

Rheinland - Pfalz

Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten

Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt  
Rheinland-Pfalz

Nr. 8/88

Elsbeth Gerecke

Zum Wachstumsgang von  
Buchen in der Nordpfalz

ISSN 0931 - 9662

Diese Arbeit wurde an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwig-Universität zu Freiburg als Dissertation, angenommen.

## VORWORT

Den Anstoß zu der vorliegenden Arbeit gab 1984 der damalige Leiter der neugegründeten Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Herr Leitender Forstdirektor HOFFMANN. Für seine stete Bereitschaft zur Diskussion, für viele Hinweise und wertvolle Anregungen möchte ich mich herzlich bedanken.

Dem Leiter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Herrn Prof. Dr. MOOSMAYER, bin ich für die Leitung der Arbeit und die wissenschaftliche Betreuung ebenfalls zu großem Dank verpflichtet.

Der Direktor des Instituts für Waldwachstum der Universität Freiburg, Herr Prof. Dr. ABETZ, ermöglichte durch sein großzügiges Entgegenkommen die Durchführung und Auswertung von Stammanalysen. Dafür sei ihm ebenso wie für seine Anregungen und die Bereitschaft zur Übernahme des Korreferats gedankt.

Herrn Oberforstrat BARK, Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz, schulde ich für seine Beratung in standortkundlichen Fragen Dank, ebenso Herrn Assessor des Forstdienstes LORIE für die sorgfältige Standortsaufnahme und seine stete Hilfsbereitschaft.

Zu danken gilt auch Herrn Assessor des Forstdienstes ERTELD für die Probekreisaufnahmen und den Leitern und Mitarbeitern der Forstämter Kirchheimbolanden, Lauterecken, Ramsen und Winnweiler für die Unterstützung beim Einschlag der Analyseebäume und bei der bestandesgeschichtlichen Untersuchung.

Die Arbeit wurde seitens der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg finanziell gefördert.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>1. EINLEITUNG</b>	1
1.1 Einführung	1
1.2 Entwicklung und Grundzüge des rheinland-pfälzischen Standortserkundungsverfahrens	2
1.3 Modifizierung des Verfahrens im Südteil von Rheinland-Pfalz	6
1.4 Zielsetzung der Untersuchung	8
<b>2. UNTERSUCHUNGSGEBIET, MATERIAL UND METHODEN</b>	10
2.1 Untersuchungsgebiet	10
2.2 Standorte	13
2.3 Auswahl, Aufnahme und Datenauswertung der Probekreise	18
2.4 Auswahl der Untersuchungsbäume, Datengewinnung und Auswertung der Stammanalysen	21
<b>3. ERGEBNISSE</b>	24
3.1 Höhenwachstum der Analyseebäume	24
3.1.1 Höhenentwicklung bis 1,30 m Höhe	24
3.1.2 Bonitierung	25
3.1.3 Verhältnisse innerhalb der Probekreise	26
3.1.3.1 Altersunterschiede innerhalb der Probekreise	26
3.1.3.2 Höhenentwicklung der Analyseebäume	27
3.1.4 Mittlere Höhenentwicklungskurven in Probekreisen	27
3.1.5 Höhenentwicklung auf verschiedenen Standorten	29
3.2 Höhenwerte der Probekreise	35
3.3 Folgerungen aus den Ergebnissen	38
3.4 Höhenentwicklung von Bäumen gleicher Altersgruppen auf verschiedenen Standorten	40
3.5 Behandlungsunterschiede und deren Auswirkungen auf das Höhenwachstum	47

	Seite
3.6 Radialzuwachs- und Durchmesserentwicklung in 1,30 m Höhe	58
3.6.1 Vergleich der Altersgruppen	58
3.6.2 Untersuchung innerhalb von Altersgruppen	61
3.6.3 Zusammenhänge mit der relativen Kronenlänge zum Einschlagszeitpunkt	70
3.7 Zuwachsverhältnisse im Schaft	73
3.7.1 Relativer Radialzuwachs in 5 und 10 m Höhe	73
3.7.2 Relativer Grundflächenzuwachs in 5 und 10 m Höhe	77
3.8 Charakteristische Jahre im Muster des Radialzuwachses	80
3.8.1 Mittlerer jährlicher Intervalltrend der Radial- zuwachskurven in 1,30 m Höhe	80
3.8.2 Sensitivität des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe in Weiserjahren mit Zuwachsrückgang	82
3.8.3 Mittlerer jährlicher Intervalltrend relativer Radialzuwachskurven in größeren Schafthöhen	83
3.8.4 Vergleich mit Witterungsdaten	87
4. DISKUSSION	94
4.1 Zusammenfassung zu diskutierender Ergebnisse	94
4.2 Material und Methoden	96
4.3 Unterschiede im Höhenwachstum alter und junger Bäume	98
4.3.1 Diskussion der Methodik	98
4.3.2 Behandlungsunterschiede	101
4.3.3 Ergebnisse anderer standortskundlich-ertrags- kundlicher Untersuchungen	103
4.3.4 Bewertung	106
4.4 Weitere Untersuchungsergebnisse	108
4.4.1 Substratspezifische Unterschiede im Höhenwachstum	108
4.4.2 Dominierender Einfluß der Behandlung auf die Ra- dialzuwachsentwicklung	108
4.4.3 Hohes Zuwachsniveau in jüngerer Zeit	110

	Seite
4.4.4 Keine Unterschiede in der Schaftform zwischen alten und jungen Bäumen	112
4.4.5 Keine standorts- oder behandlungsbedingten Unterschiede im Muster des Radialzuwachses	113
4.4.6 Zusammenhang zwischen Radialzuwachsmuster und Witterung	115
4.5 Konsequenzen	116
5. ZUSAMMENFASSUNG	118
6. LITERATURVERZEICHNIS	120
7. ANHANG	127

