Wie messen wir Holz in Zukunft?

Autor(en): **Höfle, H.H.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **124 (1973)**

Heft 3

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-767426

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Wie messen wir das Holz in Zukunft?[1]

1. Teil

Oxf.: 52

Von *H. H. Höfle*

(Aus der Professur für Forsteinrichtung der ETH-Zürich)

1. Einleitung

Wenn wir über die Messung des Holzes reden, denken wir wohl zuerst an den *Waldarbeiter,* der das Stammholz mit Kluppe, Messstock oder Zirkel vermisst und die Ergebnisse anschreibt oder der das Industrieholz sauber in Sterbeigen aufsetzt. Dann tritt der *Revierförster* vor unsere Augen, der das Holz zusammen mit dem Haumeister und einem weiteren Waldarbeiter aufnimmt, also numeriert, kontrolliert, kubiert, die Güte beurteilt und alle Daten in eine Liste einträgt. Diese «Holzliste» wird noch häufig ins Reine geschrieben und an das Forstamt weitergegeben. Nach dem Eintreffen der Holzliste auf dem *Forstamt* folgt eine Serie von Berechnungen und Verbuchungen, die vom Kaufvertrag bis zur Einschlagsstatistik reichen. Schliesslich misst der *Käufer* das Holz ein weiteres Mal — eventuell sogar mehrfach — für die Zwecke der Eingangskontrolle und der Produktionsplanung.

Diese Bemerkungen zeigen, dass bei einer Diskussion über die Messung des Holzes der reine Messvorgang nicht isoliert behandelt werden kann, sondern dass man sich auch Gedanken machen muss über:

— die Grösse, die gemessen wird,
— die Methode und den Aufwand bei ihrer Ermittlung und
— alle folgenden Kontrollen, Verwendungen, Verbuchungen und erneuten Bestimmungen dieser Grösse.

Dies ist um so wichtiger, als die Messung des Holzes viele *Informationen* für den *Forstbetrieb* liefert, wie Abbildung 1 zeigt: so zum Beispiel die Grundlagen für die Entlohnung und die Überprüfung des Naturalertrags.

[1] Erster Teil der ungekürzten Fassung eines Vortrags in den Forst- und Holzwirtschaftlichen Kolloquien der ETH-Zürich am 8. 1. 1973. Die Fortsetzung folgt in der April-Nummer.

An dieser Stelle möchte ich zugleich allen Praktikern und Forschern in der Schweiz, der Bundesrepublik, der CSSR und den USA danken, die die Fragen der Holzmessung mit mir diskutierten und mir halfen, das Problem von möglichst vielen Seiten zu beleuchten.

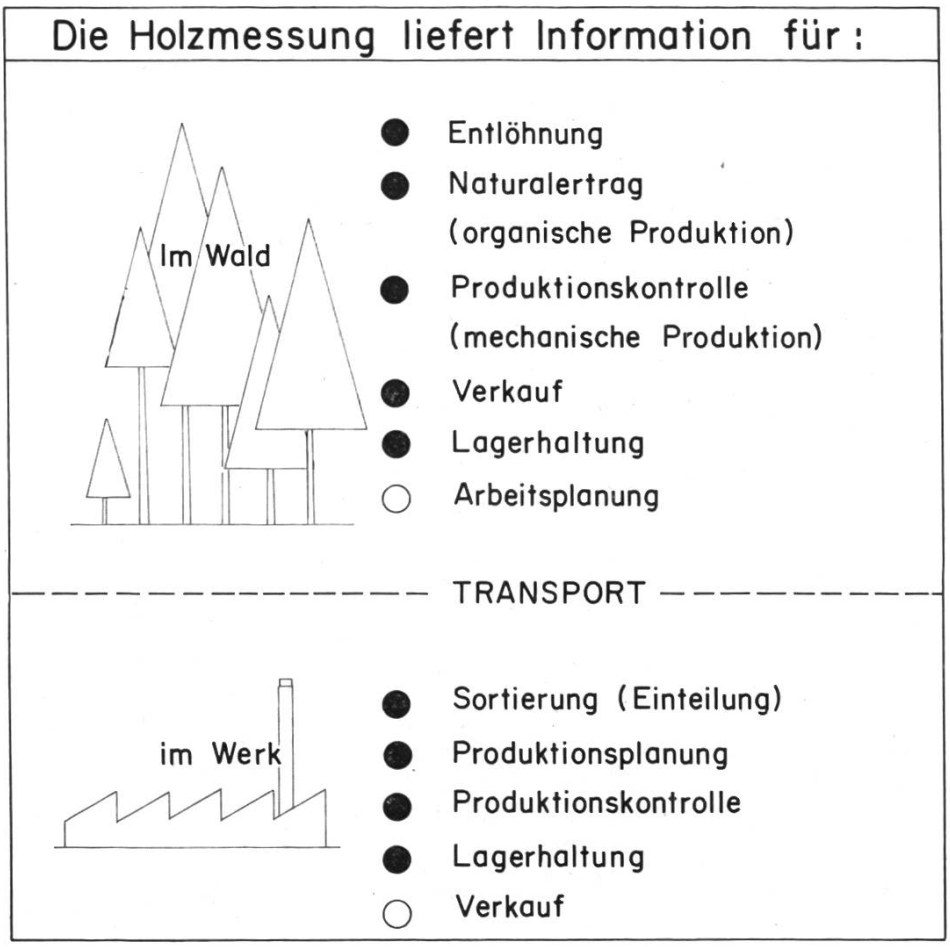

Abbildung 1. Die Vermessung des Holzes liefert zahlreiche Informationen für die Forstbetriebe, die Transportunternehmer und die holzbearbeitenden und -verarbeitenden Betriebe.

Wichtige Kennziffern der mechanischen Produktion, zum Beispiel der Arbeitsaufwand pro fm, beruhen auf der Holzmessung. Der Kaufvertrag enthält Angaben über die verkaufte Menge. Wir müssen wissen, wieviel Holz im Walde liegt, und schliesslich wird die rechtzeitige Messung des Holzes für die optimale Gestaltung der Arbeitsplanung immer wichtiger.

Die Verwendung der Messdaten reicht aber über den Bereich der Forstwirtschaft hinaus: Der *Transportunternehmer* rechnet nach der transportierten Holzmenge ab, und auch der *Käufer* verwendet die Mengenangaben für die Einteilung des Holzes, die Produktionsplanung und -kontrolle, die Lagerhaltung und den Verkauf.

Die Beschaffung, Übertragung und Verarbeitung von Informationen ist teuer: auch bei der Holzmessung, wie aus den Werten der ersten Spalte der Abbildung 2 hervorgeht. Diese Spalte enthält den *Aufwand* für die Vermessung des Holzes bei der heute im Walde allgemein üblichen Messmethode. Die Werte, in Franken pro fm, entsprechen nur groben Mittelwerten. Bei der Vermessung von Schwachholz und der Aufarbeitung von Industrieschichtholz erreichen sie zum Beispiel wesentlich höhere Beträge.

Aufwand für die Holzmessung									
"Kostenstelle"		Messung i. Wald			Gewichts-	Messung i. Werk			Stehend-
		normal	Beleg	Kluppe	messung	integriert	z. Teil int.	nicht int.	messung
Entlöhnungs- grundlagen		!	!	!	!	—	(!)	(!)	–
Waldarbeiter:									
Messung	ca.	2·—	=	=	–	–	<	<	–
Aufnahme	ca.	0,50	=	≤	–	–	<	<	–
Revierförster	ca.	2,50	<	<	–	–	<	<	–
(Forstmeister)		!							
Forstamtsbüro	ca.	3,00	<	<	<	<	<	<	<
Werk (Kontrolle, Einteilung, ohne Verbuchung)	≥	2,50	=	=	≤	≤	≤	=	≤
Summe	≥	10,50	<	<	<	<	<	<	<

Abbildung 2. Der Aufwand für die Beschaffung der Entlohnungsgrundlagen, die Messung des Holzes durch den Waldarbeiter, die Aufnahme durch den Revierförster, die Kontrolle durch den Betriebsleiter, die Verwaltungs- und Verbuchungsvorgänge des Forstamtsbüros und die Kontrolle und Einteilung im Werk ist in Franken pro Festmeter (nach Durchschnittswerten, die in Baden-Württemberg ermittelt wurden) für das bisher übliche Verfahren der Holzmessung im Walde quantifiziert. Bei den anderen Vermessungsmethoden lassen sich die bei den einzelnen Schritten der Vermessung genannten Aufwendungen teilweise, der Gesamtaufwand auf jeden Fall verringern. Da die Angabe absoluter Zahlen jeweils die genaue Darstellung der im einzelnen zugrundeliegenden Annahmen erfordert hätte, wurde darauf verzichtet.

