Klasse 6 ~ 121 %. Im Bereich der mittleren Stärken decken sich die Relationen mit denen der Messzahlen und der Marktpreise, hingegen neigt der Säger dazu, schwaches Holz höher, starkes Holz niedriger zu bewerten und insgesamt die kalkulatorisch zweifellos gerechtfertigte Wertspanne einzuengen. Dass muss natürlich dazu führen, dass schwache Stämme mit kleinerem Gewinn oder gar mit Verlust, starkes Holz dagegen mit höherem als dem kalkulierten Profit eingeschnitten werden.

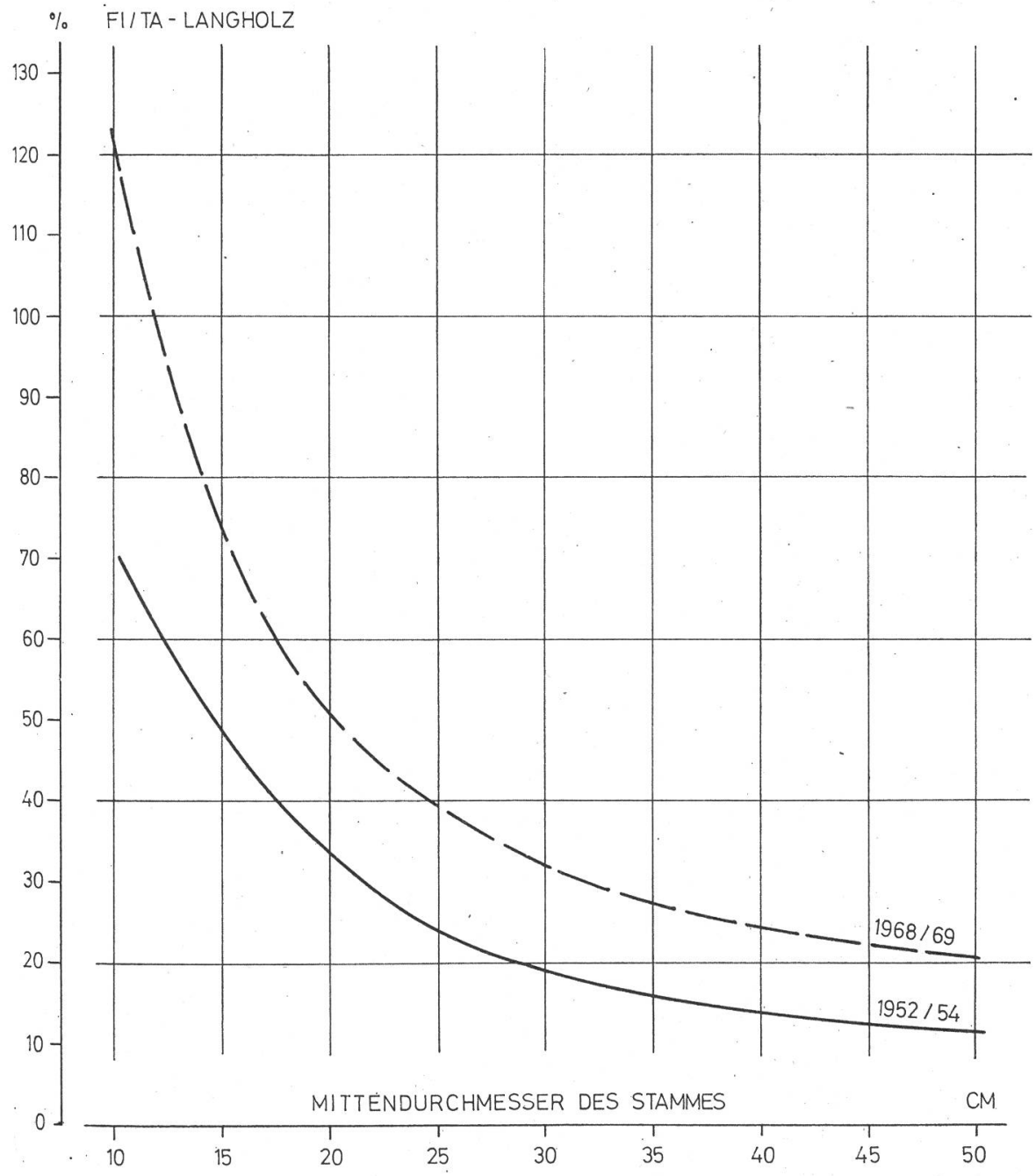
Die Wertrelationen sind allerdings recht schwankende Grössen und ändern insbesondere mit dem Fertigungsprogramm und mit dem Verhältnis Rundholz- zu Schnittholzpreis. Wird dieses Verhältnis kleiner, steigen also die Rundholzpreise relativ stärker als die Schnittholzpreise, so verringern sich die Wertrelationen zwischen den Klassen und umgekehrt. Eine Änderung des Verhältnisses Rundholz- zu Schnittholzpreis kann bekanntlich eine ganze Reihe von Ursachen haben: grösserer oder kleinerer Gewinn, Änderungen der Abfallerlöse relativ zu den Schnittholzpreisen, steigende Verarbeitungskosten bei gleichbleibenden oder nicht gleichermassen wachsenden Holzpreisen. Im letzteren Falle erweitern sich die Wertrelationen zwischen den Klassen; für Schwachholz kann relativ weniger, für Starkholz relativ mehr bezahlt werden als bisher.

Wie die Abbildung 2 ausweist, sind schon in den zurückliegenden Jahren die Verarbeitungskosten in der Sägerei merklich stärker angewachsen als die Holzpreise. Betrugen 1952/54 die Fertigungs-, Verwaltungs- und Vertriebskosten pro Festmeter für Stämme mit beispielsweise 20 cm Durchmesser noch ungefähr ein Drittel des Rundholzpreises pro Festmeter, so 1968/69 bereits rund die Hälfte.

Es ist zu vermuten, dass diese Entwicklung sich fortsetzen wird. Wie erwähnt, werden alsdann die Wertrelationen zwischen den Stammholzklassen sich erweitern müssen, jedenfalls bei richtiger Kalkulation. Gleichzeitig wird sich aber auch ein gewisser Wandel in der Bedeutung vollziehen, die der Säger der Ausbeute beimisst. Der Grundsatz der Ausbeutemaximierung war sicher richtig, als vor 10 . . . 15 Jahren noch mindestens 30 Minuten Fertigungszeit pro Festmeter eingespart werden mussten, um einen Ausbeuteabfall von einem Prozent wertmässig zu kompensieren. Heute schätzen wir auf Grund unserer Untersuchungen das Äquivalent für ein Prozent Ausbeuteminderung nur mehr auf etwa 10 . . . 15 Minuten Fertigungszeit pro Festmeter. Zumal bei schwachen Hölzern wird man sich daher künftig sehr wohl überlegen müssen, ob sich der für die Seitenware getriebene Aufwand noch lohnt.