Verzeichnis der Abbildungen

		Seite
Abb. 1	Grundzüge des rheinland-pfälzischen Standortskartierungsverfahrens (nach A.Sta. 61)	3
Abb. 2	Naturräumliche Eingliederung des Untersuchungsgebiets	12
Abb. 3	Maximale ( $t_{1,3}$ -)Altersunterschiede der Analyseebäume innerhalb der Probekreise	26
Abb. 4	Höhenentwicklung der Analyseebäume und ausgeglichene mittlere Höhenentwicklung im Probekreis Nr. 62	28
Abb. 5	Mittlere Höhenentwicklung in 15 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Schlufflehme	29
Abb. 6	Mittlere Höhenentwicklung in 4 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Schlufflehme - Standortseinheit K m 2	30
Abb. 7	Mittlere Höhenentwicklung in 4 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Schlufflehme - Standortseinheit K m (2)-2	31
Abb. 8	Mittlere Höhenentwicklung in 4 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Rhyolithverwitterungsböden	32
Abb. 9	Mittlere Höhenentwicklung in 5 Probekreisen auf der Standortseinheit K m (2) - verschiedene Substratreihen	33
Abb. 10	Mittlere Höhenentwicklung in 3 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Lehmsande - verschiedene Standortseinheiten	34
Abb. 11	Mittlere Höhe der jeweils 10 stärksten Bäume ( $h_{100}$ ) in 84 Probekreisen	35
Abb. 12	Mittlere Höhe der jeweils 10 stärksten Bäume ( $h_{100}$ ) in 33 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Schlufflehme - verschiedene Standortseinheiten	36
Abb. 13	Mittlere Höhe der jeweils 10 stärksten Bäume ( $h_{100}$ ) in 21 Probekreisen auf der Standortseinheit K m 2 - verschiedene Substratreihen	37
Abb. 14	Höhen- und Altersspektrum der 103 Untersuchungsbäume zum Einschlagszeitpunkt	40
Abb. 15	Mittlere Höhenentwicklung in den Probekreisen der Altersgruppe 1 ("junge Bäume")	42
Abb. 16	Mittlere Höhenentwicklung in den Probekreisen der Altersgruppe 2 ("mittelalte Bäume")	43

	Seite	
Abb. 17	Mittlere Höhenentwicklung in den Probekreisen der Altersgruppe 3 ("alte Bäume")	44
Abb. 18	Mittlere Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungsbäume in den Bonitätsgruppen "gut" und "schlecht"	48
Abb. 19	Mittlere Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen	50
Abb. 20	Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungsbäume im Probekreis Nr. 34	52
Abb. 21	Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungsbäume im Probekreis Nr. 38	53
Abb. 22	Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungsbäume im Probekreis Nr. 90	54
Abb. 23	Mittlere Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungsbäume in den drei Standortgruppen	57
Abb. 24	Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen über dem Kalenderjahr	58
Abb. 25	Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen über dem Alter ab Mark	59
Abb. 26	Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe (gleitendes 10-jähriges Mittel) der Untersuchungsbäume im Probekreis Nr. 90	62
Abb. 27	Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe (gleitendes 10-jähriges Mittel) der Untersuchungsbäume im Probekreis Nr. 83	63
Abb. 28	Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Kronenklassen	72
Abb. 29	Mittlerer relativer Radialzuwachs in 5 und 10 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen	74
Abb. 30	Relativer Radialzuwachs in 10 m Höhe der Untersuchungsbäume Nr. 013 und Nr. 037	76
Abb. 31	Mittlerer relativer Grundflächenzuwachs in 5 und 10 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen	77
Abb. 32	Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe und mittlerer relativer Grundflächenzuwachs in 5 m Höhe von 21 "Aufsteigern" der Altersgruppe 3	78

		Seite
Abb. 33	Mittlerer Intervalltrend des jährlichen Radialzuwachses in 1,30 m Höhe der Untersuchungsbäume	81
Abb. 34	Mittlerer Intervalltrend des jährlichen Radialzuwachses in 1,30 m Höhe und des relativen jährlichen Radialzuwachses in 5 m Höhe der Untersuchungsbäume	84
Abb. 35	Mittlerer Intervalltrend des jährlichen Radialzuwachses in 1,30 m Höhe und des relativen jährlichen Radialzuwachses in 10 m Höhe der Untersuchungsbäume	84
Abb. 36	Mittlerer relativer Radialzuwachs in 5 und 10 m Höhe von 33 Untersuchungsbäumen der Altersgruppe 3	86
Abb. 37	Relative Niederschläge von Gesamtjahr und Vegetationszeit (Mai - September) der Station Kirchheimbolanden, jeweils jährlich und als gleitendes 5-jähriges Mittel	88
Abb. 38	Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe von 43 Untersuchungsbäumen der Altersgruppe 3, jährlich und als gleitendes 5-jähriges Mittel	90
Abb. 39	Relativer Niederschlag in der Vegetationszeit (Mai - September) und mittlerer Intervalltrend des jährlichen Radialzuwachses der Untersuchungsbäume in 1,30 m Höhe	91
Abb. 40	Mittlere Lufttemperatur von Gesamtjahr und Vegetationszeit (Mai - September) der Station Kirchheimbolanden	92

Verzeichnis der Tabellen im Text

		Seite
Tab. 1	Bezugssystem von Standortsleistungsstufe und Höhenbonität der Fichte im Alter 100 (Ertragstafel WIEDEMANN, 1936, m. Df.)	5
Tab. 2	Standortsspektrum der Probekreise	15
Tab. 3	Altersspektrum der Probekreise	18
Tab. 4	Unterschied Stockalter ( $t_{st}$ ) - Brusthöhenalter ( $t_{1.3}$ ) bei 93 Analyseebäumen	24
Tab. 5	Ertragsklassenrahmen und mittlere Ertragsklasse der Analyseebäume im ( $t_{1.3}$ -)Alter von 40, 70 und 100 Jahren	25
Tab. 6	Rahmen- und Mittelwerte der Altersgruppen	41
Tab. 7	Rahmen- und Mittelwerte der Standortsgruppen	55
Tab. 8	Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe der "jungen" Bäume (Altersgruppe 1)	66
Tab. 9	Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe der "mittelalten" Bäume (Altersgruppe 2)	67
Tab. 10	Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe der "alten" Bäume (Altersgruppe 3)	68
Tab. 11	Rahmen- und Mittelwerte der Kronenklassen	71
Tab. 12	Mittlerer Intervalltrend und Sensitivität des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe in Weiserjahren mit Zuwachsrückgang	82
Tab. 13	Weiserjahre und Jahre mit auffallenden Witterungskonstellationen	93

Verzeichnis des Anhangs

		Seite
Tab. A 1	Übersicht der standortkundlichen Aufnahmen in den Probekreisen	128
A 2	Aufnahmeanweisung "Probekreise" 2/85	129
Tab. A 3	Kenndaten der Probekreise	130
Tab. A 4	Kenndaten der Untersuchungsbäume	132
Tab. A 5	Mittlere Variationsbreiten in den Probekreisen	134

## 1. EINLEITUNG

### 1.1 Einführung

"Im Waldbau ist der Standort das Alpha und das Omega aller Betrachtungen", diese Aussage GAYERS (1880) weist auf die Notwendigkeit hin, Informationen über die Zusammenhänge von Standort und Baumwachstum zu gewinnen. Dabei kann je nach dem Ansatzpunkt in zwei verschiedenen Richtungen gearbeitet werden:

Eine Möglichkeit besteht darin, vom Standort her anzusetzen und zu versuchen, die für das Wachstum entscheidenden Standortsfaktoren zu ermitteln und zu quantifizieren. Die Verbindung zum Baumwachstum wird in einem zweiten Schritt hergestellt. Dabei wird untersucht, inwieweit sich die erarbeiteten Standortmerkmale mit dem vorgefundenen Wachstum in Übereinstimmung bringen lassen.

