

DIE WALDINVENTUR UND IHRE BEDEUTUNG
FÜR FORSTPOLITIK, BETRIEBSWIRTSCHAFT
UND WALDBAU

F. LOETSCH

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft,
Reinbek, Bez. Hamburg

*Vortrag, gehalten am 17. März 1961 vor der Agrikultur- und
Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Helsinki*

HELSINKI 1961

Gliederung :

I	Definition für Waldinventur	5
II	Rückblick auf die Entwicklung der Waldinventurmethode in Deutschland, Schweden und Finnland	7
III	Die Bedeutung des Begriffs "Befundeinheit" für eine statistisch wohlfundierte Waldinventur	9
IV	Die drei Forschungssektoren des Fachgebietes Waldinventur	11
	A. Mathematische Statistik bei Inventuren	11
	B. Auswertung von Luftbildern für Inventuren	11
	C. Holzmess- und ertragskundliche Grundlagen für Inventuren	11
V	Ergebnisse von Waldinventuren als Unterlage für betriebswirtschaftliche, waldbauliche und forstpolitische Fragen	25
VI	Schlusszusammenfassung	34

I. Die Definition für Waldinventur

Jede forstliche Planung, sei es jene für einen flächenmässig begrenzten forstlichen Nachhaltsbetrieb oder jene für eine Provinz oder ein ganzes Land, stützt sich auf Inventurergebnisse. Betrachtet man die rein statistischen Methoden für sich, so habe ich drei verschiedene Arten von Waldinventuren unterschieden:

- 1) sogenannte Grossrauminventuren ganzer Länder oder Provinzen mit einem Flächenaufnahmeprozent weit unter einem Prozent (in Thailand zwischen 0.1 und 0.05 %);
- 2) Waldinventuren zum Zwecke der Exploitation von Urwäldern mit einem Flächenaufnahmeprozent zwischen 0.5 und ungefähr 2 % und
- 3) Waldinventuren zum Zwecke von Wirtschaftsplänen für forstliche Nachhaltsbetriebe, welche je nach Massen- und Werthaltigkeit ihrer Straten zwischen 1 und 10 % Flächenaufnahme variieren.

Die Frage der Feststellungen des Tatbestandes durch die Inventur wird dabei lediglich durch Fehlergrenze und daraus resultierend Flächenaufnahmeprozent beeinflusst. Grundsätzlich besteht meiner Auffassung nach kein Unterschied zwischen der Inventur eines Nachhaltsbetriebes kleiner Flächenordnung zum Zwecke der Erstellung eines Wirtschaftsplanes und einer Grossrauminventur.

In Anlehnung an die Definition der FAO wird der Inhalt des Fachgebietes Waldinventur wie folgt umrissen: Erkundung und Beschreibung der Waldareale des Untersuchungsgebietes (Eigentumsverhältnisse, Standort, Waldformation etc.), Ermittlung des stehenden Holzvorrates (Holzarten, Dimensionen, zu erwartende Nutzholzausbeute), Ermittlung des jährlichen Zuwachses und der jährlichen Holzentnahme, ferner Erkundung der Transportverhältnisse, der zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte für die Exploitation und der Wald- und Bodenzerstörung

und ihr Einfluss auf die Wasserregulierung der Ströme (in Verbindung mit der Intensivierung der Landwirtschaft).

Diese im Spiegel der Weltforstwirtschaft gesehene Aufgabenstellung für das Fachgebiet "Waldinventur" ist wesentlich grösser als jene, welche bisher unter mitteleuropäischen Aspekten gesehen worden ist (Waldzustandserfassung der Bestände im Rahmen der Forsteinrichtung).

II. Rückblick auf die Entwicklung der Waldinventurmethode in Deutschland, Schweden und Finnland

Die Waldinventur ist zu ihrem heutigen technischen Stand erst durch die Entwicklung zweier Grundlagengebiete gekommen, nämlich der mathematischen Statistik und der Luftbildauswertung. Die Nutzung der mathematischen Statistik ist ein guter Spiegel für die Entwicklungsgeschichte der Waldinventurmethode.

Informationen durch Stichproben sind so alt wie die Forstwirtschaft überhaupt. Schon zu COTTAS Zeiten wurde der Schluss aus einigen Probeflächen zum ganzen Bestand gezogen. Der Gebrauch statistisch gesicherter Stichproben hat in Deutschland erst seit 1950 eingesetzt. Ausgehend von den Arbeiten von KRUTZSCH und LOETSCH ("Holzvorratsinventur und Leistungsprüfung". 1937) und den seit 1949 in der Abteilung für Waldinventur in Reinbek durchgeführten Forschungen haben in der sowjetisch besetzten Zone Deutschlands RICHTER in Eberswalde und BLANKMEISTER in Tharandt das Gebiet der Waldinventur vollkommen auf statistischem Boden aufgebaut. Sowohl die Taxationen für die Nachhaltsbetriebe als auch die seit einem Jahr laufende Grossrauminventur haben mit der alten Tradition gebrochen und neue Wege durch eine wohlgesteuerte Stichprobeninventur gefunden.

In der Bundesrepublik hat man sich noch nicht von der alten Tradition bestandsweiser Waldzustandsaufnahmen lösen können. Im Laufe der hundertfünfzigjährigen Entwicklung sind die Bestände, welche als Taxationseinheiten gelten, allmählich immer kleiner geworden. Bei bestandsweiser Inventur ist durch die Kleinheit der Populationen der Anwendung von Stichproben für das Argument "Masse" eine praktische Anwendungsgrenze gesetzt. In den intensivbewirtschafteten Waldungen Mitteleuropas spielt neben der Masse die Information über Holzqualität und Zuwachsleistung eine immer stärker an Bedeutung gewinnende Rolle. Diese Argumente sind auch innerhalb kleiner Bestände nur durch statistische Proben zu gewinnen.

Allgemein ist festzustellen, dass es für die Bundesrepublik eine statistisch fundierte Grossrauminventur noch nicht gibt und dass die prak-

tische Anwendung der Statistik auf dem Gebiet der Waldinventuren zum Zwecke der Wirtschaftsplanerstellung noch sehr begrenzt ist.

Ihnen, meine Herren, etwas über die Entwicklung in Finnland, Schweden und Norwegen zu berichten, hiesse Eulen nach Athen tragen. Lassen Sie mich nur vergleichsweise zu Deutschland die mir am wesentlichsten erscheinenden Charakterzüge herausstellen. Die nordischen Länder sind sehr reich an Waldland, dessen Hektarertrag klimabedingt natürlich wesentlich unter jenem Mitteleuropas liegt. Der Holzreichtum ist in den nordischen Ländern ein entscheidender Wirtschaftsfaktor, infolgedessen hat man sich schon sehr zeitig zu Grossrauminventuren entschlossen, um die nationale Lenkung dieser wichtigen Exportquelle in der Hand zu behalten. Da Grossrauminventuren aus praktischen Gründen nicht nach der zufälligen Verteilung, sondern nach einer ungleichmässig systematischen Verteilung (Liniensystem oder Linienprobenflächensystem) durchgeführt werden, hat man sich in den genannten nordischen Ländern schon zu einer Zeit mit statistischen Probenahmeverfahren der systematischen Stichprobe beschäftigt und brauchbare Lösungen hierfür gefunden als in Deutschland die mathematische Statistik für Forstwirte noch ein völlig unbekanntes Gebiet war. Die finnischen, schwedischen und norwegischen Autoren in den 20er Jahren (ÖSTLIND-HAGSTRÖM, LINDBERG, LANGSAETER, ILVSSALO, um nur einige Namen zu nennen) haben zu einer Zeit, als die Variationsanalyse von R. A. FISHER noch nicht gefunden war, bereits den Kern der Trenderfassung bei der Linientaxe klar gesehen.

Als Anekdote darf ich Ihnen, meine sehr verehrten Herren, berichten, dass ich in Thailand — dort völlig auf mich selbst gestellt und ohne wesentliche Literaturbeihilfe — eine Methode zur Errechnung des Fehlers bei ungleichen Probengrössen entwickeln musste. Nach Reinbek zurückgekehrt stellte ich fest, dass meine stolze Erfindung bereits 35 Jahre früher von LINDBERG gemacht worden war.

Dieser ungeheure Vorsprung, den Finnland, Schweden und Norwegen auf dem Gebiet der Grossrauminventur in jeder Weise (Statistik, Organisation, Auswertung etc.), besitzen, ist gerade jetzt, wo den tropischen Entwicklungsländern mit Grossrauminventuren geholfen werden soll, der wertvollste Pluspunkt, den die westlichen Länder bei einer Entwicklungsländerhilfe durch Waldinventuren einzusetzen haben.

III. Die Bedeutung des Begriffs "Befundeinheit" für eine statistisch wohlfundierte Waldinventur

Bekanntlich ist die Befundeinheit oder Taxationseinheit jenes Waldareal, für das im Zuge der Inventur unter im voraus bestimmten Fehlerrahmen statistisch gesicherte Resultate erwartet werden. Wie ich schon ausführte, ist z. Z. in Deutschland noch immer traditionsbedingt die Idee anzutreffen, dass der Grad einer forstlichen Intensität korreliert mit der Abnahme der Befundeinheitsgrösse. Ich pflege bei Exkursionen im Walde immer die Frage zu stellen: Warum ist es bei der praktischen Durchführung der Forstwirtschaft nötig für jeden Bestand das genaue Holzvolumen zu kennen? Diese Frage ist mir bisher noch niemals zufriedenstellend beantwortet worden. Um den Hiebssatz herzuleiten, um die Schwerpunkte der forstlichen Wirtschaft hinsichtlich der Endnutzung, der Verjüngung, der Pflege, der Durchforstung etc. für den betreffenden Nachhaltsbetrieb zu ermitteln, ist es viel sinnvoller, statistisch gesicherte Ergebnisse für typenmässige Zusammenfassungen von Beständen, für Förstereien oder für den gesamten Nachhaltsbetrieb zu erhalten. Führt man eine Inventur vom Kleinen ins Grosse durch, so leiden die Ergebnisse der Zusammenfassungen statistisch dann, wenn verschiedene Erhebungsmethoden im gleichen Waldgebiet benutzt wurden (Vollklappung, Stichprobenahme, Ertragstafelherleitung und reine Okulartaxe).

