

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 133 (1982)
Heft: 2

Artikel: Ziel, Voraussage und Kontrolle von Nutzungen im Forstbetrieb
Autor: Kurt, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764888>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 08.02.2025

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

Ziel, Voraussage und Kontrolle von Nutzungen im Forstbetrieb¹

Von A. Kurt, Zürich

(Aus dem Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich,
Fachbereich Forsteinrichtung)

Oxf.: 624.1

In unserem Lande ist man sich seit Bestehen einer geordneten Forstwirtschaft bewusst, dass der Wald mannigfache Funktionen auszuüben vermag (Tromp, 1971). Die Schutzfunktion hat im letzten Jahrhundert zu einer richtungsweisenden, heute noch gültigen und anerkannten Forstgesetzgebung und Forstpolitik geführt. War man sich zunächst bloss des Schutzes gegen Naturgefahren bewusst, so wurde man im Laufe der Zeit auch auf Schutzleistungen gegen Zivilisationsgefahren aufmerksam. Schliesslich erkannte man, wie bedeutungsvoll der Wald als Element der Landschaft ist und welchen Beitrag er zur Erhaltung der Ökologie dieser Landschaft leisten kann. Längst gilt der Wald nicht mehr als abweisender, vom Menschen gemiedener Ort, sondern er wird von diesem zur Erholung und Erbauung aufgesucht. Es fehlt nicht an Stimmen, die nur diese Wirkungen des Waldes anerkennen und kein Verständnis für die Benutzung des Waldes als Wirtschaftsobjekt aufbringen. Dabei wird vergessen, dass die für unsere Wirtschaft so bedeutungsvolle Ertragsfunktion eine wesentliche Voraussetzung für die Erhaltung der Infrastrukturleistungen des Waldes ist (Tromp, 1971).

1. Nutzungen zur Pflege und Ernte im Forstbetrieb

Die Bäume eines Waldes wachsen nur in langen Zeiträumen heran. Es vergehen Jahrzehnte, ja in extremen Fällen gar Jahrhunderte, bis der Keimling zu einem mächtigen Baum geworden ist. Zwei, drei und mehr Förstergenerationen können kommen und gehen, bis auch die Baum- und Waldgeneration wechselt. Klare langfristig gültige Ziele, Planungen und Kontrollen sind deshalb in der Forstwirtschaft eine Notwendigkeit.

¹Abschiedsvorlesung, gehalten am 25. Januar 1982 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.

Abnahme der Baumzahl bei schwacher Durchforstung

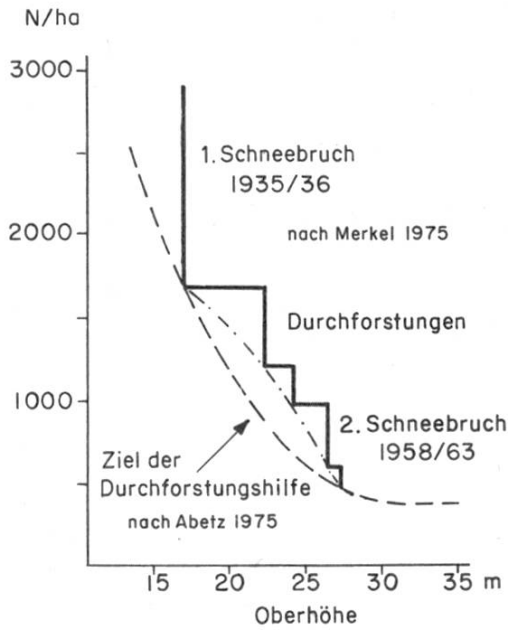


Abbildung 1

Der Regelkreis als Darstellung eines zielgerichteten Prozesses

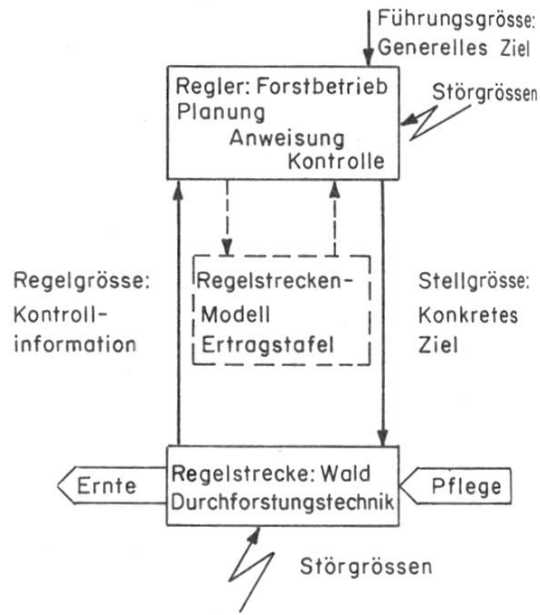


Abbildung 2

Sollen Nutzungen dauernd möglich bleiben, soll die Ertragsfunktion des Waldes in alle Zukunft nachhaltig gesichert sein, dann müssen Bäume verschiedener Entwicklungsstufen ebenfalls dauernd vertreten sein. Es ist an sich belanglos, ob diese Entwicklungsstufen, wie im Schlagwald, in Teilflächen getrennt oder ob sie, wie im Plenterwald, auf der Teilfläche zusammen angeordnet sind. Ein Forstbetrieb muss nicht nur nachhaltig, sondern auch wirtschaftlich geführt werden. Dies bedingt die Entwicklung von Produktionsverfahren, die eine Minimalisierung des gesamten Arbeitsaufwandes ermöglichen (Steinlin, 1969). Im Forstbetrieb kann der Aufwand sowohl durch Verbesserungen im mechanisch-technischen wie im biologischen Bereich beeinflusst werden. Da das Verhältnis von Erlös und Kosten bei schwachem Holz ungünstiger ist als bei starkem, werden in Mitteleuropa seit langem Bestockungen angestrebt, die sich durch geringe Anteile von Bäumen schwacher und grosse Anteile von Bäumen starker Dimension auszeichnen (Steinlin, 1966).

Der Generationswechsel erfolgt im Walde in langen Zeiträumen und auf sehr verschiedene Weise. Stets sind aber von den jüngeren, kleineren Bäumen mehr Individuen vorhanden als von den älteren, grösseren. Das gemeinsame Aufwachsen und das Grösserwerden ist mit einem ausserordentlich starken Konkurrenzkampf verbunden. Dabei herrscht sowohl das Gesetz des Stärkeren wie auch jenes des Zufalls. Schneefall, Rauhreif, Eisregen, Wind und Sturm können Baumkronen brechen und Bäume zu Fall bringen. Eine schubweise Verminderung der Stammzahl ist die Folge solcher Ereignisse (Abb. 1). Es können dabei herrschende und beherrschte Glieder der

Bestockung einzeln oder gruppenweise betroffen werden (*Merkel, 1975*). Entstehende Lücken und Löcher im Gefüge stören nicht nur den Bestand, sondern auch den folgerichtigen Weg zum gesteckten Ziel, in der Endbestockung eine genügende Zahl gut auf der Fläche verteilter, starker und wertvoller Bäume zu erhalten.

Im Forstbetrieb versucht man deshalb seit langem, der unwillkommenen natürlichen Entwicklung durch periodisches Auflockern und Lichten zuvorzukommen. Die aufwachsenden Bestockungen werden periodisch durchforstet. Es hat sich gezeigt, dass damit nicht nur das Wachstum der verbleibenden Bäume gefördert werden kann, sondern dass sich diese Eingriffe auch günstig auf die Stabilität der Bestockung auswirken (Abb. 1).

Die Auffassung hinsichtlich der Intensität der Durchforstungen hat innerhalb eines Jahrhunderts gewechselt. Bei der alten Durchforstungstechnik blieb das Kronendach der herrschenden Bäume weitgehend geschlossen, man entfernte nur beherrschte Bäume. Demgegenüber griff die aus Frankreich übernommene «Eclaircie par le haut», die Hochdurchforstung, in das Hauptkronendach ein und ermöglichte dadurch herrschenden Bäumen ein besseres Wachstum. Dem allgemeinen Ziel entsprechend wird auf diesem Wege einer beschränkten Anzahl ausgesuchter Bäume ein rascheres Dickerwerden ermöglicht. Statt viele Bäume im Dichtstand aufwachsen zu lassen, werden nur wenige durch fortschreitende Entnahme von Konkurrenten gefördert. Durchforstungsnutzungen erhalten dadurch den Charakter einer Pflege. Der Erlös solcher Pflegennutzungen vermag in den jüngeren Entwicklungsstufen nicht kostendeckend zu sein; in mittleren und älteren sind die Gewinne unbedeutend. Der Forstbetrieb bezieht den Gewinn im wesentlichen aus der Nutzung von Erntebestockungen, die ihrerseits während Jahren durch Pflegennutzungen wertmässig verbessert wurden.

An der Weiterentwicklung der Hochdurchforstung zur heutigen Auslese-durchforstung haben Professoren unserer Hochschule, Engler, Schädelin und Leibundgut, grosse Verdienste erworben. *Schädelins* «Auslese- und Veredelungsbetrieb» (1935) brachte alle Pflegearbeiten in einen sinnvollen Zusammenhang. *Leibundgut* machte den Pflegegedanken zum umfassenden Gesichtspunkt allen Tuns im Walde und hat Verbesserungen des Waldbodens, des Waldbinnenklimas, der Waldlebewesen mit der Baumpflege zur «Waldpflege» vereint (1966). Beide haben stets mit grosstem Nachdruck hervorgehoben, dass die Auslese, insbesondere bei der Durchforstung, zwingend positiv sein muss. Die künftigen Wertträger sind durch periodische Nutzung ihrer Konkurrenten konsequent zu begünstigen.