Demgegenüber liegt der Ansatzpunkt der zweiten "oberirdischen" Arbeitsrichtung beim eigentlichen Zielobjekt selbst. Es besteht die Möglichkeit, den Wachstumsgang von Bäumen vergleichend zu untersuchen und zu versuchen, die Ergebnisse mit standortkundlichen Parametern in Übereinstimmung zu bringen.

Beide Arbeitsrichtungen haben zwar unterschiedliche Ansatzpunkte, aber auch einen Bereich, in dem sie sich überschneiden; die verschiedenen heute angewendeten modernen Standortserkundungsverfahren und die damit verbundenen Auswertungen beinhalten vielfach Elemente beider Richtungen (vgl. MOOSMAYER, 1962, 1967, 1970; WALLESCHE, 1982).

Dabei hängen die Entwicklung und Anwendung eines bestimmten standortkundlichen Verfahrens auch von den standörtlichen Gegebenheiten selbst und von organisatorischen Rahmenbedingungen ab. Zum Beispiel können in einem Gebiet mit überwiegend gleicher geologischer Ausgangssituation andere Schwerpunkte bei der Erfassung bodenkundlicher Parameter gesetzt werden als in einem Gebiet mit stark wechselnder Geologie. Gerade die Geschichte der rheinland-pfälzischen Standortserkundung macht dies deutlich.

## 1.2 Entwicklung und Grundzüge des rheinland-pfälzischen Standortserkundungsverfahrens

Das heute angewendete Verfahren wurde Anfang der 50-er Jahre entwickelt. Grundlegende methodische Arbeiten dazu leisteten VOLKERT (1951), STRELETZKI (1955), DEINES (1957), PETRI (1957), WALLESCHE (1957, 1959) und HOFFMANN (1958).

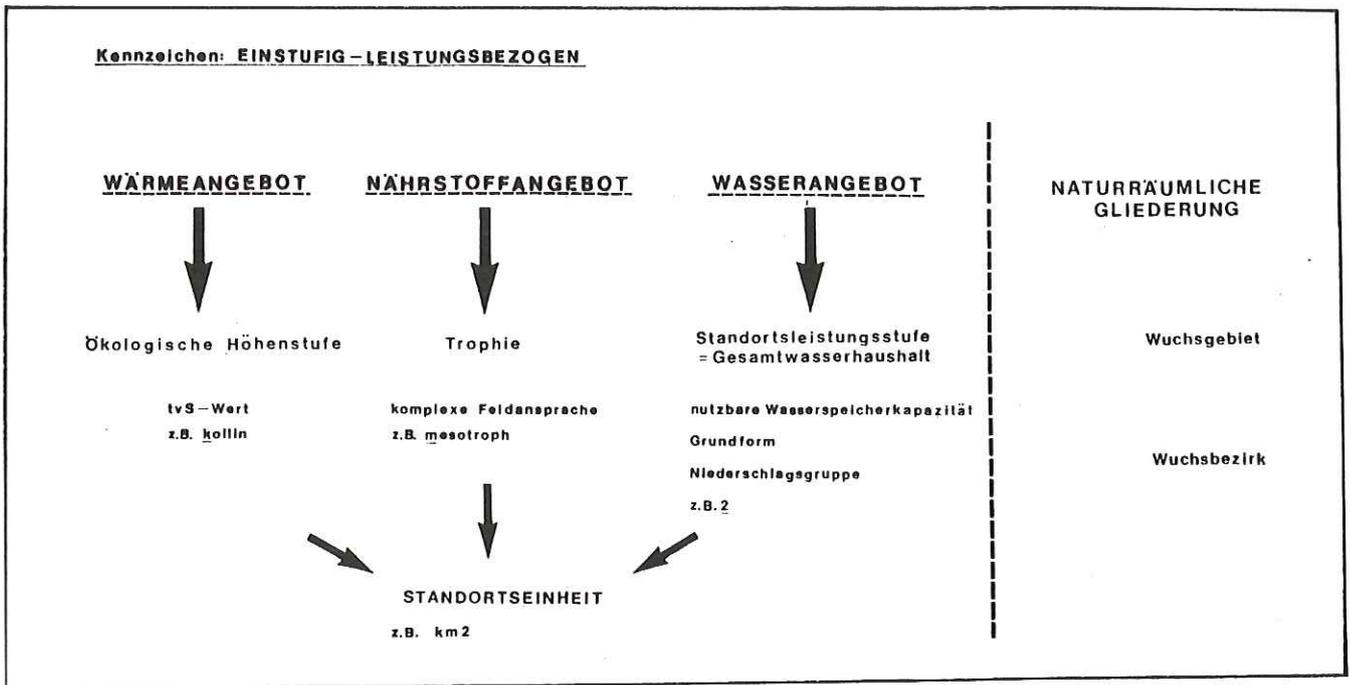
Organisatorisch ressortierte die Standortserkundung als Abteilung beim Forsteinrichtungsamt Koblenz; dementsprechend erfolgte Entwicklung und erste Anwendung auch unter den standörtlichen Verhältnissen des Nordteils von Rheinland-Pfalz im Bereich der heutigen Forstdirektionen Koblenz und Trier. Kennzeichnend für dieses Gebiet sind weitgehend ähnliche geologische Verhältnisse und häufiges Vorkommen von Zweischichten-Böden (diluvialer Decklehm über quarzitischer Verwitterungsdecke), die eine gute Bestimmung der durchwurzelbaren Tiefe ermöglichen. Aus der organisatorischen Zugehörigkeit zur Forsteinrichtung resultiert deutlich eine Richtung, bei der planerische und betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte im Vordergrund stehen.

BENINDE (1959), der damalige Leiter des Forsteinrichtungsamtes, nannte als die beiden wesentlichen Forderungen, die an das zu entwickelnde Verfahren gestellt wurden:

1. Es sollte ein landesweit gültiges Einheitensystem gefunden werden, um Auswertungen und Planungen für das ganze Land zu ermöglichen.
2. Die Standortserkundung sollte eine direkte Leistungserkundung der Holzarten sein.

Mit der Erfüllung dieser beiden Grundbedingungen läßt sich das heute angewendete Verfahren als einstufig-leistungsbezogen charakterisieren.

Die 1963 erschienene und in ihren wesentlichen Punkten heute noch geltende "Anweisung für die Standortserkundung und -kartierung im Staatswald der Regierungsbezirke Koblenz, Trier, Montabaur und Rheinhessen" (A. Sta. 61) faßte die im Nordteil von Rheinland-Pfalz entwickelte Methodik zu einer für das ganze Land gültigen Arbeitsanweisung zusammen. Das Vorgehen läßt sich anhand der Abb. 1 skizzieren:



**Abb. 1:** Grundzüge des rheinland-pfälzischen Standortkartierungsverfahrens (nach A.Sta. 61).

Das Ergebnis der Standortkartierung ist die Standortseinheit, gekennzeichnet durch eine in der Regel dreigliedrige Kombination von Buchstaben und Ziffern.