Zunächst entstehen von Fall zu Fall unterschiedliche Kosten für die Beschaffung der Entlohnungsgrundlagen. Der Waldarbeiter benötigt im Durchschnitt aller Hiebe eines Forstamts etwa 6 bis 8 Minuten, um das Holz für 1 fm auszulängen, zu vermessen, einzuteilen und zu kennzeichnen (46)[2]. Zusammen mit dem Aufwand für die Holzaufnahme ergibt dies etwa einen Betrag von Fr. 2.50 pro fm. Der Aufwand von rund Fr. 2.50 pro fm für den Revierförster entspricht den Anteilen an der Arbeitszeit, die im Staatswald Baden-Württemberg für die Holzaufnahme und die Holzlistenschreibung ermittelt wurden (9, 46). Ähnliches gilt für die Summe der Verwaltungs- und Vertriebskosten in Höhe von Fr. 3.50 pro fm (8, 46).

Dem Betrag im Werk von Fr. 2.50 pro fm liegt schliesslich ein Sägewerk mit einem jährlichen Einschnitt von 10 000 fm zugrunde, in dem ein Arbeiter für die Eingangskontrolle des Holzes und die Rundholzeinteilung zuständig ist. Zu diesem Betrag kommen dann noch die Aufwendungen für die mit der Holzmessung zusammenhängenden Buchungsvorgänge im Werk.

[2] Das Literaturverzeichnis wird mit dem zweiten Teil dieses Aufsatzes in der April-Nummer publiziert.

Der gesamte Aufwand in der Höhe von 10 bis 12 Franken pro fm erscheint angesichts der Summe der Einschlags-, Rücke- und Transportkosten gering. Sicher werden die Kosten der Vermessung allein keine Revolution der Holzernte einleiten. Wohl zwingen uns aber neue Methoden der Holzernte dazu, nach moderneren und rationelleren Verfahren der Holzmessung zu suchen: denn, wo messen wir das Holz beim Einsatz von Entastungsmaschinen? Lohnt es sich, Rohschäfte, die in ganzer Länge auf einen zentralen Aufarbeitungsplatz gebracht werden, vorher genau nach der Langholz(Heilbronner)-Sortierung zu vermessen, obwohl sie auf dem zentralen Platz ganz anders ausgehalten werden? Ist es schliesslich zu vertreten, das Holz für die Entlohnung ein erstes Mal stehend zu messen, nach dem Einschlag ein zweites Mal und bei der Ankunft im Werk ein drittes Mal?

Dazu sind seit der Entwicklung unserer gewohnten Vermessungsverfahren (siehe Abbildung 3) die Arbeitskräfte knapp und teuer, das Holz ist im

Umstände der Vermessung		
	früher	heute und in Zukunft
Arbeitskräfte	billig zahlreich	teuer knapp
Holzernte	lokal Handarbeit	auch zentral mechanisiert
technische Mittel	Kluppe und Bleistift	Elektronik und Computer
Arbeitsplanung	kurzfristig	längerfristig
Holz	relativ wertvoll	relativ billig
Einzelstamm	wichtig	weniger wichtig
Lossgrösse	klein	relativ gross
Kontrolle	vollständig	Stichprobe
Reviere	klein	gross
Funktion des Waldes	primär Rohstoff	Rohstoff und andere

Abbildung 3. Ein Vergleich der vergangenen und heutigen Ausgangslage für die Holzmessung zeigt, dass wir nach moderneren und rationelleren Vermessungsverfahren suchen müssen und — aufgrund der technischen Fortschritte — auch können.

Vergleich dazu relativ billig geworden, statt über Kluppe und Bleistift verfügen wir über die Elektronik und den Computer, die Holzernte wird immer mehr konzentriert, die Identifizierung des Einzelstammes verliert an

Bedeutung, die Kontrolle begnügt sich mit Stichproben, die Reviere vergrössern sich, und die Ansprüche an den Wald nehmen zu.

Diese Situation verlangt eine kritische Prüfung der gewohnten und die *Suche nach neuen Vermessungsverfahren* mit dem Ziel, nicht nur die Kosten zu senken, sondern auch den Informationsfluss zu vereinfachen und zu beschleunigen, die Mitarbeiter im Revier, im Forstamtsbüro und im Werk von Routinearbeit zu entlasten und die Einführung moderner Holzernteverfahren zu erleichtern.

2. Messgrössen, deren Genauigkeit, Umrechnungszahlen und Preisfindung

Zunächst ist zu fragen, welche *Messgrösse* eigentlich am Holz interessiert. Bisher verwenden wir die Bezugseinheiten *fm, rm* — oder Ster — und *Stück* (siehe Abbildung 4) und ergänzen diese Informationen durch Angaben

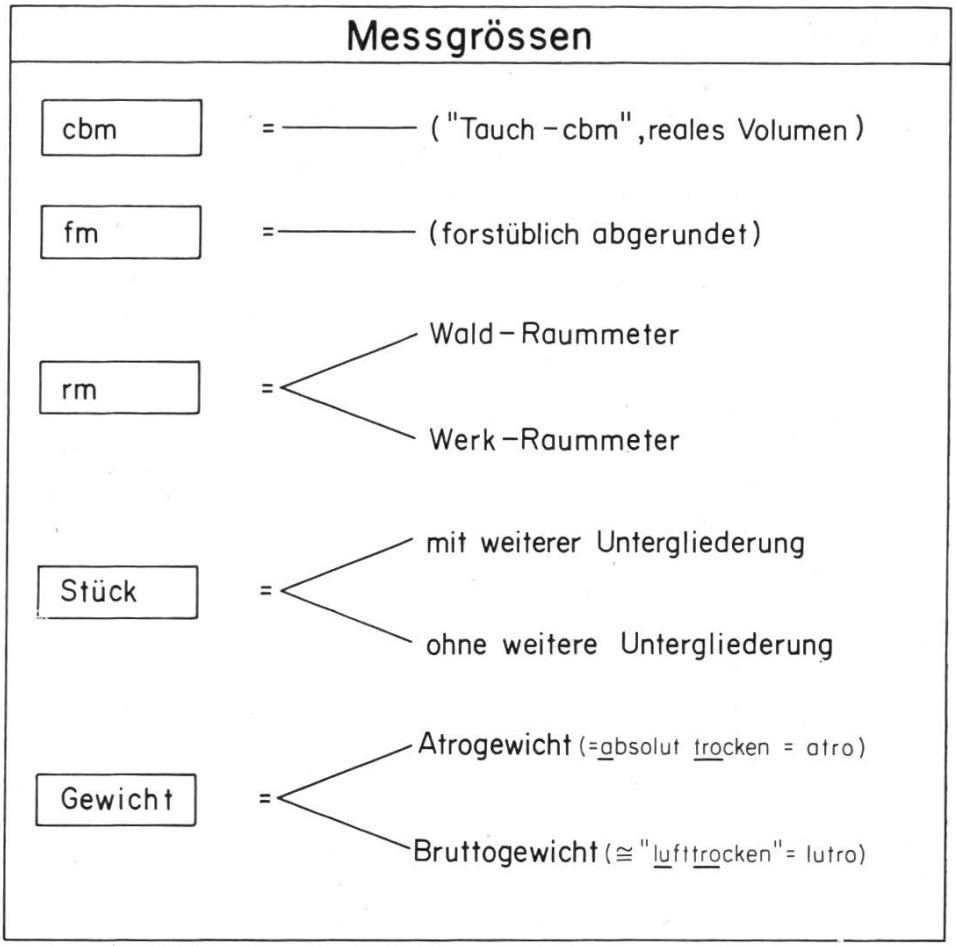

Abbildung 4. Die wichtigsten Bezugseinheiten für die Messung des Holzes. (Es ist darauf hinzuweisen, dass mit Festmeter das forstübliche Mass, mit Kubikmeter das exakte Mass bezeichnet wird.)

über die Dimensionen und Qualitäten des Holzes. Beispiele für diese Angaben sind die verschiedenen Dimensionsklassen der Stangen oder die Güteklassen des Stammholzes.

Die Erwähnung der Dimensionen und Qualitäten, das heisst der Sortierung, verlangt eine Zwischenbemerkung: Im Grunde können wir die Messung und die Sortierung des Holzes nicht trennen. Trotzdem wird im folgenden in erster Linie die Vermessung behandelt, weil sie bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Sortierung ist oder — anders ausgedrückt —, weil eine Messmethode verschiedenen Sortierungsbestimmungen gerecht werden sollte.

