

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 123 (1972)

Heft: 4

Artikel: Planung im Wald

Autor: Schmid, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765041>

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: 15.01.2026

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

Planung im Wald¹

Von P. Schmid

Oxf.: 624

(Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf ZH)

1. Ziel und Ablauf der Planung

Das Ziel der Waldbewirtschaftung besteht darin, unter den gegebenen Bedingungen langfristig und bei beschränktem Risiko einen möglichst hohen Reinertrag zu erreichen. Dabei müssen bei der Ermittlung des Reinertrags immer auch die Schutz- und Wohlfahrtswirkungen berücksichtigt werden.

Die Planung im Forstbetrieb unterscheidet sich insofern ganz wesentlich von derjenigen in den meisten anderen Wirtschaftszweigen, als der Ertrag eine sehr schwierig zu messende und noch schwieriger voraussagbare Größe ist. Wir werden uns daher vor allem mit jenen Aspekten der Planung beschäftigen, die spezifisch forstliche sind.

Der Planungsablauf kann in mehrere Phasen zerlegt werden (Abb. 1):

- Zuerst müssen vielseitige und genügend genaue Unterlagen über den Zustand des Waldes beschafft werden. Diese sind eine unabdingbare Voraussetzung für jede Planung; auf unsicherem Grund kann nicht solid gebaut werden.
- Die Resultate müssen interpretiert und mit Bekanntem verglichen werden.
- Nachdem sich der Wirtschafter ein gutes Bild vom Zustand seines Waldes gemacht hat, wird er Behandlungsvorschläge ausarbeiten. Mit Vorteil werden verschiedene Alternativen aufgestellt.
- Für jede Behandlungsvariante wird möglichst genau der Ertrag und die zukünftige Entwicklung des Waldes prognostiziert.
- Wenn die Folgen jeder Behandlungsvariante einigermaßen bekannt sind, kann sich der Betriebsleiter entscheiden, welche der überprüften Varianten auszuführen ist.
- Mit der Ausführung der geplanten Massnahmen wird eine kontinuierliche Jahresplanung und Ausführungskontrolle verbunden.
- Am Ende der Planungsperiode wird eine neue Inventur die Veränderungen im Wald aufzeigen. Somit kann dann der Erfolg der durchgeführten Massnahmen kontrolliert und eine neue Planung vorgenommen werden.

¹ Vortrag, gehalten an der Jahresversammlung des Schweizerischen Forstvereins in Solothurn am 23. September 1971.

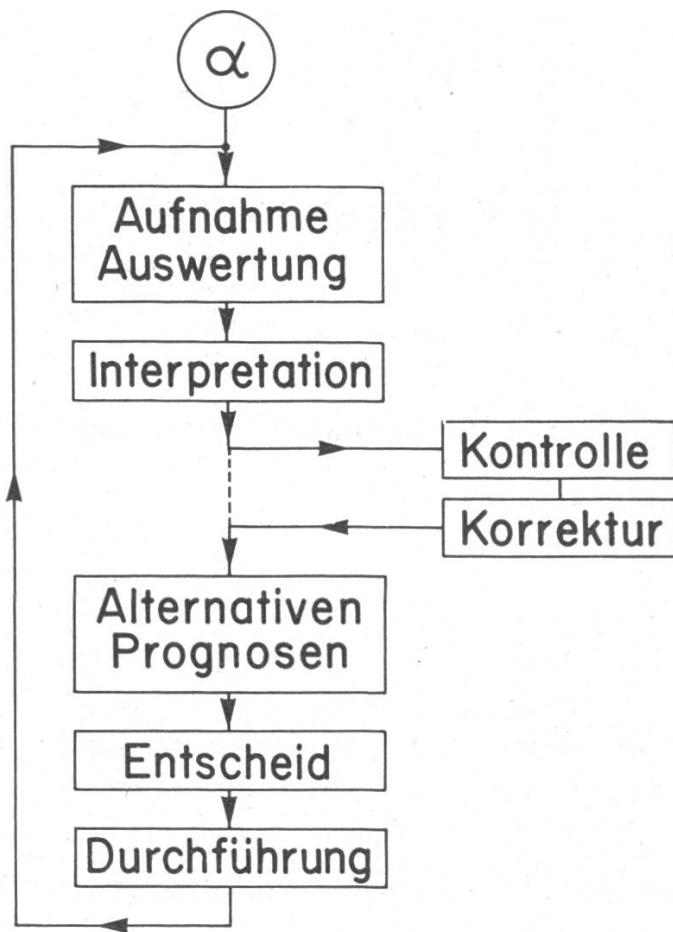


Abbildung 1

Allgemeines Schema des Planungsablaufs.

Im folgenden werden wir auf die einzelnen Arbeitsphasen etwas genauer eingehen.

2. Inventur

Vermessung

Zuerst sollte völlige Klarheit über den Verlauf der rechtlichen Grenzen und über allfällige Eigentumsbeschränkungen gewonnen werden.

In Gebieten, in denen die Grundbuchvermessung stattgefunden hat, ist das Problem meistens gelöst, sobald alle Handänderungen nachgetragen sind. Die auf dem Waldplan eingetragenen Marksteine stellen für verschiedene weitere Einmessungen eine sehr wertvolle Hilfe dar.

In den übrigen Landesgegenden sind die Besitzverhältnisse im Wald oft schwierig zu rekonstruieren und auf den Waldplan zu übertragen. Die eidgenössische Verordnung über die Grundbuchvermessungen von 1934 und die sich darauf stützenden eidgenössischen und kantonalen Beschlüsse können durch ihre rigorosen und teilweise nicht mehr zweckmässigen Vorschriften bewirken, dass die Vermessung vielerorts noch jahrzehntelang nicht durchgeführt wird.

Standortkartierung

Ein sehr wichtiger Teil der Inventur ist die Standortkartierung. In vielen Gebieten der Schweiz fehlt sie völlig.

Die heute gebräuchlichen Verfahren liefern im allgemeinen die Begrenzungen standörtlich mehr oder weniger gleichartiger Gebiete und für jedes dieser Gebiete einen Namen, der sich auf den Boden, das Klima, die vorhandene Vegetation oder die «natürliche Waldgesellschaft» bezieht.

Der Wirtshafter sollte aber für alle wichtigen Baumarten den auf diesen Standorteinheiten ungefähr zu erwartenden Ertrag kennen, beispielsweise den zu erwartenden Gesamzuwachs innert 100 Jahren. Dadurch würde es ihm erst möglich, die ökologischen und die wirtschaftlichen Gesichtspunkte gleichzeitig zu beachten und somit eine optimale Baumartenwahl zu treffen.

Luftbildauswertung

Das Luftbild verschafft uns einen ausgezeichneten Überblick über unseren Wald. Es erleichtert zum Beispiel erheblich die Nachführung der Strassenkarte oder die Planung neuer Erschliessungen.

Erfahrene Spezialisten stellen mit Hilfe der Luftbilder Bestandeskarten her, die nur wenige Wünsche offenlassen und selbst durch sehr arbeitsaufwendige terrestrische Waldausscheidungen nicht übertrroffen werden können. Die trotzdem notwendige terrestrische Kontrolle kann mit der Zustands erfassung kombiniert werden. Die Bestandeskarte ihrerseits dient zur Ermittlung aller Teilflächen, ferner als Planungs- und Durchführungskontrollkarte.

Zustandserfassung

Die eigentliche Waldaufnahme soll dann zeigen, in welchem Zustand sich die einzelnen Bestände befinden und Aufschluss geben über den Vorrat, die Baumartenzusammensetzung, die Stammstärken, Baumhöhen und Schaftformen, die Dichte und Struktur der einzelnen Bestände oder Bestandestypen.

Zusätzliche Erhebungen können bei Stichprobenaufnahmen oft ohne grossen Mehraufwand wertvolle Informationen liefern. Beispielsweise könnte durch die Kontrolle der Stöcke eine grobe Übersicht über das Auftreten der Stammfäule gewonnen werden. Der Wert einer solchen Übersicht ist dort allerdings fraglich, wo die Bestandesgeschichte nicht bekannt ist. Oft wird eine Erhebung der natürlichen Verjüngung nach Baumart, Menge und Qualität eine gute Planungshilfe sein.

Altersaufbau

Schliesslich ergibt die Inventur eine quantitative Gesamtübersicht, unter anderem eine unverfälschte Schätzung für den gesamten Vorrat. Sie kann auch zeigen, ob der Wald nachhaltig aufgebaut ist oder nicht. Diese Prüfung ist in unserem Land allerdings erschwert, weil das Bestandesalter nur selten

bekannt ist. Die Bestandesgeschichte ist während Jahrzehnten ganz bewusst nicht mehr aufnotiert worden, weil man sowieso den ganzen Wald in einen Plenterwald verwandeln wollte.

Um den nachhaltigen Aufbau eines Waldes zu überprüfen, wird daher meist die Stammzahlverteilung benutzt. In einem Plenterwald, aber auch in einem nachhaltig aufgebauten Betrieb mit einschichtigem Hochwald ist die Stammzahlverteilung eine ungefähr exponentielle. Wenn die Stammzahlen logarithmisch aufgetragen werden, ergibt das eine Gerade.