Standorte mit Stauwassereinfluß werden durch ein hinzugefügtes "g" gekennzeichnet.  
Zur Vereinfachung dient die Landesliste, die alle 74 möglichen Standorteinheiten als einfache Nummernfolge enthält.

Das Verfahren ist einstufig, da die Elemente zur Kennzeichnung der Standorteinheit ohne vorherige Regionalgliederung ermittelt werden und landesweit gelten.

Die Leistungsbezogenheit wird in der Standortleistungsstufe dokumentiert. Diese ist Ausdruck für die potentielle Leistungsfähigkeit eines Standorts, ausgedrückt durch die Höhenbonität der Fichte im Alter 100 bei definierter Bestandesbehandlung (z. B. mäßige Niederdurchforstung).

Die potentielle Leistungsfähigkeit eines Standorts für andere Baumarten kann unter Berücksichtigung von Trophie und Höhenstufe aus der Leistungsstufe abgeleitet werden. Voraussetzung dafür sind gesicherte Informationen über die Relationen der Höhenwuchsleistungen von Fichte und jeweils anderer Baumart.

Das eigentliche Verfahren zur Erfassung des Wärme-, Nährstoff- und Wasserangebots wird im folgenden nur skizziert; detailliertere Darstellungen finden sich bei WALLESCHE (1959, 1963) und in der "Anweisung für Standortserkundung und -kartierung im Staatswald der Forstdirektion Koblenz" (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1974 a).

Die Kennzeichnung des Wärmeangebots erfolgt über ökologische Wärmestufen, gebildet nach der mittleren Tagestemperatur in der Vegetationszeit (Mai - September) bei gegebener Seehöhe (= tvS-Wert).

Der tvS-Wert dient zur Abgrenzung folgender Stufen:

planare Stufe	(P): tvS-Wert > 16° C
kolline Stufe	(K): tvS-Wert 16° C - 14,0° C
submontane Stufe	(S): tvS-Wert 14° C - 13,0° C
montane Stufe	(M): tvS-Wert < 13° C

Zur Kennzeichnung des Nährstoffhaushalts wird der Trophiebegriff verwendet. Das Ergebnis der komplexen Ansprache von:

- Humusform
- Geologie
- Vegetation
- Höhenstufe

mündet in die Ausweisung der Standorte als:

- oligotroph (a)
- mesotroph (m)
- eutroph (r)

Zur Kennzeichnung des Wasserangebots dient die das Verfahren charakterisierende Leistungsstufe.

Über die Ansprache von:

- Bodenart
- Humusanteil
- Skelettanteil
- durchwurzelbarer Tiefe

wird das potentielle Wasserangebot eines Standorts ermittelt. Diese als nutzbare Wasserspeicherkapazität bezeichnete Größe entspricht der nutzbaren Feldwasserspeicherkapazität im Rahmen der pF-Werte zwischen 1,7 und 4,2.



Die in Abb. 1 gezeigte Gliederung in Wuchsgebiete und Wuchsbezirke hat keine Bedeutung für die Ausweisung der Standortseinheit, sondern ist als System höherer Ordnung zu verstehen. Die Einstufigkeit des Verfahrens ist damit nicht durchbrochen.

Das Wuchsgebiet ist ein Landschaftsbereich, der ähnliche Grundvoraussetzungen für Wuchs- und Wirtschaftsbedingungen aufweist; die Ausweisung beruht auf der naturräumlichen Gliederung der Bundesrepublik Deutschland.

Ein forstlicher Wuchsbezirk wird mit seinem Landschaftsnamen, der Niederschlagsgruppe und der Höhenstufe in Form von vier Ziffern gekennzeichnet. Dabei bedeuten die ersten beiden Ziffern den Landschaftsnamen, die 3. Ziffer die Niederschlagsgruppe und die 4. Ziffer die Höhenstufe (vgl. Erläuterungen zur Karte der forstlichen Wuchsbezirke in Rheinland-Pfalz, MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND UMWELTSCHUTZ, 1978).

### 1.3 Modifizierung des Verfahrens im Südteil von Rheinland-Pfalz

Das umrissene Verfahren wird seit seiner Entwicklung im Nordteil von Rheinland-Pfalz erfolgreich angewendet. Lediglich auf Standorten mit Stauwassereinflüssen differieren teilweise ertragskundliche Messungen und Standortsansprache nach bodenkundlichen Parametern; dort gelingt es offensichtlich nicht, das Wasserangebot hinreichend genau zu bestimmen.

Im Bereich der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz waren in den 50-er Jahren punktuell Bodenartenkartierungen und später Kartierungen nach pflanzensoziologischen Merkmalen (HAILER, 1956-1964) durchgeführt worden. Die erste Anwendung des "Nordteil-Verfahrens" erfolgte mit der Kartierung von Staatswald im Landstuhler Bruch und im Forstamt Alzey durch WALLESCH 1963.

Mit der Novelle zum Landesforstgesetz 1971, die die Forsteinrichtung und damit verbunden die Standortskartierung zur Offizialaufgabe der Forstdirektionen erklärte, wurde die Standortskartierung im Südteil forciert. Ab 1972 begann PARNIEWSKI (1972, 1977) mit der Kartierung in großem Umfang. Dabei stellte sich heraus, daß die unmodifizierte Übertragung des Verfahrens auf die standörtlichen Verhältnisse des Südteils keine befriedigenden Ergebnisse brachte.

Die wichtigsten Gründe dafür wurden in der gegenüber dem Nordteil größeren geologischen Vielfalt und dem höheren Wärmeangebot bei entsprechender Höhe gesehen. Damit verbunden waren Schwierigkeiten bei der Ansprache der Trophie und der Abgrenzung der durchwurzelbaren Tiefe. Eine zusätzliche Problematik ergab sich daraus, daß wegen des geringen Fichtenanteils das "Einhängen" bei der Höhenbonität der Fichte in vielen Fällen nicht möglich war. Entsprechend konnten auch keine Informationen über die Leistungsverhältnisse zwischen den Hauptwirtschaftsbaumarten gewonnen werden.

Soweit es die Bestockungsverhältnisse zuließen, versuchte man im Zuge der Standortkartierung über statische Höhenbonitierungen und teilweise auch Höhenanalysen Vorstellungen über die Höhenwuchsleistungen der Baumarten zu gewinnen. Die direkte Einbindung der Ertragskunde in die Arbeitsmethodik der Standortkartierung mußte jedoch gelöst werden.

Insgesamt war es nicht möglich, den im Verfahren vorgesehenen strengen Leistungsbezug der Standortseinheit herzustellen - die ausgewiesenen Standorteinheiten erwiesen sich wegen ihres zu breiten bodenkundlichen Spektrums für die waldbauliche Planung als ungeeignet (BARK, 1985).