Geht man umgekehrt den Weg vom Grossen ins Kleine, oder mit anderen Worten, gewinnt man die Informationen für die Inventur eines Nachhaltsbetriebes auf statistisch gesicherte Weise, so besitzt man den grossen Vorteil, dass die wesentlichsten Resultate, nämlich jene für den gesamten Betrieb, mit dem kleinsten Fehlerrahmen belastet sind. Die Variierung gemäss der Wertigkeit der Straten erfolgt nicht mehr in der Methodik, sondern im Aufnahmeprozess. Dies kann z. B. durch ein verschiedenartiges Probenetz, durch konzentrische Kreise oder durch das Bitterlich-Prinzip (point sampling) erfolgen.

Für Bestände, die einigermassen homogen sind, bekommt man durch eine Inventur vom Grossen ins Kleine im allgemeinen für ältere

Bestände bereits bei 30 bis 50 Proben einen tS-Prozentrahmen von $\pm 15\%$, welcher für die forstwirtschaftliche Praxis vollständig ausreicht. Oder in anderen Worten, mit einer 6- bis 10%en Flächenaufnahme kann man für die Praxis gesicherte Resultate bis zu einer Befundeinheitsgrösse von 20 ha erreichen. Die lochkartenmässige Auswertung der gesammelten Informationen aus den Probeflächen ermöglicht jede Gruppierung der Proben.

Die Befundeinheit, die bei der Inventur "vom Kleinen ins Grosse" die wesentlichste Rolle bei der Wahl der Inventurmethode spielt, verliert somit erheblich an Bedeutung bei dem umgekehrten Weg "vom Grossen ins Kleine". Sie ist nicht mehr starr, sondern kann je nach den Erfordernissen variabel gehalten werden. Für deutsche Verhältnisse bedeutet dies natürlich nicht, dass man die Flächengliederung, die in der Bestandskarte zum Ausdruck kommt, aufgeben soll. Die Bestandsauscheidung und ihre kartenmässige Niederlegung ist ein wertvolles Hilfsmittel für die Durchführung der praktischen Forstwirtschaft und auch als Unterlage für das Tabellenwerk hinsichtlich der Altersklassen, Holzarten und Bonitäten. Die Informationen hinsichtlich Vorrat, Zuwachs und Qualität, die im Augenblick in der Bundesrepublik noch ausserordentlich kostenaufwendig (weil bestandsweise) erstellt werden, können wesentlich billiger und nach meiner Ansicht auch wirkungsvoller und sicherer erstellt werden, wenn sie dem Beispiel der Grossrauminventur folgend im einheitlichen Stichprobeverfahren erhoben werden.

IV. Die drei Forschungssektoren des Fachgebietes Waldinventur

Die Abteilung für Waldinventur in Reinbek unterscheidet drei Forschungssektoren, nämlich:

- Mathematische Statistik bei Inventuren;
- Auswertung von Luftbildern für Inventuren;
- Holzmess- und ertragskundliche Grundlagen für Inventuren.

Gestatten Sie mir, dass ich im folgenden aus jedem Sektor einige Probleme herausgreife, an denen wir z. Z. arbeiten beziehungsweise gearbeitet haben. Auf diese Weise erhalten Sie den besten Überblick über unsere Tätigkeit, und ich hoffe für meinen Teil aus der Diskussion durch die Kritik von Ihnen Anregungen für unsere weiteren Arbeiten mit nach Hause zu nehmen.

Besonders angeregt durch die Arbeiten des Engländers FINNEY, der wegen der Gefahr der Trendbildung die systematische Stichprobe für Waldinventuren ablehnt, haben wir uns mit Hilfe eines Modells mit diesem Problem beschäftigt. Der Modellwald bestand aus 1680 Kleinflächen von 0.06 ha Grösse, deren wahrer Wert sowohl nach Masse als auch nach Kreisfläche bekannt war.

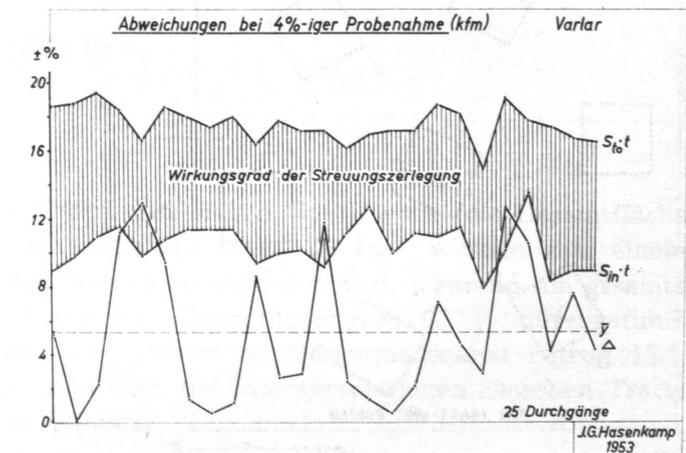


Abb. Nr. 1. Die Anwendung der Streuungserlegung bei systematischer Stichprobenverteilung.

Ich zeige Ihnen eine Abbildung aus der in meiner Abteilung gemachten Doktorarbeit von HASENKAMP über "Die Genauigkeit der systematischen Stichprobenahme bei forstlichen Vorratsinventuren" (Mitt. der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, Nr. 35 [1954]). Es handelt sich hier um ein Flächenaufnahmeprozent von 4 %. Der Modellwald war in Beständen zusammengefasst, so wie sie bei uns in Mitteleuropa vorkommen. Die Verteilung der Probeflächen (jeweils 4 % von 1680 = 67) erfolgte völlig systematisch, also Reihenabstand und Probeflächenabstand waren einander gleich. Das Graphikon zeigt zunächst die Abweichungen vom wahren Wert bei 25 verschiedenen Inventuren. Ferner zeigt es den Fehlerrahmen, welchen man bei Anwendung der zufälligen Probenahme ($t \cdot S_{\text{total}}$) erhalten würde. Es stellte sich heraus, dass bei der systematischen Probenahme, wie z. B. auch H. A. MEYER bereits feststellte, dieser Fehlerrahmen zu gross wird. Wir sind daher berechtigt, eine Analysis of Variance vorzunehmen, die hier mit ungleichen Blöcken, entsprechend den verschiedenen Beständen, durchgeführt wurde. Man sieht aus der graphischen Darstellung den Wirkungsgrad dieser Streuungszerlegung im Altersklassenwald und auch die Berechtigung ihrer Anwendung im Vergleich zum wahren Wert. Gleichmässig systematische Probenahmen zum Zwecke der Inventur von forstlichen Nachhaltsbetrieben sind daher meiner Ansicht statistisch voll gesichert.

Bei Grossrauminventuren haben wir es aus praktischen Erwägungen heraus mit einer ungleichmässig systematischen Probenahme zu tun. In Finnland hat man das Line Plot System, in Schweden neuerdings ein

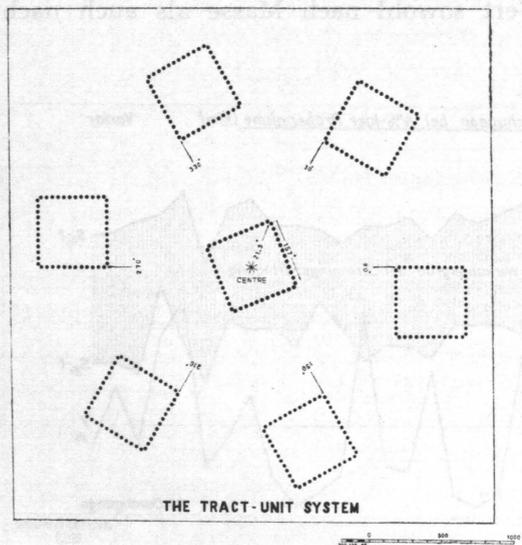


Abb. Nr. 2.

entsprechendes Tract System eingeführt. Wegen der Unzugänglichkeit des Geländes sind diese Systeme in den Tropen besonders bei Grossrauminventuren nur schwer anzuwenden. Man muss versuchen, von einem Camp aus eine möglichst grosse Waldfläche so zu inventarisieren, dass die Interkorrelationen zwischen den einzelnen statistischen Einheiten möglichst gering sind (LOETSCH: "A Forest Inventory in Thailand". Unasylva, Jg. 11, Nr. 4 [1957]).

Die Abbildung Nr. 2 zeigt eine Unit als Tagespensum eines Stabes aus sieben Crews. Ein Tract ist das Tagespensum einer Crew. Er besteht aus 48 Probeflächen von 0.05 ha, die im Abstand von 40 m zueinander ausgelegt und auf Tract-Seiten von 500 m Länge verteilt sind. Die Tract-Mittelpunkte sind etwa 1.2 km voneinander entfernt. Da ich 1956 noch keine statistischen Auswertungen über das thailändische Waldmaterial besass, habe ich eine solche Unit als statistische Einheit betrachtet. Die Unit bestand aus $7 \times 48 = 336$ Probeflächen je 0.05 ha = 16.8 ha aufgemessener Waldfläche.

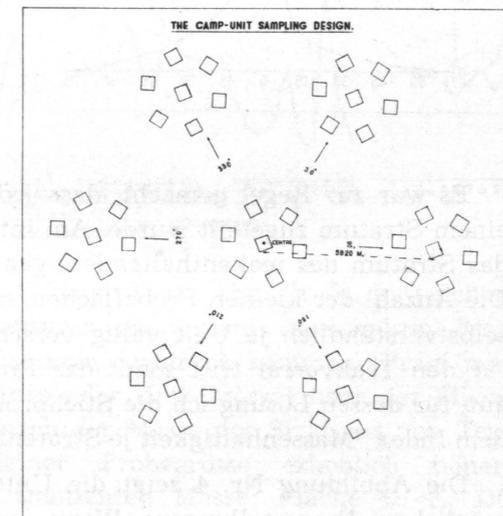


Abb. Nr. 3.