Die Kurven der Abbildung 1 lassen eine straffe Abhängigkeit der Ordinatenwerte vom Stammdurchmesser vermuten. Das ist leider nicht der Fall. Die vergleichsweise engste Korrelation weist die Beziehung Kosten über

VERARBEITUNGSKOSTEN IN DER SÄGEREI IN PROZENT DES RUNDHOLZPREISES



Durchmesser auf; mit Stämmen als Einzelwerten errechnen sich Bestimmtheitsmasse um 0,6 . . . 0,7. Unerwartet gross aber ist die Streuung und entsprechend niedrig das Bestimmtheitsmass für die Beziehung wertmässige Ausbeute über Durchmesser; die Werte für B liegen zwischen 0,35 und 0,45. Bestimmtheiten zwischen denen der Kosten- und der Ausbeutekurve, jedoch näher der letzteren, weisen die Regressionen für den kalkulatorischen Rohholzpreis auf.

Recht aufschlussreich ist der Effekt, wenn man Streuung und Bestimmtheitsmass nacheinander für ganze Stämme, für Abschnitte bzw. Trämel und schliesslich für die daraus entstandenen Sägeblöcke herleitet: die Streuung nimmt deutlich zu, die Bestimmtheitsmasse sinken merklich ab. Das ist einfach darauf zurückzuführen, dass innerhalb eines Stammes ein Wertausgleich sowohl von den rohstoff- als auch von den fertigungsbedingten Faktoren her desto eher zustande kommt, je grösser die Zahl der aus dem Stamm gewonnenen Sägeblöcke ist.

Aus den Varianz- und Korrelationsanalysen lassen sich einige praktisch interessante Schlüsse ziehen.

Zunächst einmal kann festgehalten werden, dass, entgegen verbreiteter Annahme, der Stammdurchmesser für sich allein über den Verarbeitungswert des Fichten-Tannen-Sägereirundholzes nur recht grobe Aussagen vermittelt, zumal bei kurzen Stämmen. Hieraus ergeben sich gewisse Konsequenzen für die Beurteilung von Rohholzsortierungen, die mit dem Stammdurchmesser arbeiten.

Wir dürfen die Aufgabe einer Rohholzsortierung unter anderem darin sehen, ein gegebenes Kollektiv von aufgerüsteten Stämmen nach deren Verarbeitungswert in Klassen zu gruppieren. Die Sortierung wird desto effektiver sein, je besser der Trenneffekt, je weniger benachbarte Klassen sich in der Wertspreitung der Stämme überlappen. Unser Untersuchungsmaterial eignete sich in ganz besonderer Weise dazu, verschiedene Sortierungen zu testen, da wir die rund 1500 Stämme am grünen Tisch bzw. im Rechenautomaten beliebig sortieren konnten. In der Abbildung 3 sind einige Resultate dieser Teiluntersuchungen dargestellt.

Für die 6 Langholzklassen nach deutscher Heilbronner Sortierung wurden jeweils der Mittelwert, dessen Repräsentationsfehler (für N = 25 Stämme) und der Variationsbereich des kalkulatorischen Rundholzpreises aufgezeichnet. Am Variationsbereich gemessen, ist der Trenneffekt nicht eben gross, denn die Preisbereiche der Klassen überlappen sich beträchtlich. In der praktischen Auswirkung bedeutsamer ist nun freilich der Mittelwerts- oder Repräsentationsfehler, der die Unsicherheit des Mittelwertes ausweist und angibt, in welchem Bereich der richtige kalkulatorische Durchschnittspreis schwanken kann. Der Fehler ist von der Anzahl der den Durchschnitt bildenden Einzelwerte und von der gewählten Sicherheitsschwelle abhängig. Bei N = 25 pro Klasse und einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von

5 Prozent lassen sich die Spektren der Mittelwertsfehler noch deutlich auseinanderhalten, bei N = 8 . . . 10 berühren sich die Spektren benachbarter Klassen. Danach beurteilt, schneidet die Heilbronner Sortierung befriedigend ab, sofern die Verkaufslose nicht sehr klein, die Stammzahlen pro Klasse nicht zu niedrig sind.

Die Heilbronner Sortierung nimmt für sich in Anspruch, durch die Berücksichtigung der Abholzigkeit einer reinen Durchmessersortierung überlegen zu sein. Auf zwei Wegen gingen wir dieser Frage nach:

Zum einen berechneten wir für alle Langholzstämme eine mehrfache, kurvi-lineare Regression mit den für die Heilbronner Sortierung typischen Sortierungskriterien Länge, Durchmesserabnahme und Stammdurchmesser und verglichen die dabei resultierende Bestimmtheit mit jener der einfachen Regression, die nur den Stammdurchmesser als unabhängige Variable benutzte. Ergebnis: Die Korrelation war zwar signifikant, aber gleichwohl nicht erheblich straffer, was unter anderm dahingehend gedeutet werden kann, dass die Heilbronner Sortierung die Durchmesserabnahme nicht zutreffend bewertet.

Zum anderen sortierten wir unser Langholzkollektiv einmal nach der Heilbronner Sortierung, alsdann nach der reinen Mittenstärkesortierung und berechneten für jede der beiden Sortierungen den durchschnittlichen Variabilitätskoeffizienten des kalkulatorischen Rohholzpreises innerhalb der Klassen. Nach unserer Vorstellung über die Beurteilung einer Sortierung müsste jene mit dem kleineren Variabilitätskoeffizienten die wirkungsvollere sein. Das Resultat: für beide Sortierungen errechneten sich Variabilitätskoeffizienten zwischen 6 und 8 Prozent. Daraufhin gingen wir noch einen Schritt weiter und bildeten innerhalb der 10-cm-Durchmesser-Klassen der Mittenstärkesortierung je 3 Unterklassen nach der Durchmesserabnahme: $<$ 0,7 cm/lfm, 0,7 . . . 1,2 cm/lfm und $>$ 1,2 cm/lfm. Für diese Gruppen sank der Variabilitätskoeffizient des Holzwertes auf 3 . . . 4 Prozent, woraus man schliessen möchte, dass die gegenwärtige Mittenstärkesortierung, ergänzt um die Durchmesserabnahme, effektvoller sei als die Heilbronner Sortierung.