Das Beispiel der Gemeindewaldung von Liestal zeigt deutlich, dass das Umgekehrte nicht zutreffen muss. Auch ein nicht nachhaltig aufgebauter Wald kann eine exponentiell abnehmende Stammzahlverteilung aufweisen (Abb. 2 und 3)!

Ebenso unsicher sind Schätzungen der Altersverteilung, die auf den Flächenanteilen der verschiedenen Entwicklungsstufen beruhen, wenn das Alter der ausgeschiedenen Bestandestypen nicht untersucht wird.

Man kann die Nachhaltigkeit daher nicht überprüfen, ohne das Alter der einzelnen Bestände zu kennen. Verschiedene Verfahren zur Altersermittlung kommen in Abschnitt 3, Eingang in die Ertragstafeln, zur Sprache.

Wertbestimmung

In unserer Inventurmethode mit Kontrollstichproben fehlt noch die Wertbestimmung. Die Volumenfunktionen werden daher gegenwärtig durch Funktionen für die einzelnen Dimensionsklassen ergänzt. Die Schätzung der Dimensionsklassenanteile wird ohne weiteres möglich sein, weil neben dem Durchmesser in Brusthöhe und der Scheitelhöhe nach finnischem Vorbild ein weiterer Stammdurchmesser (in 7 m Höhe) gemessen wird. Damit wird die Schaftform im wertvollsten Teil des Stammes genügend genau erfasst.

Die Ansprache der Qualität am stehenden Stamm wird uns dann erlauben, die Prognose der anfallenden Nutzung nach Sortimenten aufzulagern, wobei allerdings die von aussen nicht sichtbaren Fehler des Holzes nur auf Grund der Erfahrungen grob abgeschätzt werden können.

Damit wird ein wichtiger Schritt zur Berechnung des Waldwertes getan sein.

Zuwachs

Die Kontrollstichproben werden erstmals bei der Zweitauftnahme Aufschluss über den Zuwachs geben. Zunächst kann der Durchmesser- und der Volumenzuwachs der verschiedenen Bestandestypen und ihrer einzelnen Bestandsglieder berechnet werden. Die Ansprache der Qualität und Dimensionsklassenberechnungen können später zu einer Wertzuwachsbestimmung führen.

Nutzung

Die zweite und alle folgenden Inventuren geben auch guten Aufschluss über die örtliche Verteilung der erfolgten Nutzungen, da wir jeden in den

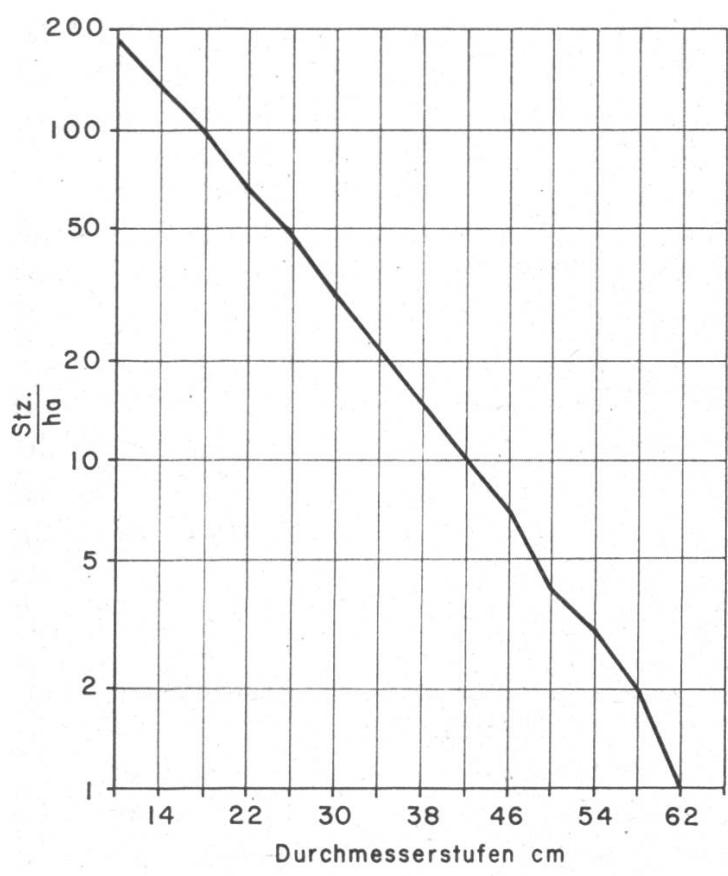


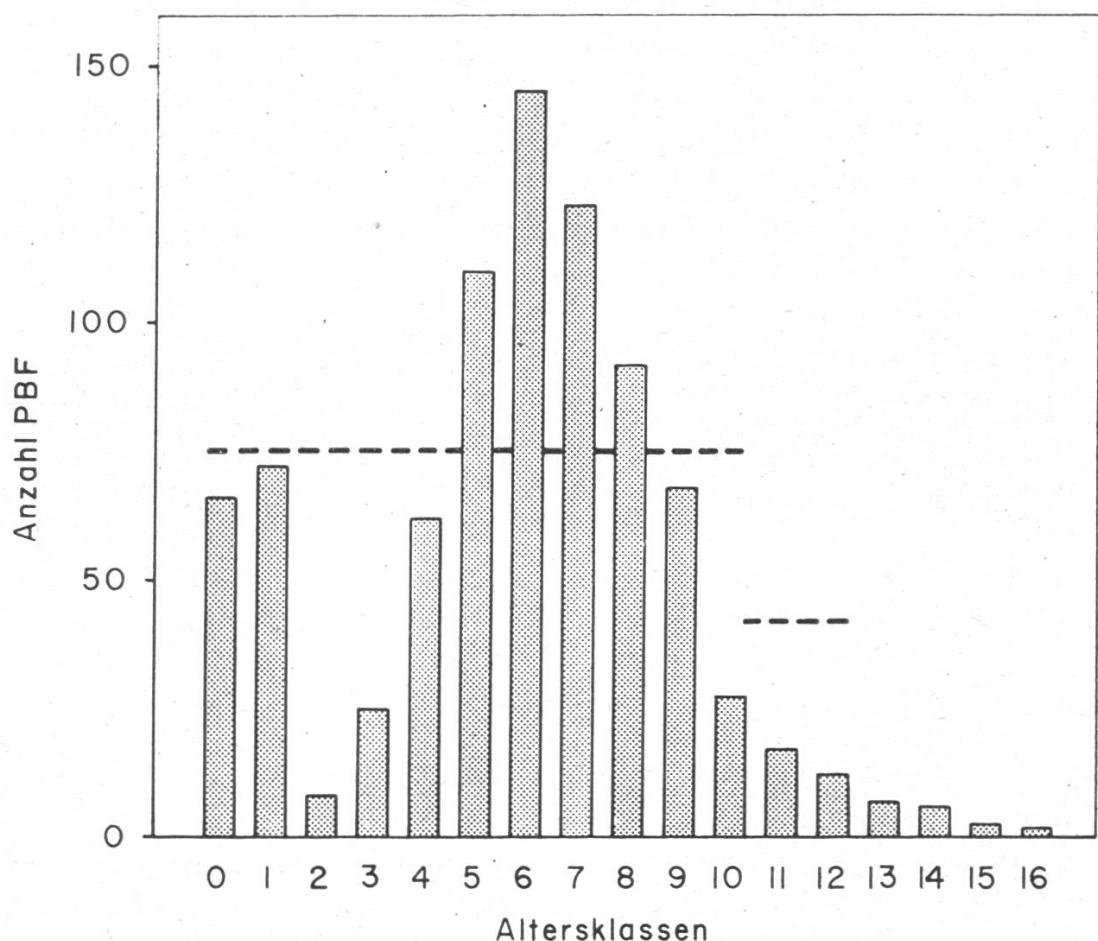
Abbildung 2

Die Stammzahlverteilung des Stadtwaldes Liestal, im logarithmischen Massstab aufgetragen, zeigt einen linearen Verlauf.

Dieser Verlauf lässt einen normal aufgebauten Wald erwarten ...

Abbildung 3

... die effektive Altersverteilung hingegen beweist das Gegenteil.



Stichproben genutzten Stamm kennen. Teilweise wäre sogar eine Kontrolle der Qualität der waldbaulichen Arbeit möglich (örtliche Verteilung und Mittelstamm der genutzten und bleibenden Bäume, qualitative Verbesserung).

Zustandsveränderungen

Besondere Anforderungen an die Stichprobenerhebung stellt die Frage der Zustandsveränderungen. Diese lassen sich nur mit permanenten Stichproben, wie sie in der Schweiz im Gegensatz zu den meisten anderen europäischen Ländern und den Entwicklungsländern eingeführt wurden, genügend genau ermitteln. Mit Luftbildinterpretation und permanenten Probeflächen lassen sich beispielsweise Vorratsveränderungen ungefähr gleich genau erfassen wie der Vorrat selbst, sofern nur die Beobachtungsperiode nicht zu kurz gewählt wird und systematische Messfehler sorgfältig vermieden werden.