Das Camp war ein Cluster aus sieben Units, wobei die Gesamtfläche des Camps etwa 79 km² betrug. Diese 79 km² wurden mit einem Flächenaufnahmeprozent von 1.5 % aufgenommen, während die gesamte Inventur mit einem Flächenaufnahmeprozent von 0.1 % durchgeführt wurde. Das Verhältnis von Cluster zu Gesamtaufnahme betrug 15:1. Statistische Untersuchungen über die Interkorrelationen zwischen Tracts und Units laufen z. Z. in Reinbek.

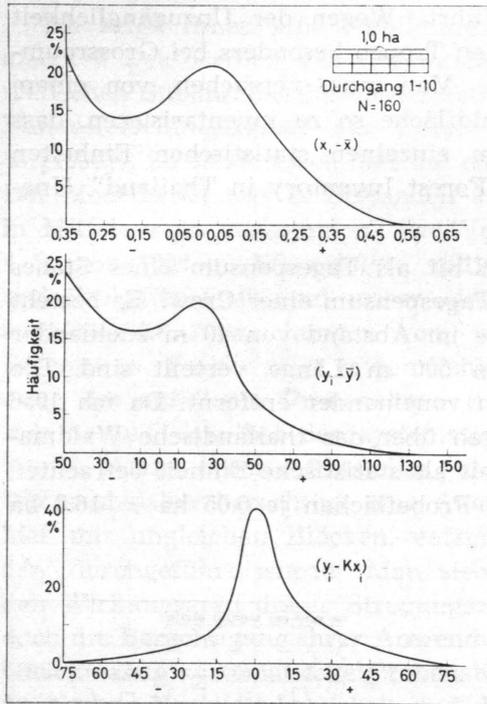


Abb. Nr. 4. Häufigkeitskurven für die verschiedenen Argumente bei statistischen Units, die unterschiedliche Stratenanteile haben.

Es war zur Regel gemacht, dass jede Probefläche von 0.05 ha Grösse einem Stratum zugeteilt wurde. Am interessantesten war in Nordthailand das Stratum des teakenthaltenden, gemischten, laubabwerfenden Waldes. Die Anzahl der kleinen Probeflächen, die in dieses Stratum fielen, waren selbstverständlich je Unit völlig verschieden. Bei der Fehlerberechnung für den Teakvorrat tritt somit das Problem der ungleichen Probegrösse auf, für dessen Lösung ich die Stichprobe nach dem Quotienten, also nach dem Index "Massenhaltigkeit je Stratenfläche", benutzt habe.

Die Abbildung Nr. 4 zeigt die Unterschiede zwischen den statistisch möglichen Fragestellungen: Wenn man ohne Berücksichtigung einer Stratifizierung je Unit nach dem Teakgehalt fragt (also bei flächenmässig gleicher Probeinheit), ergibt sich für die Abweichungen der Einzelbeobachtungen vom Mittelwert die Verteilungskurve $y_i - \bar{y}$. Fragt man nach dem Anteil des teaktragenden Areals, so ergibt sich entsprechend die Verteilungskurve $x_i - \bar{x}$. Für alle Fälle, in denen y_i oder x_i kleiner als die entsprechenden Mittelwerte sind, zeigt die Abszisse negative Werte, welche bei y_i oder $x_i = 0$ zum negativen arithmetischen Mittel werden. Fragt man hingegen nach dem Index

$K = \frac{\bar{y}_i}{\bar{x}_i}$, also dem Vorratswert je ha des teaktragenden Areals, so ergibt sich die Verteilungskurve $y_i - K \cdot x_i$.

Während die zwei erstgenannten Fragestellungen durch die grosse Anzahl der Units, welche kein Teak enthalten, eine Kurve ergeben, welche stark von der Gauss-Kurve abweicht, erhalten wir bei den Abweichungen $(y_i - K \cdot x_i)$ eine an die Normalverteilung angenäherte Verteilungskurve der Abweichungen mit dem Abszissenwert 0 als Kulminationspunkt und einer verhältnismässig niedrigen Streuung.

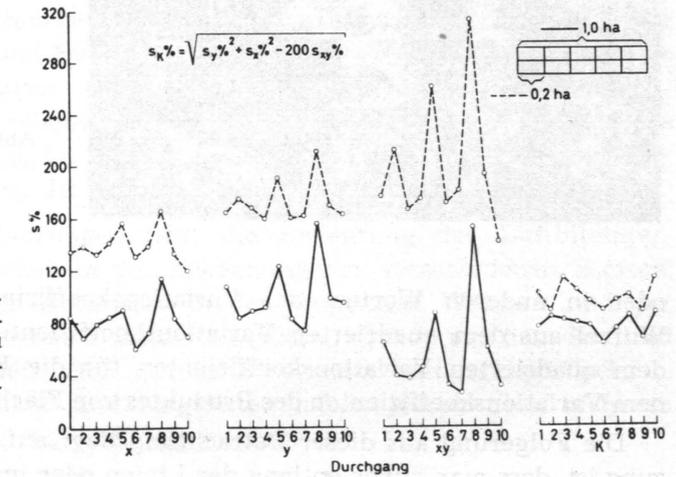


Abb. Nr. 5. Der Variationskoeffizient des Index im Vergleich zu den Variationskoeffizienten seiner Komponenten.

Wir haben daher einen Modellfall konstruiert (Abb. Nr. 5), in welchem anhand von 10 verschiedenen Inventuren, die wir mit dem wahren Wert vergleichen konnten, die Dinge klar zum Ausdruck kommen. Fragt man bei gleicher Probegrösse (Strip-Länge oder Unit-Grösse) nach der Fläche des Stratums von Teak (x) oder nach der Masse des Stratums von Teak (y), so ergeben sich bei kleiner Probegrösse erheblich höhere Variationskoeffizienten als beim Quotienten Masse: Fläche = K. Die Population xy, also Masse mal Fläche, haben wir noch beigefügt, weil sie bei der Berechnung der Streuung eine integrierende Rolle spielt. Erwähnt sei noch, dass die Formel mit den quadrierten Gewichten von LINDBERG sich leicht auf die Schreibweise der Formel von BERTIL MATÉRN (1948) oder jene der allgemeinen Quotientenstreuung von GRAF und HENNING umformen lässt. Alle drei Formeln lassen sich überführen in die einfache Form

$$s_K^{0/0} = \sqrt{s_Y^{0/0^2} + s_X^{0/0^2} - 200 \cdot s_{XY}^{0/0}}$$

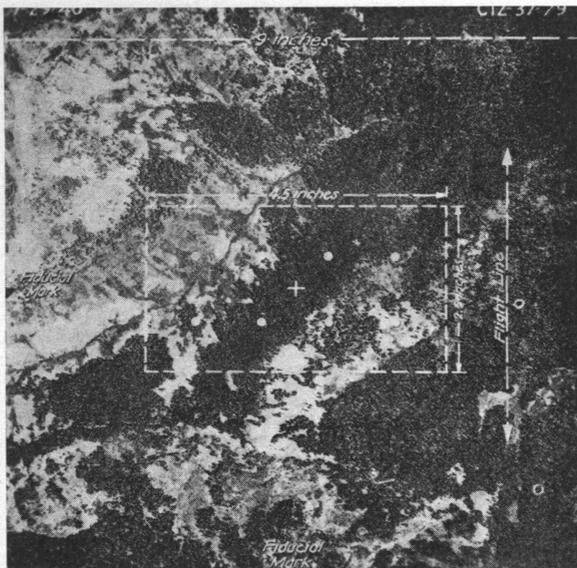


Abb. Nr. 6. Dot Grid System
nach WILSON.

oder in anderen Worten, der Variationskoeffizient des Index = die Wurzel aus dem quadrierten Variationskoeffizienten für die Masse plus dem quadrierten Variationskoeffizienten für die Fläche minus 200 mal dem Variationskoeffizienten des Produktes von Fläche und Masse.

Die Folgerung aus dieser Betrachtung liegt auf der Hand: Voraussetzung ist, dass man zuvor entlang der Linien oder im Cluster die einzelnen Probeflächen klar stratifizieren kann. Nach dem Quotienten Masse durch Stratenfläche fragend, erhält man ein günstigeres Streuungsverhältnis als fragend nach der Vorratshaltung einer gewünschten Holzart bei gleicher Probegrösse (Striplänge) oder auch nach der Flächenverteilung der ausgeschiedenen Straten. Die Nutzenanwendung dieser Erkenntnis bedeutet, dass man dann, wenn die wesentlichen Straten gut auf dem Luftbild erkennbar sind, die Erdprobenahme nur nach dem Index auswerten sollte. Die zum gesuchten Totalvorrat nötigen Stratenflächen erhält man durch ein geeignetes Stichprobeverfahren aus dem Luftbild mit einem weit geringeren Fehlerrahmen als dies durch terrestrische Linien- oder Clusterstichproben möglich ist. Diese aus den Erfahrungen der Waldinventur in den Entwicklungsländern gewonnene Erkenntnis kann auch bei Waldinventuren im europäischen Raum, wenn brauchbare Luftbilder vorhanden sind, Bedeutung erlangen.

Wir haben uns in Reinbek auch mit den Stichprobeverfahren zur Ermittlung von Stratenflächen aus dem Luftbild beschäftigt. Die Delineation, d.h. die absolute Interpretation aller Flächen der nichtüber-

lappten Teile eines Luftbildes zur Zusammenfügung einer Karte, kann wegen Zeitmangel in den Entwicklungsländern nur in wenigen Fällen stattfinden. Man muss sich deshalb eines Probenahmeverfahrens bedienen. WILSON schlägt hierzu das Dot Grid System in einer rechteckigen Verteilung um den Nadir vor.