Leibundgut hat ausserdem, in enger Zusammenarbeit mit Pallmann, Koch, später mit Ellenberg, Landolt und *Richard* (1978, 1981), die Standortlehre in die Synthese forstlicher Betriebssysteme einbezogen. Unter Benützung der Arbeiten von *Biolley*, Ammon und Favre entstanden auch klare Begriffe und damit Abgrenzungen über die wichtigsten Betriebssysteme für

die Schweiz, über den Plenterbetrieb und den Femelschlagbetrieb. Als einer der ersten Assistenten von Hans Leibundgut hatte ich Gelegenheit, einen bescheidenen Beitrag zur Vervollständigung des nunmehr geschlossenen Kreises der Pflege und des Generationswechsels im Walde zu leisten. Es beschäftigten mich Probleme der Verjüngung und der räumlichen Ordnung des Femelschlages in Buchenwäldern (Kurt, 1945) und dann, in der Promotionsarbeit (Kurt, 1946), Struktur- und Qualitätsfragen in Buchendickungen.

Man wird es mir wohl nicht verargen, wenn sich die nachfolgenden Ausführungen zur Zielsetzung, Voraussage und Kontrolle von Nutzungen vornehmlich auf die Baumart Buche beziehen werden. Die dabei zu gewinnenden Erkenntnisse lassen sich grundsätzlich auf alle Baumarten übertragen. Ferner beschränken sich die Überlegungen bloss auf den Femelschlagbetrieb.

2. Ziel, Voraussage, Ausführung und Kontrolle von Durchforstungsnutzungen

Während meiner rund zehnjährigen praktischen Betätigung in Solothurn und in Olten wurde mir bewusst, dass zwar neue Ziele und Verfahren zur Ernte und zur Verjüngung von Wäldern verhältnismässig rasch erkannt und übernommen werden, dass aber die zur Pflege es schwer haben, allgemein Anklang zu finden. Diese vor vielen Jahren gemachte Feststellung ist von andern bis in diese Tage vielfach wiederholt worden. Allerdings gibt es heute, im Gegensatz zu früher, doch recht zahlreiche richtungsweisende Beispiele konsequenter und kontinuierlicher Durchforstungen. Solche Erfolge sind weniger auf nuancierte biologische Kenntnisse der Betriebsleiter zurückzuführen als vielmehr auf deren Organisations- und Führungsgeschick. Es ist deshalb angezeigt, das Problem der Zielsetzung, der Ausführung und der Kontrolle von Durchforstungen zunächst mit betriebswirtschaftlichen Betrachtungen anzugehen (Abb. 2).

Das generelle Ziel steht fest: Es gilt, Nutzungen auszuführen, die der Pflege des Waldes dienen, damit in Zukunft starkes, wertvolles Holz geerntet werden kann. Dieser Prozess muss mit Plänen, Anweisungen und Kontrollen geregelt sein. Nur ein konkretes Ziel als Stellgrösse vermag in der Regelstrecke Wald Klarheit über die nötigen Massnahmen zu verschaffen. Und nur geeignete Kontrollinformationen, als Regelgrössen, erlauben es, dem Regler Forstbetrieb den Weg auf das Ziel zu sichern, um so mehr als es nicht an Störgrössen mangelt. Aus der viel beklagten Tatsache, dass der angestrebte Durchforstungszustand in unseren Femelschlagbetrieben nicht allgemein erreicht wird, muss geschlossen werden, dass die konkreten Ziele nicht wirksam genug sind, und dass die aus dem Walde stammenden Kon-

Durchschnittlicher Nettowert bei
Buche in Beziehung zur Wuchszeit

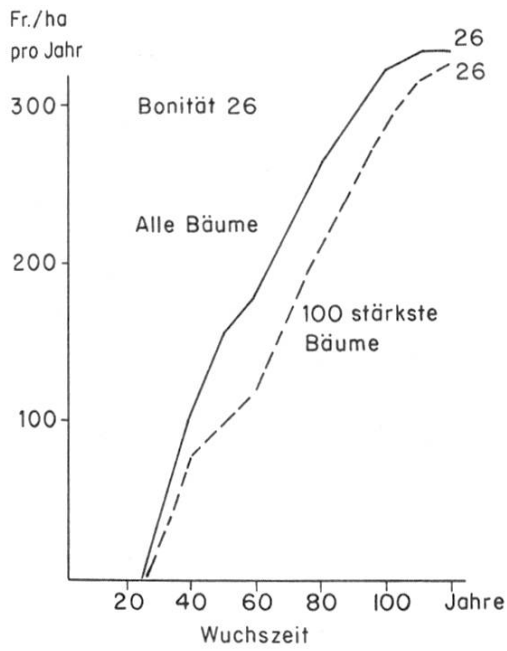


Abbildung 3

Durchmesser der 100 stärksten Bäume
in Beziehung zur Oberhöhe nach der
Ertragstafel der EAFV 1967

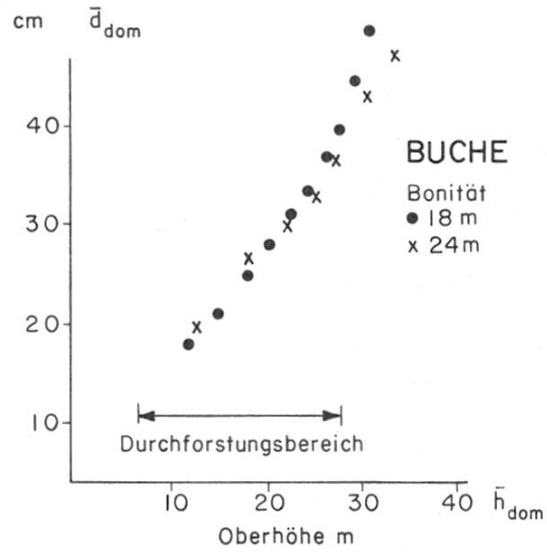


Abbildung 4

trollinformationen nicht genügen, um angesichts betrieblicher Störgrößen wirksame Korrekturen zu veranlassen.

Hat man es in einer Betriebsführung mit komplexen Vorgängen und Einflüssen zu tun, so bedient man sich vereinfachter Modelle. Über einfache Eingangsgrößen in ein solches Modell gewinnt man angenäherte Stellgrößen zur Regelung des komplexen Systems. Der Mangel eines solchen Modells für die Hochdurchforstung veranlasste mich, als Direktor der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, meinem damaligen Abteilungsleiter Dr. Eric Badoux den Auftrag zur Entwicklung einer schweizerischen Ertragstafel für hochdurchforstete Bestände zu geben. Um die Tafelanlagen als Modell bei der Zielsetzung, Planung und Kontrolle verwenden zu können, konnten sie nicht auf sonst allgemein übliche Global- und Durchschnittswerte beschränkt werden, sondern mussten (im Zusammenhang mit der auf den einzelnen Baum ausgerichteten Durchforstungstechnik) mindestens Angaben für jede Durchmesserstufe enthalten (*Schweiz. Anst. forstl. Versuchswes.*, 1966, 1967, 1968, 1969).

Durchforstungsrückstände und Ausführungsmängel gab und gibt es nicht nur in der Schweiz, sondern auch in ihren Nachbarländern. Dies hat Peter Abetz von der Universität Freiburg im Breisgau veranlasst, ebenfalls nach einfachen und praktischen Modellen zu suchen (*Abetz*, 1975, 1979). Seine «Durchforstungshilfe für Fichte» setzt die für das Erreichen von Zieldurchmessern zulässige Stammzahl in Beziehung zur Oberhöhe (Abb. 1). Die Oberhöhe wird im forstlichen Versuchswesen als Durchschnittshöhe

Angestrebter Brusthöhendurchmesser der 100 stärksten Bäume (Ertragstafelmodell)