Ertrag

Zustandsveränderungen stellen Veränderungen des Vermögens dar. Dieses kann sich ganz wesentlich verändert haben, ohne dass es in der Buchhaltung bemerkt wird, sei es durch Vorratsäufnung oder -senkung, durch die Altersentwicklung in nicht nachhaltig aufgebauten Wäldern, durch die Förderung wertvoller Baumarten, durch pflegliche Eingriffe, die eine grössere künftige Wertleistung ermöglichen, durch Vergrösserung oder Verkleinerung der Schnee- oder Windrisiken, durch Standortsverschlechterung oder -verbesserung und vieles andere mehr.

Die Vermögensveränderungen, die im Wald eingetreten sind, können nur durch ein sehr gutes Inventar einigermassen abgeschätzt werden. Doch Mehrkosten, die eine Erfolgskontrolle und damit eine verbesserte Planung ermöglichen, lohnen sich bestimmt. In andern Wirtschaftszweigen denkt man nicht daran, einen Betrieb zu leiten, ohne regelmässig den Erfolg zu kontrollieren.

Der Ertrag des Waldes ist durch Nutzung und Zustandsveränderung allerdings erst teilweise erfasst. Er erbringt neben der Holzproduktion zahlreiche Schutz- und Wohlfahrtswirkungen und eventuell auch einzelne negative Auswirkungen. Der Wert dieser verschiedenen Einflüsse ist ganz besonders schwierig abzuschätzen, er muss bei einer sinnvollen Planung trotzdem immer mit in Rechnung gestellt werden. Rasche Fortschritte in der Erfassung dieser Wirkungen sind allerdings nicht zu erwarten.

3. Interpretation

Die Interpretation ist weitgehend eine Angelegenheit der Erfahrung und der Einübung am praktischen Beispiel.

Die meisten Angaben können erst dann richtig interpretiert werden, wenn sie mit denjenigen bekannter, gleichaltrigen Bestände verglichen wer-

den, die auf ähnlichem Standort stocken. Die Werte solcher Standard- oder Normbestände liefern die Ertragstafeln.

Entstehung der Ertragstafeln

Seit Bestehen der Versuchsanstalt wurden in der ganzen Schweiz verteilt Versuchsflächen angelegt, periodisch gepflegt und alle Stämme jeweils auf den Millimeter genau gemessen. Insgesamt sind bis heute mehr als 1000 Versuche begonnen, teilweise allerdings auch längst wieder aufgegeben worden.

Seit dem Beginn dieses Jahrhunderts werden die meisten Bestände hochdurchforstet nach Vorschriften von *Engler* und *Schädelin*. Der Durchforstungsturnus entspricht bei allen Baumarten jeweils etwa einem Zehntel des Lebensalters.

Die Ergebnisse von gleichaltrigen Flächen mit gleicher Baumart und Bonität werden zusammengefasst undn gemittelt. Resultate von Versuchsbeständen, die in verschiedenen Altersphasen beobachtet worden sind, können aneinandergereiht werden. So entsteht schliesslich für jede Baumart und Bonität ein Bild des gesamten Lebensablaufes für einen genormt behandelten Bestand, obwohl ja noch kein einzelner Bestand vom Alter 0 bis zur Hiebsreife mit dem gleichen waldbaulichen Verfahren behandelt und beobachtet werden konnte. In Abbildung 4 ist als Beispiel die Vorratsentwicklung eines solchen Standardbestandes im Laufe seines Lebens dargestellt.

In den Ertragstafeln werden alle wichtigen Werte der Bestandesentwicklung tabelliert. In Abhängigkeit vom Alter werden bei bekannter Bonität also der Vorrat, der Zuwachs und der Durchforstungsanfall nebst weiteren nützlichen Hilfsgrössen gegeben.

Eingang in die Ertragstafeln

Die Benützung der Ertragstafeln ist insofern erschwert, als wir Bonität und Alter unserer Bestände meist nicht kennen.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Verfahren zur Schätzung von Alter und Bonität ausprobiert. Beispielsweise kann man aus der mit der Stammgrundfläche gewogenen mittleren Höhe und dem gewogenen mittleren Durchmesser in Brusthöhe Bonität und Alter bestimmen (Abb. 5). Diese und ähnliche Verfahren mit 2 Unbekannten sind jedoch recht unsicher.

Wir haben deshalb wiederholt versucht, die Bonität bei den ältesten Beständen zu schätzen, da die Baumhöhen bei diesen nicht mehr stark vom Alter abhängig sind. Bei bekannter Bonität kann dann das Alter aller übrigen Bestände geschätzt werden. Die Ergebnisse haben jedoch nur teilweise befriedigt.

Mit Vorteil wird in einigen Probeflächen jeder Standorteinheit das Bestandesalter an Stöcken ausgezählt. Jahrringe in sehr engem Kern sind dabei nur beschränkt zu berücksichtigen. Bei bekanntem Alter kann, beispielsweise mit der Bestandsoberhöhe, die Bonität relativ leicht be-

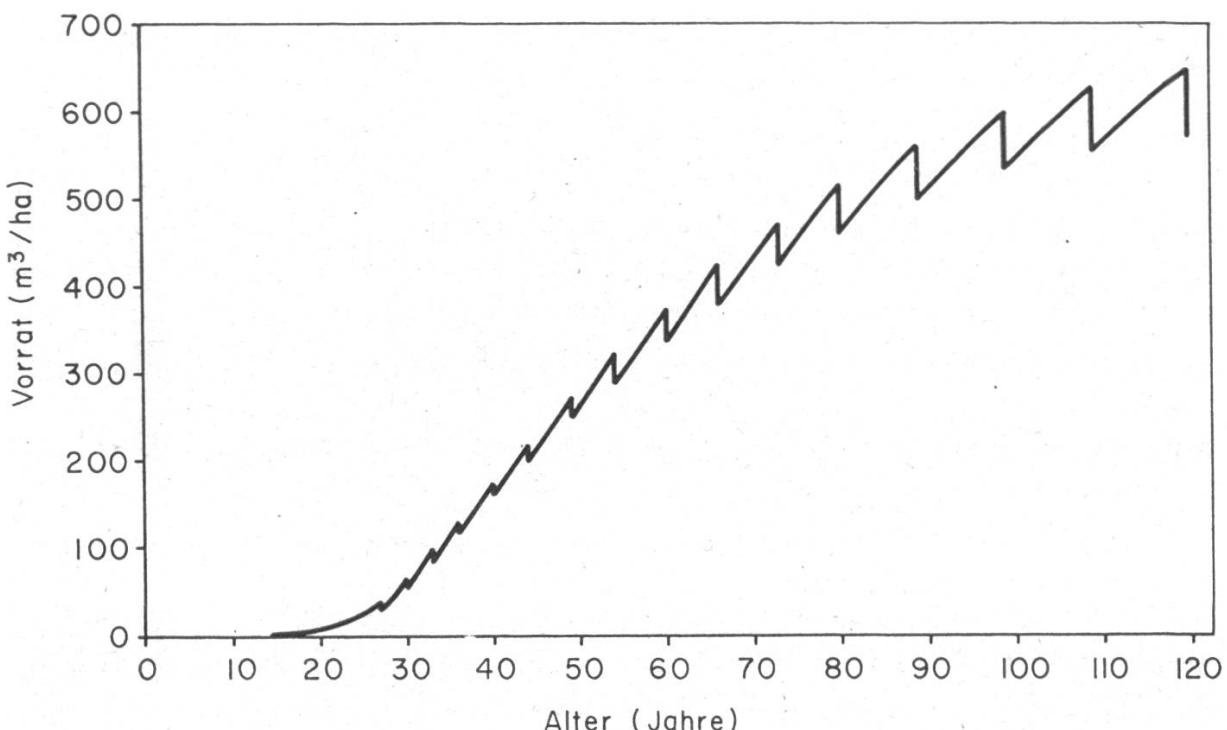


Abbildung 4

Die Entwicklung des Vorrates in einem Standardbestand nach der Ertragstafel.

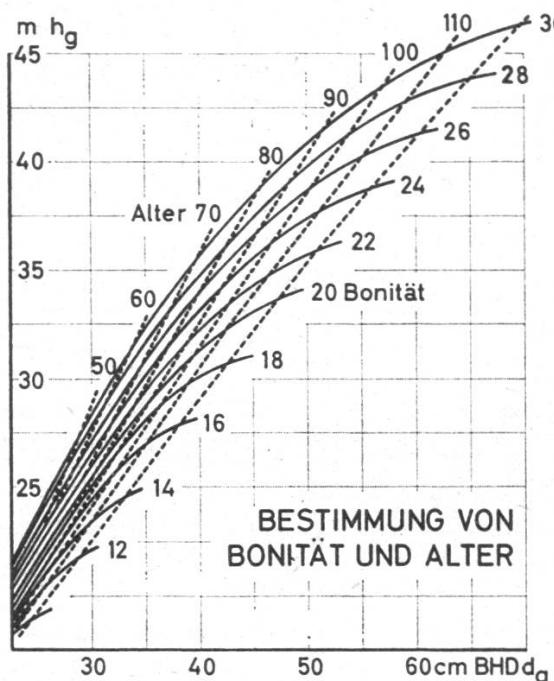


Abbildung 5

Aus dieser Darstellung können bei bekanntem quadratischem Mittel des Durchmessers in Brusthöhe (d_g) und bekannter, mit der Stammquerschnittsfläche gemittelten Baumhöhe (Loreyhöhe h_g) Alter und Bonität gleichzeitig herausgelesen werden.