Nur der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Heilbronner Sortierung der Durchmesserabnahme etwa den 3- bis 4fachen Werteinfluss beimisst, der diesem Parameter nach heutigen Wertmassstäben und nach den derzeitigen Einschnittprogrammen in Wirklichkeit zukommt. Banal gesprochen, wird der abholzige Stamm nach den Regeln der Heilbronner Sortierung allzu hart «bestraft», zu stark deklassiert.

3. Holzqualität, Gütemerkmale

Neben den Dimensions- und Formmerkmalen des Rundholzes hat die Holzqualität einen namhaften Einfluss auf den Verarbeitungswert; das ist eine Binsenweisheit. Den Komplex Holzqualität in Grosszahluntersuchungen zahlenmässig zu fassen und zu formulieren, und mittels mathematisch-stati-

stischer Analysen quantitative Beziehungen zwischen den diversen Gütemerkmalen und dem kalkulatorischen Rohholzpreis herzustellen, bereitet nun allerdings eine Reihe von Schwierigkeiten. So zum Beispiel die Frage, was unter «Holzqualität» zu verstehen sei. Es lag in unserem Falle nahe, die jeweilige Schnittholzgüteklasse eines Schnittstücks als komplexen, verdichteten und im übrigen mathematisch leicht zu verarbeitenden Ausdruck der Qualität zu betrachten. Man muss sich jedoch im klaren darüber sein, dass dieses Mass nur für die Beurteilung des Nadel-Schnittholzes gilt, sogar nur für die Brettwarensortimente, also kein absolutes Qualitätskriterium bildet, und ferner, dass die Schnittholzgüteklasse am runden Holz mit hinlänglicher Sicherheit nicht festgestellt werden kann.

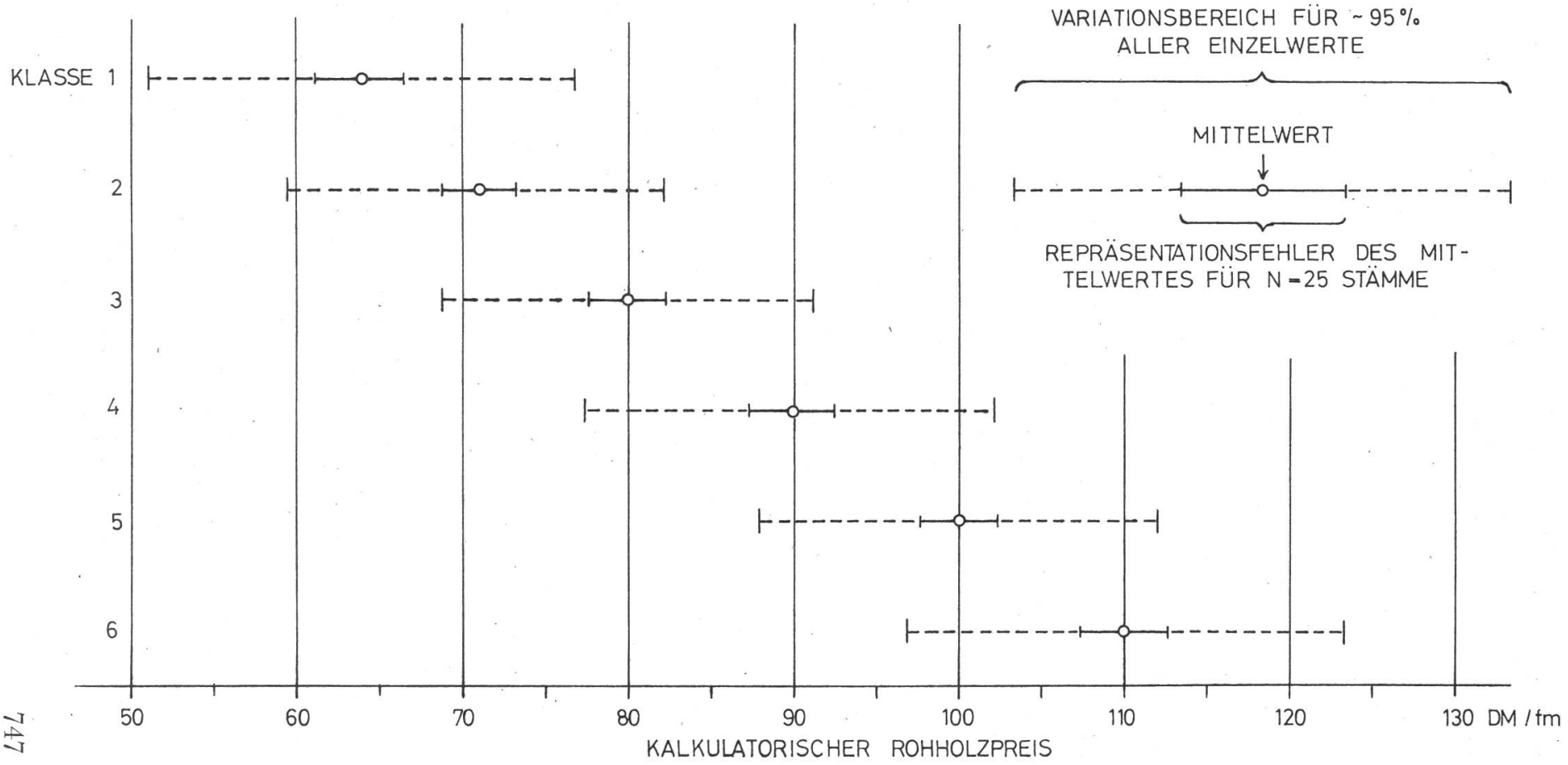
Wir hatten Gelegenheit, die wichtigsten Ergebnisse unserer Untersuchungen zur Frage der Holzqualität in der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen (Löffler, 1964) zu publizieren, so dass auf eine Wiederholung verzichtet werden kann. Es mag lediglich rekapituliert werden, dass sich erwartungsgemäss die Astigkeit als das bei weitem wichtigste Gütemerkmal erwiesen hatte, und dass innerhalb der Astigkeit dem Schwarzast grössere Bedeutung zukommt als dem Weiss- oder Gesundast. Buchs, Ringschäle und Schilfer waren weitere, noch stark ins Gewicht fallende Fehler.