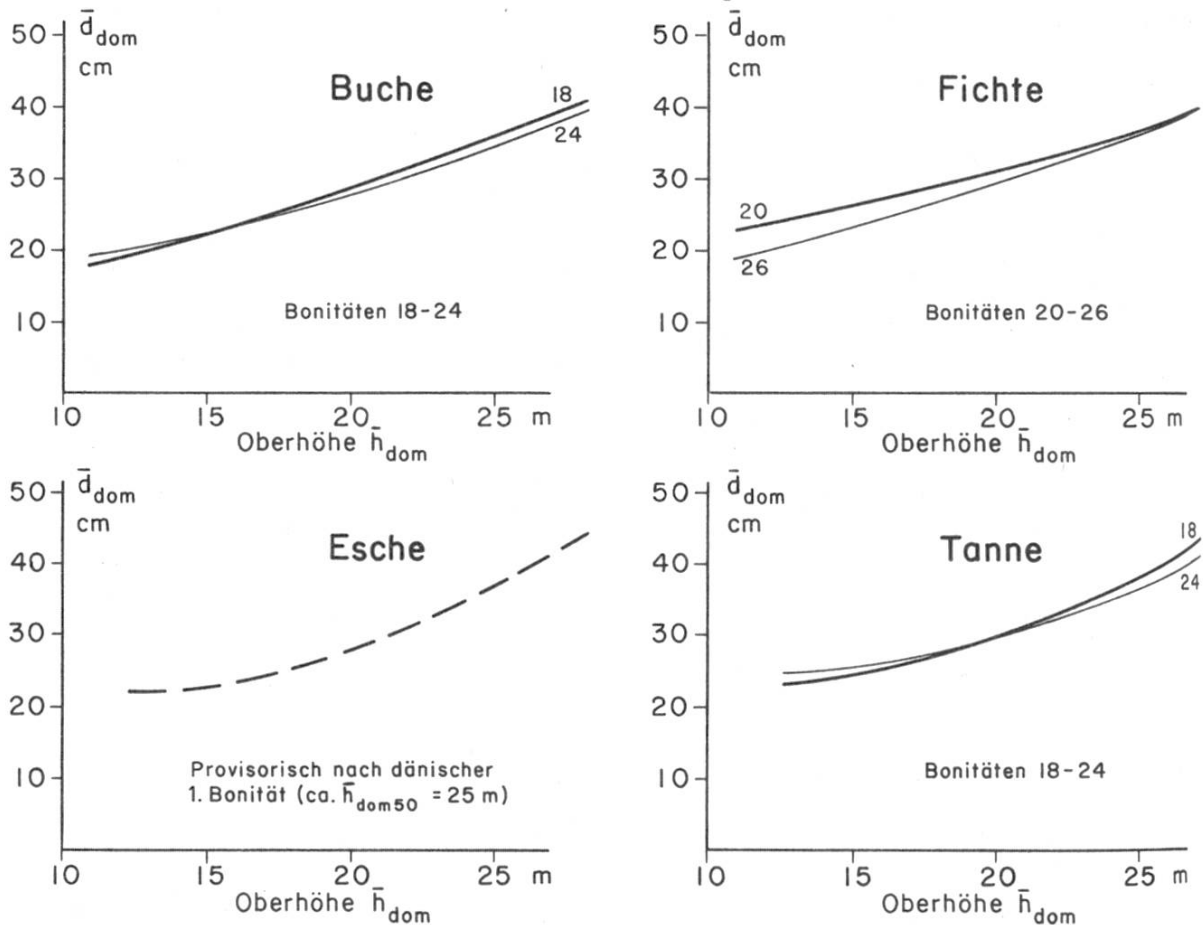


Abbildung 5

der hundert stärksten Bäume per Hektar definiert. Es darf mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass diese stärksten Bäume einer Bestockung jungen und mittleren Alters, also im Durchforstungszeitraum, zu den herrschenden Bäumen gehören. Diese sind aber eindeutig die entscheidenden Wertträger einer Bestockung. Eine Betrachtung des durchschnittlichen Nettowertes (also des Nettoerlöses bei der Liquidation einer Bestockung, geteilt durch das Wuchsalter) bestätigt für alle Baumdimensionen diese Feststellung (Abb. 3).

Bei der Durchforstung wird eine Anzahl dieser herrschenden Bäume periodisch begünstigt. Bei Buche können in einem reifen Endbestand nur noch 80 bis 120 Bäume auf einem Hektar Waldfläche stehen. (Bei Nadelholz werden es 200 bis 300 Bäume sein, weil sie weniger Wuchsraum benötigen.) Die für die Berechnung der Oberhöhe benützten 100 stärksten Bäume eignen sich deshalb auch für die Prüfung der erreichten Brusthöhendurchmesser gegenüber dem im Ertragstafelmodell vorgegebenen Zieldurchmesser der Durchforstung (Abb. 4). Für jede Oberhöhe, die im Laufe der Bestandesentwicklung erreicht wird, kann der angestrebte Brusthöhendurchmesser für die 100 stärksten Bäume aus der Abbildung 5 entnommen

Durchmessertest in einem 50 jährigen Bestand, Ergebnisse aus Einzelprobe-
flächen der Inventare 1971 und 1981

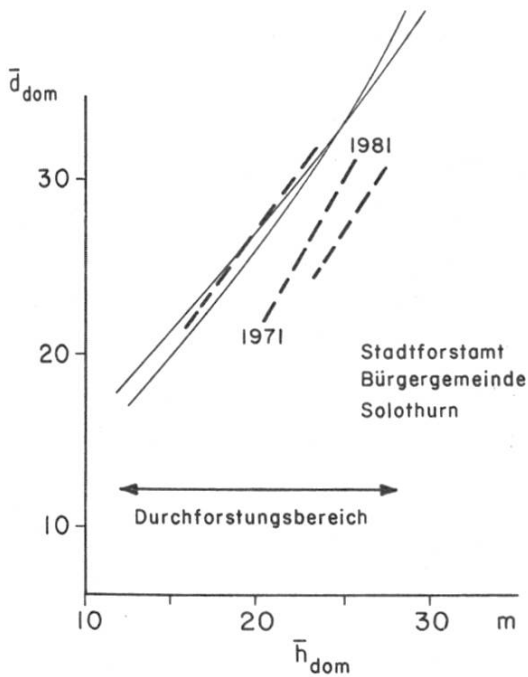


Abbildung 6

d_{dom} - Test in Einzelproben
Betriebsinventur 105 ha

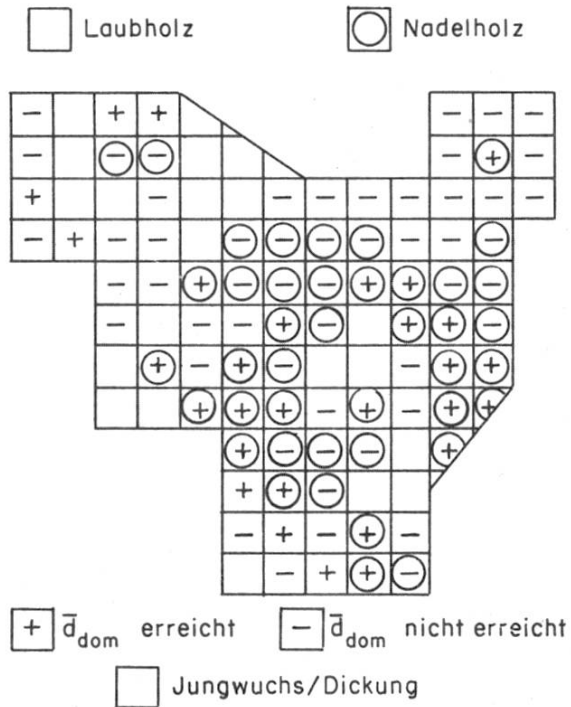


Abbildung 7

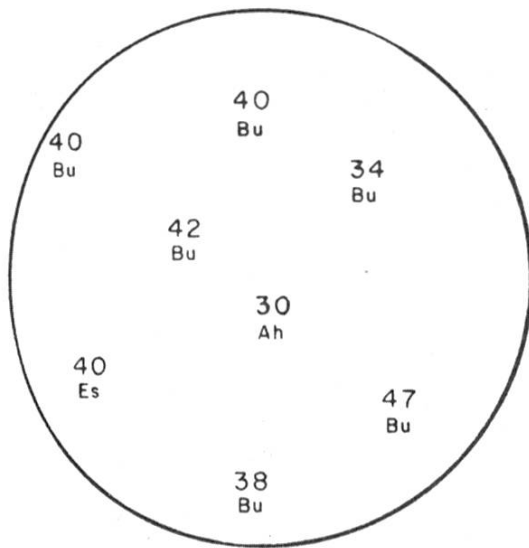
werden. Ist dieser Durchmesser nicht erreicht, dann sind die bisherigen Durchforstungen zu wenig konsequent auf die Begünstigung von 100 Auslesebäumen ausgerichtet gewesen. Entweder sind die Durchforstungen nicht häufig genug erfolgt, oder es wurde zugunsten der Auslesebäume eine ungenügende Anzahl herrschender und mitherrschender Konkurrenten entnommen. Es ist zu betonen, dass eine solche Kontrolle nur für Durchforstungsbestände sinnvoll ist. Aus diesem Grunde ist in der Graphik der Durchforstungsbereich in Beziehung zur Oberhöhe angegeben. Durch Division der gemessenen Oberhöhe durch den zugehörigen Durchmesser erhält man den Schlankheitsgrad, der eine vorzügliche Masszahl für die Beurteilung der Stabilität der Bestockung darstellt. Schlankheitsgrade, die grösser als 80 sind, lassen Schneebruchgefahr befürchten (Merkel, 1975).

Die für die Kontrolle benützten Messgrössen, die Oberhöhe (h_{dom}) und der «Oberdurchmesser» (d_{dom}) lassen sich ohne grosse Schwierigkeiten im Walde schätzen. Jedermann, der sich im Walde mit dem Baumwachstum befassen will, kann mit etwas Übung das Testverfahren anwenden. In einem Beispiel (Abb. 6) ist bei einer durchschnittlichen Oberhöhe von 25 m im Jahre 1981 nur bei einem Baum der angestrebte Durchmesser erreicht worden. Gegenüber der Lage im Jahre 1971 hat sich jene von 1981 nur tendenziell verbessert.

Man wird sich fragen, wo solche Daten in einer Forstverwaltung denn auch gefunden werden. Nach meinem Auftrag, an der Versuchsanstalt eine Ertragstafel zu erstellen, folgte bald ein zweiter. Herr Dr. Paul Schmid erhielt anfangs der sechziger Jahre die Aufgabe, ein den Schweizer Verhältnissen angepasstes Inventurverfahren auf der Grundlage der Versuchsflächen-technik auszuarbeiten (Kurt, 1965, Schmid, 1967). Angeregt durch die in der schweizerischen Forstwirtschaft allgemein anerkannte Kontrollidee (Kurt, 1954) bestand das gemeinsame Konzept zur Lösung dieser Aufgabe darin, mit permanenten, im Gelände systematisch ausgelegten und versicherten Elementen einer Stichprobe ein Kontrollsystem aufzubauen (Schmid, Werner u.a. 1978). Vom fixierten Zentrum jedes Elementes aus werden die Bäume mit Polarkoordinaten – Azimut und Distanz – in ihrer Lage erfasst. Brusthöhendurchmesser und Baumart werden stets, andere Grössen nur von Fall zu Fall erhoben. Darunter fallen der Durchmesser in sieben Metern Höhe (als wichtiges Formargument) und die Baumhöhe, ferner bis jetzt noch wenig benutzte Argumente wie soziale Stellung, Schaftqualität, Sortimentsanteil, Wertrelation. Aus einer ersten Aufnahme fallen alle üblichen forstlichen Zustandsdaten an. Zusammen mit der zweiten Aufnahme lassen sich auch die zugehörigen Entwicklungsdaten durch Differenzbildung ermitteln. Das Verfahren hat bis jetzt alle gestellten Ansprüche erfüllt und ist international beachtet und teilweise übernommen worden. Es drängte sich vor Jahren auf, die Benützung der Daten zur Zielsetzung, Kontrolle und Voraussage von Nutzungen im Forstbetrieb einem vertieften Studium zu unterziehen. Diese Aufgabe habe ich mir selbst gestellt. Die heutigen Ausführungen sollen zeigen, wie dies erfolgen kann.