Beispiel: Aus $d_g = 40 \text{ cm}$ und $h_g = 30 \text{ m}$ ergibt sich die Bonität 18 und das Alter 110 bis 115 Jahre.

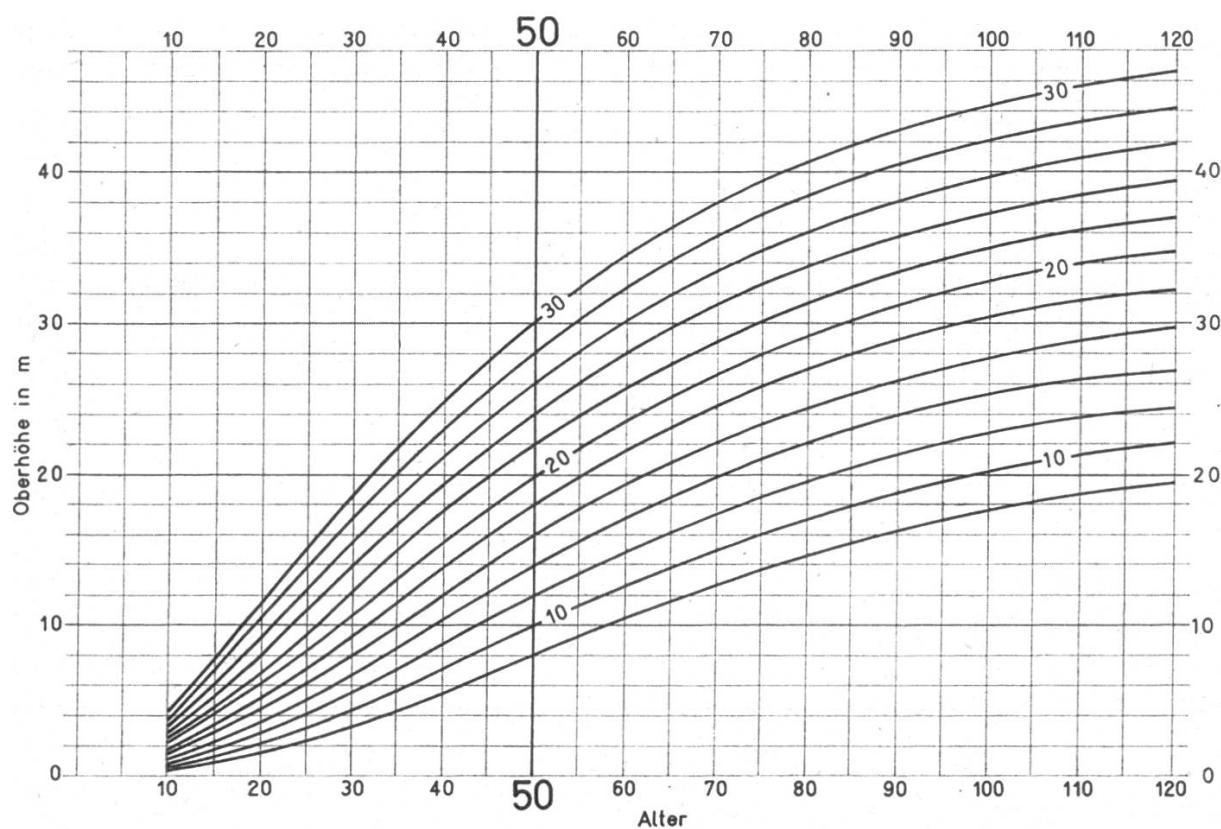


Abbildung 6

Bei Kenntnis von Alter und Oberhöhe kann mit Hilfe dieser Darstellung die Bonität bestimmt werden. Bei Kenntnis von Bonität und Oberhöhe anderseits kann das Alter abgelesen werden.

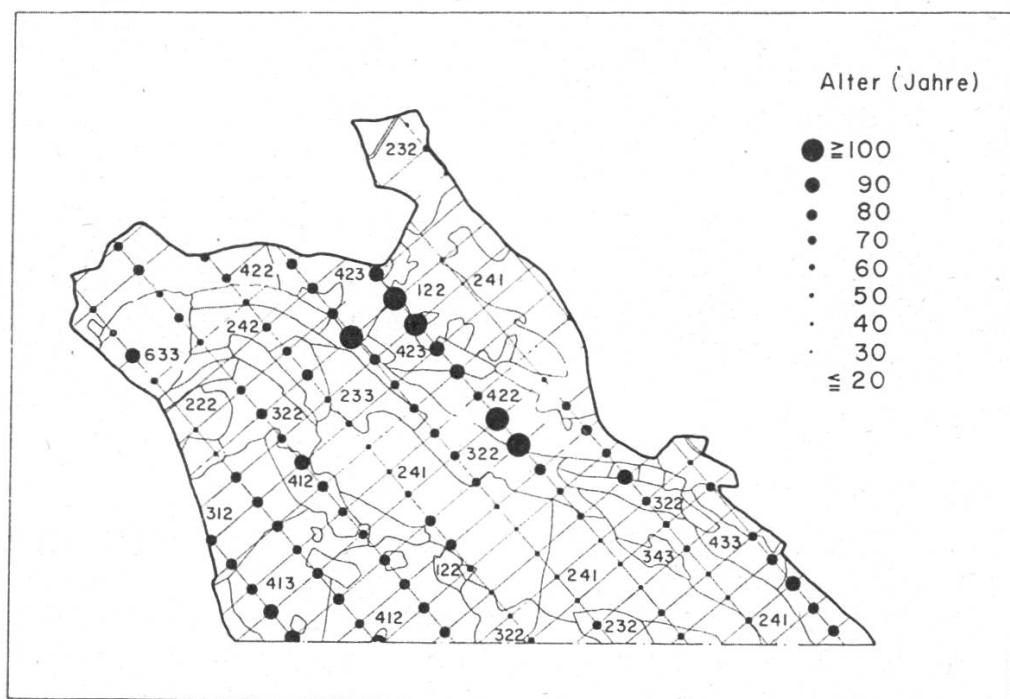


Abbildung 7

Im Stadtwald Liestal konnte in jeder Probefläche das Bestandesalter geschätzt werden.

stimmt werden (Abb. 6). Wenn die Bonität der Standorte bekannt ist, kann dann in allen übrigen Probeflächen umgekehrt auf Grund von Oberhöhe, gewogener Mittelhöhe oder mittlerem Volumen das Alter bestimmt werden. Die Ertragstafel ist dann ohne weiteres anwendbar.

Als Beispiel möchte ich wiederum die Ergebnisse der Inventur in Liestal anführen. Dort konnten wir mit dem zuletzt geschilderten Verfahren ohne grossen Aufwand und ohne Schwierigkeiten das Bestandesalter in praktisch allen Probeflächen bestimmen (Abb. 7) und damit zu einem gewissen Grad auch eine Kontrolle der Luftbildinterpretation erhalten.

Vergleich mit den Ertragstafelwerten

Sobald Bonität und Alter bekannt sind, können die Bestandeswerte, die uns die Inventur gibt, mit den Werten der Ertragstafel verglichen werden, also mit einem Normbestand gleichen Alters und gleicher Bonität. Wir sehen also beispielsweise, ob unsere Bestände stärker oder schwächer durchforstet sind als die Ertragstafelbestände. Wir können ohne weiteres überprüfen, um wieviel Vorrat und Zuwachs eines aufgelockerten oder durchlöcherten Bestandes kleiner sind als bei einem normal dichten Bestand. Dabei sollte beachtet werden, dass die Ertragstafel den Zustand jeweils direkt nach der Durchforstung wiedergibt.

4. Formulierung von Planvarianten

Das Studium der bisherigen Entwicklung und die Interpretation der Inventurergebnisse werden es dem Wirtschafter ermöglichen, sich eine Vorstellung von der Zukunft zu machen und eine oder mehrere Planvarianten auszuarbeiten.

Jede Planvariante muss dann so weit ausgefeilt werden, dass ungefähr feststeht, in welchen Beständen in welchem Planungsjahrzehnt was getan werden sollte. Ein Wirtschaftsplan lässt sich nicht sinnvoll aufstellen ohne eine wenigstens grobe und provisorische waldbauliche Planung. Die Gesamtnutzung ergibt sich dann als Summe aller Erträge aus den einzelnen waldbaulichen Massnahmen.