Die Anzahl der Dots je Photo und im ganzen errechnet er nach der Formel für Merkmalshäufigkeiten und dem gewünschten Genauigkeitsgrad für das kleinste vorkommende Stratum.

Bei Luftbildern im Masstab 1:40 000 und kleiner ist das Tract Sampling vorzuziehen. Entlang der Umgrenzungslinien jedes Tracts werden die Seitenlängen der Straten gemessen. Als statistische Probe kann man die Seitenpaare Nordost und Südwest ansehen und die Analysis of Variance zur Anwendung bringen (LOETSCH: "Waldflächeninventur im Kleinprivatwald mit Stichprobenverfahren unter weitgehender Benutzung des Luftbildes". Forstarchiv, Jg. 26, Nr. 8 [1955]; LOETSCH: "A forest inventory in Thailand". Unasylva, Jg. 11, Nr. 4 [1957]).

Nach unseren Erfahrungen liegt die Bedeutung der Luftbildinterpretation im wesentlichen in der Erkennung der verschiedenen Straten. Informationen, die der Holzmasse in den tropischen Wäldern und der Verteilung der verschiedenen Holzarten gelten, können aus dem Luftbild aller Wahrscheinlichkeit nach nur sehr begrenzt herausgeholt werden. Untersuchungen hierüber sind eingeleitet, haben jedoch noch nicht zu einem praktisch auswertbaren Erfolg geführt.

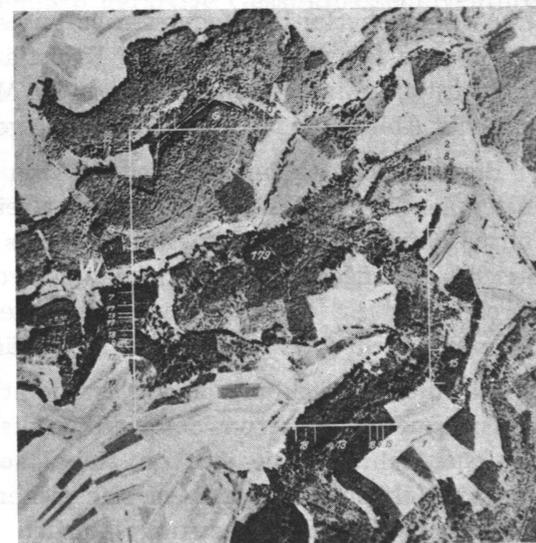


Abb. Nr. 7. Tract Sampling nach
LOETSCH.

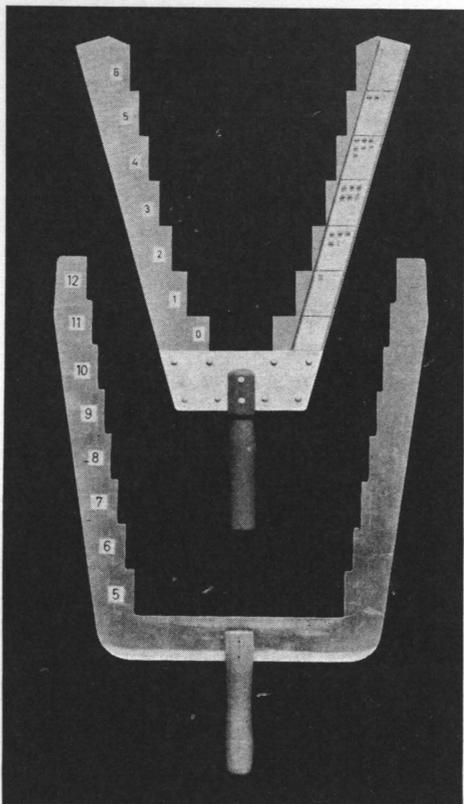


Abb. Nr. 8. Kreisflächenkluppen nach 1/4 Wannergewichten, nach LOETSCH.

Aus mancherlei Überlegungen heraus scheint es mir oft besser, bei der Messung in Brusthöhe direkt die Kreisfläche und nicht den Durchmesser zu ermitteln. Ein Instrument hierzu für Mangroven und *Acacia decurrens* ist in der Abbildung Nr. 8 zur Diskussion gestellt.

Bis zum Brusthöhendurchmesser von etwa 30 cm ermöglicht dieses Instrument die Ablesung in gleichen Kreisflächenklassen, die ein Kluppführer ohne Kenntnis des Zahlensystems auf dem Kluppschenkel durch Striche eintragen kann. Für Bäume von 30 bis 80 cm Brusthöhendurchmesser ist der Bitterlich Visiermesswinkel und für Bäume von 80 cm und mehr das Messband mit Kreisflächeneinteilung brauchbar.

Für die Entwicklungsländer erscheint es besonders wesentlich, dass Inventurmethode verwendet werden, die sich durch besondere Einfachheit auszeichnen. Die starken Hanglagen Indonesiens, die einen sehr grossen Höhenmessfehler nach sich ziehen, liessen es als wünschenswert erscheinen, die Höhenmessung gänzlich aus dem Spiel zu lassen und

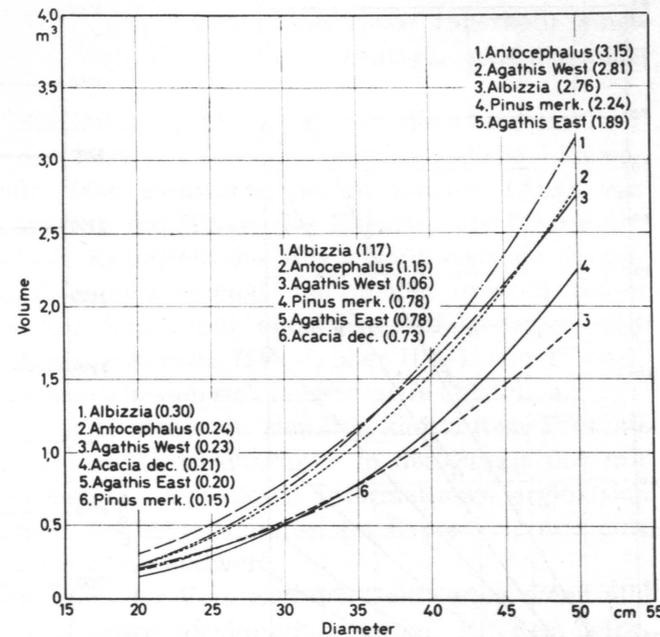


Abb. Nr. 9. Bestandsmittelstammtarife für indonesische Schnellwuchsholzarten.

nur noch mit dem Durchmesser zu arbeiten. Besonders für schnellwüchsige Holzarten, wie *Albizzia falcata*, *Antocephalus cadamba*, *Agathis loranthifolia* und *Pinus merkusii* stellte sich heraus, dass die KRENN'SCHEN Mittelstammtarife die bei weitem beste und praktischste Lösung darstellen.

Da es sich bei diesen Papierholzwäldern nur um die globale Erfassung der Holzmasse handelt, genügen derartige Gesamtmasseninventuren vollkommen.

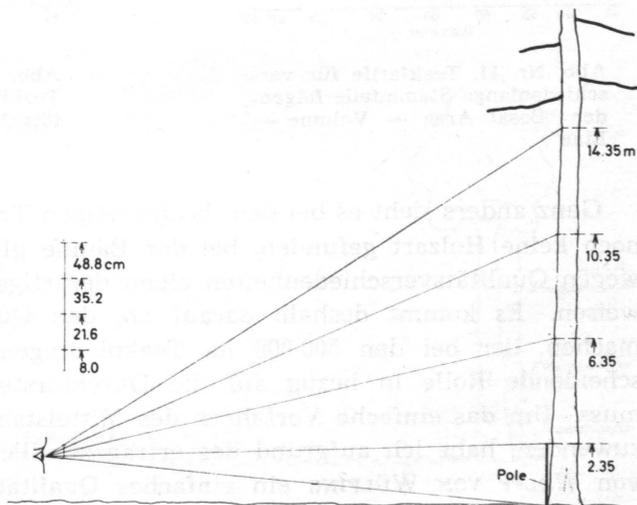


Abb. Nr. 10. Hilfsmittel zur einfachen Feststellung der Grenzlängen der 4 m-Abschnitte (Stockhöhe = 0.35 m).

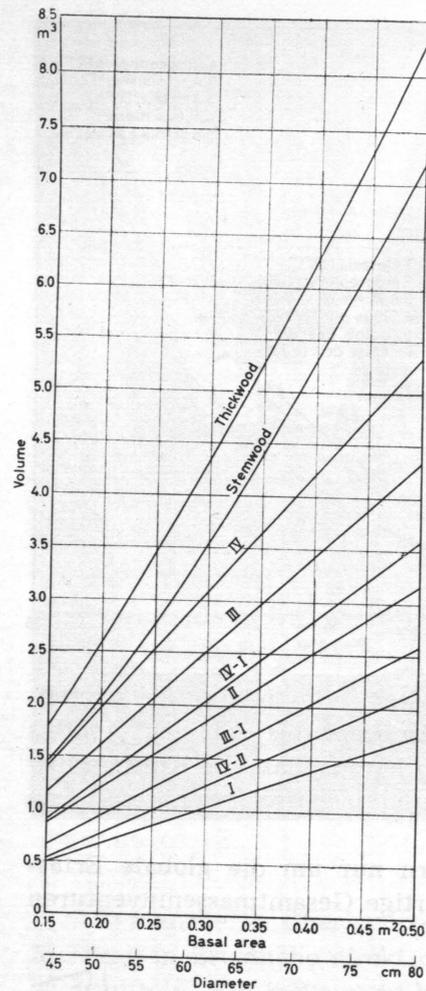


Abb. Nr. 11. Teaktarife für verschieden lange Stammteile folgender "Basal Area — Volume — Line".