Im Zuge der weiteren Arbeiten wurden verschiedene Vorschläge zu einer den standörtlichen Gegebenheiten des Südtails angepaßten Modifizierung des Verfahrens gemacht (PARNIEWSKI, 1972, 1977; EDER, 1980). Als wichtigste Konsequenz ist die Einführung der Substratreihe zu nennen.

"Unter Substratreihe werden dabei Zusammenfassungen von Bodenbildungen gleicher oder ähnlicher Geogenese verstanden, die für die Vegetation, insbesondere Baumbestände, ähnliche Substrate bilden und sich im Hinblick auf Bodenart, Bodenartenschichtung und Gefüge nahestehen (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG, 1978).

Wie die Untersuchungen von EDER (1980) zeigten, ist über die Ermittlung der unterschiedlichen Bioelementvorräte ein Hilfsmittel zur quantitativen Beurteilung der Nährstoffversorgung gegeben.

Die Substratreihen werden wuchsbezirks- oder wuchsgebietsweise ausgewiesen.

Zur Charakterisierung des Gesamtwasserhaushalts wird innerhalb der Substratreihen nach Frischestufen unterschieden. Die Frischestufen (= Gesamtwasserhaushaltsstufen) ergeben sich dabei aus der Kombination von nutzbarer Feldwasserkapazität, Niederschlagsangebot und Zu- und Abschlägen für Expositions- und Reliefeinflüsse.

Die im Nordteil verwendeten "Wasserzahlen" (DEINES, 1957) können jedoch nicht oder nur eingeschränkt als Hilfsmittel zur Bestimmung der nutzbaren Feldwasserkapazität verwendet werden. EDER (1980) entwickelte für Buntsandsteinstandorte in einem Teilgebiet des Pfälzerwaldes eine Tabelle zum Anschätzen der nutzbaren Wasserspeicherkapazität, bei der die Lagerungsdichten eine wesentliche Rolle spielen. Die dort angegebenen Werte dienen auch in den anderen Gebieten des Südtails als Anhalt zur Einschätzung des Wasserangebots, solange weitere Untersuchungen noch ausstehen. Die Problematik dieses Vorgehens wird dabei nicht übersehen (BARK, 1985; LORIE, 1987).

Im modifizierten Verfahren des Südtails ist die das rheinland-pfälzische Standortkartierungsverfahren eigentlich kennzeichnende Standortsleistungsstufe entfallen. Soweit man sie hauptsächlich als Funktion des Wasserhaushalts

versteht, läßt sich eingeschränkt damit die Frischestufe vergleichen. Die Frischestufe unterscheidet sich aber von der Standortleistungsstufe, da mit ihr keine exakten Leistungsvorstellungen verbunden sind und ihre Ausweisung nicht an einen ertragskundlichen Bewertungsrahmen gekoppelt ist.

Das Ergebnis der Standortserkundung im Südteil ist der Standortstyp, der sich aus der Untergliederung der für größere Gebiete ausgewiesenen Substratreihen nach Frische- und Höhenstufen ableitet.

Dabei wird nicht die auch im Verfahren nach der A.Sta.61 vorgesehene Definition zugrundegelegt, sondern der Standortstyp wird als Zusammenfassung von Standorten verstanden, die so ähnlich sind, daß sie in ihren waldbaulichen Möglichkeiten und in ihrer Gefährdung nicht wesentlich voneinander abweichen und annähernd die gleiche Ertragsfähigkeit besitzen (Definition nach ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG, 1980).

Durch Zuweisung der Standortstypen zu Standortseinheiten in einem zweiten Schritt wird versucht, die geforderte Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit der standörtlichen Ergebnisse wiederherzustellen. Die Gründe, die zu den genannten Modifizierungen im Südteil geführt haben, lassen jedoch auf eine eingeschränkte Aussagekraft der auf diesem Wege hergeleiteten Standortseinheit schließen. Die ursprünglich geforderte Einstufigkeit des Verfahrens, mit der Möglichkeit, einheitliche und leistungsbezogene Planungsgrundlagen für das gesamte Land zu erhalten, ist damit im Grundsatz aufgegeben worden.

#### 1.4 Zielsetzung der Untersuchung

Die Zielsetzung der vorliegenden Untersuchung läßt sich unmittelbar aus den dargestellten Verfahrensunterschieden und der damit verbundenen Problematik ableiten.

Es soll versucht werden, Informationen über standortstypische Wuchsleistungen zu gewinnen, die zu einer Verbesserung der Leistungsvorstellungen auf Standorten im Südteil beitragen können. Dabei wird wegen des geringen Fichtenanteils im Süden von Rheinland-Pfalz auf die Baumart Buche Bezug genommen. Insbesondere soll geprüft werden, ob die Ausweisung verschiedener Substratreihen auch durch unterschiedliche Wachstumsgänge gerechtfertigt ist. Damit verbunden ist die Untersuchung, ob und in welchem Umfang durch die sekundäre Zuordnung von Standortstypen zu Standortseinheiten Informationen verlorengehen und inwieweit die leistungsbezogene Aussage der Standortseinheit dadurch eingeschränkt ist.

Als "conditio sine qua non" müssen eventuelle Unterschiede in der Bestandesbehandlung erfaßt und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Höhenwachstum quantifiziert werden.

Schließlich soll anhand des Wachstumsgangs untersucht werden, ob sich standorts- oder behandlungsbedingte Risiken erkennen lassen und welche standörtlich bedingten Einschränkungen in der Wahl des Produktionsziels in Kauf genommen werden müssen.

Der methodische Ansatzpunkt im Sinne der eingangs erwähnten Arbeitsrichtungen liegt dabei beim Zielobjekt Baum, die standortkundlichen Daten selbst werden als fixe Eingangsgrößen angesehen. Dies ergibt sich aus der Zielsetzung, Wuchsleistungen zu ermitteln, ihre Entwicklungen nachzuzeichnen und auf standörtliche Differenzierungen zu prüfen.

Über Stammanalysen können Höhen-, Durchmesser- und Schaftformentwicklungen meßbar nachvollzogen werden. Nur vergleichend sollen die Ergebnisse statischer Aufnahmen betrachtet werden, da die Problematik der Aneinanderreihung zu synthetischen Wachstumskurven bekannt ist (PETRI, 1957; MITSCHERLICH, 1960; PARNIEWSKI, 1972; EDER, 1980).

Aus der Zielsetzung der Untersuchung ergibt sich weiterhin eine starke Ausrichtung am Produktionsziel; es werden somit nur Bäume untersucht, die voraussichtlich zu den späteren Endbestandsgliedern gehören. Bei diesen Bäumen interessieren in erster Linie die Höhenentwicklung und die Durchmesserentwicklung des astfreien Schaftes. Aus der Zielorientierung ergibt sich weiterhin, daß der Schwerpunkt auf Standorten liegt, bei denen die Produktionszielplanung die Baumart Buche (s. dazu 2.3, S. 19) vorsieht.