Neuerdings treten zu den genannten Messgrössen das *Gewicht* des Holzes, der exakte *Kubikmeter* der elektronischen Vermessung oder der Stehendmessung und die *Messung* des Holzes *in Rinde.*

Der *Festmeter* — in der Schweiz allgemein als Kubikmeter bezeichnet — entspricht dem Ergebnis der forstüblichen Vermessung des Holzes. Dank den Messvorschriften — Abrundung, Vernachlässigung von Beulen und Krümmungen, Anwendung der Huberschen Formel für die Kubierung usw. — zeigen die Messergebnisse weniger Holz an, als tatsächlich vorhanden ist. Bei der elektronischen Vermessung werden dagegen alle Beulen, Krümmungen usw. mitgemessen, sofern sie nicht, was ebenfalls möglich ist, ausgeschaltet werden. Das Ergebnis dieser exakten Vermessung des Holzes bezeichnen wir im folgenden als *Kubikmeter.* Beim Wiegen des Holzes werden alle Beulen, Krümmungen, Zugaben usw. voll erfasst. Dazuhin wird jeweils auch ein bestimmter Anteil Wasser mitgewogen. Denn — stark vereinfacht — besteht Holz, wie wir es im allgemeinen vorfinden, aus Holzsubstanz und Wasser. Der Wassergehalt sinkt vom waldfrischen über das waldtrockene zum lufttrockenen Holz. Wegen des Wassergehalts erhalten wir beim Wiegen des Holzes zunächst das *Bruttogewicht,* das parallel zum Atrogewicht häufig, sogar in der Forst-HKS (50), als *«lutro»-Gewicht* bezeichnet wird, obwohl das Holz in den wenigsten Fällen gerade lufttrocken ist. Bestimmt man den Wassergehalt des Holzes, die Holzfeuchte, und zieht das Gewicht des Wassers vom Bruttogewicht ab, so erhält man das *Gewicht der absolut trockenen Holzsubstanz,* kurz als *«atro»-Gewicht* bezeichnet.

Bei der *Stehendmessung* kann schliesslich je nach den verwendeten Hilfsmitteln, Tafelwerken und Rechenprogrammen entweder der — forstübliche — *fm* oder der — exakte — *Kubikmeter* bestimmt werden.

Interessant ist eine Betrachtung der *Fehler,* mit denen wir die einzelnen Messgrössen ermitteln können. Ein Blick auf Abbildung 5 zeigt zunächst, dass wir alle anderen Grössen als *fm* und *rm* mit einem geringeren Fehler ermitteln können.

Der Fehler bei der Messung des *fm* (62, S. 89 f.) beträgt, als Summe aller Fehler, also zum Beispiel des Abrundungsfehlers, des Formfehlers und des Kreisflächenfehlers, —2 bis —8 % (dieser Fehler ist also in der Regel negativ). Bei der elektronischen Vermessung kann das Holzvolumen dagegen exakt bestimmt werden.

Es ist schwierig, eine allgemeingültige Fehlergrösse für das Raummass anzugeben, denn diese variiert mit den Holzarten (krumm oder gerade), der Holzdimension, dem Übermass und der Arbeitsqualität. Für den Festgehalt eines *Wald-Raummeters* hat *Dietz* (14) in einem Versuch bei der Buche eine mittlere Abweichung um den Mittelwert von ± 4,7 % festgestellt. Da dies der einfachen Streuung entspricht, muss mit einem maximalen Fehler von etwa 14 % gerechnet werden. In grösseren Einzugsgebieten ist der Fehler sogar noch grösser. Bei der Vermessung des Raummasses auf dem LKW *(Werk-Raummeter)* konnte Dietz (14) für die Fichte einen (einfachen) Fehler von ± 5,6 %, bei der Buche von ± 5,4 % feststellen.

Wenn der Gehalt an absolut trockener Holzsubstanz über das Raummass hergeleitet wird, ist bei der Fichte mit Fehlern von ± 7 %, bei der Buche von ± 6,6 % zu rechnen (14). Der Fehler verringert sich bei der Feuchtebestimmung einer jeden Liefe-

rung nach der von Dietz (14) vorgeschlagenen Methode der Gewichtsmessung bei der Buche auf ± 4,3 %, bei der Fichte auf ± 4,7 % und wird damit geringer als der Fehler des Festgehaltes beim Raummass. Beim Verzicht auf die Feuchtebestimmung einer jeden Lieferung und der Anwendung eines durchschnittlichen Feuchtegehaltes für das ganze Jahr muss bei der Fichte unter den augenblicklichen Liefergewohnheiten mit einem Fehler von ± 10 %, bei der Buche von ± 5,3 % gerechnet werden (14).

Fehler der Holzmessung

Messgrösse Messverfahren	Fehlerursache bzw. Messmethode	Fehlergrösse %
fm	Summe aller Fehler	-2 bis -8
rm	Beisp. Buche 0,589 bis 0,728 cbm	± 4,7
Trockengehalt (Gewicht)	Fichte: über rm	± 7
	mit Feuchtebestimmung	± 4,7
	ohne Feuchtebestimmung	± 10
	Buche: über rm	± 6,6
	mit Feuchtebestimmung	± 3,4
	ohne Feuchtebestimmung	±5,3 bzw. ±4,3 *
cbm (elektronische Vermessung)	Summe aller Fehler	< ± 1
cbm (oder fm) (Stehendmessung)	Probestammverfahren	± 1 bis 2
	Massentafelverfahren	im Extremfall ± 6, in der Regel kleiner
	Tarifverfahren	je nach Tarif
	Mittelstammtarife	wie Massentafelverfahren, eventuell grösser

* bei einem (± 5,3%) oder zwei (± 4,3%) Durchschnittswerten pro Jahr für den Wassergehalt

Abbildung 5. Der nach den üblichen — oder gesetzlichen — Vermessungsvorschriften ermittelte forstübliche Festmeter weist in der Regel einen negativen Fehler auf, das heisst, es ist mehr Holz vorhanden, als die Messresultate angeben. Bei den übrigen Messgrössen (Raummass, Gewicht, exakter Kubikmeter) oder bei der Stehendmessung kann der Fehler positiv oder negativ sein. Da die bei diesen Messgrössen angegebenen Fehler der einfachen Streuung entsprechen, muss im Extremfall mit dem dreifachen Fehler gerechnet werden. (Die Quellen für die Fehlerangaben sind im Text genannt.)

Die Verfahren der Stehendmessung ermöglichen schliesslich, den Fehler je nach dem Verfahren und dem Messaufwand auf ± 1 bis ± 2 % zu reduzieren (siehe Abschnitt 4.4).

Die *Genauigkeit* entscheidet jedoch nicht allein über die Anwendung einer Messmethode, wie noch gezeigt wird. Hier ist zunächst wichtig, dass der fm dank der von der Kubierungsformel abweichenden Stammform, der forstüblichen Abrundung usw. und der rm mit — im Falle des fm negativen, im Falle des rm positiven oder negativen — Fehlern der Holzmasse in der

Grössenordnung von ± 5 % und mehr behaftet sind. Diese Information ist in jedem Lehrbuch über die Holzmesskunde nachzulesen und jedem Käufer oder Verkäufer eines rm oder fm Holz so bekannt, dass sie beim Abschluss eines Kaufvertrags gewissermassen stillschweigend anerkannt und damit Bestandteil des Kaufvertrags wird. Die *Preise* werden also auf der Basis ungenauer Messgrundlagen ausgehandelt. Ferner kennen wir die Substitution des Industrieholzes durch schwaches Stammholz oder der Schwellen durch das Industrieholz, obwohl die Umrechnung von rm in fm mit einem durchschnittlichen Faktor, der sogenannten *Umrechnungszahl,* nicht genau und der exakte Paritätspreis einer bestimmten Holzmenge oder konkurrierender Sorten somit eine Fiktion ist.

Daraus folgt: Die Preisfindung setzt keine einheitliche und keine absolut genaue Messgrösse voraus. Ferner kann der Paritätspreis für eine neue Messgrösse gefunden werden, indem man zwar eine möglichst genaue Umrechnungszahl ermittelt, indem man aber zugleich weiss, dass diese Umrechnungszahl nicht bei jedem Verkauf zutrifft. Der Preis wird sich nach einer kurzen Übergangszeit — wenn genügend Erfahrungen gesammelt sind — auch hier wieder auf der Basis aller direkten (über Holzmenge und Qualität) und indirekten Informationen (über Fehler und Übermass) einspielen.