Ganz anders sieht es bei dem hochwertigen Teak aus. Ich habe bisher noch keine Holzart gefunden, bei der Bäume gleicher Massendimension wegen Qualitätsverschiedenheiten einen derartigen Preisunterschied aufweisen. Es kommt deshalb darauf an, den Qualitätsgrad sichtbar zu machen, der bei den 500 000 ha Teakplantagen Indonesiens eine entscheidende Rolle in bezug auf die Durchforstung und Pflege spielen muss. Um das einfache Verfahren des Mittelstammtarifes auch hier anzuwenden, habe ich aufgrund der ertragskundlichen Forschungsarbeiten von WOLFF VON WÜLFING ein einfaches Qualitätsinventurverfahren auf

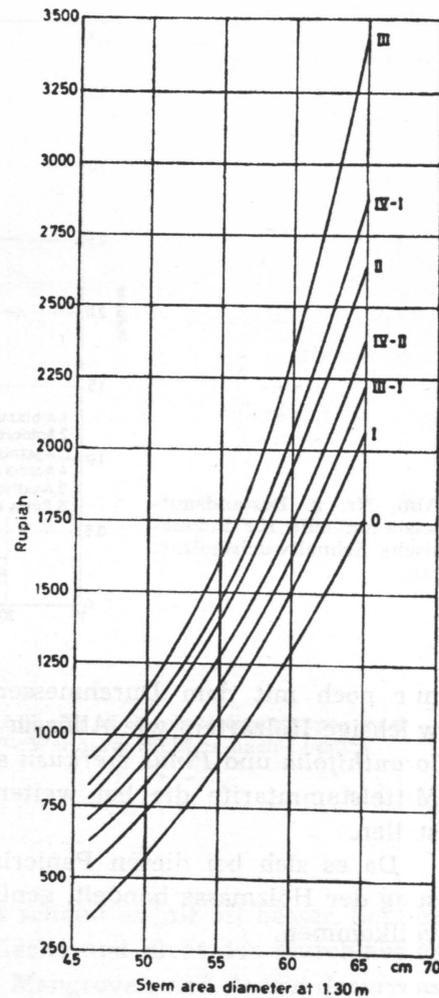


Abb. Nr. 12. Bruttopreise für Teakbäume verschiedener Qualitätsklassen.

Mittelstammbasis entwickelt. Von jedem Teakstamm innerhalb einer Probefläche wird nicht nur sein Durchmesser ermittelt, sondern auch seine Qualitätsklasse.

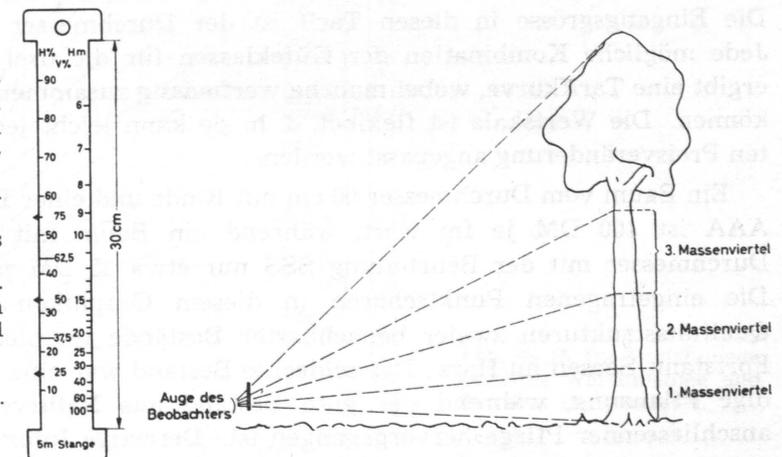
Es werden nur zwei Sortierungen unterschieden: Hochwertiges Holz von Exportqualität und der Rest. Der Stamm wird in gleiche Längsstücke von 4 m eingeteilt. Man stellt fest, bis zu welcher Länge von unten herauf der Teakstamm in die Klasse des Exportholzes hineinfällt. Das ergibt die Klassen 0—IV. Es besteht die Möglichkeit, dass ein Stamm in den oberen Teilen Qualitätsholz erzeugt und in den unteren Teilen nicht den Anforderungen für Exportholz entspricht, infolgedessen fällt er in die sogenannten Differenzklassen (IV—I, oder III—I oder IV—II). Für diese sieben Qualitätsklassen liessen sich Massentarife aufstellen.

Die Massen der sieben Tarife stehen in ziemlich konstantem Prozentverhältnis zur Masse des Tarifs III, so dass man in der Praxis nur mit diesem einen Tarif III auskommt. Aus diesen Informationen ergibt sich der prozentuale Massenanteil des Mittelstammes am Exportholz und eine Überführung der Gesamtmasse in Geldwert.

Aufschlussreich ist besonders der Vergleich des Geldwertes, wenn alle Stämme eine praktisch erreichbare Idealqualität hätten, mit dem wirklichen Zustand. Nach den bisherigen Preisen in Rupiah kann durch Qualitätsdurchforstung der Endnutzungswert um ein reichliches Drittel erhöht werden. Die Mittelstammtarife für Schnellwuchsholzarten wie auch für Teak sind ausführlich in meinem FAO Report No. 1281 "Application of Mean Tree Tariffs for the Further Development of Forest Management of the Plantation Forests" abgehandelt worden.

Eine baumweise Wertermittlung für die norddeutsche Buche ist in der in der Abteilung für Waldinventur erarbeiteten Dissertation von E.

Abb. Nr. 13. Der Christen'sche Höhenmesser ist am linken Rand ergänzt worden durch eine Höhenprozentkala. Da das Verhältnis $V:H\%$ nahezu konstant ist, können die Grenzen der Massenviertel (mittlere Skala) direkt aus $H\%$ gefunden werden.



HALLER durchgeführt worden ("Untersuchungen über die zahlenmäßige Erfassung des Wertes stehender Waldbäume am Beispiel der Rotbuche". Mitt. d. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, 1959, Nr. 43).

Die Praxis des Verfahrens ist folgendermassen: Der Stamm wird in Massenviertel (nach SPEIDEL) eingeteilt. Die für den deutschen Verkauf gültige Güteklassifizierung wird für jedes Massenviertel nach festgelegten äusseren Merkmalen ermittelt.

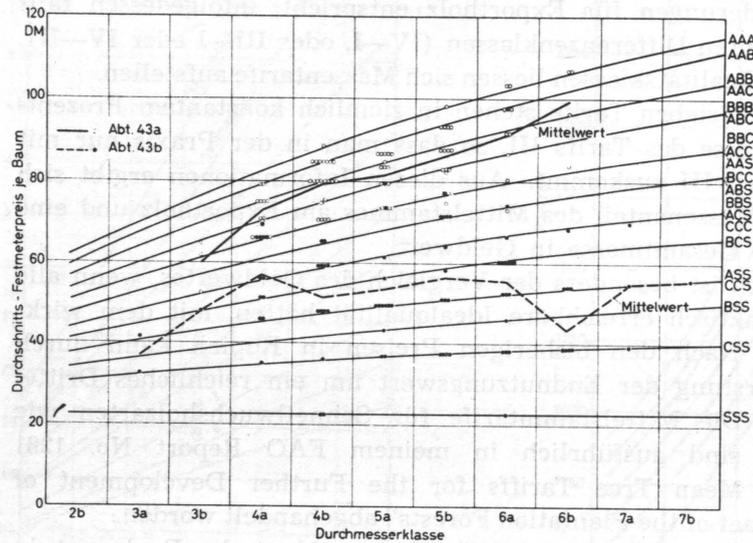


Abb. Nr. 14. Haller'scher Buchenwerttarif mit eingezeichneten Wertkurven zweier Bestände.

Die Abbildung Nr. 14 zeigt den Werttarif, den HALLER unter Zugrundelegung der Preise der letzten drei Jahre für den Einzelbaum fand. Die Eingangsgrösse in diesen Tarif ist der Durchmesser in Brusthöhe. Jede mögliche Kombination der Güteklassen für die drei Massenviertel ergibt eine Tarifkurve, wobei manche wertmässig zusammengelegt werden können. Die Wertskala ist flexibel, d. h. sie kann leicht jeder permanenten Preisveränderung angepasst werden.

Ein Baum vom Durchmesser 60 cm mit Rinde und einer Bewertung von AAA ist 100 DM je fm wert, während ein Baum mit dem gleichen Durchmesser mit der Beurteilung SSS nur etwa 25 DM je fm wert ist. Die eingetragenen Punktscharen in diesem Graphikon erläutern die Qualitätsstrukturen zweier benachbarter Bestände im niedersächsischen Fortstamt Seesen im Harz. Der schlechte Bestand war eine alte, weitständige Pflanzung, während der gute Bestand aus Naturverjüngung mit anschliessender Pflege hervorgegangen ist. Derartige Informationen über

den Wert des Holzvorrates ermöglichen der forstlichen Betriebswirtschaft und der Rentabilitätsberechnung, gut fundierte Kalkulationen durchzuführen. Jedoch auch der Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der Zuwachspflege mit dem Ziel der Wertholzerzeugung findet eine Stütze durch Informationen derartiger Qualitätsinventuren.