Die genannten Überlegungen führten im Frühjahr 1985 zu der ertragskundlichen Aufnahme von 84 Probekreisen in Buchenbeständen der Nordpfalz. In 33 dieser Probekreise wurden an 103 Bäumen Stammanalysen durchgeführt.

## 2. UNTERSUCHUNGSGEBIET, MATERIAL UND METHODEN

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Die von der Standortkartierung ausgewiesenen Substratreihen für größere Gebiete legten es nahe, das Untersuchungsgebiet auf einen solchen Substratreihenbereich zu beschränken. Abb. 2 (S. 12) zeigt die naturräumliche Eingliederung innerhalb von Rheinland-Pfalz.

Der Schwerpunkt in den Forstämtern Kirchheimbolanden, Lauterecken und Winnweiler liegt innerhalb des Wuchsgebietes Saar-Nahe-Berg- und Hügelland im Wuchsbezirk Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland. Einige Aufnahmepunkte im Forstamt Lauterecken gehören zum Wuchsbezirk Westricher Berg- und Hügelland.

Der südliche Teil des Untersuchungsgebietes mit dem Forstamt Ramsen liegt im Wuchsgebiet Pfälzerwald im Wuchsbezirk Nördlicher Pfälzerwald.

Die folgenden Ausführungen zur standörtlichen Charakterisierung des Untersuchungsgebietes können nur skizzieren; es wird auf die umfassenden Darstellungen in den Erläuterungsberichten zur Standortkartierung der Forstämter Kirchheimbolanden (LORIE, 1987), Lauterecken (LORIE, 1982), Ramsen (PARNIEWSKI, 1973) und Winnweiler (DEXHEIMER, 1983) verwiesen.

Das Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland läßt sich als reich gegliedertes Hügelland am Mittellauf der Nahe, am Unterlauf des Glans und beiderseits der Alsenz beschreiben.

Die Höhenlage ist größtenteils kollin, einzelne Intrusionsstöcke reichen jedoch bis in die montane Höhenstufe.

Die Mehrzahl der Standorte ist der Niederschlagsgruppe 1 (= Niederschlag < 675 mm/Jahr) zuzuordnen; vor allem im Bereich der Becken und Täler läßt sich das Klima als kontinental geprägt warm-trocken bezeichnen. Nach Südwesten und vor allem an den westseitigen Lagen der höheren Erhebungen nehmen die Niederschläge zu.

Geologisch prägend ist die Lage in der Saar-Nahe-Senke, in die im Oberkarbon mächtige Schuttmassen des Variskischen Gebirges abgelagert wurden. Es kommen überwiegend Sedimente des Unterrotliegenden aus dem Perm, teilweise auch Schiefertone und Konglomerate des Oberrotliegenden vor.

In allen Teilschichten vorkommende Gesteine sind Gerölle, Kiesel, Sande, Arkosen, Silt-, Schluff- und Tonsteine. Die Intrusionsstöcke des permischen

Vulkanismus bestehen hauptsächlich aus saurem Quarzporphyr (= Rhyolith), es kommen auch Kuselit und Tholeyit als basenreichere magmatische Gesteine vor.

Bodentypologisch überwiegen Braunerden mittlerer und besserer Basensättigung aus sandig-schluffigen Lehmen; auf den Schiefertönen des Oberrotliegenden treten Pelosole auf. Aus den magmatischen Gesteinen haben sich in der Regel sehr skelettreiche Braunerden entwickelt, an den Hangfüßen finden sich oft Feinskelettböden.

Die potentielle natürliche Vegetation des Rotliegenden läßt sich den Gesellschaften des Perlgras-Buchenwaldes zuordnen. Auf den sauren magmatischen Gesteinen besteht die potentielle Vegetation der frischeren Standorte aus Hainsimsen-Buchenwäldern, die trockeneren Standorte gehören zu den Buchen-Traubeneichenwäldern.

Die tatsächlichen Bestockungsverhältnisse sind durch das Überwiegen von Laubholzbeständen gekennzeichnet. Meist handelt es sich um hochgewachsene Eichen-Niederwälder mit Buche und Hainbuche oder um Hochwälder mit überwiegend Buche in Mischung mit Eiche und Lärche, seltener Fichte. Flächenhafte Nadelholzbestände sind auf die jüngsten Altersklassen beschränkt.

Der Wuchsbezirk Westricher Berg- und Hügelland erstreckt sich westlich der Lauter am Oberlauf des Glans zwischen den Hochflächen des oberen Naheberglandes und der Saarländisch-Pfälzischen Moorniederung.

Morphologisch ist er mit dem Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland vergleichbar; es bestehen jedoch Unterschiede im Klima, das sich als kühl-gemäßigt mit ozeanischer Prägung beschreiben läßt. Die Niederschlagsmengen nehmen nach Westen hin zu.

Auch geologisch liegen ähnliche Verhältnisse vor, nach Westen zunehmend sind karbonische Sedimente aus Ton-, Schluff- und Sandsteinen zu finden.

Der den Süden des Untersuchungsgebietes abschließende Wuchsbezirk Nördlicher Pfälzerwald weist in seinem nördlichen Teil weitgehend ähnliche standörtliche Verhältnisse wie der Wuchsbezirk Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland auf. Es handelt sich um eine geologische Übergangszone vom Buntsandstein des Pfälzerwaldes zum Rotliegenden der Nordpfalz.