An anderer Stelle haben wir konstatiert, dass Unterschiede im Stammdurchmesser, in der Stammlänge und in der Durchmesserabnahme bestenfalls 40 . . . 45 Prozent der Streuung des kalkulatorischen Rundholzpreises zu erklären vermögen. Bezieht man die Schnittholzgüteklasse als unabhängige Variable in die Funktion ein, so klettert das Bestimmtheitsmass im Falle der zu Brettwaren verarbeiteten Stämme und Blöcke auf 0,7 . . . 0,75. Wird für dasselbe Kollektiv anstelle der Schnittholzgüteklasse ein die Astigkeit charakterisierendes Mass verwendet, dann liegen die B-Werte nur wenig unter den vorgenannten, was eben auch den überragenden Einfluss dieses Merkmals ausweist. Der kalkulatorische Rohholzpreis sinkt bei den derzeitigen Schnittholzpreisen im Durchschnitt um etwa 17,00 . . . 18,00 DM/fm, wenn sich die Holzqualität um eine volle Schnittholzgüteklasse verschlechtert.

Von praktischer Bedeutung für die Gütesortierung ist der Befund, dass der Werteinfluss der Durchmesserabnahme stark sinkt, wenn Qualitätsmerkmale in die Funktion eingebaut werden. Die Ursache: Zwischen Durchmesserabnahme und insbesondere Astigkeit existieren Zusammenhänge der Art, dass mit Zunahme der ersteren Zahl und Stärke der Äste ansteigen. Und die Konsequenz: Wird Sägerundholz auch nach der Qualität sortiert, dann darf die Durchmesserabnahme nicht gleichermassen wertdämpfend in Rechnung gestellt werden, wie bei einer reinen Dimensionssortierung.

Im Teilkollektiv Bauholzstämme und -blöcke brachten weder die Schnittholzgüteklasse, die für das Sortiment Bauholz normalerweise ja gar nicht angegeben wird, noch die Kennziffer für die Astigkeit eine bemerkenswerte Verbesserung der Straffheit der Beziehung. Hier spielen fertigungsbedingte

MITTELWERTE, REPRÄSENTATIONSFEHLER UND VARIABILITÄT DES KALKULATORISCHEN ROHHOLZPREISES NACH LANGHOLZKLASSEN



Faktoren die ausschlaggebende Rolle, während diese beim Brettwareneinschnitt etwas in den Hintergrund treten. Daraus folgt zweierlei: Erstens hat der Säger beim Brettwareneinschnitt durch zweckmässige Steuerung der fertigungsbedingten Faktoren weit kleinere Einwirkungsmöglichkeiten auf das Einschnittergebnis als beim Bauholzeinschnitt, und es trifft deshalb in weit höherem Masse die alte Sägerweisheit zu, dass der Verdienst im Einkauf liege; zweitens zeigt sich die Berechtigung, ja die Notwendigkeit einer wirkungsvollen Gütesortierung für das zu Brettwaren vorgesehene Sägerundholz.

Wie wirkungsvoll ist unsere derzeitige Gütesortierung bei Fichten-Tannen-Sägerundholz, fragten wir uns. An 230 von der Forstseite in der üblichen Weise gütesortierten Trämeln bzw. Abschnitten wurden pro Rundholzgüteklasse Variationsbreite und Durchschnitt der Schnittholzgüteklasse ermittelt. Das Ergebnis war nicht gerade erfreulich: nur an einem Versuchsort lieferten die B-Abschnitte Schnittholz von signifikant besserer Qualität als die C-Abschnitte, in den übrigen Fällen unterschieden sich die Durchschnitte der tatsächlichen Holzqualität zwischen B- und C-Abschnitten nur zufällig; und beim Vergleich zwischen den Versuchsorten schliesslich ergab sich, dass der Gütedurchschnitt von C-Abschnitten teilweise bis zu 0,5 Schnittholzgüteklassen über jenem der B-Abschnitte lag und die Durchschnitte von B-Abschnitten bis zu 0,6, jene von C-Abschnitten bis zu 1,2 Schnittholzgüteklassen differierten.

Daraus muss geschlossen werden, dass wir bei Fichte/Tanne vorläufig nur die jeweils allerbesten und allerschlechtesten Stücke am Rundholz mit hinlänglicher Sicherheit auseinanderhalten können, jedenfalls mit den in der rauhen Praxis bislang zur Verfügung stehenden Mitteln. Weder der Stammdurchmesser, noch das Baumalter, noch die Durchmesserabnahme, noch der Jahrringbau am Stockabschnitt sind mit der für den Säger relevanten Holzqualität so straff korreliert, dass Qualitätsschätzungen mit erträglicher Unsicherheit möglich wären. Die Gütebeurteilung von Fichten-Tannen-Rundholz anlässlich Sortierung und Preisbildung bleibt weiterhin problematisch.

4. Fertigungsbedingte Einflüsse

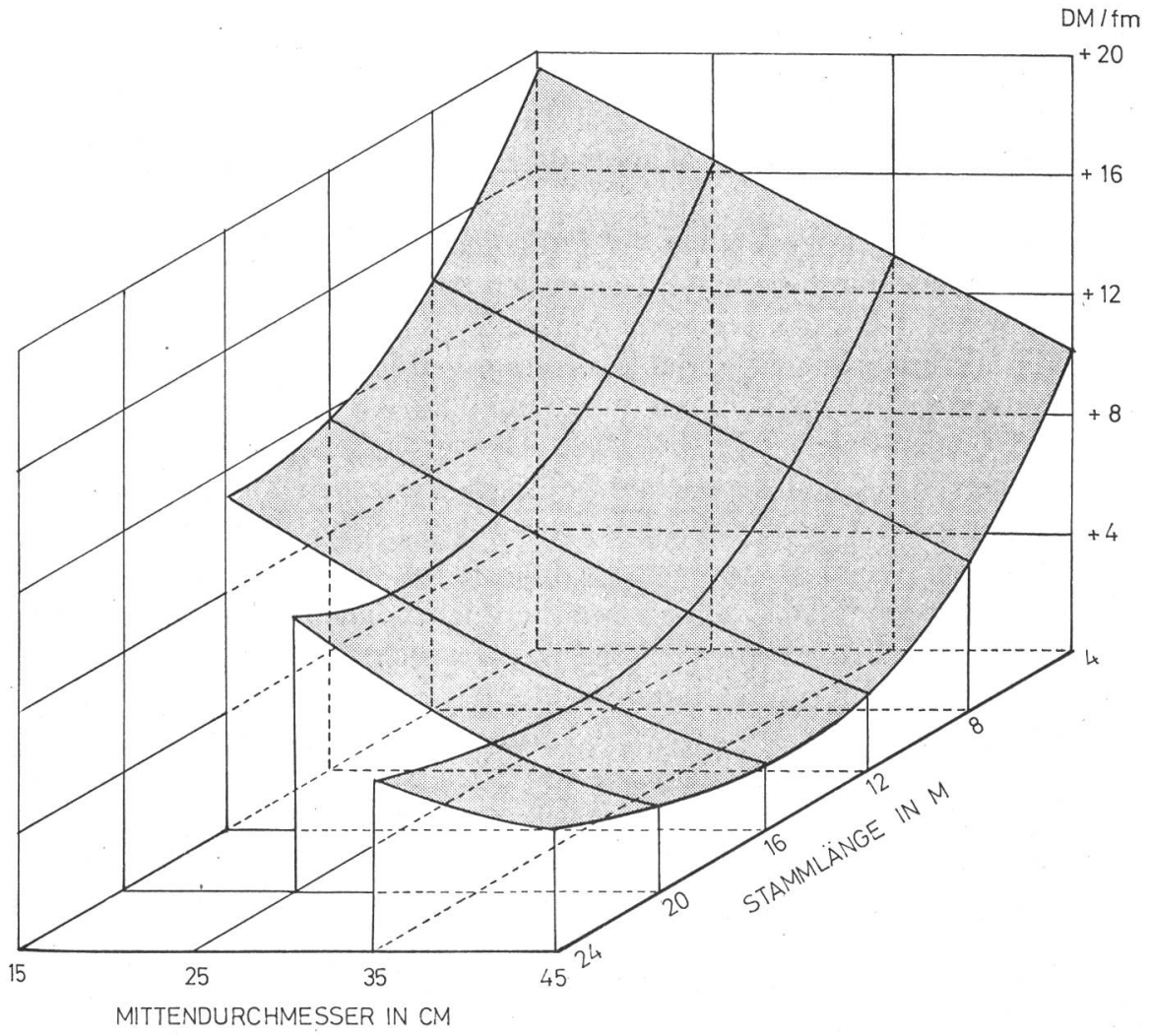
Wie wir gesehen haben, geht die Streuung des Wertes des Sägerundholzes nur teilweise auf die rohstoffbedingten Faktoren zurück. Der Säger hat durchaus die Möglichkeit, denselben Stamm oder Block mit sehr verschiedenartigem Profit zu verarbeiten. Und eben dies verstehen wir unter dem Einfluss fertigungsbedingter Faktoren.