Der oben besprochene Vergleich zwischen angestrebten und erreichten Durchmessern herrschender Bäume stammt aus zwei Aufnahmen des Forstamtes der Bürgergemeinde Solothurn. Es versteht sich von selbst, dass eine einzige solche Probe nur eine eng begrenzte Örtlichkeit repräsentiert. Das Ergebnis des Testes in einer solchen Probe wird aber zum Betrachten der weiteren Umgebung anregen. Fällt der Vergleich überall gleich aus, so wird man sich auch um dessen Ausmass kümmern und geeignete Proben mit Hilfe der Bestandskarte oder eines Orthophotoplanes zu einer Einheit zusammenfügen. Für diese lassen sich erstaunlicherweise bereits mit 8 bis 10 Probeflächen recht sichere Durchschnitte gewinnen. Gewöhnlich sind solche jedoch gar nicht gefragt; man gibt sich mit einem Überblick über den gesamten Betrieb zufrieden. Dabei wird jede einzelne Probe auf Grund ihrer Oberhöhe einer Entwicklungsstufe zugeteilt. Diese werden, wie aus Abbildung 7 ersichtlich ist, aus der in den Elementen der Stichprobe erreichten Oberhöhe hergeleitet. (Dies entspricht der Bildung von Entwicklungsstufen bei der Erstellung von Bestandskarten mit Luftbildinterpretation sicher besser als die Herleitung aus Durchmessern.) Es sei betont, dass ein solcher Test für verschiedene Einheiten etwas statistisches Verständnis voraussetzt.

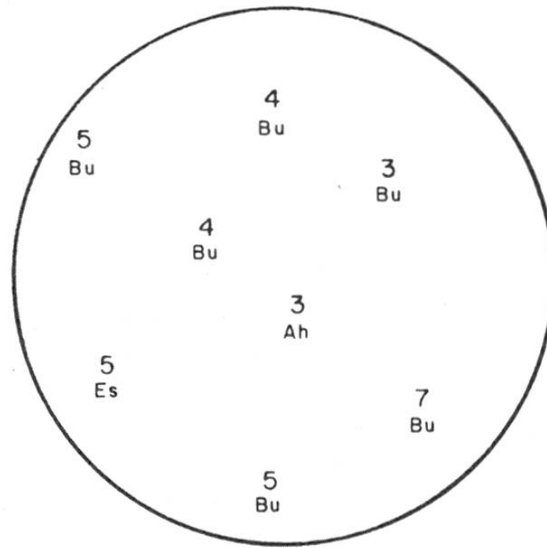
Brusthöhendurchmesser in CM
der erfassten Bäume einer
einzelnen Probefläche (300 m²)



Versuchsfläche II B Sihlwald
Vorrat: 13.39 m³ (446 m³/ha)
Zurückhaltend auslesedurchforstet

Abbildung 8

Jährlicher d-Zuwachs in mm
der kontrollierten Bäume einer
einzelnen Probefläche (300 m²)



Versuchsfläche II B Sihlwald
Volumenzuwachs: 0.33 m³ (10.9 m³/ha)
3.2% des Anfangsvorrates

Abbildung 9

Die Datenverarbeitung vermag aus wiederholten Aufnahmen weitere Ergebnisse von hoher Bedeutung zu liefern (Abb. 8). Zustand wie Veränderungen können probeflächenweise durch Zusatzprogramme ausgedruckt werden (Bürki, 1981). Damit erhält der Betriebsleiter, zusätzlich zum eben beschriebenen Durchmesserwert, einen vertieften Einblick in die Struktur und die Entwicklung einer Bestockung und kann, wie noch zu zeigen sein wird, sogar Voraussagen über künftige Nutzungen machen (Kurt, 1981). Der Vorteil eines solchen Einblickes liegt vor allem darin, dass die Lage im Wald nicht mit wenigen abstrakten, bestandesbezogenen Durchschnittswerten, sondern mit vielen konkreten, baumbezogenen Angaben beurteilt werden kann. Das Objekt der Förderung bei der Durchforstung ist ja primär nicht der Bestand, sondern der Baum. Wie wir sahen, wird der begünstigte herrschende und vitale Baum mit grosser Wahrscheinlichkeit rasch einen grösseren Durchmesser aufweisen als die übrigen Bäume. Er wird auch, wie sich mit zwei Inventuren nachweisen lässt, einen grösseren Zuwachs leisten (Abb. 9). Sofern neben solchen quantitativen Daten auch noch qualitative erhoben werden, lassen sich auch diese vom Computer analog ausdrucken.

Es darf angenommen werden, dass in unseren Wäldern bereits bisher Bäume bester Schaftgüte begünstigt worden sind, so dass das vorläufige Fehlen einer Qualitätsansprache bei der Inventur ein Erkennen der Auslese-

Minimaler Abstand herrschender und mitherrschender Konkurrenten von Ausleseebäumen

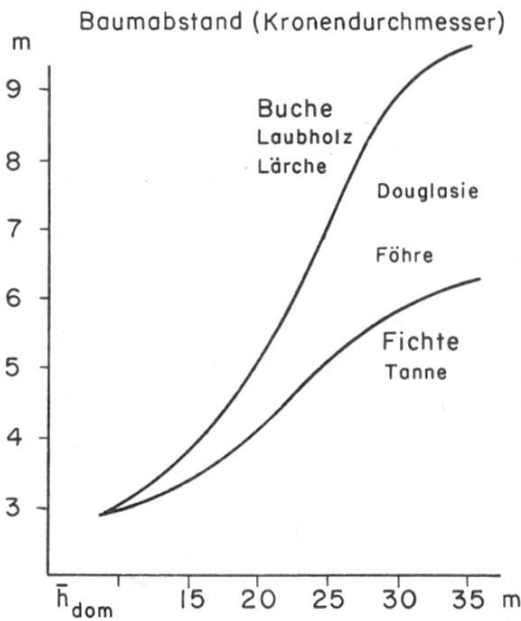
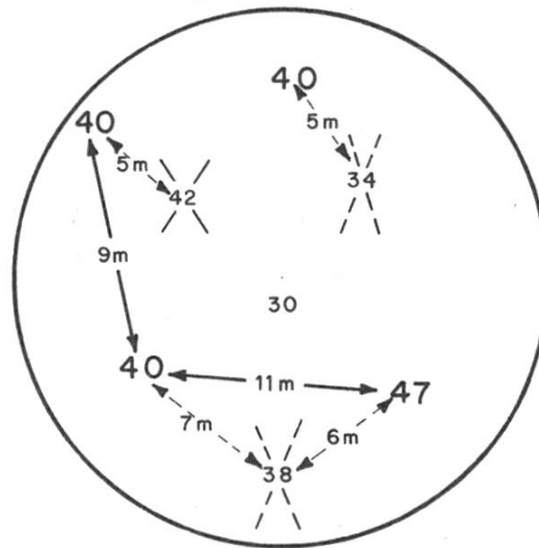


Abbildung 10

**3 Ausleseebäume pro 300 m²
8 m Minimalabstand
Konkurrenten näher als 7 m
zur Nutzung vorsehen**



Ergebnis der Voraussage:

- 1. Alternative = 42 + 38 gibt 26 Vol.%
- 2. Alternative = 42 + 34 gibt 24 Vol.%

Abbildung 11

bäume in den ausgedruckten Probekreisen nicht verunmöglicht. Da diese in einem Buchenendbestand, wegen ihrer grösser gewordenen Kronendurchmesser, mindestens 8 m voneinander entfernt stehen müssen, sind in Probekreisen von 300 m² Flächenausdehnung nur drei potentielle Ausleseebäume auszusuchen (Abb. 8 u. 9).

Aufgrund dieser auf dem Papier nachvollzogenen Auswahl, kann auch auf die bei der Durchforstung anfallende Holzmenge, den Sortimentsanfall und den Arbeitsaufwand geschlossen werden. Dazu müssen in jeder Probefläche die nötig erscheinenden Eingriffe im voraus gedanklich und rechnerisch vollzogen werden. Die in jeder Probefläche an den drei stärksten Bäumen gemessene Oberhöhe dient als Eingangsgrösse in empirische Baumabstands- bzw. Kronendurchmesserkurven (Abb. 10). Um die bereits gewählten drei Ausleseebäume zu begünstigen, müssen im Beispiel herrschende und mitherrschende Konkurrenten gefällt werden, die weniger weit als 7 m von den Ausleseebäumen entfernt stehen (Abb. 11).

Um den Entscheid zu fällen, ob benachbarte Bäume bei der nächsten, wirklichen Durchforstung zu weichen haben, muss zusätzlich noch deren soziale Stellung bekannt sein. Bis jetzt erfolgte bei den üblichen Inventuren keine solche Ansprache. Eine solche könnte aber leicht vorgenommen werden. (Das Beispiel in der Abbildung 11 bezieht sich auf eine Versuchsfläche, bei der die soziale Stellung der Bäume bekannt ist. Als Notbe-

helf könnten allenfalls herrschende und mitherrschende Bäume an ihren Durchmessern erkannt werden. Es wäre dann beispielsweise anzunehmen, dass der Durchmesser des Konkurrenten grösser als zwei Drittel von dem des zu begünstigenden Auslesebaumes sein müsste.)