R H E I N L A N D - P F Ä L Z

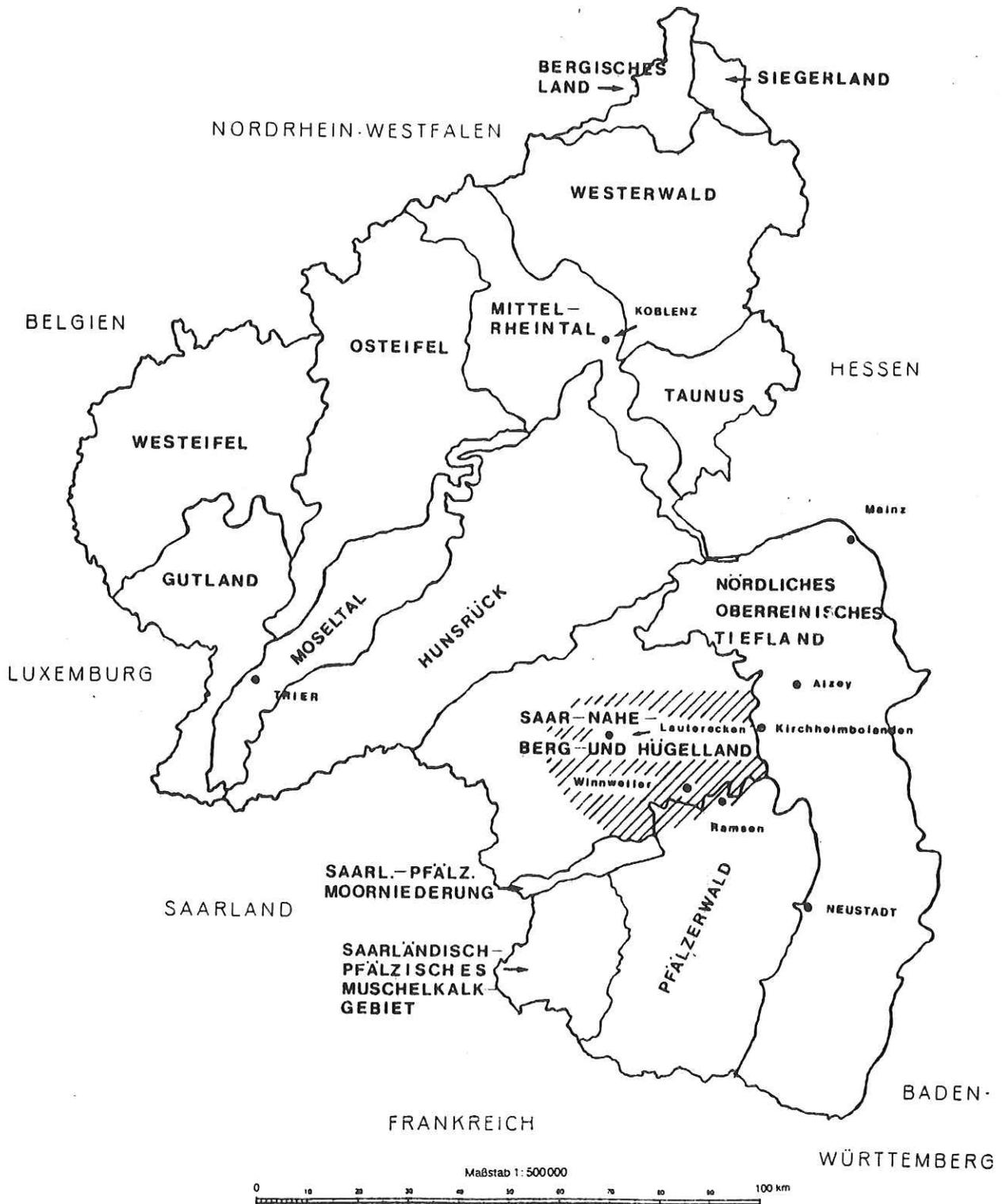


Abb. 2: Naturräumliche Eingliederung des Untersuchungsgebiets.

Dargestellt sind die Wuchsgebiete, das Untersuchungsgebiet ist schraffiert.

## 2.2 Standorte

Das Standortseinheitenspektrum wurde durch die Schwerpunktbildung in der kol-  
linen Stufe und der Niederschlagsgruppe 1 von vorneherein eingeschränkt. Ebenso wurden zur Verringerung der Einflüsse von Relief und Exposition nur Standorte auf der Grundform III (nach der Systematik des Kartierungsverfahrens = ebene, schwach geneigte (0°- 5°) und mäßig geneigte (6°- 10°) Standorte aller Expositionen) einbezogen.

Aus der Zielsetzung der Untersuchung ergab sich als weitere standörtliche Rahmenbedingung die Vorgabe, daß die untersuchten Standorte in der Regel dem Produktionsziel "Buche hoher Gesamtwertleistung" oder "Buche mittlerer Gesamtwertleistung" (s. dazu 2.3, S. 19) zugeordnet werden können.

Innerhalb dieses vorgewählten Standortsrahmens wurden dann die Untersuchungsbestände anhand von Bestandesmerkmalen ausgewählt.

Der Ansatzpunkt der Untersuchung ließ zusätzliche bodenkundliche Untersuchungen nicht zu; es sollten vielmehr die Informationen, die mit einer sorgfältigen Standortsansprache nach dem angewendeten Verfahren üblicherweise gewonnen werden können, als Eingangsgrößen verwendet werden. Zur Erfassung der standörtlichen Daten wurden in der Regel im Probekreiszentrum Bodeneinschläge angelegt und nach dem in der A.Sta.61 und den dazugehörigen Technischen Erläuterungen (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1974 a) vorgeschriebenen Verfahren aufgenommen.

Teilweise konnte dabei auf die im Rahmen der "normalen" Standortkartierung durchgeführten Aufnahmen nach Überprüfung zurückgegriffen werden. In den Fällen, wo ein Bodeneinschlag in der Nähe des Aufnahmepunktes lag, wurde mit dem Bohrstock überprüft, inwieweit die vorliegenden Daten übertragbar waren; im Zweifelsfall wurde ein neuer Bodeneinschlag im Zentrum des Probekreises angelegt. Für die weitere Untersuchung wurden die standörtlichen Verhältnisse innerhalb eines Probekreises als gleich unterstellt.

Die Profilaufnahmen bzw. Überprüfungen vorliegender Einschläge wurden im Herbst 1985 durch den schwerpunktmäßig in dem Untersuchungsgebiet arbeitenden Standortskartierer, Herrn Assessor des Forstdienstes LORIE, durchgeführt. Eine detaillierte Aufstellung der standortskundlichen Aufnahmen findet sich in Tab. A 1 im Anhang.

Tab. 2 (S. 15) zeigt das Spektrum der Substratreihen, Standortseinheiten und Standortstypen.

Entgegen dem üblichen praktischen Vorgehen sind Standortseinheiten, die von der Nährstoff- oder Wasserversorgung nicht eindeutig zuzuordnen waren, als Zwischeneinheiten aufgeführt.

Als Ordnungsmerkmal dient dabei innerhalb der Substratreihen die in das standortskundliche Verfahren einbezogene Bewertung nach der potentiellen Ertragsfähigkeit. Dazu wurde der auf der Höhenbonität der Fichte im Alter 100 aufbauende Bewertungsrahmen auf die Buche übertragen, indem die im Nordteil bekannte Leistungsrelation zwischen Fichte und Buche auf definiertem Standort verwendet wurde. Da bisher keine Informationen über die Leistungsrelationen der Baumarten im Untersuchungsgebiet vorliegen, mußten die Standorte nach diesem Bewertungsschema eingeordnet werden, ohne die Problematik dabei zu übersehen. Aus praktischen Gründen und zur differenzierteren Abstufung wurde der ursprüngliche Ertragsklassenrahmen in eine einfache ordinale Werteskala transformiert und die so ermittelten Zahlen als Standortswertziffern (letzte Zeile in Tab. 2) bezeichnet.