5. Prognose

Mittelfristige Prognosen

Auf Grund der waldbaulichen Planung können Nutzungsprognosen für die Dauer einer oder mehrerer Planungsperioden aufgestellt werden.

Bei Räumungen, Lichtwuchsdurchforstungen und Umwandlungen kann der Holzanfall auf Grund der aus der Inventur gewonnenen Hektarwerte und der Stärke und Ausdehnung der beabsichtigten Eingriffe abgeschätzt werden. Bei normaler Durchforstung liefern die Ertragstafeln diese Schätzwerte. Dabei muss der Durchforstungsertrag allenfalls noch etwas korrigiert

werden, wenn die Struktur eines Bestandes zu stark von derjenigen des Normbestandes abweicht. Die Grösse dieser Korrekturen ist für unsere Hochdurchforstung noch nicht genau abgeklärt, sie kann auch vom Wirtschafter beeinflusst werden.

Die Prognosen sind generell abhängig von Alter und Standort, vom momentanen Zustand und eventuell auch von der Geschichte des Bestandes.

In Zukunft sollten Computerprogramme nicht nur die anfallende Holzmenge, sondern auch ihre Aufteilung in Sortimente oder zumindest in Dimensionsklassen liefern. Die Nutzungsprognose erlaubt dann unter anderem eine Prognose des Arbeitsanfalls, eine bessere Planung des Maschineneinsatzes und der Erschliessung, eine Verkaufsprognose und schliesslich die Prognose der finanziellen Entwicklung des Betriebes in der nächsten Planperiode.

Langfristige Prognosen

Eine Planvariante kann für die nächsten Jahre sehr erfreuliche Resultate erwarten lassen, auf lange Sicht hingegen grosse Nachteile mit sich bringen. Daher müssen auch noch langfristige Entwicklungsprognosen erstellt werden. Diese werden meist ausschliesslich aus den Ertragstafelwerten errechnet, wobei die heute günstigsten Umtriebszeiten für die wichtigsten Baumarten oder Baumartenmischungen unterstellt werden.

Die Bedeutung der verschiedenen Erträge wird sich im Laufe der Jahrzehnte entscheidend ändern können. Diese Änderungen sind meistens nicht vorhersehbar. Trotzdem können und müssen wir beurteilen, ob die Entwicklung, die wir mit der heutigen Planung einleiten, eine einigermassen erfreuliche ist oder nicht.

So wäre etwa eine zeitweise allzustarke Senkung des Vorrates, eine zeitweise zu starke Verminderung der Schutz- und Wohlfahrtswirkungen oder ein zu starkes Schwanken der möglichen Nutzung und damit auch der Pflanz- und Pflegearbeit sicher nicht erwünscht.

In unserem Beispiel Liestal war vor allem abzuklären, ob und in welcher Zeit Stockausschlagbestände auf einem Areal von etwa 120 ha (bei einer gesamten Waldfläche von 1000 ha) umgewandelt werden sollen.

In einer ersten Variante wurde die Umwandlung so stark forciert, wie sie betriebliche Gegebenheiten und momentane Marktlage überhaupt möglich erscheinen liessen. Die Umwandlung sollte bei dieser Variante innert 20 Jahren vollzogen werden.

In Abbildung 8 ist die Entwicklung des Etats in den letzten 60 Jahren und die Prognosen der Hiebsmengen für die nächsten Jahrzehnte dargestellt (gestrichelte Linien).

Bei einer Umwandlung von 120 ha Stockausschlagbeständen innerhalb der nächsten 20 Jahre würde danach die Nutzungsgröße mit Beginn der neuen Planungsperiode von 4,5 auf 9,25 m³/ha und Jahr springen und in den nächsten 2 Jahrzehnten wieder bis auf 6,2 m³ zurückfallen.

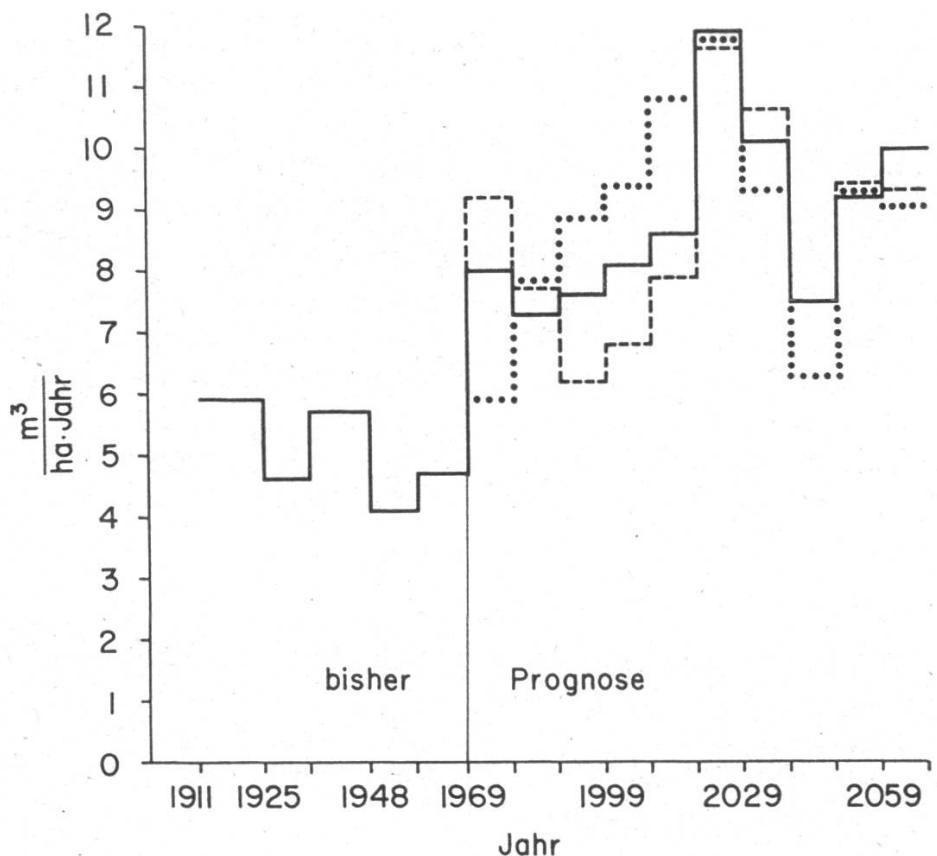


Abbildung 8

Die bisherige Entwicklung des Hiebsatzes im Stadtwald Liestal und die Prognosen für die zukünftigen möglichen Nutzungsmengen bei drei verschiedenen Planungsvarianten:

punktierte Linien: Entwicklung ohne Umwandlung

gestrichelte Linien: Entwicklung bei Umwandlung von 120 ha innert 20 Jahren

durchgezogene Linien: Entwicklung bei Umwandlung von 120 ha innert 30 Jahren

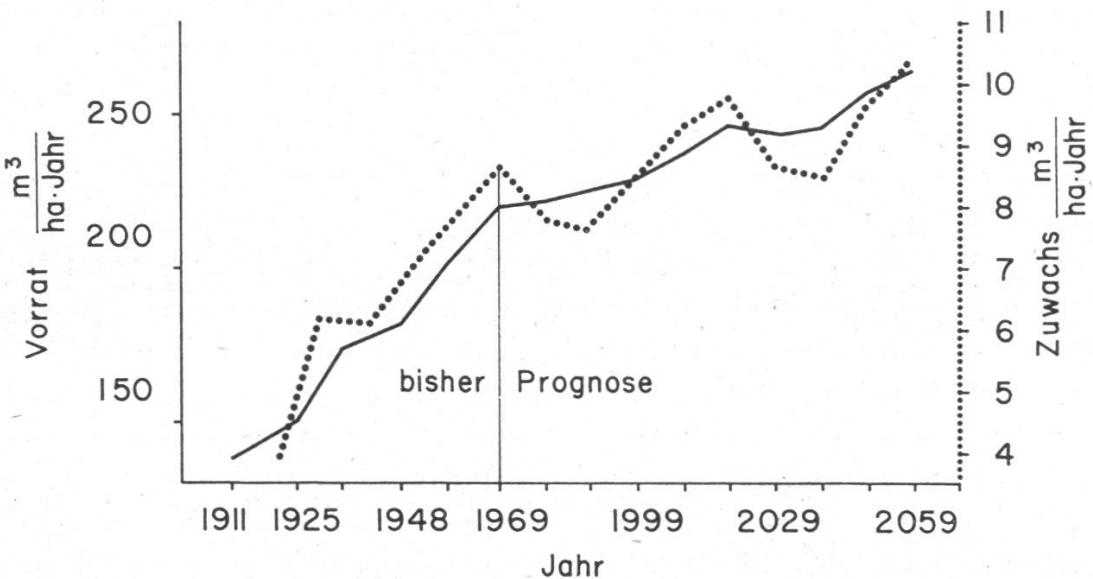


Abbildung 9

Die bisherige Entwicklung und die Prognose von Vorrat und Zuwachs im Stadtwald Liestal.