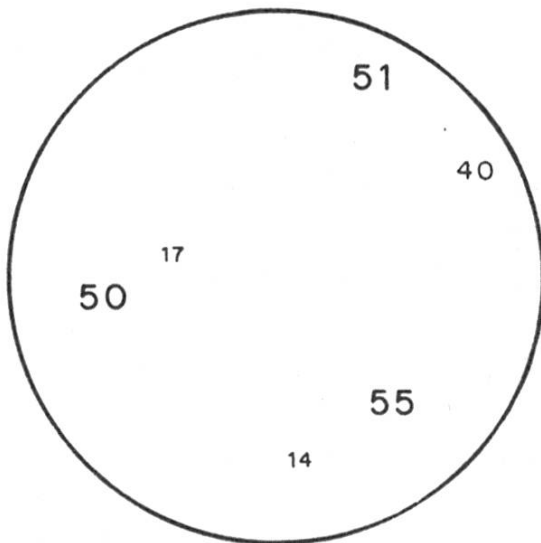
Die Simulation des wirklichen Durchforstungsprozesses ergibt im Beispiel die Entnahme von zwei Bäumen, nämlich $d = 42$ cm und $d = 38$ cm. Sofern der letztere noch nicht als Konkurrent anzusehen ist und anstelle eines der beiden gewählten Auslesebäume mit 40 cm Durchmesser der Baum im Scheitelpunkt des Kreises mit demselben Durchmesser als Auslesebaum gelten soll, müsste als Konkurrent der benachbarte Baum mit 34 cm Durchmesser fallen. Das Nutzungsprozent wäre bei der ersten Alternative 26, bei der zweiten 24. Würden alle drei Bäume entnommen, so ergäbe dies 35 % des Vorrates.

Da das Beispiel aus den ETH-Versuchsflächen im Sihlwald stammt, lag es nahe, den Nachvollzug mit dem eben vorgeschlagenen Verfahren gegenüber einer wirklichen Durchforstung zu überprüfen. Die Anzeichnung erfolgte im Herbst 1981 in verdankenswerter Weise durch Kollege Leibundgut in der bisher zurückhaltend auslesedurchforsteten Versuchsfläche IIB. Sie ergab auf der gesamten Versuchsfläche – begleitet von der mehrfach geäusserten Ansicht, dass es zu einer wirksamen Auslese eindeutig zu spät sei – einen Aushieb von 19,2 Vorratsprozenten, gegenüber 23,2 % bei der Simulation. Der Gedanke einer Lichtwuchsdurchforstung (*Freist* 1962, *Altherr* 1981) mit 30 oder mehr Prozent wurde angesichts des Bestandesalters von 90 Jahren und bescheiden ausgebildeten Kronen der Auslesebäume verworfen. Es ist ergänzend zu erwähnen, dass in dieser Versuchsfläche mit zurückhaltender Auslesedurchforstung die angestrebten Durchmesser des EAFV-Ertragstafelmodells nicht erreicht wurden.

Die wenigen Erfahrungen, die über solche Simulationen von Durchforstungen gesammelt werden konnten, zeigen deutlich, dass in ungenügend durchforsteten Beständen grössere Mengen veranschlagt werden, als bei wirklichen Anzeichnungen zum Aushieb gelangen. Bei stark durchforsteten Flächen ergeben sich mit der Simulation eher niedrigere Mengen. Dies ist vor allem dadurch zu erklären, dass bei der Simulation kompromisslos die stärksten Bäume gesucht und diese durch Entnahme ihrer grössten Konkurrenten freigestellt werden. Ob dies bei Anzeichnungen in der Wirklichkeit ebenfalls immer geschieht, bleibt offen.

Es versteht sich von selbst, dass eine Simulation mit Probeflächen einer Inventur gesicherte Ergebnisse nur für grossflächige Einheiten einigermaßen zu geben vermag. Dies wird im allgemeinen für sämtliche Durchforstungsbestände eines Betriebes gelten. Die Hiebsatzveranschlagung auf diesem Wege hat den Vorteil, dass sie auf realistischen Daten fusst, immer unter der Voraussetzung, dass den dann wirklich ausgeführten Durchforstungen dieselben Prinzipien zugrunde liegen. Die Treffsicherheit der Ergeb-

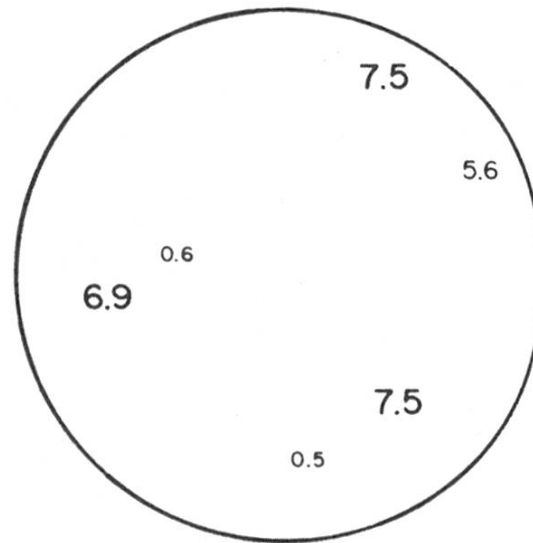
Brusthöhendurchmesser (90jährig), cm
Intensive Auslesedurchforstung



Versuchsfläche II A Sihlwald
Auslesedurchforstung
im Alter 70 beendet

Abbildung 12

Durchmesserzuwachs pro Jahr mm
Intensive Auslesedurchforstung



Versuchsfläche II A Sihlwald
Lichtungszuwachs!

Abbildung 13

nisse dürfte besser sein als bei üblichen Verfahren wie beispielsweise der Multiplikation von Durchschnittsvorräten mit Nutzungsprozenten aus Ertragstafeln.

Durchforstungen müssen, nach einheitlicher Auffassung aller einschlägigen Autoren, etwas oberhalb der Lebensmitte beendet sein. Die laufende Kontrolle der erreichten Durchmesser dominierender Bäume stellt eine wesentliche Hilfe dar, um dieses Ziel zu erreichen. Es wird damit auch verständlich, wieso für diese Durchmesserkontrollen ein beschränkter Oberhöhenbereich von 10 bis 26 oder 28 m verwendet wird. In der zweiten Lebenshälfte der Bestockung müssen andere Ziele gesetzt und andere Kontrollen ausgeführt werden.

3. Ziel, Voraussage, Ausführung und Kontrolle von Nutzungen in der Lichtwuchs- und Erntephase

Die Durchforstungen, die dem Ertragstafelmodell zugrunde liegen, führen bei theoretischen Umtriebszeiten von 100 bis 120 Jahren etwa im 60. bzw. 70. Lebensjahr zu Bestockungen, die sich durch eine besondere Struktur auszeichnen. Sie bestehen aus herrschenden und beherrschten Bäumen, die mitherrschenden fehlen völlig (Abb. 12). Die Kronen der rund hundert

Sortimente aus 140jg. Räumungen
Sihlwald 1980/81 Stadforstamt Zürich

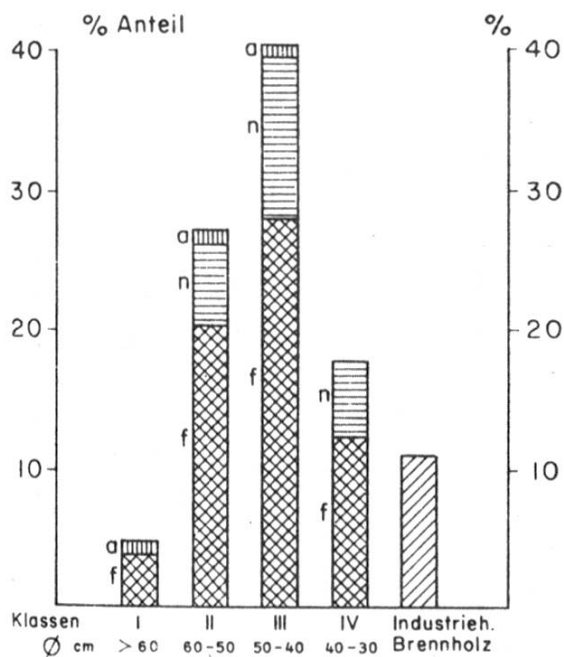


Abbildung 14

Bei gleichem Nettoerlös für
Buchennutzholz sind folgende
Mengen Holz zu verkaufen

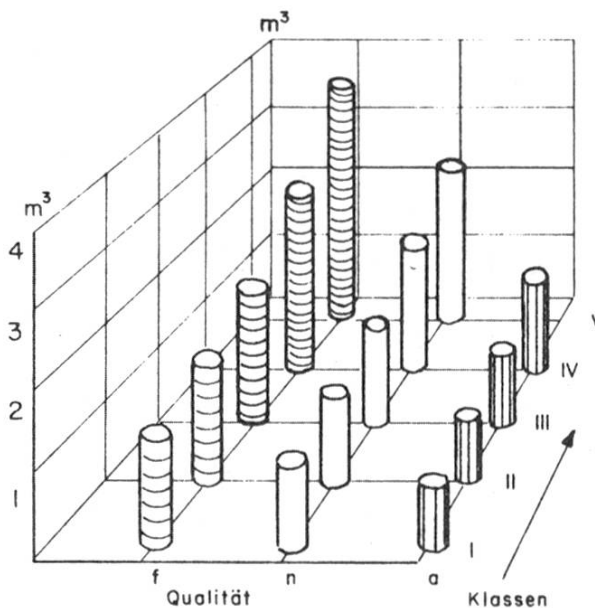


Abbildung 15

Ausleseebäume sind freigestellt. Sie zeichnen sich weniger durch ihre Breite, als durch ihre Länge aus. Damit werden sie sich längere Zeit nicht gegenseitig berühren und eine grosse Produktion gewährleisten. Der Durchmesserzuwachs derartiger Ausleseebäume kann mit Hilfe unserer Kontrollstichprobe in jeder Probefläche nachgewiesen werden (Abb. 13).