Trotz dieser Situation wäre es vorteilhaft, wenn man beim Holz immer nur dieselbe Grösse messen könnte. Nun ist die Messung des Holzes aber kein Selbstzweck, sondern sie hat sich nach der jeweiligen *Verwendung des Holzes* zu richten, das heisst vor allem

— nach der Verwendung für Zellstoff, Papier und Spanplatten, bei denen der Gehalt an absoluter Holztrockensubstanz entscheidend ist, und
— nach den Verwendungszweigen, die den Vorteil der räumlichen Ausdehnung des Holzes, sein Volumen, nutzen.

Nach den Arbeiten von Dietz (14, 15, 16) in der BRD und Erfahrungen in den USA, Kanada und Skandinavien wissen wir, dass sich die Gewichtsmessung zumindest zur Bewertung des Holzes für den ersten Verwendungszweck eignet. Bei der zweiten Verwendung ist unter den hiesigen Verhältnissen wohl auch weiterhin ein Verfahren zur Volumenbestimmung des Holzes notwendig.

Dies bedeutet, dass wir vorerst noch mit *mindestens zwei Messgrössen* rechnen müssen. Daher wird der Wunsch nach Faktoren für die Umrechnung des einen Masses in das andere, nach *Umrechnungszahlen,* bestehen bleiben. Nun gibt es aber für das Holz als inhomogenen biologischen Rohstoff praktisch keine Umrechnungszahl, die überall gültig bzw. ohne Einschränkung übertragbar ist. Aufgabe der Forschung ist zwar, eine möglichst gute Umrechnungszahl zu finden. Sie wird aber nicht in jedem einzelnen Fall zutreffen. Angesichts dieser Schwierigkeiten sollten sich die Marktpartner auf diese Zahl, auch wenn sie nicht absolut exakt sein kann, einigen, wie es

auch in der Vergangenheit geschehen ist, und sie allen Holzverkäufen zugrunde legen. So haben die Marktpartner bisher gehandelt. Es ist nicht einzusehen, warum dies nicht auch in der Zukunft — wenn auch mit andern Messgrössen — möglich sein sollte.

3. Anforderungen an die Holzmessung

Diese Feststellungen scheinen mir deshalb wichtig, damit wir nicht plötzlich an moderne Messmethoden Massstäbe anlegen, die wir in der Vergangenheit nicht angewendet haben, oder Probleme bei der Preisfindung sehen, die bisher nicht bestanden. Weiter sollten sie darauf hinweisen, dass wir nicht die maximale, sondern die *optimale Genauigkeit* anstreben, wie es in Abbildung 6 illustriert ist. Dazu kommt, dass die Genauigkeit nicht das allei-

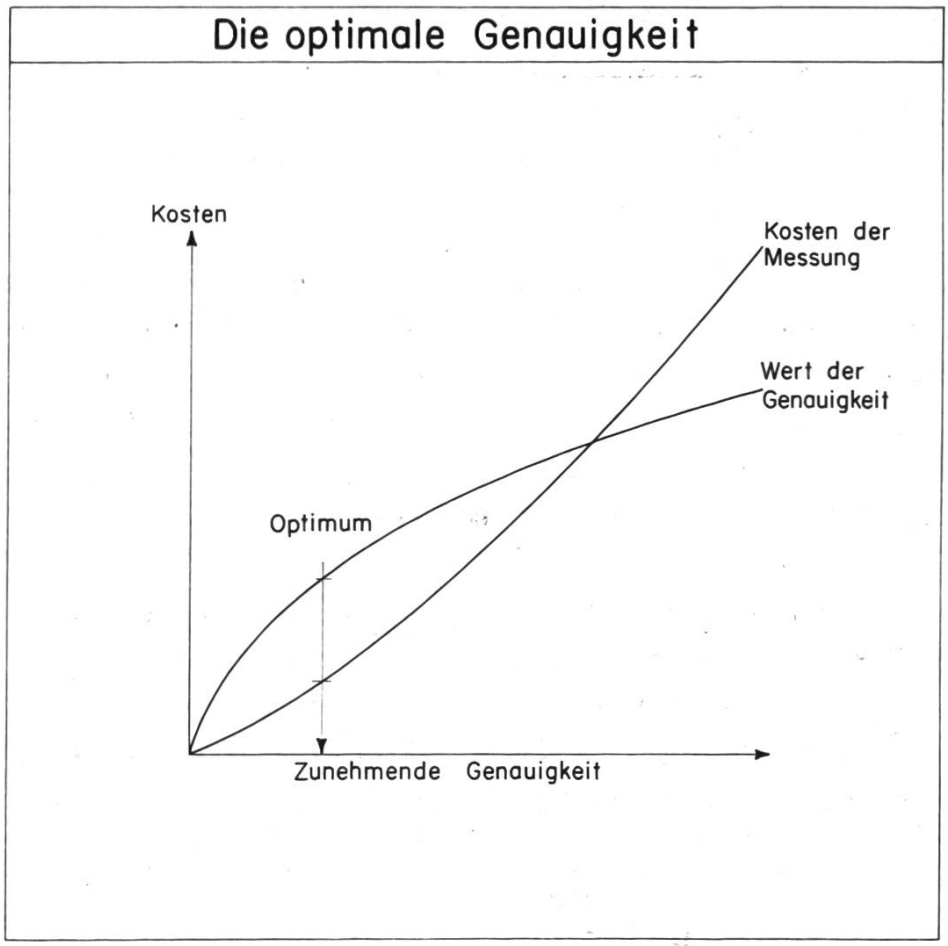

Abbildung 6. Die optimale Genauigkeit der Holzmessung ist dann erreicht, wenn die Differenz zwischen dem Wert der Genauigkeit und den Kosten der Messung am grössten ist oder — im Sinne der Marginaltheorie — wenn die Kosten für die Steigerung der Genauigkeit dem Wert dieser Steigerung entsprechen.

nige Kriterium für die Wahl des besten Messverfahrens ist. Vielmehr treten dazu *weitere Anforderungen,* die in Abbildung 7 jeweils mit einem kurzen Schlagwort gekennzeichnet sind:

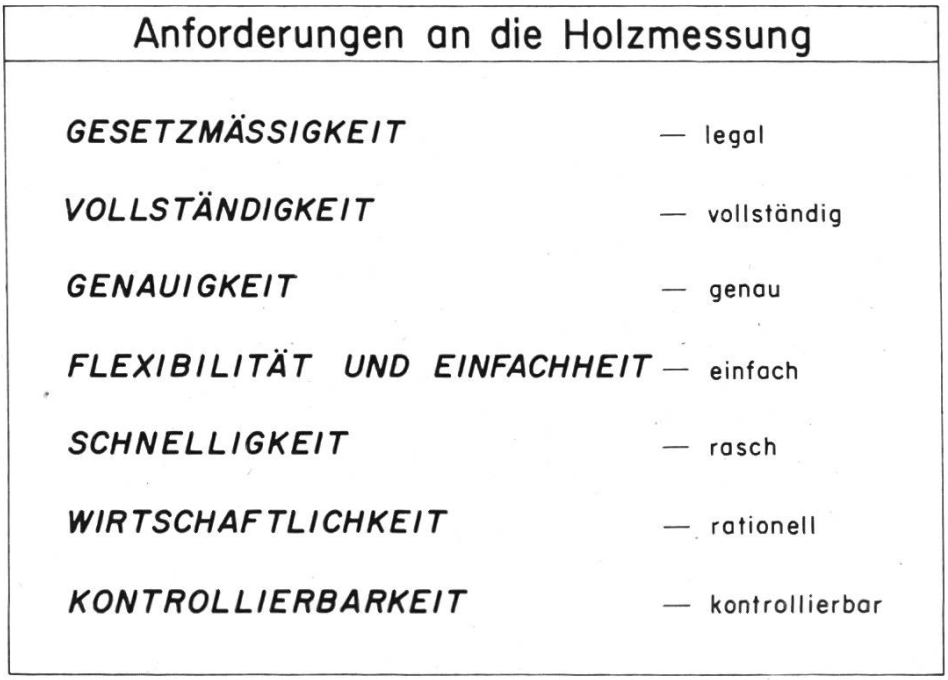

Abbildung 7. Bei der Suche nach dem optimalen Verfahren der Holzmessung sind diese Kriterien zu beachten (siehe dazu auch Abbildung 9).