Da diese starken Schwankungen der Nutzungsmenge betrieblich nicht erwünscht sind, entschloss sich der Betriebsleiter, eine weitere Planungsvariante auszuarbeiten.

Bei dieser Variante sollte die Umwandlung innerhalb der nächsten 30 Jahre stattfinden. Eine zweite waldbauliche Planung wurde durchgeführt und daraus erneut eine Entwicklungsprognose berechnet.

Bei einer Umwandlung innerhalb von 30 Jahren wird die Nutzungsmenge jetzt auf 8 m^3 steigen und dürfte dann während der nächsten 50 Jahre ungefähr konstant bleiben (Abbildung 8, durchgezogene Linien). Im Gegensatz zur ersten Planvariante ergibt sich diesmal also eine akzeptable Entwicklung der Nutzungsmengen.

Abbildung 9 zeigt die voraussichtliche Entwicklung von Vorrat und Zuwachs bei dieser Planvariante.

An den in den Jahren 2020 bis 2050 auftretenden Nutzungsschwankungen lässt sich durch die heutige Planung nicht viel ändern. Es wird die Aufgabe des dann tätigen Wirtschafters sein, mit diesem Problem fertigzuwerden. Immerhin könnten diese vorhersehbaren Schwierigkeiten gemildert werden, wenn heute Bestände mit einer verkürzten Umtriebszeit von etwa 70 bis 80 Jahren begründet würden.

In Abbildung 8 wurde zum Vergleich auch noch eine ungefähre Prognose für den Fall aufgezeichnet, dass auf eine Umwandlung verzichtet wird (punktierter Linien).

6. Entscheid

Auf diese Art und Weise können für jede Planungsvariante alle wichtigen Kriterien untersucht und die mittel- und langfristigen Entwicklungen einigermassen abgeklärt werden. Somit sind die Voraussetzungen für fundierte Entscheide vorhanden. Eine der Planungsvarianten wird, eventuell nach einigen Modifikationen, akzeptiert, oder es müssen noch weitere Planungsvarianten ausgearbeitet und ihre Folgen kontrolliert werden, bis entschieden werden kann.

Bei der letzten Planvariante Liestal ist auch die Entwicklung des Vorrates und des Zuwachses zufriedenstellend (Abb. 9). Sofern der Betrieb genügend rasch der hohen Nutzung angepasst werden kann, der Holzabsatz einigermassen möglich erscheint und die Schutz- und Wohlfahrtswirkungen jederzeit gewahrt bleiben, kann diese Variante gewählt werden.

Wir sollten uns allerdings bewusst sein, dass damit noch längst keine optimale Behandlung des Waldes gewährleistet wird. Mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln ist es aber zumindest möglich, unerfreuliche Entwicklungen vorauszusehen und damit zu vermeiden.

Prognosen und Entscheidungsprozess können durch die in der Unternehmungsforschung angewandten mathematischen Methoden erleichtert

werden. Ich möchte hier jedoch nicht auf diese rechnerischen Probleme eingehen.

7. Durchführung der geplanten Massnahmen

Nicht allein die Nutzungsmenge, sondern die Gesamtheit der geplanten Massnahmen müssen verbindlich sein.

Während der Planungsperiode sollte nicht ohne zwingende Gründe vom wohldurchdachten und ausgewogenen Plan abgewichen werden. Zwangsnutzungen normalen Ausmasses sind in der Planung bereits mitberücksichtigt und sollten nicht zu erheblichen Neuplanungen führen. Anderseits sollte der mittelfristige Plan allerdings auch nicht allzustarre Vorschriften enthalten, sondern eher einen Rahmen geben, innerhalb dessen die Massnahmen kurzfristig der wirtschaftlichen Entwicklung und dem Auftreten von Schäden angepasst werden können.

Detailpläne müssen natürlich jedes Jahr erstellt werden. Über die kurzfristig geplanten und dann durchgeführten Massnahmen soll Buch geführt werden, am besten tabellarisch nach Beständen und durch Eintragungen in der Bestandeskarte. Insbesondere sind Abweichungen vom mittelfristigen Plan zu begründen. Die Registrierung der Zwangsnutzungen wird mit der Zeit eine gute Übersicht über die Gefährdung bei verschiedenen Bestandesstrukturen und an verschiedenen Standorten ergeben.

Wenn mit Kontrollstichproben gearbeitet wird, kann auf eine sehr genaue Stehendkontrolle der Nutzung verzichtet werden, da sie für die Berechnung des Zuwachses und der Zustandsveränderungen nicht benötigt wird. Sie ist nur soweit beizubehalten, als sie für die kurzfristige Arbeits- und Marktplanung notwendig erscheint. Meist genügen hierfür Schätzungen der durchforsteten Flächen und die Schätzungen des Anfalls pro Hektar, wie sie auch in der mittelfristigen Planung gemacht werden. Bei Lichtungsschlägen und Räumungen kann dagegen eine Kluppierung erwünscht sein.

8. Erfolgskontrolle

Die Planungsperiode soll im allgemeinen nicht kürzer als 10 Jahre sein, bei geringen Bonitäten kann sie 15 oder 20 Jahre betragen. Nach Ablauf einer Planungsperiode kann die Bilanz erstellt werden.

Die Inventur wird erneut Aufschluss geben über den Zustand des Waldes und über die Zustandsveränderungen. Diese Veränderungen und die angefallene Nutzung werden mit der Prognose verglichen. Dabei müssen natürlich allfällige Abweichungen der ausgeführten Massnahmen von den damals geplanten berücksichtigt werden. Die Prognosemethoden können so überprüft und für die nächste Planungsperiode verbessert werden.

Die neue Inventur wird uns auch erstmals genauen Aufschluss über den Zuwachs der verschiedenen Bestandestypen und Bestandsglieder geben. Anhand von Zustandsveränderungen, Zuwachs und Ernte lässt sich der

Erfolg unserer letzten Planung überprüfen und damit Fehler bei der Behandlung des Waldes aufdecken. Durch die Erfolgskontrolle wird der Wirtschafter daher schrittweise von Planung zu Planung zu einer Verbesserung der Behandlung des Waldes kommen.

Man kann hierbei von experimentellem Waldbau sprechen. Eine erfolgversprechende Behandlungsmethode wird ausprobiert und je nach dem Resultat beibehalten, verbessert oder wieder fallengelassen. In den Planungs- und Ausführungsprozess ist ein Lernprozess integriert worden. Damit sind wir wieder bei den Ideen *Bolleys* angelangt, der seine Kontrollmethode als einen Teil einer *Méthode expérimentale* für den Plenterwald aufgefasst hat.

9. Neue Forschungsziele

Natürlich sind noch nicht alle Probleme gelöst. Ertragstafeln besitzen wir ja nur für Tanne, Buche, Fichte und Lärche (*E. Badoux*, 1966, 1967, 1968, 1969), für gleichaltrige Reinbestände mit genau definierter Art, Stärke und Periodizität der Eingriffe. Ausländische Ertragstafeln gelten meist für niederdurchforstete Bestände.

Es ist uns in absehbarer Zeit nicht möglich, ähnliche Tafeln für weitere Baumarten, für Mischbestände, für ungleichaltrige Bestände oder für Bestände mit anderer Struktur aufzustellen.

Bei gemischten Beständen wird man irgendwie zwischen den Ertragstafelwerten für Reinbestände interpolieren, bei nicht genau gleichaltrigen mit einem mittleren Alter rechnen. Für Plenterwälder sollten die bisher veröffentlichten Einzelstudien zu Interpretationszwecken einigermassen genügen. Die Prognose ist für einen Plenterwald im Gleichgewichtszustand gar trivial. Über die Entwicklung eines bewirtschafteten «Gebirgsplenterwaldes» hingegen ist fast nichts bekannt.

Prognosen, die für eine einzige genormte waldbauliche Behandlungsmethode gelten, sind aber sowieso nicht befriedigend. Wir sollten für jeden Bestand, den wir vor uns haben, mit seiner individuellen Struktur und seinem speziellen Standort angeben können, welches die beste Behandlungsmethode für diesen Bestand ist und was wir dabei erwarten können.

Bedeutend genauere Aussagen als heute werden wir erst dann machen können, wenn wir die Reaktionen der Bäume auf ihre Umwelt besser verstehen lernen. Das muss das Ziel einer intensiven, biologisch orientierten, ertragskundlich-ökologischen Ursachenforschung sein. Mit den bisher all gemein gebräuchlichen, rein statistischen Methoden werden wir jedenfalls nicht mehr sehr viel weiterkommen.