Die Bestockung ist nun aus der Phase der Durchforstung in jene der Lichtwuchsdurchforstung eingetreten. Nutzungen in dieser Phase werden vorerst beschränkt sein und sich in einem längerfristigen Turnus folgen. Es gilt, mit ihnen die erreichte Kronenfreistellung der Ausleseebäume ständig aufrecht zu erhalten. Es werden also bloss herrschende Bäume anderen, besseren und wüchsigeren zu weichen haben. Da die Dimension der Schäfte nun 50 cm in Brusthöhe erreicht hat, erhalten weitere Pflegenutzungen zunehmend gleichzeitig den Charakter einer Ernte. Ferner wird sich in den jetzt licht stehenden Bestockungen bereits da und dort eine erste, lockere Verjüngung einstellen. Das Ziel der Lichtwuchsdurchforstung besteht darin, den Durchmesser ($d_{1.3}$) der Ausleseebäume in der Endbestockung, also etwa im Alter 120, auf 70 bis 80 cm zu bringen. Angesichts dieser Zielsetzung sei nochmals an die Struktur und die Durchmesser in der zurückhaltend durchforsteten Versuchsfläche erinnert (Abb. 8 und 9). Dort dürften, bei weiterhin «normalen», also vorsichtigen Durchforstungen, analoge Dimensionen erst mit 140 Jahren erreicht werden. In diesem Alter

Relation von Baumhöhe und Schaftvolumen, alle Baumarten

nach Speidel 1955

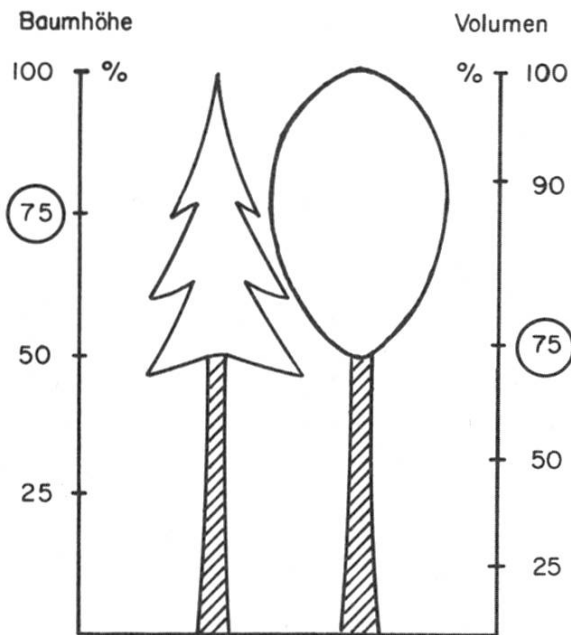


Abbildung 16

Relation von Baumhöhe und Nettowert bei Buche

Preise und Kosten 1980

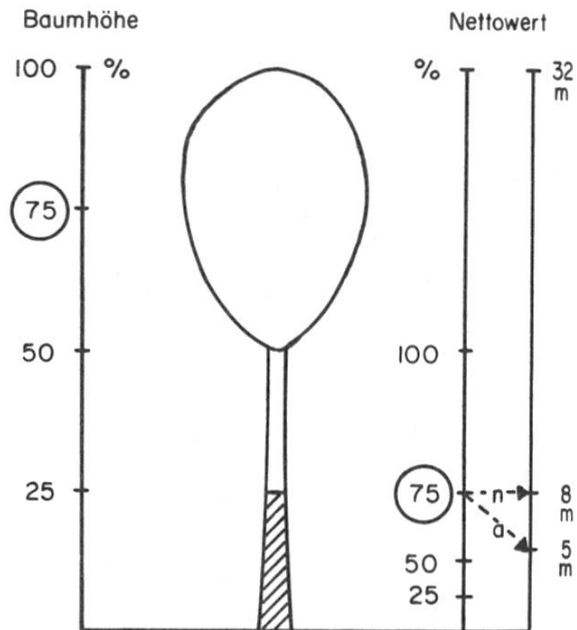


Abbildung 17

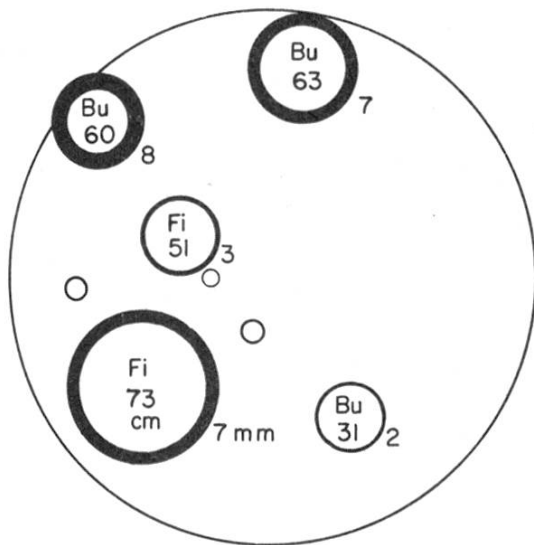
können aber bei Buche recht grosse Qualitätseinbussen durch Rotkern oder sogar Entwertungen durch Nassfäule entstehen.

Zahlreiche Räumungen von 140jährigen Endbeständen im Sihlwald haben dies eindrücklich bestätigt (Abb. 14). Es ist dort wenig Holz hoher Sortierungsklassen und viel Holz fehlerhafter Qualität angefallen. Mit einer zurückhaltenden Auslesedurchforstung, mit der solche Bestände in der Vergangenheit gepflegt worden sind, lässt sich eindeutig kein Laub-Wertholz erzielen.

Um Wertholz zu erzielen, bedarf es in der ersten Lebenshälfte der Bestockung einer Durchforstungstechnik und einer Durchforstungsfolge, wie sie Leibundgut (1971) in der Buchenversuchsfläche IIA im Sihlwald ausgeführt und beschrieben hat. Das zur Überprüfung der Durchforstungsintensität hier empfohlene Ertragstafelmodell stimmt mit diesen Erkenntnissen voll überein. Der Durchmesserertest lässt sich also mit diesem Modell durchführen.

Die enttäuschenden Ertragsergebnisse von Räumungen alter Buchenbestände haben das Interesse vom Durchmesser und dem Volumen weg zum Wert hin gelenkt. Man soll sich bei der Wertbetrachtung der Bedeutung der Dimension und der Qualität bewusst sein. Um gleiche Nettowerte zu erzielen, muss bei guter Qualität weniger, bei schlechter mehr Holz als bei normaler Qualität gefällt, aufgerüstet, transportiert und verkauft werden (Abb. 15).

BHD in cm und jährlicher
Durchmesserzuwachs in einer
Altholzfläche

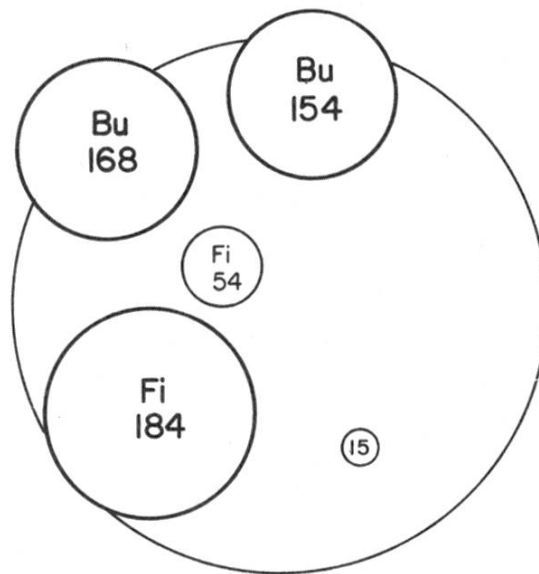


1981 Forstamt der
Bürgergemeinde Solothurn

Fläche 4313

Abbildung 18

Nettowertzuwachs in Fr., 1971-1981
in einer Altholzfläche



1981 Forstamt der
Bürgergemeinde Solothurn

Fläche 4313

Abbildung 19

Die zusätzliche Wertbetrachtung, die in der zweiten Lebenshälfte der Bestockung, also in der Phase der Lichtwuchsdurchforstung, die Dimensionsbetrachtung der Durchforstungsphase zu ergänzen hat, bedingt zunächst klare Vorstellungen über die Nettowerte verschiedener Teile am stehenden Baum (Abb. 16). Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass bei den wichtigsten Baumarten Mitteleuropas in 50 % der Baumhöhe bereits 75 % des nutzbaren Holzvolumens erfasst sind. Dann ist für Buche mittlerer Bonität die gar nicht allgemein bekannte Tatsache zu betonen, dass schon in 25 % der Baumhöhe ganze 75 % des Nettowertes enthalten sind (Abb. 17). Diese 75 Nettowertprozent sind bei einer 32 m hohen Buche mit n-Qualität bereits in einem Erdstück von 8 m Länge enthalten. Gehört das Erdstück aber der a-Qualität an, so genügen schon 5 m Länge, bei höheren und dickeren Buchen sogar 4 m, um 75 % vom Nettowert des ganzen Holzanfalles zu ergeben. Man kann daraus ableiten, welche enorme Schäden bei nachlässiger Fäll- und Rückarbeit entstehen können. Jede Verletzung am Stammfuß einer Buche kann jahrzehntelange Pflegearbeit zunichte machen. Wertverluste können sich auch aus voreiligen Lichtungen und Räumungen alter Bestockungen ergeben. Nicht selten fallen solche Entscheide ohne eingehende Prüfung der Zuwachsverhältnisse.