— Die Messmethode muss allen gesetzlichen Vorschriften für die Holzmessung, dem Vertragsrecht und — bei staatlichen Forstbetrieben — dem Haushaltsrecht genügen *(legal).*

— Die organisatorischen Gegebenheiten, Probleme und Grenzen müssen beachtet werden *(einfach).*

— Alle Informationen, die in Abbildung 1 skizziert wurden, sollten nur einmal erhoben und dann für alle Zwecke verwendet werden *(vollständig).*

— Die Messdaten müssen immer rechtzeitig — zum Beispiel für die Entlohnung — vorliegen *(rasch).*

— Trotzdem muss das Messverfahren *rationell* sein, und schliesslich

— müssen sich die Messergebnisse nachprüfen lassen *(kontrollierbar).*

Das letzte Stichwort, die *Kontrollierbarkeit,* verlangt eine Erläuterung: Die Markierung eines einzelnen Stammes war so lange berechtigt, als man den Stamm unter dieser Nummer nicht nur in der Holzliste führte, sondern als man seine Messdaten nachprüfte und einen bestimmten Stamm suchte, um daraus ein spezielles Produkt, beispielsweise einen Balken mit genau definierten Abmessungen, zu fertigen. Heute beschränkt sich die Kontrolle dagegen vielfach auf Stichproben, auf die Anzahl oder auf eine mehr oder minder grobe Qualitätskontrolle. Die Suche nach einem bestimmten Stamm für ein bestimmtes Produkt ist in der Regel zu teuer und bei modernen Produktionsanlagen unmöglich. Daher verlagert sich die Einheit, die kontrollierbar sein muss, vom Einzelstamm auf grössere Kollektive, nämlich auf eine LKW-Ladung, ein Los oder den gesamten Anfall einer Abteilung oder eines Waldbesitzers.

Aus den bisherigen Überlegungen geht hervor,

— dass es *kein «wahres» Bezugsmass* für die Messung des Holzes gibt,

— dass jede Messgrösse einen bestimmten *Fehler* besitzt und
— dass bei der Holzmessung *verschiedene Anforderungen* erfüllt werden müssen.

Es ist nun zu prüfen, wie die heute üblichen und in Zukunft möglichen Messmethoden diese Anforderungen erfüllen. Dabei können wir von den grossen *Fortschritten der Holzmesskunde, der Arbeitstechnik und der Messtechnik* in den letzten Jahrzehnten ausgehen.

Diese *Fortschritte* umfassen unter anderem die Aufstellung von Mittelstamm- und anderen Tarifen (13, 30, 35, 62, 68, 73), zahlreiche Formzahluntersuchungen (3, 4, 18, 19, 40, 54), die Formulierung von Schaftformgleichungen (18, 36, 56, 67, 71, 74), die Entwicklung von Rechenprogrammen und anderen Hilfsmitteln zur Massen-, Sorten- und Wertberechnung von Einzelbäumen und Beständen (3, 17, 56, 67, 69, 70, 71, 75), die Konstruktion von automatischen Kluppen und anderen Messgeräten (5, 11, 12, 72), den Bau elektronischer Vermessungsanlagen (21, 53, 60, 61, 63), die Verwendung von direkt maschinenlesbaren Datenträgern (43, 54, 59) und die Lösung der Holzmessung nach Gewicht (14, 15, 16, 20, 26, 31, 44, 45, 64, 65).

Obwohl diese Entwicklungen und Hilfsmittel vielfach Voraussetzung und Bestandteil der im folgenden skizzierten Vermessungsverfahren sind, ist es nicht möglich, sie bei den weiteren Ausführungen eingehend zu behandeln.

4. Die heute üblichen und künftig möglichen Messmethoden

4.1 Die Messung des liegenden Holzes im Walde

4.1.1 Übliche Messmethode:

Die Messgrössen fm, rm oder Stück werden nach der Aufarbeitung am liegenden Holz ermittelt und durch Angaben über die Dimension und Qualität des Holzes ergänzt. Die Darstellung des Material- und Informationsflusses in Abbildung 8 zeigt, wie viele Vorgänge vom stehenden Baum bis zur Verarbeitung des Holzes im Werk — teilweise ohne Zusammenhang und gegenseitige Abstimmung — aufeinander folgen.

Die *gesetzlichen Bestimmungen* kann dieses Verfahren ohne weiteres erfüllen. *Organisatorisch* ist es sehr flexibel und lässt sich bei geringen wie grossen Holzanfällen, im kleinen wie im grossen, integrierten wie nicht integrierten, nachhaltigen wie aussetzenden Betrieb ohne Modifikationen anwenden. Moderne Holzernteverfahren zeigen allerdings die Grenze dieser Flexibilität (32, 33, 34): Beim Einsatz von Entastungsmaschinen müssen die Bäume entweder vor dem Eingang in die Entastungsmaschine mit Ästen gemessen werden, was praktisch unmöglich ist, oder das Holz muss, nachdem es von der Maschine abgelegt ist, als Stammholz von mehreren Arbeitern vermessen, als Industrieholz sauber gestapelt werden.

Im Normalfall lässt sich das Holz nach dem Einschlag zwar relativ *rasch* messen und aufnehmen, doch ist damit nicht sichergestellt, dass die Daten für die Erstellung des Kaufvertrags, die Entlohnung und die verschiedenen Verbuchungsvorgänge sofort weitergeleitet werden. Schliesslich ist die Erfül-

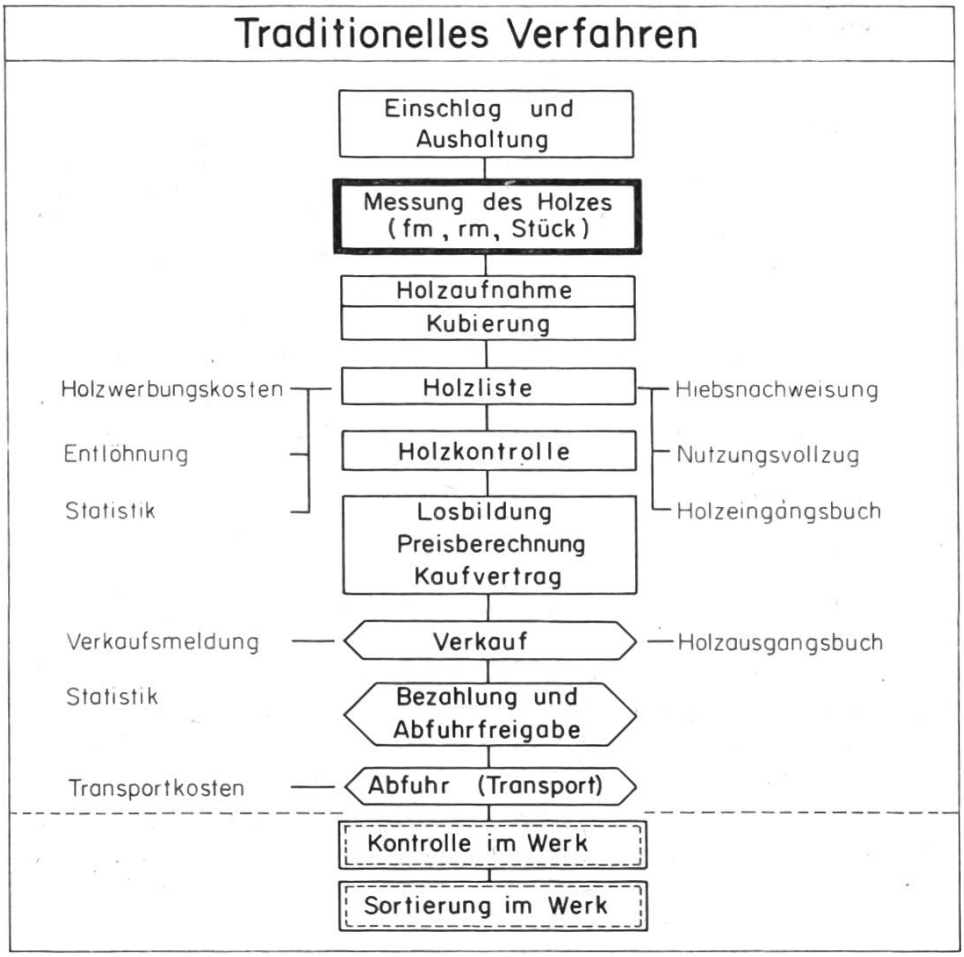

Abbildung 8. Der «Materialfluss», bestehend aus verschiedenen Manipulationen und Messungen des stehenden Baumes und des eingeschlagenen Holzes, ist für das bisher übliche Vermessungsverfahren im Wald in der Mitte der Abbildung dargestellt. Rechts und links stehen die wichtigsten Verwendungszwecke (zum Beispiel die Entlohnung, die Hiebsnachweisung oder die Verkaufsstatistik) der Messergebnisse.