Die Abbildung Nr. 15 zeigt, wie mit Hilfe der Zuwachsbohrung der geldmässige Wertzuwachs eines Baumes und selbstverständlich auch jeder möglichen Gruppierung von Bäumen gefunden werden kann. Das Graphikon zeigt die Wertzunahme bei einem Durchmesserzuwachs von 1 cm. Eine Buche von 60 cm Durchmesser hat bei der Einheitshöhenstufe XIV eine Wertzunahme von 24 DM. Diese Zahl braucht nur multipliziert zu werden mit dem gefundenen jährlichen Durchmesserzuwachs. Beträgt dieser, wie es z. B. in den stark lichtgestellten Beständen des Sachsenwaldes bei Reinbek (Hamburg) der Fall ist, 0,8 cm, so ist die jährliche Wertzunahme dieses Baumes mit 20 DM zu veranschlagen. Hat der Baum nur die SSS-Qualität (Schwellen bzw. Brennholz), so nimmt er

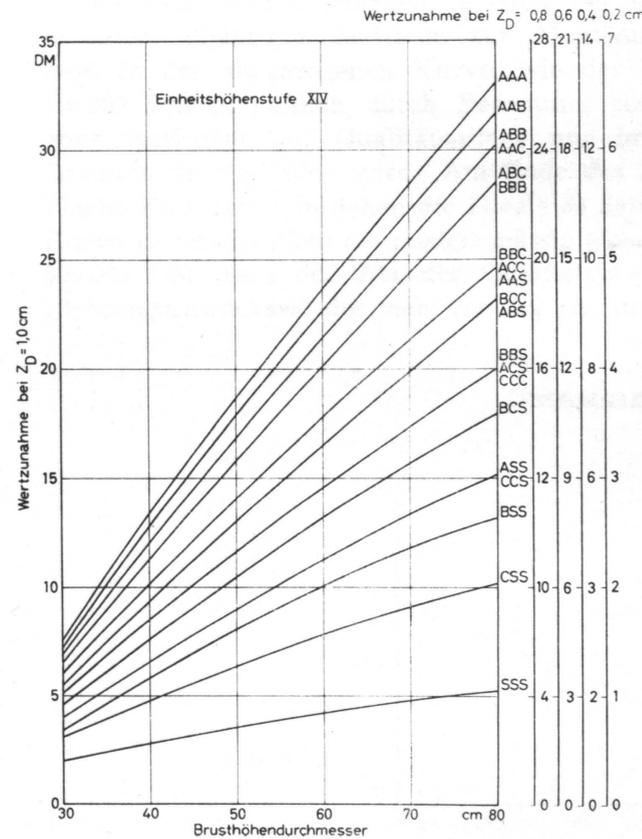


Abb. Nr. 15. Die Beziehungen zwischen Wertzunahme und Zuwachs in Brusthöhe.

pro Jahr etwas über 3 DM im Werte zu. Findet die Beerntung einzelstammweise statt, so ist eine derartige Methode eine Hilfe für den Praktiker, die ihm vor Augen führt, welche Zuwachsoffer er durch die Entnahme von Bäumen, die noch in hoher Wertleistung stehen, dem Waldkapital zufügt. Er wird seine Beerntung daher solange bewusst auf die schlechten Zuwachsträger konzentrieren, bis auch die guten Zuwachsträger ihre wirtschaftlich optimale Dimension erreicht haben und damit endgültig hiebsreif geworden sind.

V. Ergebnisse der Waldinventur als Unterlage für betriebswirtschaftliche, waldbauliche und forstpolitische Fragen

Zu welchen Konsequenzen ein derartiges Vorgehen in der Buche führt, die ja bekanntermassen die Eigenschaft besitzt, auch noch in hohem Alter auf Lichtstellung sofort mit einer erheblichen Durchmesserzunahme zu reagieren, zeigt die Abbildung Nr. 16.

Die Fragestellung eines Modellfalls (LOETSCH: "Lichtwuchs und Wertholzwirtschaft in Buchenalthölzern". Allg. Forstzeitschrift, Jg. 10, Nr. 20/21 [1955]) lautete wie folgt: Ein 400 ha grosser Altholzkomplex von normal geschlossenen Buchen im Alter 140 ist von der Forsteinrichtung in einem 45jährigen Zeitraum zur Abnutzung angesetzt. Das Modell zeigt in der ausgezogenen Kurve, wie der Wertzuwachs von jährlich 110 000 DM allmählich durch Beerntung abnimmt, wenn die Haulung ohne Rücksicht auf Qualitätspflege nur im Sinne einer räumlichen Ordnung durchgeführt wird. Am Ende des Zeitraumes stehen auf der Fläche Kulturen, von denen die älteste 44 Jahre alt ist. Die gestrichelte Kurve veranschaulicht die mengenmässig gleiche jährliche Beerntung von 300 000 DM nach der Art der Qualitätspflege unter Ausnutzung des Lichtungszuwachses, der sich von 0.2 cm im geschlossenen bis auf 0.8

Entwicklung des Wertzuwachses bei gleichem Erntewert (300000 DM)
(Abnutzungshieb auf 400 ha Buchenaltholz)

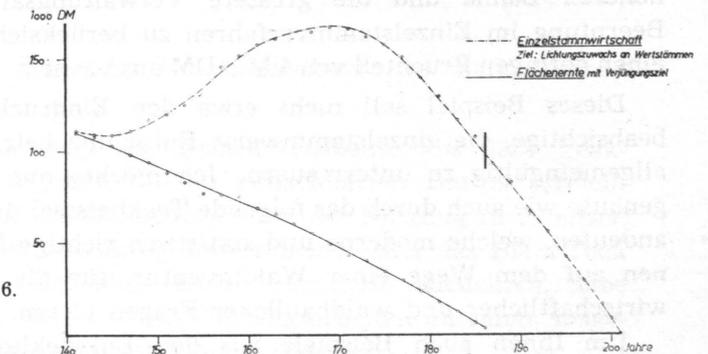


Abb. Nr. 16.

cm im lichten Bestand steigert. Am Ende der 45 Jahre leisten die in einer Stammzahlhaltigkeit von 30 bis 50 je ha in kleinen, sehr lockeren Gruppen über die Fläche verteilten Altbuchen noch immer wertmässig so viel wie das Buchenaltholz bei Ausgang des Versuches. Das Modell ist aus Inventurresultaten im Sachsenwald errechnet worden. Im Sachsenwald verjüngt sich die Buche ausserordentlich gut natürlich, so dass auf der ganzen Fläche Naturverjüngung vorhanden ist, deren älteste Gruppen etwa 30 Jahre alt sind.

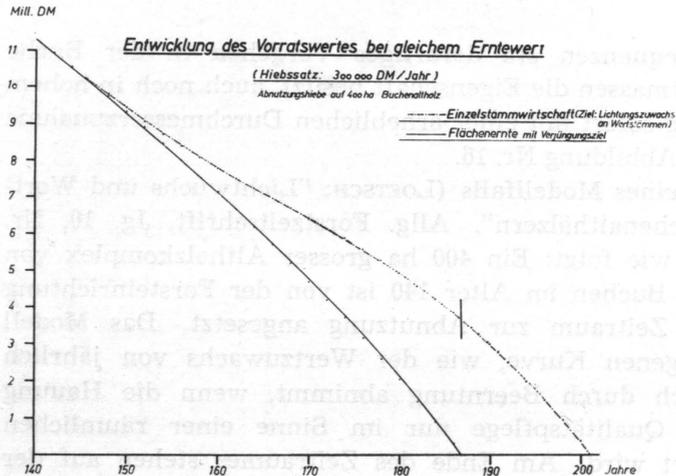


Abb. Nr. 17.

Die Abbildung Nr. 17 zeigt die entsprechende Entwicklung der Vorratswerte dieser zwei Waldbautechniken. Bei der Einzelstammwirtschaft sind nach 45 Jahren noch 4 Mio DM oder 26 % des Anfangskapitals vorhanden, also eingespart worden. Nimmt man an, dass die Kosten für die Verjüngung in beiden Fällen etwa gleich sind (dieses ist sehr zu Gunsten des saumweisen Verfahrens angenommen), so bleiben nur die höheren Löhne und die grössere Verwaltungsarbeit der qualitativen Beerntung im Einzelstammverfahren zu berücksichtigen, die jedoch nur einen geringen Bruchteil von 4 Mio DM ausmachen.

Dieses Beispiel soll nicht etwa den Eindruck erwecken, dass ich beabsichtige, die einzelstammweise Entnahme betriebswirtschaftlich und allgemeingültig zu untermauern. Ich möchte nur durch dieses Beispiel genauso wie auch durch das folgende Teakbeispiel die Möglichkeiten andeuten, welche moderne und statistisch richtige Informationen, gewonnen auf dem Wege einer Waldinventur, für die Beurteilung betriebswirtschaftlicher und waldbaulicher Fragen bieten.

Um Ihnen auch Beispiele aus den Entwicklungsländern zu geben,

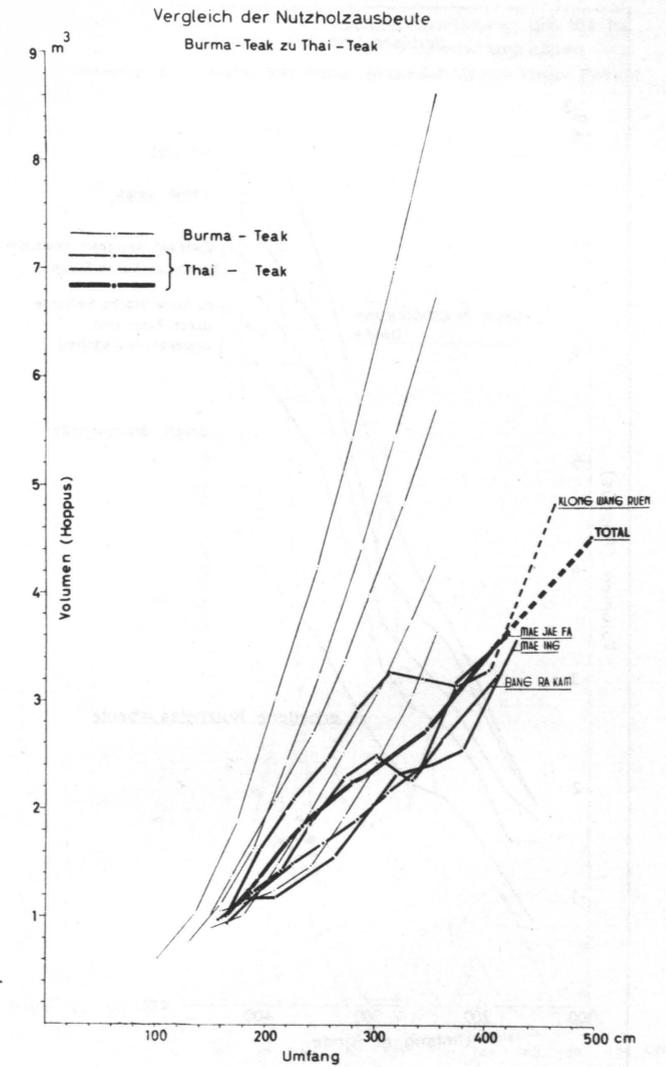


Abb. Nr. 18.

möchte ich zunächst die Frage der Nutzholzausbeute im thailändischen Teak kurz streifen.