Bei gegebener Maschinenausstattung handelt es sich bei den fertigungsbedingten Faktoren in der Sägerei vornehmlich um das Einschnittprogramm, also um die Art der erzeugten Schnittholzsorten, um das Verhältnis des tatsächlichen Zopfdurchmessers eines Blockes zu jenem, der für das betreffende Haupterzeugnis optimal wäre, um Schwund- und Längenzugaben und schliesslich um die Arbeitsqualität. Das Einschnittprogramm kann seinerseits recht

ÜBERLEGENHEIT DER BAUHOLZPRODUKTION ÜBER DEN BRETTWARENEINSCHNITT

GEMESSEN AM KALKULATORISCHEN ROHHOLZ-PREIS

FICHTE / TANNE MITTLERE BIS MÄSSIGE QUALITÄT



gut charakterisiert werden durch die Schnittart — Einfachschnitt, Doppelschnitt, herzgetrennter Schnitt usw. —, durch den mittleren Querschnitt der erzeugten Schnittstücke, durch die Blocklänge und durch die Dicke der Schnittfuge.

Beeinflussen die rohstoffbedingten Faktoren überwiegend Mengenausbeute und Bruttopreis der Produkte und lediglich der Stammdurchmesser in allerdings entscheidendem Masse auch die Verarbeitungskosten, so sind die fertigungsbedingten Faktoren gleichermassen ausbeute-, preis- und kostenbestimmend. Bei gleicher Ausgangslage bezüglich der rohstoffbedingten Faktoren ändern beispielsweise mit zunehmender Blocklänge das Ausbeuteverhältnis zwischen Haupt- und Nebenerzeugnissen und damit der durchschnittliche Kubikmetererlös der erzeugten Schnittwaren; mit abnehmendem mittleren Schnittstückquerschnitt sinkt die Ausbeute und steigen die spezifischen Verarbeitungskosten, weil mehr Schnittfugen geführt werden müssen und die zu manipulierende Anzahl Schnittstücke pro Festmeter steigt, also die Stückmasse sinkt.

Ein Mass für die Bedeutung der fertigungsbedingten Faktoren ist die Erhöhung des Bestimmtheitsmasses, wenn den multiplen Regressionen mit rohstoffbedingten Faktoren geeignete Masszahlen für die fertigungsbedingten Faktoren als unabhängige Variable zugefügt werden. B steigt dann im Falle von Brettware von 0,70/0,75 auf Werte um 0,80/0,85, im Falle von Bauholz von 0,45/0,50 auf gleichfalls 0,80/0,85. Die verbleibende Reststreuung muss vornehmlich Mess- und Beobachtungsfehlern sowie den Streubändern nicht optimal angepasster Ausgleichsfunktionen zugeschrieben werden.

In welcher Weise die fertigungsbedingten Faktoren den kalkulatorischen Rohholzpreis beeinflussen, soll an zwei Beispielen demonstriert werden.

Eine praktisch interessante Frage ist, wie sich der Festmeter-Wert von Stämmen mässiger Qualität unterscheide, die im Haupterzeugnis überwiegend zu Brettware bzw. vorherrschend zu Bauholz eingeschnitten werden. In der Abbildung 4 ist in Abhängigkeit von Stammlänge und Stammdurchmesser dargestellt, in welchem Masse der kalkulatorische Preis von Stämmen, die zu mehr als 70 Prozent Bauholz lieferten, jenem von Stämmen überlegen ist, die überwiegend zu Parallelbrettern (ohne Blockware) eingeschnitten wurden. Die durchschnittliche Holzqualität beider Kollektive liegt bei einer Brettwarengüteklasse von 2,7. Die ökonomische Überlegenheit des Bauholzeinschnitts ist besonders im schwächeren Durchmesser- und im kürzeren Längenbereich offensichtlich. Gegen die stärkeren Durchmesser und die grösseren Längen gleichen sich die beiden Erzeugungsprogramme zunehmend an und dürften sich, zieht man die Unsicherheit der Zusammenhänge in Betracht, auch nicht mehr gesichert unterscheiden. Selbstverständlich gelten diese Aussagen nur für die den Berechnungen zugrunde gelegten Schnittholzpreisrelationen.