Die waagrecht gestrichelte Linie trennt die Vorgänge im Wald und beim Transport von den Vorgängen im Werk. Das stark umrandete Rechteck zeigt an, dass das Holz hier sorgfältig vermessen wird. Die zum Teil voll, zum Teil gestrichelt ausgezogene Doppellinie bezeichnet die fakultative oder grobe Vermessung des Holzes. Die einfach ausgezogenen Rechtecke entsprechen Vorgängen, die die Vermessung des Holzes vorbereiten oder bei denen die in früheren Vorgängen gewonnenen Messdaten verwendet werden. Die Vorgänge der Sechsecke, zum Beispiel die Abfuhrfreigabe, haben schliesslich nicht direkt mit der Messung des Holzes zu tun, sondern dienen der Ergänzung des Materialflusses.

Diese Notation wird auch bei den folgenden Abbildungen der anderen Messverfahren verwendet.

lung dieser Forderung nicht unproblematisch, wenn das Holz nach dem Einschlag laufend abgefahren und in einem Revier gleichzeitig an mehreren Stellen eingeschlagen wird.

Da jeder Stamm numeriert wird, lassen sich die Messdaten ohne weiteres einzelstammweise, bei Stangen zumindest innerhalb einer Nummer, eines Stapels oder eines Loses *kontrollieren*.

Der *Fehler* liegt bei der Ermittlung des fm, wie wir gesehen haben, zwischen —2 bis —8 % des wahren Holzvolumens, bei der Ermittlung des Raummasses bei ± 4,7 und mehr Prozent. Diese Fehler werden von der Forstwirtschaft stillschweigend — quasi als Naturalrabatt — toleriert (denn in der Überzahl handelt es sich um negative Fehler zu Lasten der Forstwirtschaft). Die Qualität der Bäume lässt sich relativ genau, das heisst so, wie es die äusseren Merkmale des Stamms zulassen, ermitteln, obwohl diese Qualitätskennzeichnung nicht immer der späteren Verwendung entspricht.

Die Erfüllung der bisher genannten Forderungen ist also nicht unproblematisch. Besonders kritisch ist jedoch der hohe *Aufwand* der Messung durch den Waldarbeiter, der Kontrolle und Aufnahme des Holzes durch den Revierförster, der Holzkontrolle seitens des Betriebsleiters und schliesslich der manuellen Bearbeitung der gewonnenen Daten auf dem Forstamtsbüro. Dabei ist zu bedenken, dass der Aufwand des Waldarbeiters für das Einschneiden des Holzes in Stücke von 1 oder 2 m Länge und das Aufsetzen in

Kriterien für die Wahl eines Vermessungsverfahrens

	Traditionelles Verfahren			Gewicht	mobile Aufar-beitung	Zentrale Aufarbeitung			Stehend-messung	
	nor-mal	Beleg	Kluppe			inte-griert	z. Teil int.	nicht int.	Tarife	Pro-gramm
legal	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
vollständig	—	○	+	○	○	+	○	○	+	+
genau	○	○	○	+	○	+	+	+	○	+
einfach	+	+	+	○	○	+	+	○	+	+
rasch	+	○	+	○	○	+	○	○	+	+
rationell	—	○	○	+	○	+	+	+	+	+
kontrollierbar	+	+	○	○	○	○	○	○	○	○

Abbildung 9. In jedem Betrieb werden die verschiedenen Verfahren der Holzmessung je nach der Ausgangssituation unterschiedlich beurteilt. Mit Hilfe der in Abbildung 7 genannten Kriterien — siehe dazu auch die Abbildungen 2 und 4 — kann jeder Betrieb das für ihn optimale Verfahren bestimmen. Die allgemeinen Tendenzen dieser Beurteilung sind durch die vollständige (+), teilweise (0) oder fehlende (—) Erfüllung der einzelnen Kriterien angegeben. Jeder Forstbetrieb muss seine Beurteilung jedoch mehr differenzieren. Wie dies geschehen kann, ist im Text erläutert.

Beigen, also für Arbeitsgänge, die beim heutigen Stand der Technik nicht mehr erforderlich sind, allein der Vermessung zugerechnet werden muss. Ähnlich hohe Kosten verursachen das Stapeln der Stangen und die Vermessung des Grubenholzes. Schliesslich müssen viele Belege *wiederholt* von Hand geschrieben werden, so dass die Gewinnung und Verarbeitung der Messdaten nicht in einem System integriert ist.

In welcher Weise, wie eben erläutert, die übliche Methode der Messung des liegenden Holzes im Walde — wie auch die übrigen Messmethoden — die in Abschnitt 3 genannten Kriterien erfüllen, ist in Abbildung 9 dargestellt. Statt einer differenzierten Beurteilung (siehe Abschnitt 5) werden die befriedigende Erfüllung eines Kriteriums mit einem Pluszeichen (+), die vollkommene Nichterfüllung mit einem Minuszeichen (—) und die teilweise Erfüllung, die sehr unterschiedlich sein kann, mit einer Null (0) gekennzeichnet.

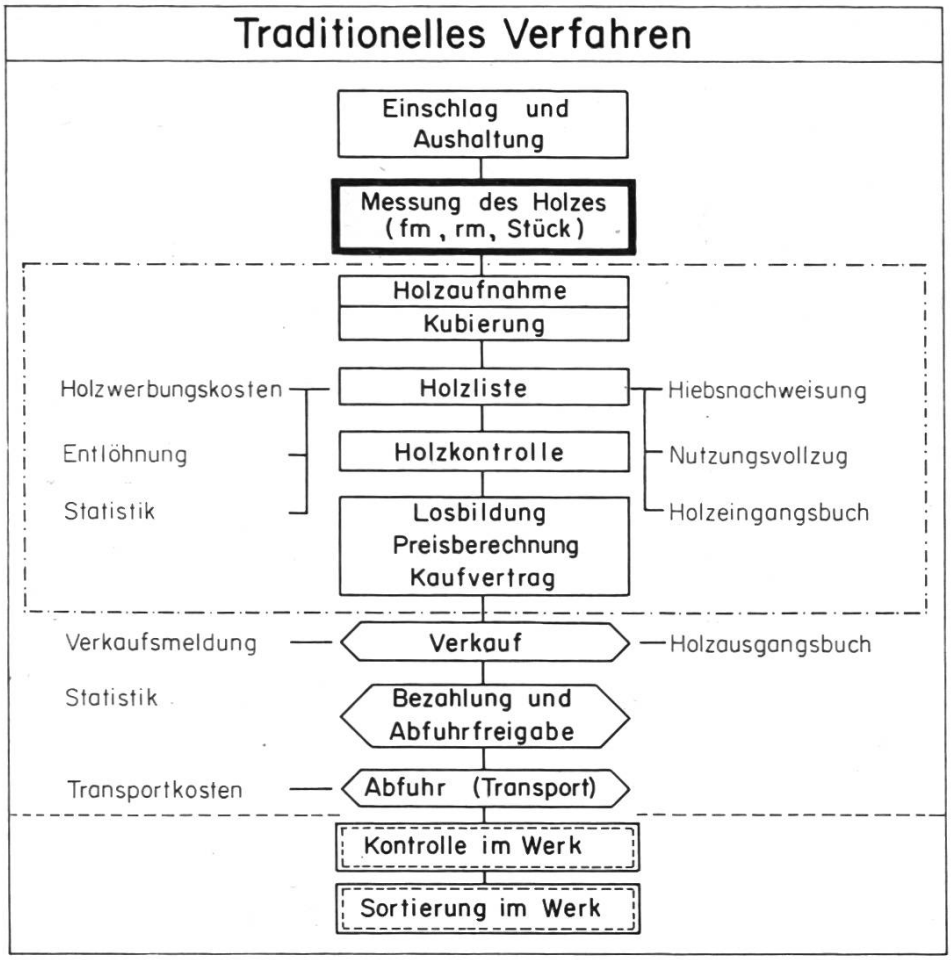

Abbildung 10. Die Erstellung der Holzliste durch einen Kleincomputer oder deren Erstschrift auf maschinenlesbaren Datenträgern integriert alle Vorgänge der Datenaufnahme, -übertragung und -verbuchung von der Holzliste bis zum Kaufvertrag in ein System und trägt so zu einer Verbilligung und Beschleunigung des Datenflusses bei. Dies ist durch das strichpunktierte Rechteck angedeutet.