Die Inventur mit Kontrollstichproben vermag wesentliche Informationen zur besseren Fundierung solcher Entscheide zu geben. Abgesehen vom

**BUCHE Minimaler BHD-Zuwachs
für maximalen Waldreinertrag**

**FICHTE Minimaler BHD-Zuwachs
für maximalen Waldreinertrag**

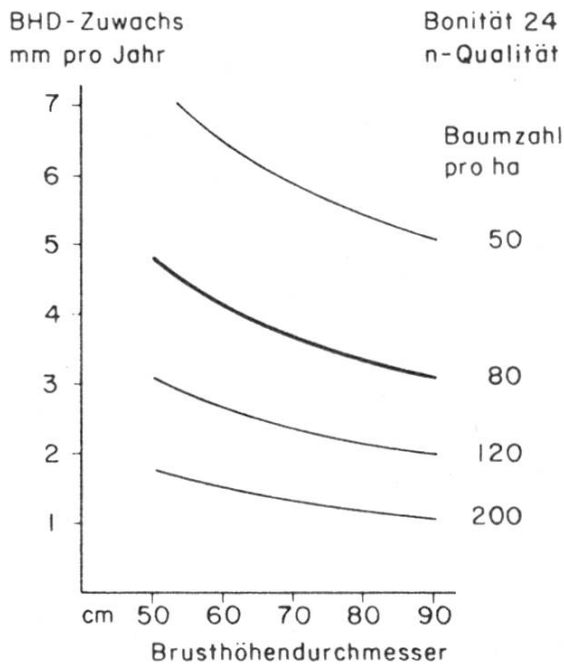


Abbildung 20

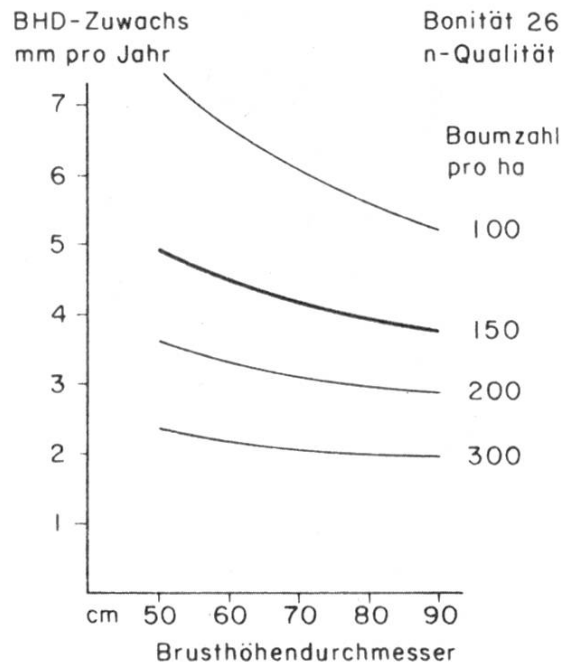


Abbildung 21

Durchmesser und vom Durchmesserzuwachs lässt sich auch der Sortimentsanteil über besondere Programme der Datenverarbeitung mühelos bestimmen (Roiko-Jokela, 1976). Wie bereits gezeigt wurde, können entsprechende Resultate probekreisweise ausgedruckt werden.

Für einen gemischten Altholzbestand sind in den Abbildungen 18 und 19 Durchmesser, Durchmesserzuwachs und Wertzuwachs von Buchen und Fichten baumweise festgehalten. Im Beispiel haben 4 herrschende Auslese-bäume, 2 Fichten und 2 Buchen, durch langjährige Förderung jene Kronenfreiheit erreicht, die ihnen eine zunehmende Wertholzproduktion ermöglicht. Es stellt sich die Frage, ob diese Bäume im Rahmen der Lichtwuchsdurchforstung durch Reduktion von 4 auf 3 Bäume weiter zu begünstigen oder allfällig bereits alle zu räumen sind. Darüber entscheidet der Nettowertzuwachs, den die vier Bäume zu leisten vermögen (Bachmann, 1968).

Der Nettowertzuwachs einer Bestockung kulminiert verhältnismässig spät (Abb. 3). Die im Beispiel betrachteten vier Bäume einer Probefläche (das sind 120 Bäume per Hektar) dürften in die Entwicklungsphase solch grösster Wertproduktion eingetreten sein. Will man einzelne noch zusätzlich begünstigen, dann müssen diese den Verlust, der durch die entnommenen Bäume entsteht, durch vermehrten Wertzuwachs wettmachen. Sofern wir für einen solchen Test wieder das Ertragstafelmodell benützen und bloss n-Qualität in Betracht ziehen, lassen sich für verschiedene Baumarten und

Bonitäten entsprechende Graphiken entwickeln. Aus diesen kann für eine bestimmte Anzahl auf dem Hektar stehende Ausleseebäume der minimale Durchmesserzuwachs entnommen werden, den die Bäume eines bestimmten durchschnittlichen Brusthöhendurchmessers zu leisten haben, um noch den maximalen Waldreinertrag zu gewährleisten (Abb. 20 und 21). Zeichnen sich die betrachteten Bäume durch bessere Holzqualität aus (a- oder gar aa-Qualität), dann kann der fixierte Reinertrag schon durch eine geringere Anzahl Bäume oder geringeren Durchmesserzuwachs erbracht werden.

Die geringe Zahl Probeflächen, die auf solche Endbestände entfallen, wird meist nicht genügen, um die Lage in den doch nicht sehr ausgedehnten potentiellen Verjüngungsflächen zu überblicken. Einer vorübergehenden Vermehrung der Probeflächen oder einer durchgehenden Numerierung und periodischen Messung aller Wertträger solcher Teilflächen steht aber nichts entgegen. Man muss sich bewusst sein, dass der Nettowert einer Hektar Wald im Zeitpunkt der Kulmination des Wertzuwachses im Mittelland ohne weiteres 40 000 bis 80 000 Franken betragen kann. Es lohnt sich, bei soviel Wert zusätzliche Messungen auszuführen, um eine alte Bestockung nicht in einem zu frühen Zeitpunkt durch einen Jungwald zu ersetzen. Ein solcher wird ja 30 bis 40 Jahre lang keinen Nettowert erzeugen, sondern im Gegenteil durch die Pflege Investitionen erfordern. Es liegt aus diesem Grunde nahe, die neue Waldgeneration, im Sinne des Femelschlages, während eines recht ausgedehnten Verjüngungszeitraumes unter dem nur allmählich gelockerten Schirm der alten Generation aufzuziehen.

Richtige Durchforstung und Lichtwuchsdurchforstung vorausgesetzt, werden wertvolle Baumdimensionen in verhältnismässig kurzer Zeit erreicht. Damit wird die Gefahr der Rotkernbildung, insbesondere aber jene der Nassfäule vermindert. Ferner können die besten unter den Wertträgern der alten Generation ohne grosse Bedenken weiterhin als Überhälter über dem schon entwickelten Jungwald stehen. Eine Kontrolle der Leistung solcher Überhälter muss begreiflicherweise an jedem einzelnen Baum durchgeführt werden, um so mehr als auch der Gesundheitszustand laufend zu überprüfen ist. Die Zweischichtigkeit auf Flächen der Verjüngungsphase ermöglicht eine ins Gewicht fallende Ertragsvermehrung, da gleiche Entwicklungsphasen auf derselben Fläche sich in einem verkürzten Zeitabstand folgen. Es kann deshalb auf derselben Betriebsfläche mehr produziert werden.

Die Nutzung von Überhältern hat eindeutig den Charakter einer Ernte. Der Zeitpunkt dieser Ernte hängt weitgehend vom Wachstum jedes einzelnen Baumes ab, wird aber zusätzlich auch vom Gedeihen des aufwachsenden Jungbestandes beeinflusst. Die Voraussage einer bestimmten Nutzungsmenge für die Hiebsatzfestlegung wird zweckmässigerweise nicht in Volumen-, sondern in Werteinheiten erfolgen müssen. Diese Daten lassen

sich nur durch Messung der voraussichtlich zu fällenden einzelnen Bäume beschaffen, es sei denn, sie könnten aus einer nachgeführten Kontrolle der im Walde numerierten Wertträger entnommen werden.

Die Kontrolle der Nachhaltigkeit von Wertholznutzungen und die entsprechende Voraussage in einem Hiebsatz kann als logische Folge ebenfalls nur mit Werteinheiten erfolgen. Lediglich die Nutzung in der Durchforstungsphase kann sinnvollerweise in Volumeneinheiten ausgedrückt werden. Der Gedanke, in älteren Bestockungen den Wert zur Grundlage der Kontrolle zu machen, ist keineswegs neu. Es wurde eingangs darauf hingewiesen, dass die Technik der Hochdurchforstung in Frankreich entstanden ist und in der Schweiz weiterentwickelt wurde. Das französische Verfahren ist damals auch in England, in Dänemark und in Norddeutschland beachtet und verbessert worden. Angeregt durch dänische Autoren und durch Schriften von Biolley hat H. J. von Arnswaldt in der Gruppe Mecklenburg des Deutschen Forstvereins 1927 ein Grundsatzreferat über Auslesedurchforstung und Wertkontrolle gehalten. In später erschienenen Schriften hat er ein ganzes Pflege- und Kontrollsystem dargelegt und in ausgedehnten Privatwäldern Schleswig-Holsteins verwirklicht (*von Arnswaldt*, 1935, 1958, 1962). Das Verfahren fusst auf der Vollkluppierung der Bäume, wobei in den älteren Bestockungen bei herrschenden Wertträgern die untersten 6 m des Schaftes auf ihre Zugehörigkeit zu drei relativierten Qualitäts- und Wertklassen angesprochen, bezeichnet und erfasst werden. Auf diesen Grundlagen fussend, hat von Arnswaldt sowohl Nachhaltigkeitskontrolle als auch Hiebsatzfestlegung mit dem Wert durchgeführt. So konnte erstmals das Ziel einer ausgesprochenen Wertholzproduktion nicht nur geplant, sondern auch ausgeführt und kontrolliert werden.