Quasi als unerwartetes Nebenresultat ergab sich, dass die Beziehung zwi-

schen kalkulatorischem Rohholzpreis und Stammdurchmesser und damit auch zwischen kalkulatorischem Rohholzpreis und Stammholzklasse in hohem Masse vom Fertigungsprogramm beeinflusst wird. Es gilt: Je mehr Brettware im Haupterzeugnis eingeschnitten wird, desto stärker wächst der kalkulatorische Rohholzpreis mit zunehmendem Stammdurchmesser; wird überwiegend Bauholz produziert, so verläuft die Wertkurve über dem Stammdurchmesser relativ flach. Das heisst aber nichts anderes, als dass für Bauholz-Sägewerke eine geringere, für Brettwaren-Sägewerke eine stärkere Spreitung der Rundholzpreise zwischen den Klassen angemessen wäre, als dies die auf durchschnittliche Verhältnisse abgestellten schweizerischen und deutschen Messzahlen tun.

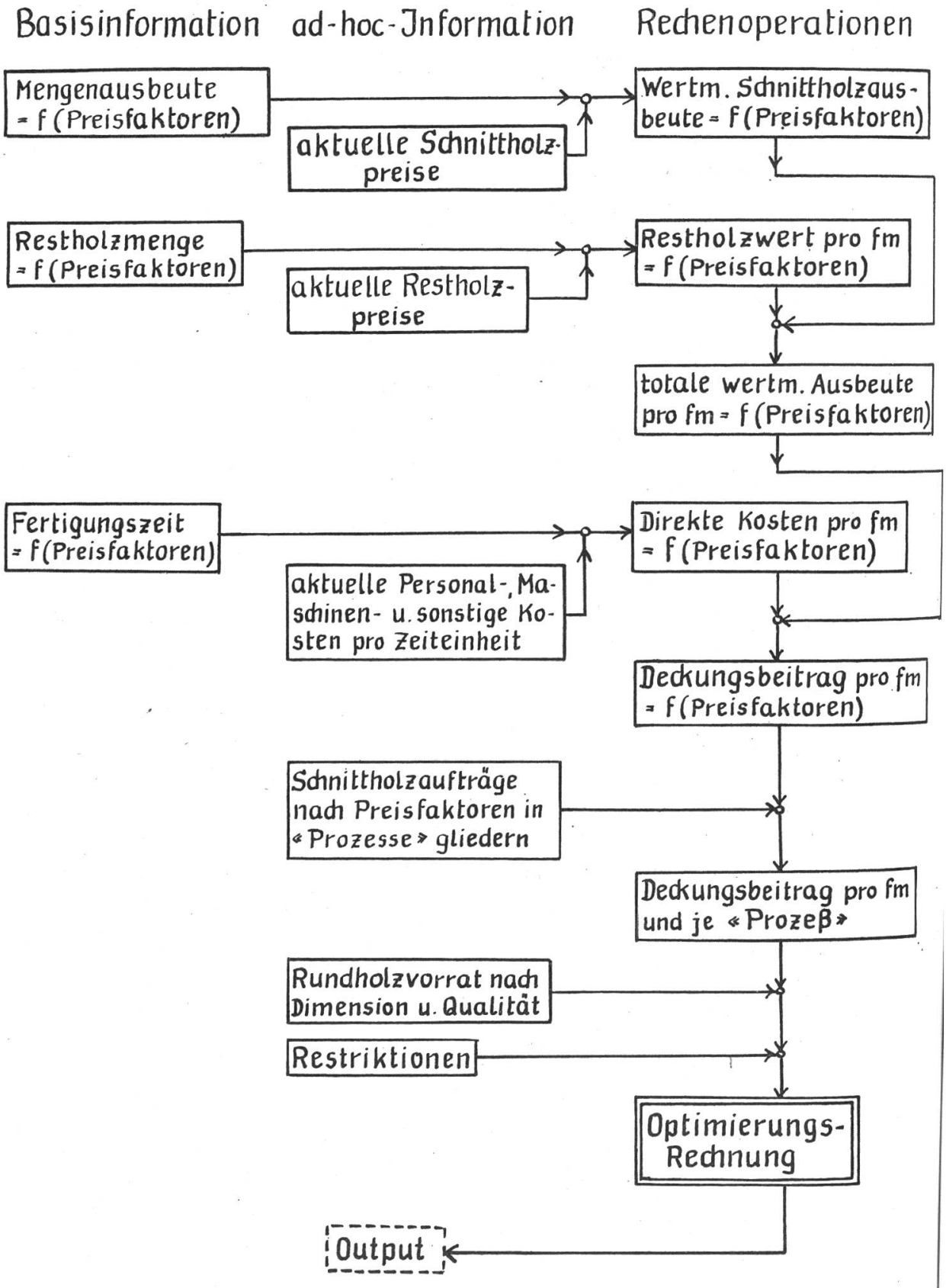
Das folgende Beispiel behandelt die Einflüsse auf die Mengenausbeute an Haupterzeugnis beim Bauholzeinschnitt. Es fusst auf 554 Sägeblöcken, die zu Listenbauholz mit 40 verschiedenen Querschnitten eingeschnitten wurden und eine Mengenausbeute an Haupterzeugnis zwischen 21 und 87, im Durchschnitt 58,3 Prozent erbrachten. Eine respektable Ausbeutestreuung, wie man sieht, die selbstverständlich auch im kalkulatorischen Rundholzpreis ihren Niederschlag findet und die Frage provoziert, ob Ausbeutewerte unter etwa 40 bis 45 Prozent nicht vermeidbar gewesen wären. Die Länge der Blöcke variierte zwischen 1,70 und 12,20 m mit Durchschnitt bei 4,70 m, der Zopfdurchmesser zwischen 9,3 und 40,8 cm mit Durchschnitt bei 18,9 cm, die Durchmesserabnahme zwischen 0 und 3,46 cm/lfm mit Durchschnitt bei 0,80 cm/lfm. Hinsichtlich der Vielfalt des Einschnitts und der Form der Blöcke liess das Kollektiv demnach kaum Wünsche offen.

An diesen 554 Blöcken wurde in mehreren Rechenoperationen geprüft, welche Faktoren in welcher Weise die Ausbeute an Haupterzeugnis beeinflussen, das heisst aus anderem Blickwinkel, mit Hilfe welcher Variablen die Ausbeute sich am besten schätzen liesse. Kriterien für die «beste Schätzung» waren das multiple Bestimmtheitsmass, die Reststreuung und der sich daraus ableitende Repräsentationsfehler. Die vermutlich wirkungsvollsten Funktionstypen wurden teils aufgrund vorheriger graphischer Tests an partiellen Beziehungen, teils auf Grund theoretischer Erwägungen ausgewählt.

Unter den rohstoffbedingten Faktoren erwiesen sich als einflussreich: der Zopfdurchmesser (d_z in cm), er war signifikant besser als der Mittendurchmesser, die Blocklänge (l in m) und die Durchmesserabnahme (Δ_d in cm/lfm). Der Faktor Ovalität des Stammquerschnitts blieb in seinem Einfluss weit unter der Sicherheitsschwelle, wohl einfach deshalb, weil Fichte und Tanne nur selten starke Abweichungen von der Kreisform aufweisen.