4.1.2 Verbesserungen bei der Messung im Walde

Als wichtigste Nachteile dieses Messverfahrens wurden die hohen Kosten und die Doppelarbeit bei der Registrierung und Verarbeitung der Daten erkannt. Zur Überwindung dieser Nachteile wurden daher mehrere Verbesserungen der traditionellen Messmethode im Walde entwickelt:

— In einer ersten Stufe (siehe Abbildung 10) erstellt ein *Kleincomputer* die Reinschrift der Holzliste und erledigt alle weiteren Berechnungen und Verbuchungen (57). Dieses System wird in Nordrhein-Westfalen benutzt und soll etwa eine Revierförsterstelle pro Forstamt einsparen.

— Bei der zweiten Lösung ersetzen maschinenlesbare *Datenträger* das Nummernbuch des Revierförsters: beispielsweise Port-a-Punch-Karten, wie in den österreichischen Bundesforsten (43) oder in Schweden — hier unter dem Namen «Stiftstanzmethode» —, oder, wie in der bayrischen und baden-württembergischen Staatsforstverwaltung, Handschriftbelege,

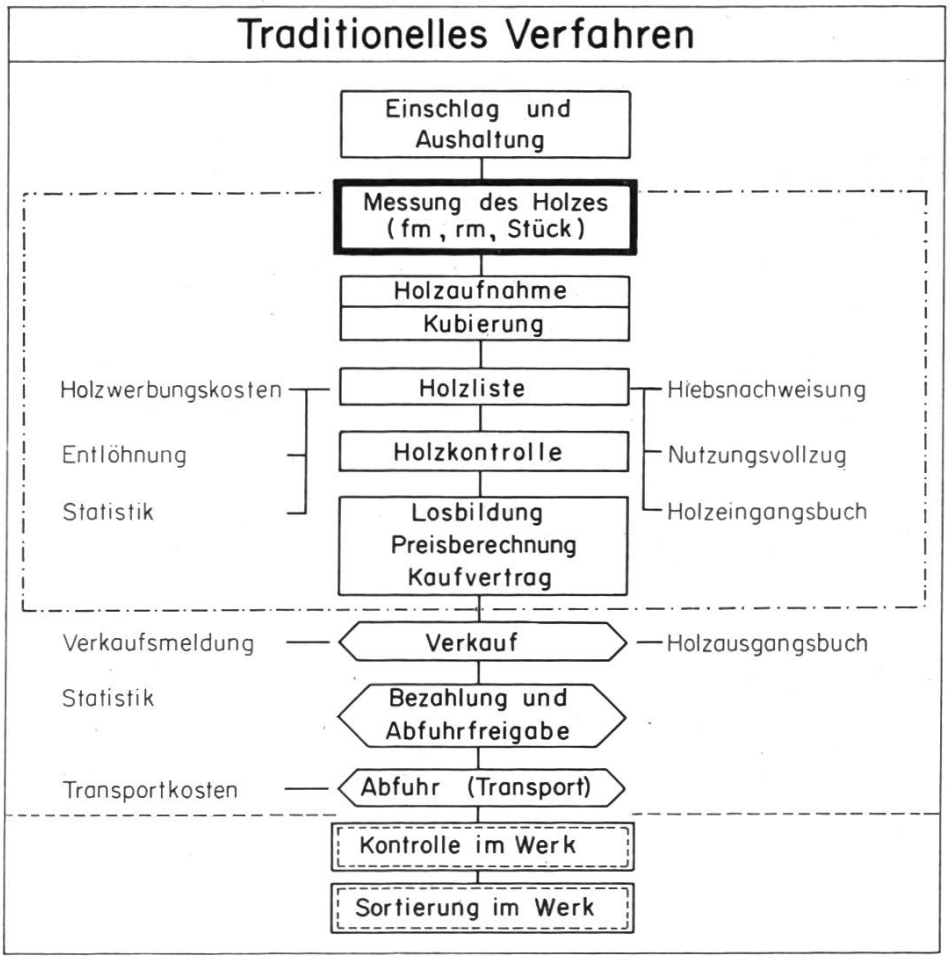

Abbildung 11. Eine noch weitergehende Integration des Datenflusses beim traditionellen Verfahren der Messung des Holzes im Walde wird durch die Verwendung einer halbautomatischen Kluppe erreicht, die die gemessenen Werte auf maschinenlesbaren Datenträgern automatisch so festhält, dass alle Informationen von der Holzliste bis zu den Grundlagen des Kaufvertrags durch Rechenprogramme im Computer erstellt werden können. Der Bereich des Datenflusses, der auf diese Weise erfasst wird, ist durch das strichpunktierte Rechteck angegeben.

die automatisch gelesen und weiterverarbeitet werden (55). Davon erwartet man in Baden-Württemberg eine Reduktion der Arbeitszeit des Revierförsters um 3 bis 5 %.

— In einer dritten Stufe übernimmt schliesslich eine *halbautomatische Kluppe* (siehe Abbildung 11) die Messung und Registrierung der Messdaten: Als Beispiele nenne ich die von *Badan* entwickelte Kluppe «Swissperfo» (6, 72) oder die in der DDR konstruierte «Kyritzer Kluppe» (11, 12). Badan selbst wie auch *Schöpfer* empfehlen diese Kluppen allerdings nicht für die Messung des Holzes, wenn zusätzlich zum automatisch registrierten Durchmesser viele Daten — zum Beispiel Nummer, Holzart, Länge, Zopfdurchmesser und Güteklasse — festgehalten werden müssen.

Neben diesen Bemühungen zur Automatisierung der Datenerfassung und -verarbeitung liegen *weitere Rationalisierungsmöglichkeiten* unter anderem:

— in einer Vereinfachung der Sortierung: Mittenstärken- statt Heilbronner Sortierung (7, 28); Verzicht auf die Dimensionssortierung des Industrieholzes (31) oder auf die Untergliederung von Massenwaren in Güteklassen,

— im Verzicht auf den Mittenring beim Verkauf des Stammholzes in Rinde (dies verlangt zugleich — als Aufgabe für die Forschung —, dass ausreichende Unterlagen über die Rindenstärken bereitgestellt werden) oder

— in der Vermessung und Erstellung der Holzliste durch den Waldarbeiter.

Alle Verbesserungen lösen aber nur einzelne Probleme der Waldmessung (siehe Abbildung 9), denn nach wie vor wird das Holz mehrfach vermessen, der Datenfluss ist wiederholt unterbrochen, die Fehler bleiben gleich, und die Hindernisse für die Einführung neuer Holzernteverfahren bestehen weiter. Angesichts dieser Situation ist zu fragen, ob die traditionelle Messmethode trotz aller Fortschritte nicht besser durch andere Verfahren abgelöst wird.

4.2 Die Gewichtsmessung

Zunächst ist an die Gewichtsmessung zu denken. Das Verfahren (14, 15, 16, 22, 24) ist allgemein bekannt (siehe dazu Abbildung 12): Das Holz wird beim Transport ins Werk auf einer öffentlichen Waage oder auf der geeichten werkseigenen Waage gewogen. Beim *Bruttogewichts*verkauf («lutro») wird der Gehalt an absoluter Holztrockensubstanz entweder überhaupt nicht oder mit Hilfe eines konstanten, das heisst das ganze Jahr über gleichen oder nach Jahreszeiten modifizierten, Faktors für den Wassergehalt des Holzes errechnet. Beim *Atrogewichts*verkauf («atro») werden von jeder Lieferung Stichproben entnommen, an denen der Wassergehalt durch Darren des Holzes bis zur Gewichtskonstanz — also nach der sogenannten Darrmethode — oder auch nach einer anderen Methode bestimmt wird. Damit kann der spezielle Trockengehalt jeder Lieferung hergeleitet werden. Die Messergebnisse

dienen einmal der internen Produktionssteuerung und -kontrolle im *Werk,* zum andern werden sie dem *Forstbetrieb* mitgeteilt, der daraufhin die Rechnung, lautend auf «Tonne Holztrockensubstanz» («t atro»), ausstellt und für die gelieferte Holzmenge nach einem Preis pro Tonne Holztrockensubstanz (pro t atro) bezahlt wird.