Die Abbildung Nr. 18 zeigt die Nutzholzausbeute aus 4238 Teakstämmen im Vergleich zu jener, die im benachbarten Burma erreicht wird. Augenscheinlich war die thailändische Art der Nutzung zu extensiv, denn dimensions- und qualitätsmässig unterscheidet sich das Siam-Teak wenig vom Burma-Teak. Um diese Dinge näher zu beleuchten, habe ich im Zuge der Inventur dort, wo wir Fällungsarbeiten antrafen, insgesamt 532 Teakbäume sektionsweise aufnehmen lassen.

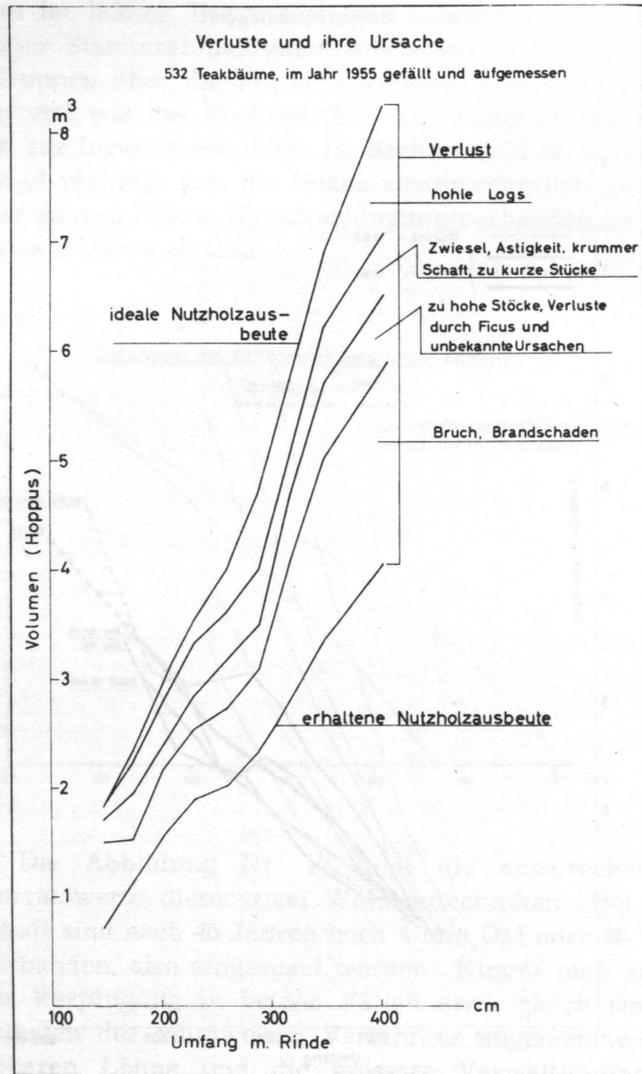


Abb. Nr. 19.

Die Abbildung Nr. 19 zeigt die erhaltene Nutzholzausbeute im Vergleich mit der theoretisch möglichen. Das Mittelfeld zwischen diesen beiden Kurven ist hinsichtlich seiner Gründe für die Nutzholzunutzbarkeit analysiert worden, und es stellte sich heraus, dass den Hauptteil die zerbrochenen und verbrannten Teakstämme ausmachten. Der Grund hierfür lag darin, dass Teak vor der Fällung geringelt wird. Die Bäume sterben dadurch ab, werden trocken und sind flössbar. Lässt man die Bäume, wie es in Thailand besonders in letzter Zeit geschah, weit länger als die vorgeschriebenen zwei Jahre stehen, so trocknen sie so stark

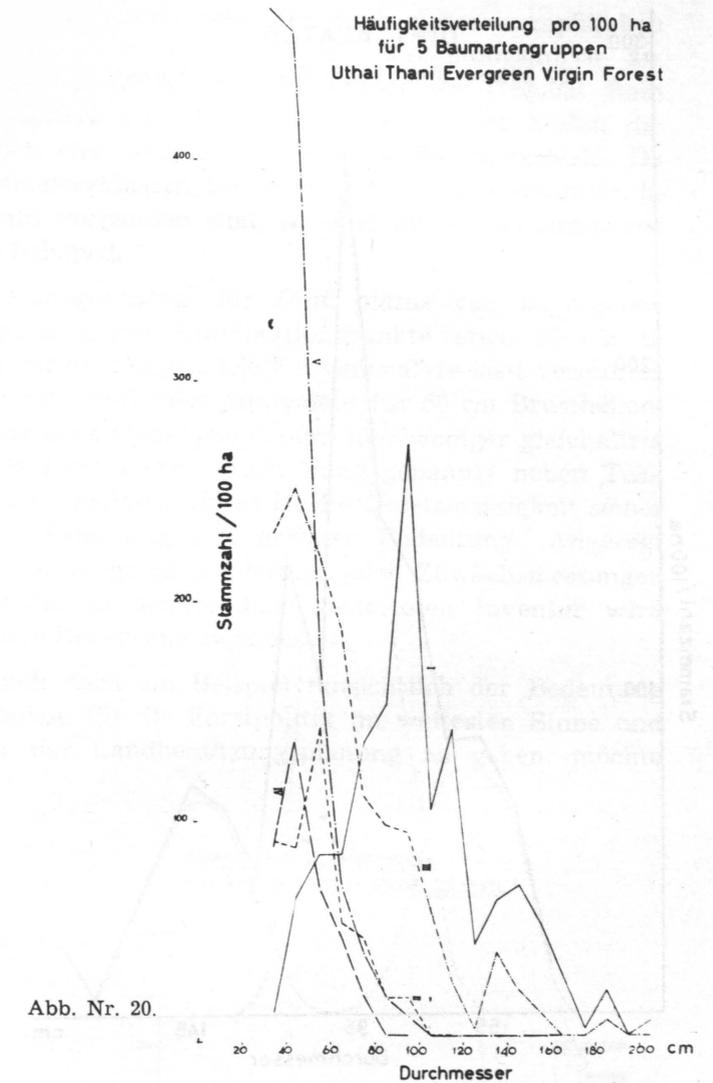


Abb. Nr. 20.

aus, dass sie oft beim Fällen zerbrechen. Ausserdem verbrennen die Bäume bei den jährlich über den Wald hinweggehenden Bodenfeuern. Die Waldinventur stellte also klar heraus, woran der Schaden lag. Durch richtige Organisation der Arbeit könnten mehrere Millionen Tical pro Jahr an Reineinnahmen mehr erzielt werden.

Auch für den Waldbau möchte ich ein Beispiel aus den Entwicklungsländern geben. Bei der Waldinventur fallen die Durchmesserverteilungskurven der verschiedenen Holzarten eines Waldtyps automatisch an.

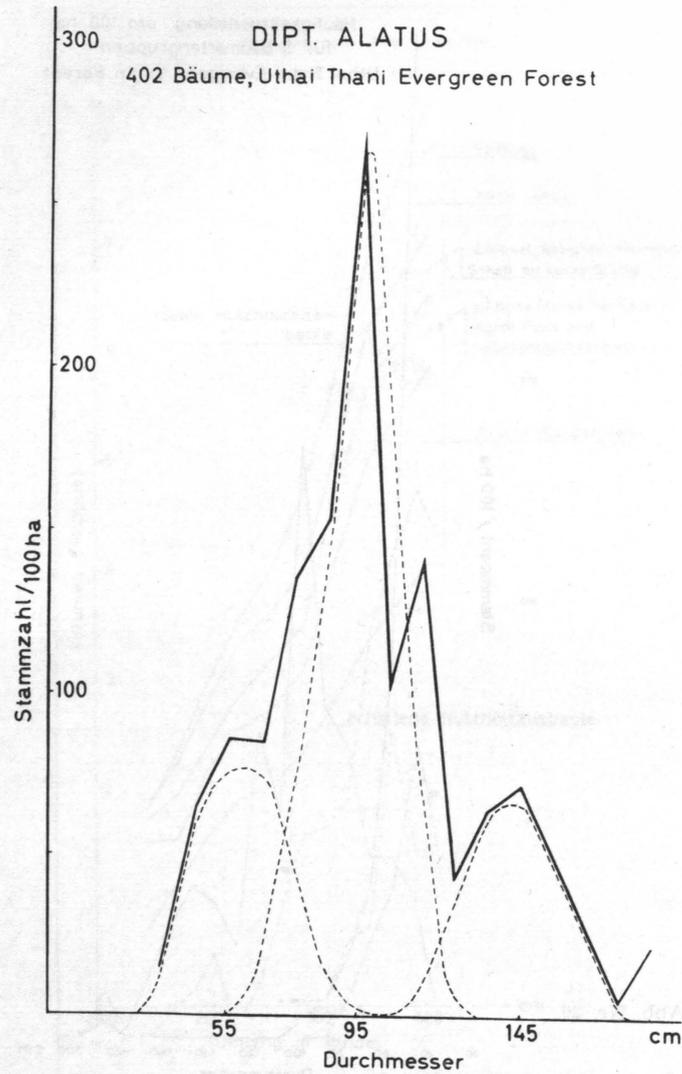


Abb. Nr. 21.

Die Abbildung Nr. 20 zeigt die Verteilungskurven im Tropical Rain Forest von Thailand (Loetsch: "Inventory Methods for Tropical Forests". FAO Report No. 545 [1957]), der bekanntlich in drei Etagen gegliedert ist. Die obere Etage wird von Dipterocarpaceen (hier *Dipt. alatus*) und einigen *Hopea odorata* gebildet. Auffällig ist, dass diese obere Etage eine mehr oder weniger glockenförmige Verteilungskurve bildet, d. h. schwache Bäume unter 40 cm Brusthöhe sind fast nicht vorhanden. Besonders merkwürdig war, dass auch Keimlinge und Jungpflanzen im geschlossenen Urwald so gut wie nicht angetroffen wurden.