Von den geprüften fertigungsbedingten Faktoren blieben schliesslich nur zwei als bedeutungsvoll übrig, nämlich: das in Prozent ausgedrückte Längenverhältnis der kürzeren zur längeren Querschnittseite der scharfkantig gemessenen Haupterzeugnis-Schnittfigur, gegebenenfalls einschliesslich Schnittfugen (R_s), und der tatsächliche Zopfdurchmesser des Blockes in Prozent

Ablaufschema einer Optimierungsoperation



des bei absoluter Scharfkantigkeit der Bauholzstücke erforderlichen Zopfdurchmessers (R_d).

R_s misst die Abweichung des nominellen Querschnitts des oder der Bauholzstücke vom Quadrat; es ist bekannt, dass die Ausbeute an Haupterzeugnis unter sonst gleichen Bedingungen mit wachsendem Unterschied zwischen den Querschnittseiten sinkt.

R_d ist ein Mass für die an der breitesten Stelle schräg gemessenen Baumkante und damit für die Schnittklasse. Bei bekannten Werten für R_d und R_s kann die Baumkante errechnet oder, zweckmässiger, aus einer Graphik abgelesen werden.

Mit Hilfe dieser 5 Variablen, die teils am Rundholz leicht gemessen, teils aufgrund der vorliegenden Bauholz-Aufträge vorgegeben werden können, lässt sich die Ausbeute an Bauholz nach folgender Gleichung schätzen:

$$A_{HE} = -30{,}141 + 0{,}324\, d_z - 3{,}241\, l + 0{,}114\, l^2 - 10{,}221\, \Delta_d + 0{,}070\, R_s + \frac{9042{,}298}{R_d} \quad [\%]$$

Das Bestimmtheitsmass ist mit $B = 0{,}803$ befriedigend. Der Repräsentationsfehler hält sich in erträglichen Grenzen: wird die Ausbeute nach obiger Formel für 25 Blöcke geschätzt, so beläuft sich der Fehler des Ausbeutedurchnitts für die 25 Blöcke auf $\pm$ 2,17 Prozent, bei 50 Blöcken $\pm$ 1,54 Prozent, bei 100 Blöcken auf $\pm$ 1,08 Prozent. Dabei handelt es sich um Prozent von Ausbeuteprozent.

5. Optimierung des Einschnittprogramms

Man kann einwenden, die Bauholzausbeute lasse sich über Schnittzeichnungen wenn vielleicht auch nicht genauer, so jedenfalls auf eine für den Praktiker sinnfälligere Weise vorkalkulieren. Das ist zweifelsohne richtig. Wir benötigen diese oder ähnliche mathematische Formulierungen jedoch, wenn künftig einmal die eingangs schon angedeutete Optimierung der Einschnittprogramme nach Methoden der Operations Research Anwendung finden sollte.

Wertvolle Vorarbeiten hierzu wurden in den USA (Jackson and Smith, 1961) und in der CSSR (Melichar, 1964; Melichar und Vejmola, 1969) geleistet. Gleichwohl sind vorläufig noch etliche wichtige Teilprobleme ungeklärt, so dass man sich ausserstande sieht, heute schon einen konkreten, praktikablen Weg aufzuzeigen, in welcher Weise derartige Methoden in der mitteleuropäischen Sägeindustrie, mit ihren Spezialitäten Langholz, Listenware, Kleinbetrieb, sich einfügen liessen. Erlauben Sie mir dennoch einen Ausblick.

Ein Einschnittprogramm kann man sich aus zahlreichen einzelnen Prozessen zusammengesetzt vorstellen. Ein Prozess wäre gewissermassen ein

Gattersatz von Blöcken, die dasselbe Haupterzeugnis liefern, die bezüglich des Einschnitts der Seitenware gleich behandelt werden und die schliesslich in den rohstoffbedingten Merkmalen, wie Zopfdurchmesser, Durchmesserabnahme, Länge und Qualität weitgehend übereinstimmen. Diese Parameter sind aber nichts anderes als die unabhängigen Variablen in unseren Regressionsgleichungen, das heisst die sogenannten Preisfaktoren.

Mit Hilfe der Optimierungsrechnung soll nun für den Planungszeitraum, etwa eine oder zwei Wochen, jene Kombination von Prozessen und deren Intensität — das ist die Rundholzmenge je Prozess — gesucht werden, welche innerhalb der überhaupt gegebenen Wahlmöglichkeiten und unter gewissen zusätzlichen Bedingungen, sogenannten Restriktionen, den höchsten Profit erwarten lässt. Als Mass für den Profit könnte man den retrograd errechneten Deckungsbeitrag verwenden, das heisst die um die direkten Kosten verminderte wertmässige Ausbeute. Dieser Wert ist rascher zu ermitteln und unproblematischer als der in den vorangegangenen Beispielen benutzte kalkulatorische Rohholzpreis aus einer Vollkostenrechnung.

Es wird also nach einem Einschnittprogramm gefragt, von dem unter den gegebenen Umständen ein maximaler Deckungsbeitrag in der fraglichen Zeitspanne erwartet werden kann.

Die Zahl der möglichen Prozesse ist gleich dem Quadrat der Zahl der zur Charakterisierung der Prozesse verwendeten Parameter und ihrer Abstufungen. Je genauer man die Prozesse beschreiben will, desto grösser ihre Anzahl. In der Schnittholzproduktion kommt man schon unter relativ einfachen, homogenen Bedingungen zu einer sehr grossen Prozessanzahl; und hierin liegt ein erhebliches praktisches Problem, übersteigt doch die Matrix sehr rasch die Kapazität selbst grösserer Computer.

Der Ablauf einer Optimierungsoperation lässt sich, wie das stark vereinfachte Schema zeigt, in drei Phasen zerlegen, nämlich:

— in die Beschaffung von über längere Zeit, das heisst für zahlreiche Optimierungsrechnungen, und für verschiedene Betriebe gültigen Basisinformationen,
— in die Bereitstellung von aktuellen Daten für jede Einzeloperation und
— in die diversen Rechenschritte, die sowohl mit Rücksicht auf den Datenumfang als auch auf die zur Verfügung stehende Zeit — höchstens einige Stunden — nur im Rechenautomaten durchgeführt werden können.