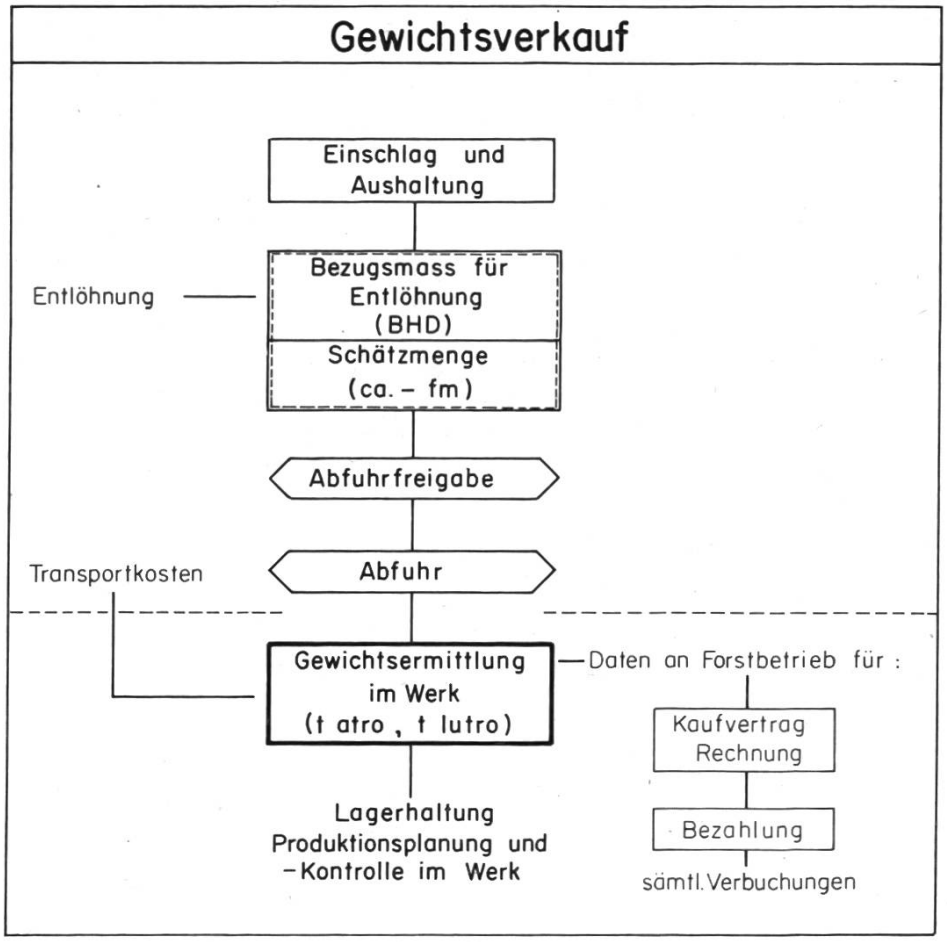

Abbildung 12. Die Gewichtsmessung des Holzes erlaubt eine wesentliche Vereinfachung des Datenflusses: Im Walde genügt eine grobe Vermessung für die Zwecke der Entlohnung und der Abfuhrkontrolle. Die eigentliche Vermessung erfolgt als Bestimmung des Brutto-(Lutro-) oder Atrogewichtes im Werk. Die Ergebnisse der Messung erfüllen zugleich den Informationsbedarf des Forstbetriebs (verkaufte Menge, Rechnung und Bezahlung), des Transportunternehmers (transportierte Menge) und des Werks (gelieferte Holzmenge und Rohstoff für die Produktion im Werk).

Durch die Handelsklassensortierung der EWG ist das Gewicht seit einigen Jahren als Mass für das Holz *offiziell anerkannt.* Die Einführung des Gewichtsverkaufs erfordert aber den Verzicht auf einige alte Gewohnheiten:

— Das Holz wird vor der Bezahlung abgefahren.

— Der Gefahrübergang verlagert sich dadurch zuungunsten des Forstbetriebs.

— Die Holzmenge wird durch eine Messung im Werk, also nach einem Werksmass, bestimmt.

— Die Bezahlung erfolgt erst nach dem Transport des Holzes ins Werk, das heisst wesentlich später als bisher.

Die Zeitspanne vom Einschlag des Holzes bis zur Ermittlung des Gewichtes verlangt die *Trennung des Entlohnungsmasses vom Verkaufsmass.* Dies entspricht jedoch einem Trend, der sich bei modernen Holzernteverfahren noch verstärken wird. Bei der Buche erfolgte diese Trennung ohne Schwierigkeiten, und auch bei den übrigen Holzarten sind inzwischen geeignete Grundlagen für die Entlohnung geschaffen worden. Die Genauigkeit der Entlohnung hat dadurch, wie verschiedene Untersuchungen zeigen (zum Beispiel 48), in keiner Weise gelitten. Die übrigen Daten können aber, wie bereits skizziert, in einem Zuge gewonnen und weitergeleitet werden.

Die Gewichtsmessung verlangt einige *weitere Voraussetzungen:*

— eine Mindestmenge, das heisst mindestens eine LKW-Ladung,

— eine gute Planung, damit der Einschlag, die Bereitstellung des Holzes, die Abfuhr und die Bezahlung in kurzer Zeit abgewickelt werden können und alle Daten rasch verfügbar sind,

— vorteilhafterweise einen jährlichen oder längerfristigen Kaufvertrag, in dessen Rahmen der Gewichtsverkauf abgewickelt wird.

Diese Voraussetzungen entsprechen — wie die Trennung des Entlohnungsmasses vom Verkaufsmass — wiederum Bedingungen, welche die Einführung moderner Holzernteverfahren begünstigen bzw. erst möglich machen.

Die Messung selbst erfolgt sehr *rationell.* So rechnet Dietz selbst bei der Ermittlung des Atrogewichts nicht mit einem höheren Aufwand im Werk als bei der Eingangskontrolle nach dem Raummass. Dazu kommt, dass im Walde das aufwendige Stapeln des Industrieholzes oder die Volumenmessung anderer Schwachholzsortimente wegfallen. Schliesslich besitzt die Gewichtsmessung den Vorteil der *Genauigkeit:* Sie vermittelt genauere Werte als das Raummass, führt bei wiederholter Messung des Atrogewichts zu denselben Ergebnissen und liefert für die Produktionsprozesse im Werk die besten Grundlagen.

Die Kontrolle muss sich allerdings auf die Einheit einer Lieferung, auf eine Überprüfung der Messmethode und auf Stichproben des Vorgehens beschränken. Doch der geringe Aufwand, die Genauigkeit, die organisatorische Einfachheit und die Vollständigkeit des Datenflusses sprechen für die Gewichtsmessung.

Die Bedenken, die eigentlich mehr durch unsere Verkaufstradition als durch stichhaltige Argumente geprägt sind, konnten in der *praktischen Anwendung* des Gewichtsverkaufs in Österreich, in der Bundesrepublik, in Skandinavien und in den USA längst entkräftet werden. Bei der *Buche* arbeiten sogar schon mehrere Werke mit dem Bruttogewichtsverkauf, das heisst, sie rechnen mit einem das ganze Jahr über oder jeweils im Sommer- und Winterhalbjahr gleichen mittleren Trockengehalt des Holzes. Bei der *Fichte*

ist wegen der grossen Streuungen der Holzfeuchte nach den bisher vorliegenden Ergebnissen die Trockengehaltsbestimmung einer jeden Lieferung notwendig, wenn eine gewisse Mindestgenauigkeit garantiert werden soll. Langfristig scheint auch hier der Bruttogewichtsverkauf nicht völlig ausgeschlossen, wenn die Lieferung gleichmässig frischen oder trockenen Holzes zugesichert werden kann (16).

Dies weist auf einige allgemeine *Voraussetzungen für den Bruttogewichtsverkauf* hin:

— Das Holz sollte gleichmässig frisch — oder trocken — sein.

— Dies wird durch die Lieferung des Holzes in langer Form, in Rinde und durch Vereinbarungen über die Lagerzeit und den Lagerort (sonnig oder schattig) begünstigt.

— Bei der Vermutung von Abweichungen vom unterstellten mittleren Trockengehalt können sowohl der Käufer als auch der Verkäufer die Bestimmung des Trockengehaltes verlangen.

So steht der arbeits- und lohnintensiven und daher teuren Ermittlung des Raummasses im Gewichtsverkauf eine rationelle, genaue und organisatorisch einfache Lösung gegenüber (siehe Abbildung 9). Wir müssen uns eigentlich fragen, warum wir nicht heute noch — selbstverständlich mit Ausnahme von Kleinanfällen und Brennholzverkäufen — allgemein zum Gewichtsmass übergehen. Der Paritätspreis sollte sich im Anhalt an die Überlegungen im Abschnitt 2 ohne Schwierigkeiten finden lassen.

Dabei sollten wir nicht nur an das Industrieholz denken, wenn wir vom Gewichtsverkauf reden: Sicher ist die Gewichtsmessung auf Massensortimente zugeschnitten. Sind aber nicht auch Profilzerspanerholz, Stangen, schwaches und anderes Stammholz (auch Trämelholz) gleicher Dimension und Qualität Massensortimente, bei denen die Menge und Stückzahl wichtiger sind als alle anderen Merkmale? Wenn dem so ist, was hindert uns dann am Gewichtsverkauf?