Die mittlere Etage gleicht sich sehr der auch unter europäischen Verhältnissen im Urwald bekannten I-shaped Verteilungskurve an. Nebenbei erwähnt liegen diese Dinge ganz anders im Tropical Rain Forest von Sumatra, Malaya und Nordborneo. Auch dort bilden die Dipterocarpaceen, jedoch eine andere Art, das oberste Stockwerk. Da Bäume in allen Durchmesserklassen bis zu den Sämlingen herunter in ausreichend grosser Zahl vorhanden sind, ist dort die Verteilungskurve aller drei Baumklassen I-shaped.

Nimmt man eine Kurvenanalyse für *Dipt. alatus* vor, so ergeben sich drei Mischkollektive, deren Kulminationspunkte etwa 50 cm in Brusthöhe voneinander entfernt liegen. Die Kurvenanalyse lässt vermuten, dass bei *Dipt. alatus* in dem zeitlichen Äquivalent für 50 cm Brusthöhen-durchmesser jeweils eine neue Generation mehr oder weniger gleichaltrig herangewachsen ist. Da *Dipt. alatus* (auch Yang genannt) neben Teak der zweitwichtigste Baum Thailands ist, so ist die Gesetzmässigkeit seiner Verjüngung und damit Erhaltung von grösster Bedeutung. Angeregt durch diese ersten Inventurergebnisse werden jetzt Zuwachsmessungen durchgeführt, und bei der in diesem Jahr gestarteten Inventur wird diesem Problem besondere Bedeutung zugemessen.

Um zum Schluss auch noch ein Beispiel hinsichtlich der Bedeutung der Waldinventurergebnisse für die Forstpolitik im weitesten Sinne und ihre Verknüpfung mit der Landbenutzungsplanung zu geben, möchte

FOREST LAND CLASSIFICATION
(AREA ABOVE 1000 M. ABOVE SEA LEVEL)

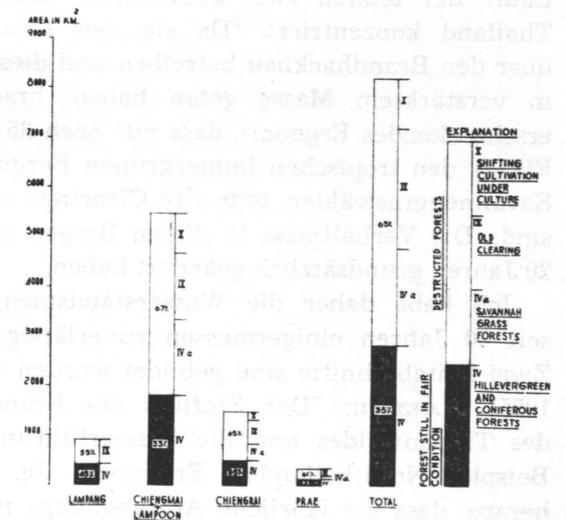


Abb. Nr. 22.

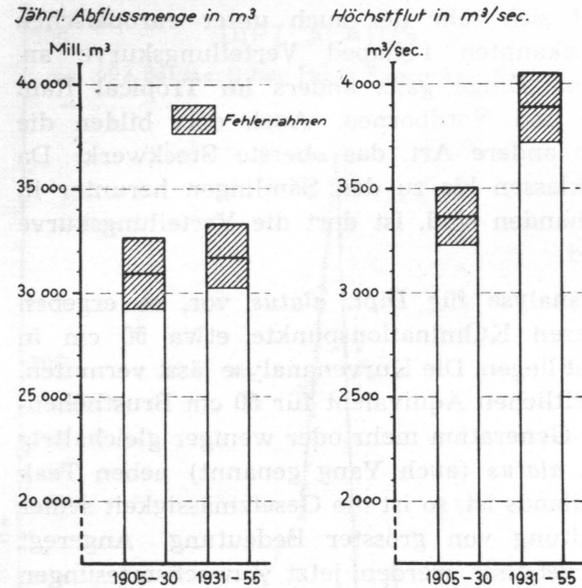


Abb. Nr. 23.

ich den Einfluss der Entwaldung auf die Wasserführung des thailändischen Hauptstromes Mae Nam Chao Praya aufzeigen.

Die Abbildung Nr. 22 zeigt das Ergebnis der Luftbildinterpretation im sog. zweiten Stockwerk Thailands, dem Areal über 1000 m Seehöhe. In diesem Gebiet leben völkerkundlich hochinteressante, nomadisierende Bergstämme (Akha, Meau usw.), die noch auf einer steinzeitlichen Kulturstufe stehen. Durch die Unruhen in China und Burma haben sich im Laufe der letzten zwei Jahrzehnte diese Stämme ganz besonders auf Thailand konzentriert. Da sie den Fruchtanbau nur auf dem Wege über den Brandhackbau betreiben und dies im Laufe der letzten 20 Jahre in verstärktem Masse getan haben, brachte die Luftbildinventur als erschreckendes Ergebnis, dass nur noch 35 % der ehemals vollbewaldeten Fläche den tropischen immergrünen Bergwald trägt, während 65 % teils Savannengraswälder, teils alte Clearings oder Shifting Cultivationflächen sind. Die Verhältnisse in diesen Bergen müssen sich also in den letzten 20 Jahren grundsätzlich geändert haben.

Ich habe daher die Wasserstandsmenge am Pegel in Chainat, die seit 50 Jahren einigermaßen zuverlässig kontrolliert wird, untersucht. Zwei Zeitabschnitte sind gebildet worden (von 1905 bis 1930 und 1931 bis 1955) (LOETSCH: "Der Einfluss des Brandrodungsbaus auf das Gefüge des Tropenwaldes und die Wasserführung der Ströme, untersucht am Beispiel Nordthailands". Erdkunde, Jg. 12, Nr. 3 [1958]). Es stellte sich heraus, dass die jährliche Abflussmenge in diesen beiden Jahresgruppen

sich nicht signifikant voneinander unterschied, d. h. grundsätzliche Änderungen in den Niederschlägen haben nicht stattgefunden. Ganz anders jedoch war es mit der Höchstflut. Die Erhöhung der Spitzenflut in der letzten Jahresgruppe um 15 % ist kein Zufallsergebnis, sondern kann nur auf die völlig veränderten Waldverhältnisse im Einzugsgebiet der Berge zurückgeführt werden. Der Bergwald hält das Wasser nicht mehr zurück wie früher. Der Anteil des Oberflächenwassers, welcher direkt nach dem Regen zu Tal strömt, ist wesentlich gestiegen. Da für die grosse Reiskammer nördlich Bangkoks das Wasser des Mae Nam Chao Praya der entscheidende Faktor ist, hat die Wasserregulierung für Thailand grösste wirtschaftliche Bedeutung. Genau so wie die Höchstfluten zunehmen, ist auf der anderen Seite auch eine zeitliche Zunahme der Niedrigwasserstände zu verzeichnen. Um die Reiskultur zu sichern, muss die Forstpolitik entscheidend eingreifen. Ich war bei meinem letzten Besuch (im Nov. 1960) in Bangkok besonders erfreut zu hören, dass aufgrund dieser Ergebnisse von 1957 nunmehr für die Sesshaftmachung der Nomadenstämme in Bangkok ein eigenes Ministerium gegründet worden ist.

VI. Schlusszusammenfassung

Vor 29 Jahren habe ich in meiner Promotionsschrift vorgeschlagen, dass sämtliche forstlichen Fachdisziplinen sich nur und allein als angewandte Wissenschaften auf den praktischen Forstbetrieb — ich nannte es damals Einzelwirtschaftssystem — auszurichten hätten (LOETSCH: "Die Gestaltsidee des forstlichen Einzelwirtschaftssystems". Bückeberg, Verlag Prinz 1932). Der Kern dieser erkenntnistheoretischen Betrachtungen ist mir bis zum heutigen Tagen wesentlich geblieben. Er spiegelt sich wieder in der Zielrichtung des Fachgebietes Waldinventur. Die richtig angesetzte Waldinventur vermag sowohl für den einzelnen Nachhaltsbetrieb als auch für grössere administrative oder national gegliederte Räume Informationen über die zahlenmässig fundierte Beurteilung aller wesentlichen, den Begriff Forstwirtschaft allgemein beinhaltenden Fragen zu geben. Es kommt nur darauf an, das Fischernetz der Inventur, wenn ich den Vergleich einmal machen darf, so zu knüpfen, dass die Fische aller gewünschten Grössenordnungen darin gefangen werden können. Die Forschung und Arbeit an der Methodik der Waldinventur ist auch mit jener zu vergleichen, die etwa der Röntgenspezialist zur Verbesserung der Herstellung von Röntgenapparaten vornimmt. Wie der Röntgenarzt die Technik seiner Apparatur verstehen muss, so muss er als Arzt auch imstande sein, die aus den Röntgenbildern zu erkennenden Diagnosen klar zu stellen. Genauso muss der Forstingenieur, der z. B. in den Entwicklungsländern das System der für die Fragestellungen des Landes passenden Inventur entwickelt und durchführt, nicht nur ein Techniker etwa in der Statistik oder der Luftbildinterpretation sein, sondern er muss auch imstande sein, das Inventurergebnis nach allgemein forstwirtschaftlichen (Forest Management), betriebswirtschaftlichen, waldbaulichen und forstpolitischen Aspekten auszuwerten, so dass der volle Nutzen aus der geleisteten Arbeit gezogen werden kann. Ich glaube daher, nicht zu viel zu behaupten, wenn ich feststelle, dass die Ergebnisse einer statistisch wohlfundierten Waldinventur die Grundlage für den gesamten Komplex forstlicher Planungen in allen wesentlichen forstlichen Disziplinen darstellt.