Die Ad-hoc-Information zu beschaffen, ist kein Problem, von der Formulierung der Schnittholzaufträge in Prozessform einmal abgesehen. Die Optimierung im eigentlichen Sinne ist mathematisch weitgehend gelöst; für alle gängigen Computer stehen Bibliotheksprogramme zur Verfügung. Was fehlt bzw. noch sehr lückenhaft ist, sind die Basisinformationen. Und diese sind im Prinzip identisch mit unseren mathematisch formulierten «Einflüssen auf den Wert des Sägereirundholzes». Grosse Schwierigkeiten methodischer Art bereitet es, die Aufteilung von Langholz in Sägeblöcke variierender Länge in die

Optimierung miteinzubeziehen; gerade hierin lägen jedoch echte ökonomische Chancen.

Das Schema sieht vor, dass für alle denkbaren Schnittholzsortimente und alle in Frage kommenden Holzarten die Beziehungen zwischen den Preiskomponenten und den Preisfaktoren in Funktionsform vorliegen und im Rahmen des gesamten Rechenprogramms im Computer gespeichert werden. Multipliziert mit den Geldeinheiten der Ad-hoc-Informationen, liefern die physikalischen Einheiten (m^3, rm, min usw.) der Basisinformationen die wertmässige Ausbeute und die direkten Kosten, woraus sich dann der Deckungsbeitrag pro Festmeter in Abhängigkeit von den Preisfaktoren errechnen lässt. Mit Hilfe der Information «nach Preisfaktoren in Prozesse gegliederte Schnittholzaufträge» können alsdann die Deckungsbeiträge pro Festmeter und Prozess hergeleitet werden. Ergänzt man schliesslich das Programm um Daten über den nach rohstoffbedingten Preisfaktoren gegliederten aktuellen Rundholzvorrat sowie um die Restriktionen, dann sind die Voraussetzungen für die Optimierungsrechnung im eigentlichen Sinne geschaffen.

Rechtfertigen die mit Methoden von Operations Research in der Sägerei zu erwirtschaftenden Vorteile den immensen Aufwand sowohl der Vorarbeiten als auch der praktischen Daueranwendung? Ich meine ja! Sind diese Methoden in der mitteleuropäischen Sägerei innert weniger Jahre bereits anwendbar? Ich befürchte nein! Ich hielte es indessen für eine lohnende Aufgabe von Wissenschaft und Praxis, im Zusammenwirken die Voraussetzungen zu schaffen, um eine Anwendung wenigstens auf längere Sicht zu ermöglichen.

Résumé

L'influence des caractéristiques des grumes et du programme de fabrication sur la valeur des bois de scierie

Le genre, le sens et l'ordre de grandeur des influences qui agissent sur la valeur des grumes de scierie sont intéressants pour la formation des prix, le classement des bois et la programmation optimale du débitage. Par valeur des grumes de scierie, on entend dans cet exposé le prix calculatoire du bois brut obtenu par un calcul rétrograde. Ce prix dépend avant tout du rendement quantitatif en sciages, du prix des sciages et des frais de fabrication, d'administration et de vente, et dans une plus petite mesure, du volume des chutes de scierie et de leurs prix de vente. Si l'on calcule le prix des grumes à port de camion, il faut encore y ajouter les frais de transport.

Il est notoire que les composantes du prix des grumes sont soumises à une très forte variabilité. Cette variabilité est due à un grand nombre de facteurs, appelés facteurs de prix, qui, d'après leur origine, peuvent être classés en trois groupes. Ce sont :

— les facteurs de prix dépendant de la matière première, tels que les dimensions, la forme et la qualité des tiges ;

— les facteurs de prix dépendant de la fabrication, tels que le programme de fabrication et l'équipement en machines ;
— les facteurs de prix dépendant de la station de la scierie, tels que le niveau de la relation prix/frais.

Les études faites par l'Institut d'exploitation forestière et de technique du travail de l'Université de Fribourg-en-Brisgau consistaient à obtenir des informations aussi détaillées et exactes que possible sur les actions réciproques, quantitatives et qualitatives, entre ces facteurs de prix et la valeur des grumes de scierie. Ces études se limitèrent à des grumes d'épicéa et de sapin et furent faites dans les conditions du Sud de l'Allemagne. On appliqua la méthode des sciages d'essais ; on prit 1500 grumes, d'un volume total de 2000 m^3, choisies au hasard dans 42 peuplements forestiers différents et on les scia dans 5 scieries du Bade-Wurtemberg selon les techniques en vigueur dans ce pays. Avant le sciage, les grumes étaient exactement mesurées et classées qualitativement ; il en a été fait de même des sciages produits. Les numérotations et le marquage étaient tels qu'il était possible de reconstituer chaque grume à partir des sciages. De plus, des chronométrages furent exécutés pour chaque opération, respectivement pour chaque département de frais.

L'exposé donne les résultats moyens obtenus dans les 5 scieries. Les facteurs de prix analysés et discutés sont le diamètre des grumes et les autres caractéristiques de forme, la qualité du bois (facteurs difficile à formuler numériquement ; dans les essais en question, ce fut avant tout la nodosité des grumes qui servit de caractéristique), et les influences des méthodes de fabrication.

L'auteur montre pour terminer comment, à l'aide de recherches opérationnelles, il serait possible d'optimaliser le programme de débitage, mais il doute que de telles méthodes soient réalisables prochainement dans l'industrie de la scierie de l'Europe centrale. *Farron*

Literatur

Jackson, N. D. and Smith, G. W., 1961: Linear programming in lumber production; Forest Products Journal Nr. 6, S. 272 ff.

Löffler, H., 1961: Untersuchungen über Verbrauch, Bedarf und Bewertung von Fichte-Tanne-Starkholz unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Baden-Württemberg; Dissertation naturw.-mathem. Fakultät Universität Freiburg i. Br.

Löffler, H., 1964: Gütemerkmale des Schnittholzes der Weisstanne mit besonderer Berücksichtigung des Schilfers; Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen Nr. 9/10

Löffler, H., 1965: Kriterien der Bewertung von Nadelstammholz; Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., Band 4

Löffler, H., 1968: Einflüsse auf den Wert des Rohholzes; Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., Band 9

Maisenbacher, H., 1966: Kosten und Erlös in der Sägeindustrie; Kommissionsverlag DRW-Verlag Stuttgart

Melichar, J., 1964: Anwendungsmöglichkeiten mathematischer Methoden bei der operativen Produktionsplanung in der Sägeindustrie; Holztechnologie Heft 4, S. 259 ff., Leipzig

Melichar, J. und *Vejmola, St.,* 1969: Anwendung der maschinellen Rechentechnik bei der Leitung der Schnittholzproduktion in der CSSR; Holztechnologie Heft 1, S. 57 ff., Leipzig