Ertragskundlich-ökologische Ursachenforschung

In den letzten Jahren sind bereits einige wenige Arbeiten publiziert worden, in denen die Wirkung der Konkurrenz zwischen den Bäumen wissenschaftlich untersucht und gemäss hypothetisch aufgestellten Naturgesetzen

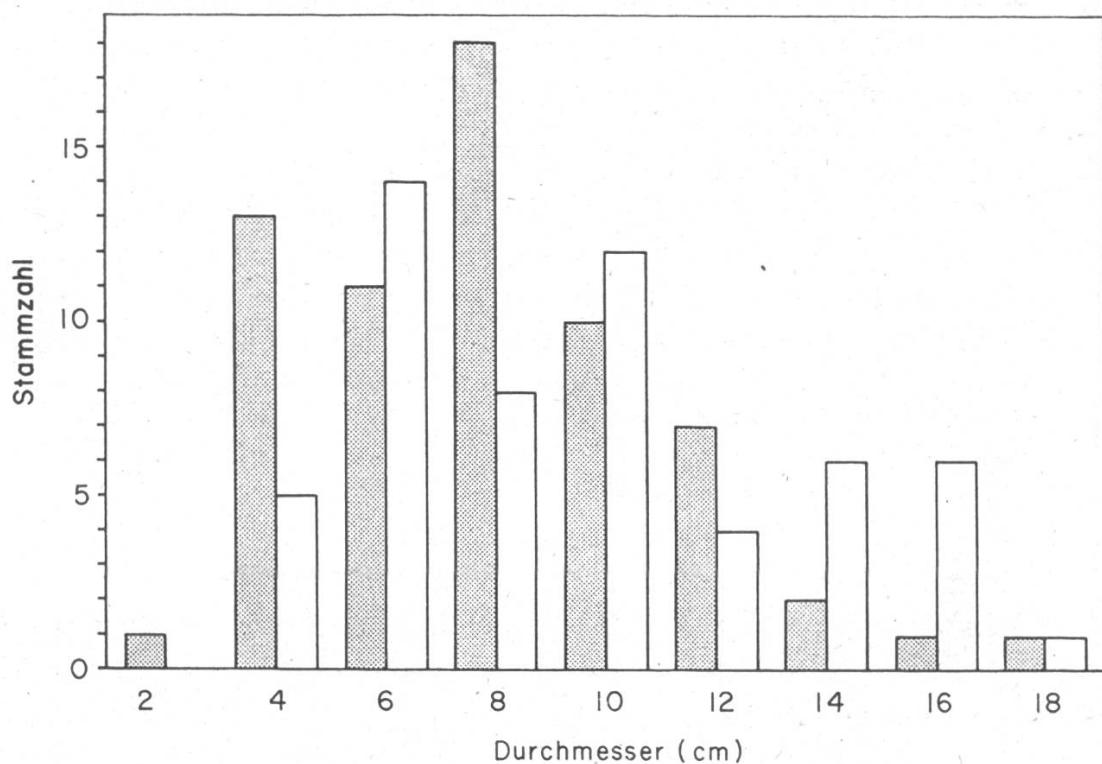


Abbildung 10

Die Stammzahlverteilung eines 50jährigen Föhrenbestandes, in den nie eingegriffen wurde (graue Säulen), und die Prognose der Stammzahlverteilung nach dem Modell von L. Strand (weisse Säulen).

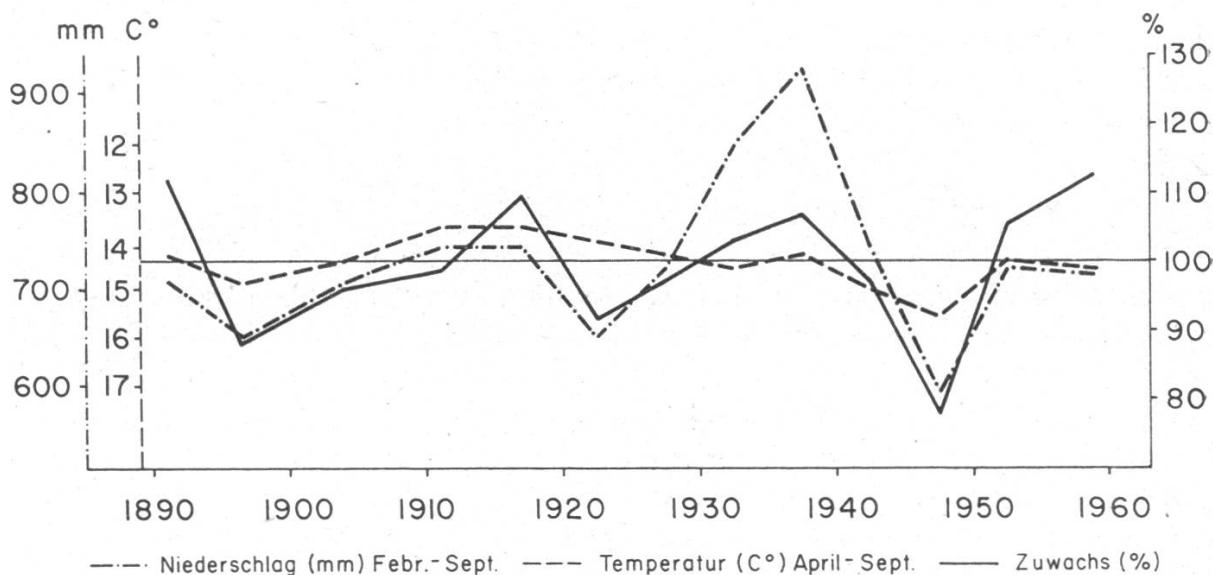


Abbildung 11

Der Verlauf des Zuwachses von Fichtenbeständen, des Niederschlags und der Temperatur im Raum Olten, in 5- bis 7jährigen Messperioden von 1890 bis 1960.

die Entwicklung eines Waldbestandes simuliert wird. Die bisherigen Modelle sind allerdings noch reichlich primitiv und bei weitem nicht genügend genau geprüft. Immerhin ist es beispielsweise *L. Strand* bereits einigermassen gelungen, die ersten 50 Lebensjahre eines Föhrenbestandes, in dem nie eingriffen wurde, mathematisch nachzuspielen. Es darf uns nicht verwundern, wenn die nach der Theorie erhaltene Stammzahlverteilung im Alter 50 nicht genauer mit der wirklichen Stammzahlverteilung dieses Bestandes übereinstimmt (Abb. 10).

Ebenso brennend wie diese Fragen über den Einfluss der Bestandessstruktur interessieren uns die Reaktionen der Bäume und Bestände auf die komplexe Wirkung der Standortsfaktoren, wobei diese beiden Fragenkomplexe nicht völlig getrennt behandelt werden können.

In beiden Forschungsrichtungen sind wir erst im Stadium der Datensammlung, also am mühsamsten und am wenigsten spektakulären Teil der Arbeit. Die Wirkung der Struktur- und Standortsfaktoren auf den Zuwachs werden wir erst dann genauer untersuchen, wenn bereits ein grosses Datenmaterial gesammelt und zur Verarbeitung vorbereitet ist.

Etwas leichter ist es, an einem gegebenen Standort die kausale Wirkung der Witterungsfaktoren auf den Baumbestand zu studieren. Da die Witterung einen grossen Einfluss auf den Zuwachs des Waldes haben kann, erschien uns dieses Problem wichtig genug. Bei der Erfolgskontrolle müssen wir ja unterscheiden zwischen Zuwachsänderungen, die durch unsere Massnahmen verursacht wurden, und denjenigen, die auf die besonders günstige oder ungünstige Witterung während der Planungsperiode zurückgeführt werden können.

Abbildung 11 zeigt, dass im Aaretal in der Umgebung von Olten (Boden mit grossem Staubanteil und normaler Durchlässigkeit) die Zuwächse auch noch in 5- bis 10jährigen Perioden ziemlich stark vom langjährigen Mittel abweichen können. Die Darstellung zeigt ferner, dass in diesem Gebiet der Zuwachs vor allem in niederschlagsarmen Perioden sehr klein war.

Meistens beeinflussen gleichzeitig mehrere Faktoren den Zuwachs, und diese Faktoren beeinflussen sich zum Teil auch gegenseitig. Das Problem wird vor allem kompliziert, weil der Zuwachs vom Wassergehalt im Wurzelraum abhängig sein kann, dieser seinerseits aber nicht so sehr von der momentanen Witterung, sondern von derjenigen in den vorangehenden Wochen abhängig und meist unbekannt ist. Daher sollte zuerst der Wasserhaushalt eines Waldbestandes besser abgeklärt werden.