Das Ziel steht fest: Es gilt in unseren Wäldern starkes, hochwertiges Holz zu erzeugen. Durch periodische Nutzungen müssen dazu herrschende, vitale und qualitativ gute Bäume durch konsequente Entnahme ihrer Konkurrenten gefördert werden. Angesichts der langen Zeiträume und der komplexen Wachstumsvorgänge bedarf die Ausführung solcher Nutzungen einer Kontrolle. Es drängt sich auf, die Auswirkungen der Nutzungen an der Veränderung des Brusthöhendurchmessers laufend zu verfolgen und mit Modellen zu prüfen, ob diese zielkonform ist. Wiederholte Waldinventare lassen einen derartigen Nachweis zu. Solche Inventare ermöglichen auch Voraussagen künftiger Nutzungen. Während diese in der Durchforstungsphase zweckmässigerweise in Baumzahlen oder Volumeneinheiten bemessen wurden, müssen sie in der Lichtwuchs- und Erntephase in Werteinheiten angegeben werden. Damit ist in einem Forstbetrieb auch grösstmögliche Wertnachhaltigkeit anzustreben. Heute stehen hervorragende Möglichkeiten einfacher Datenerfassung und Datenauswertung zur Verfügung. Man wird diese künftig zweifellos auch in der Forstwirtschaft zu nutzen wissen. Dies setzt allerdings voraus, dass sich die Waldbesitzer und ihre Be-

triebsleiter der Bedeutung der Produktionsfunktion des Waldes bewusst sind. Sofern sie der Aufgabe zur Erhaltung und Förderung der Wertproduktion genügend Gewicht beimessen (wieder beimessen?), werden sie erkennen, wie bedeutsam Ziele und Kontrollen, Modelle und Tests sind. Sie werden auch verstehen, wieso H. Biolley einmal ausgerufen hat:

«Pour que l'observation n'en reste pas à la contemplation et éviter qu'elle ne tourne à la rêverie, rien n'est plus salubre que le chiffre.»

Résumé

But, prévision et contrôle des exploitations dans l'entreprise forestière

L'éclaircie par le haut, d'origine française, est appliquée en Suisse depuis fort longtemps. Des professeurs suisses ont largement contribué au perfectionnement de cette technique. Partant du principe de soigner, cette technique a évolué vers l'éclaircie sélective et elle est finalement devenue une méthode globale de culture des forêts. La pratique forestière s'efforce d'exécuter continuellement des éclaircies afin de favoriser un certain nombre d'arbres d'élite, mais souvent les buts fixés n'ont pas été atteints de manière satisfaisante. Manifestement, un contrôle indiquant périodiquement l'état de développement des arbres d'élite fait défaut. Le modèle des tables de production suisses est utilisé à cette fin.

Le diamètre à hauteur de poitrine visé des 100 plus gros arbres d'un peuplement est extrait de la table de production et mis en relation avec la hauteur dominante. Pour des indices de fertilité proches, chez la plupart des essences forestières, on obtient à peu près la même grandeur (fig. 4). Les données des placettes permanentes des inventaires par échantillonnage pratiqués partiellement en Suisse permettent de déterminer périodiquement aussi bien la hauteur dominante que le diamètre à hauteur de poitrine d'un certain nombre d'arbres les plus gros, et de comparer ce résultat avec les buts visés de la table de production (fig. 5—9). Si les résultats d'un certain nombre de placettes sont représentés graphiquement, il est alors aussi possible de prévoir les produits d'éclaircie qui seront probablement réalisés.

Avec une éclaircie intensive, il restera vers la mi-temps de la révolution d'un peuplement environ 80 à 100 tiges dominantes par hectare avec un diamètre à hauteur de poitrine de 40 à 50 cm. Tous les arbres codominants auront été éliminés (fig. 12 et 13). L'éclaircie de mise en lumière qui suivra aura pour but de dégager davantage encore les cimes des arbres d'élite si cela était nécessaire. Les placettes permanentes des inventaires par échantillonnage fournissent également pour cette décision des données efficaces. Aussi bien l'accroissement en diamètre que le diamètre de chaque arbre de la placette sont connus. Si l'accroissement en diamètre est inférieur à celui de la table de production, une mise en lumière supplémentaire est alors nécessaire pour que le potentiel de production de la station soit utilisé de manière optimale (fig. 20 et 21). Au fur et à mesure de la maturation du peuplement, on s'efforcera de maintenir sur le rajeunissement apparaissant des surréserves produisant du bois de valeur. La décision d'exploiter de telles tiges dépendra de leur accroissement en valeur. Le contrôle nécessaire à cette prise de décision ne peut se faire qu'à des arbres pris individuellement. Les placettes permanentes ne peuvent plus fournir suffisamment de données à cette fin; des contrôles par tiges individuelles doivent les compléter. Un tel perfectionnement vaut la peine, car la plus-value des arbres de grandes dimensions et de bonne qualité est très élevée.

Traduction: *J.-P. Farron*

Literatur

- Abetz, P., 1975: Eine Entscheidungshilfe für die Durchforstung von Fichtenbeständen. Allg. Forstz., 30, 33/34: 666–667.
- Abetz, P., 1979: Brauchen wir «Durchforstungshilfen»? Schweiz. Z. Forstwes., 130, 11: 945–963.
- Abetz, P., 1980: Zum Konzept einer Z-Baum-orientierten Kontrollmethode. Allg. Forst- u. Jagdztg., 151, 4/5: 65–68.
- Altherr, E., 1981: Erfahrungen bei der Anwendung quantifizierter Durchforstungshilfen in Buchenbeständen. Allg. Forstz., 36, 22: 552–554.
- Bachmann, P., 1968: Untersuchungen zur Wahl des Verjüngungszeitpunktes im Waldbau. Beih. Zeitschr. d. Schweiz. Forstvereins, 42, 111 S.
- Biolley, H., 1920: L'aménagement des Forêts par la méthode expérimentale et spécialement la méthode du contrôle. Paris/Neuchâtel, 91 S.
- Bürki, A., 1981: Bestandesstrukturen im Gebirgsfichtenwald. Charakterisierung von Strukturtypen durch Inventurdaten aus Kontrollstichproben. Beih. Zeitschr. d. Schweiz. Forstvereins, 69, 181 S.
- Freist, H., 1962: Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb. Forstwiss. Forschungen, 17. Beiheft zum Forstwiss. Cbl., 78 S.
- Haller, K.E., 1959: Untersuchungen über die zahlenmässige Erfassung des Wertes stehender Bäume am Beispiel der Rotbuche. Mitt. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Reinbek/Hamburg, Nr. 43, 67 S.
- Knuchel, H., 1949: Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. Aarau, 346, S. 1–20.
- Kurt, A., 1945: Die waldbauliche Rolle und Behandlung der Buche auf pflanzensoziologischer Grundlage. Schweiz. Z. Forstwes., 96, 5/6: 98–110.
- Kurt, A., 1946: Untersuchungen über Aufbau und Qualität von Buchendickungen. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswes. Mitt., 24, 2: 581–658.
- Kurt, A., 1954: Die Kontrollidee in der Schweizer Forstwirtschaft. Allg. Forst- und Jagdztg., 125, 4: 130–135.
- Kurt, A., 1965: Neue Wege zur Verwirklichung des Kontrollgedankens in der Forstwirtschaft. Allg. Forstztg., 76, 1: 1–4.
- Kurt, A., 1981: Quelques considérations concernant le contrôle des forêts jardinées. Schriftenreihe Informationswesen im Forstbetrieb, ETH Zürich, 4.
- Leibundgut, H., 1949: Grundzüge der schweizerischen Waldbaulehre. Forstwiss. Cbl., 68, 5: 259–291.
- Leibundgut, H., 1960: Planung als Mittel zur Erhöhung des forstwirtschaftlichen Erfolges. Schweiz. Z. Forstwes., 111, 11: 545–566.
- Leibundgut, H., 1966: Die Waldpflege. Bern, 192 S.
- Leibundgut, H., Auer, C., und Wieland, C., 1971: Ergebnisse von Durchforstungsversuchen 1930–1965 im Sihlwald. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswes., Mitt., 47, 4: 258–389.
- Merkel, O., 1975: Schneebruch im Fichtenbestand bei 40jähriger Auslesedurchforstung. Allg. Forstz., 30, 33/34: 663–665.
- Richard, F., Lüscher, P., und Strobel, T. Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Band I und II. Zürich: Eidg. Technische Hochschule, 1978 und 1981.
- Roiko-Jokela, P., 1976: Die Schaftformfunktion der Fichte und die Bestimmung der Sortimentsanteile am stehenden Baum. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt., 52, 1: 1–84.

- Schädelin, W.*, 1935, 1942: Die Auslesedurchforstung als Erziehungsbetrieb höchster Wertleistung. Bern/Leipzig, 124 S.
- Schmid, P.*, 1967: Die Weiterentwicklung der Leistungskontrolle in der Schweiz. *Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden*, 16, 2: 545–549.
- Schmid, P., Werner, J.* u.a., 1978: Kontrollstichproben: Aufnahmeinstruktion. 2. Auflage, Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Bericht 186, 57 S.
- Schweiz. Anstalt für das forstl. Versuchswesen*, 1966, 1967, 1968, 1969: Ertragstabellen für Tanne, Buche, Fichte, Lärche.
- Speidel, G.*, 1955: Die Wertklasse als Gütemassstab in der Forsteinrichtung. *Forstarchiv*, 10: 217–224.
- Steinlin, H.*, 1961: Rationalisierung der Waldarbeit. *Forst- und Holzwirt*, 16: 221–227.
- Steinlin, H.*, 1966: Ein Vergleich von Aufwänden und Erträgen in der sogenannten «klassischen» und einer sogenannten «modernen» Forstwirtschaft. Mitt. Nr. 11 der Baden-Württ. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Abt. Waldwirtschaft, 68 S.
- Steinlin, H.*, 1969: Waldbau und Forstbenutzung. *Beih. Zeitschr. d. Schweiz. Forstvereins*, 46: 221–228.
- Tromp, H.*, 1971: Der Wald als Element der Infrastruktur. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 112, 11: 528–541.
- von Arnswaldt, H.J.*, 1935: Die Sicherung der Nachhaltigkeit der Wertholzerzeugung durch ein vereinfachtes Wertkontrollverfahren. *Der Deutsche Forstwirt*, 17: 981–984.
- von Arnswaldt, H.J.*, 1958: Wege zu kontrollierter Leistungssteigerung in vorratsarmen Buchenwäldern. *Forstarchiv*, 9, 4: 73–81.
- von Arnswaldt, H.J.*, 1962: Wertkontrolle und Betriebswirtschaft. *Forstarchiv*, 33, 8: 161–165.