Simulationsmodell für den Wasserhaushalt eines Waldbestandes

Wir hatten das Glück, diese Aufgabe Herrn H. Item, einem jungen Naturwissenschaftler, übergeben zu können und an der befreundeten Professor für Bodenkunde Messreihen über den Wassergehalt im Wurzelraum eines Laubwaldbestandes zu finden. Sie beruhen auf Messungen von Herrn

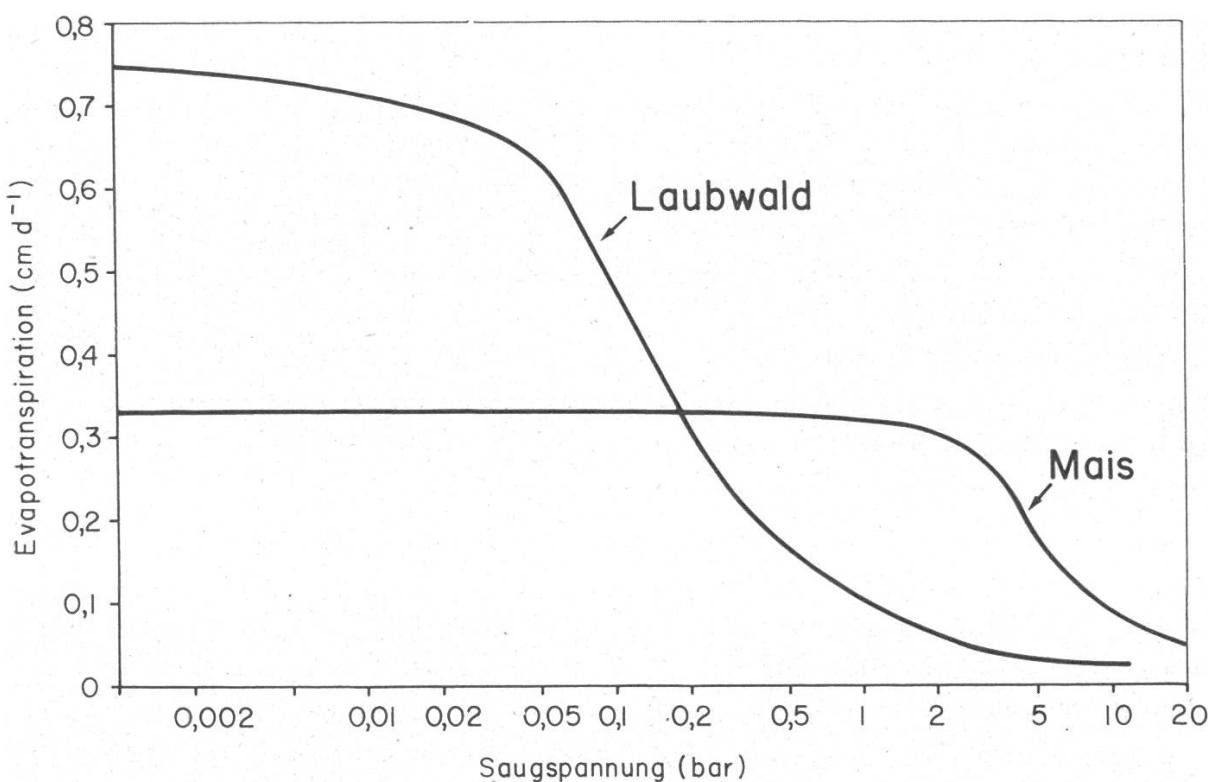


Abbildung 12

Die Evapotranspiration eines Laubwaldes und eines Maisfeldes in Abhängigkeit von der Saugspannung im Wurzelraum.

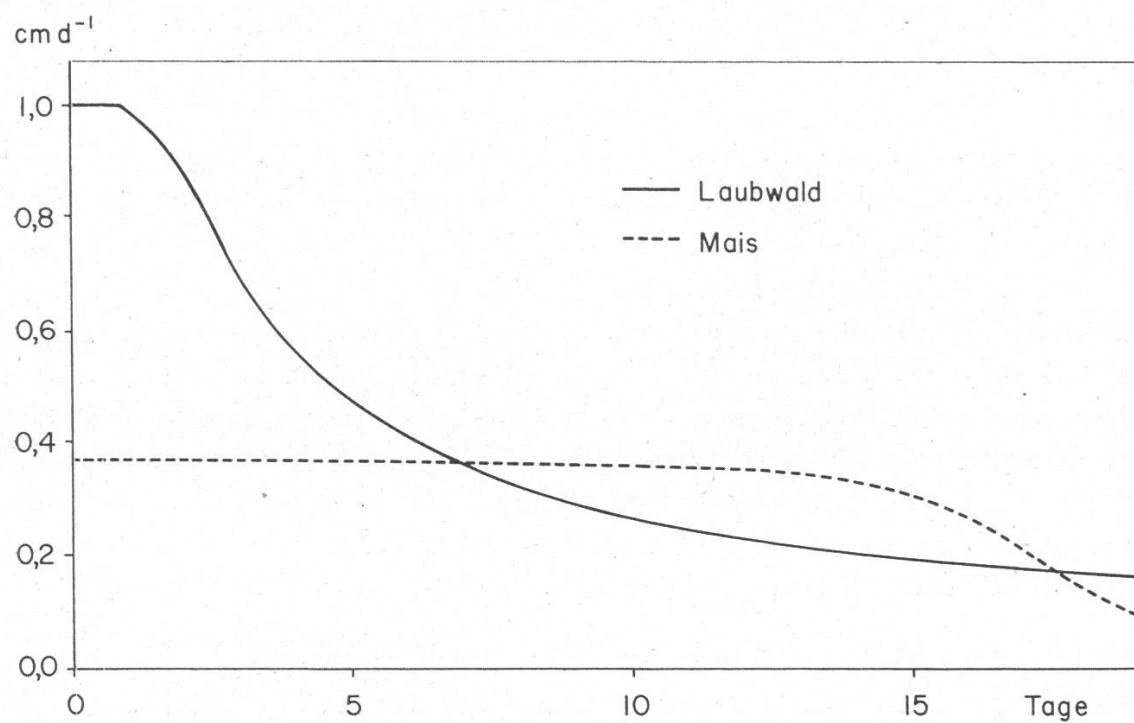


Abbildung 13

Die Abnahme des Wasserverbrauchs eines Laubwaldes und eines Maisfeldes während einer Schönwetterperiode bei anfänglicher Sättigung des Bodens.

A. Brühlhart und sind in den Mitteilungen der EAFV, 1969, publiziert worden.

Man weiss, dass die Evapotranspiration vieler landwirtschaftlicher Kulturpflanzen praktisch unabhängig vom Wassergehalt im Boden ist, solange die Saugspannung nicht mehr als 1 Atmosphäre beträgt und dass sie dann relativ rasch abnimmt. Da bei uns im Waldboden nur selten so hohe Saugspannungen gemessen werden, wurde behauptet, dass die Evapotranspiration des Waldes in unserem feuchten Klima fast nie durch den Bodenwasser-gehalt beschränkt werde. Damit konnte man sich dann allerdings nicht erklären, warum bei uns in trockenen Jahren der Zuwachs wesentlich eingeschränkt wird.

Die für verschiedene landwirtschaftliche Vegetationen bekannten Beziehungen und Gesetzmässigkeiten wurden gesichtet und zu einer Gesamthypothese vereinigt. Man nahm an, dass prinzipiell die gleichen Beziehungen auch für den Wald gültig seien, wobei einige Parameter eventuell andere Werte annehmen könnten. Durch Vergleich der Prognosen auf Grund der Gesamthypothese und der täglichen Witterungsdaten mit den gemessenen Werten konnten die Parameterwerte für den Wald geschätzt und gleichzeitig die Richtigkeit der Gesamthypothese überprüft werden.

Die Untersuchung zeigt, dass der Wald viel empfindlicher auf den Wassergehalt im Wurzelraum reagiert als alle bisher untersuchten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Er verbraucht zwar mehr als doppelt so viel Wasser, solange der Boden annähernd gesättigt ist, schränkt seinen Wasserhaushalt jedoch schon bei geringer Saugspannung drastisch ein (Abb. 12).

Während und kurz nach einer nassen Witterungsperiode braucht der Wald sehr viel Wasser, im Laufe einer Trockenperiode fällt sein Wasserverbrauch jedoch wesentlich unter denjenigen landwirtschaftlicher Kulturen (Abb. 13). So ist es erklärlich, dass der Laubwald in einem nassen Jahr doppelt so viel Wasser verbraucht wie ein Maisfeld, in einem normalen Jahr noch etwa 40 bis 50 % mehr als dieses, in einem ausgesprochen trockenen Jahr jedoch wird der Laubwald kaum mehr Wasser verbrauchen als landwirtschaftliche Kulturen.

Zwar sind diese Zusammenhänge erst an einem einzigen Standort nachgewiesen worden. Die Arbeit hat trotzdem schon bestätigen können, dass die neue Forschungsmethode, welche bereits bekannte Naturgesetze zu ergänzen und in einer Synthese zu vereinen sucht, um sie schliesslich mit Hilfe eines grossen empirischen Datenmaterials zu überprüfen, Erfolg haben kann.

Résumé

Planification en forêt

Dans l'article présent, il est question avant tout des problèmes de planification se rapportant directement au peuplement, et ne pouvant être résolus que par des méthodes spécifiquement forestières: la détermination de l'état de la forêt et de ses changements, la planification des interventions sylvicoles et les pronostics sur l'évolution de la forêt en fonction du traitement appliqué. Au moyen de l'examen de chaque phase de travail, on montre dans quelle mesure une planification intégrale peut déjà être effectuée, et où les efforts principaux doivent être faits dans la recherche future.