Entsprechend den geologischen Verhältnissen liegt der Schwerpunkt der Substratreihen bei den Schlufflehmen und Rhyolithverwitterungsböden. Die übrigen acht Substratreihen Lehmsande, Sande, magmatische Lehme, Lößlehme, kalkgrüne Lehme, Decklehme, Kieslehme und Tonlehme spielen eine geringere Rolle.

Der Schwerpunkt der Standortseinheiten liegt im Bereich K m 2 bis K m (2). Die Probekreise der submontanen Stufe liegen mit Ausnahme von Probekreis Nr. 75 an der Grenze zur kollinen Stufe und sind daher vom Wärmeangebot mit den übrigen nahezu vergleichbar.

Im folgenden sind im Anhalt an die Erläuterungsberichte zur Standortskartierung der Forstämter Kirchheimbolanden, Winnweiler und Lauterecken die vorkommenden Substratreihen kurz beschrieben. Dabei ist zu beachten, daß vor allem in der Ansprache des Wasserhaushalts derzeit noch einige Unsicherheiten bestehen.

#### Substratreihe Schlufflehme

Die Substratreihe umfaßt bodenartlich ein weites Spektrum vom stark lehmigen Sand bis zum tonigen Lehm. Im Oberboden überwiegen meist die sandig-schluffigen Lehme, im Unterboden lehmige Sande. Bodentypologisch handelt es sich überwiegend um Braunerden, z.T. auch mit Übergangstypen zum Pseudogley.

Ausgangsgestein sind die stark wechselnden, schichtig anstehenden permokarbonischen Sand-, Silt-, Schluff- und Tonsteine. In ebenen und mäßig geneigten Lagen sind die Böden meist tiefgründig. Der Skelettanteil im Oberboden liegt im Bereich bis ca. 30 %, im Unterboden meist über 5 %. Der Oberboden ist in der Regel locker gelagert, im Unterboden nimmt die Lagerungsdichte zu. Die Durchwurzelbarkeit ist jedoch kaum eingeschränkt und reicht teilweise in das anstehende weiche Ausgangsgestein.

#### Substratreihe Rhyolithverwitterungsböden

Kennzeichnend für diese Substratreihe ist ein sehr hoher Skelettanteil der Böden aus mehr oder weniger locker gelagerten Gesteinstrümmern der Rhyolithverwitterung. Bodenartlich handelt es sich bei dem dazwischenliegenden Feinmaterial um das Spektrum von lehmigem Sand bis schluffigem Sand. Bodentypologisch treten an wenig geneigten Standorten mittelmäßig bis gut entwickelte Braunerden auf.

Die Lagerungsdichte ist überwiegend locker; die Durchwurzelbarkeit entsprechend der Entwicklungstiefe gering bis sehr gut. Die Wasserversorgung ist stark expositionsabhängig und schwer quantifizierbar, in Schattlagen vermutlich aber sehr hoch.

#### Substratreihe Tonlehme

(Standorte dieser Substratreihe wurden nur im Forstamt Ramsen in die Untersuchung miteinbezogen.)

Bodenartlich handelt es sich um von schluffigem Lehm überlagerte schluffige Tone, typologisch um Braunerden-Pelosole und Pelosole aus Sand- und Tonsteinen des Rotliegenden.

In der Regel sind die Böden sehr tiefgründig und im  $A_h$ - und  $B_v$ -Horizont skelettarm und mäßig locker gelagert; in den  $P$ - und  $C_v$ -Horizonten nehmen Skelettanteil und vor allem Lagerungsdichte stark zu, so daß die Durchwurzelbarkeit dort nur mäßig ist. Die Wasserspeicherkapazität ist vermutlich sehr hoch.

### Substratreihe magmatische Lehme

Alle aus magmatischen Gesteinen entstandenen Substrate, außer den Rhyolithverwitterungsböden, sind in dieser Reihe zusammengefaßt. Bodenartlich handelt es sich um lehmige Sande, schluffig-lehmige Sande und sandige Lehme. Bodentypologisch treten in ebenen bis mäßig geneigten Lagen gut ausgeprägte Braunerden mit Skelettanteilen von 10 bis 30 %, im Cv-Horizont auch höher, auf. Sie sind meist locker bis mäßig locker gelagert, mit sehr guter Durchwurzelbarkeit und günstigem Wasserhaushalt.

### Substratreihe Lößlehme

In dieser Substratreihe überwiegen bodenartlich schluffige bis schluffig-tonige Lehme, in Verdichtungshorizonten kommen auch stark tonige Schluffe vor. Es handelt sich bodentypologisch um Braunerden, Parabraunerden und schwach pseudovergleyte Braunerden aus meist äolischen kalkhaltigen Sedimenten. Die Böden sind nahezu skelettfrei, mäßig locker bis dicht gelagert, sehr tiefgründig und mittel bis gut durchwurzelbar. Der Wasserhaushalt ist vermutlich sehr gut zu beurteilen.

### Substratreihe kalkgründige Lehme

Diese Substratreihe umfaßt alle im Unterboden über freien Kalk verfügenden Substrate mit Ausnahme der pleistozänen äolisch abgelagerten kalkhaltigen Sedimente. Die Kalkgründigkeit ist durch meist nur wenige Zentimeter mächtige Kalkbänken bedingt. Bodenartlich handelt es sich meist um schluffige Lehme; in Verdichtungshorizonten um schluffige Tone. Häufigster Bodentyp ist Braunerde neben vereinzelt auftretender Parabraunerde. Der Skelettanteil steigt von oben nach unten; die Böden sind mittel- bis tiefgründig mit guter Durchwurzelbarkeit und günstigem Wasserhaushalt.

### Substratreihe Kieslehme

Ausgangsgestein dieser Substrate ist das Quarzkonglomerat der Standenbühler Schichten des Oberrotliegenden. Bodenartlich reicht das Spektrum von den stark tonigen Lehmen bis zu den lehmigen Tonen; an Bodentypen treten Ranker-Braunerden und gering entwickelte Braunerden auf. Der Skelettanteil ist mittel bis hoch, die Lagerungsdichte ist locker, nach unten zunehmend.

### Substratreihe Decklehme

Bodentypologisch handelt es sich dabei um Braunerden, Parabraunerden und pseudovergleyte Braunerden auf in der Regel äolischen Sedimenten. Vorkommende Bodenarten sind meist lehmige Schluffe, schluffige Lehme, in Verdichtungshorizonten auch stark schluffige Tone. Sie sind skelettarm bis skelettfrei, bei mäßiger bis hoher Lagerungsdichte sehr tiefgründig und gut durchwurzelbar. Der Wasserhaushalt ist vermutlich gut bis sehr gut zu beurteilen.

### Substratreihe Lehmsande

In dieser Substratreihe werden die Standorte im Übergangsbereich zum Buntsandsteingebiet zusammengefaßt. Es handelt sich dabei um die stark sandige Variante der Schlufflehme. Da geologisch jedoch ein anderes Aus-

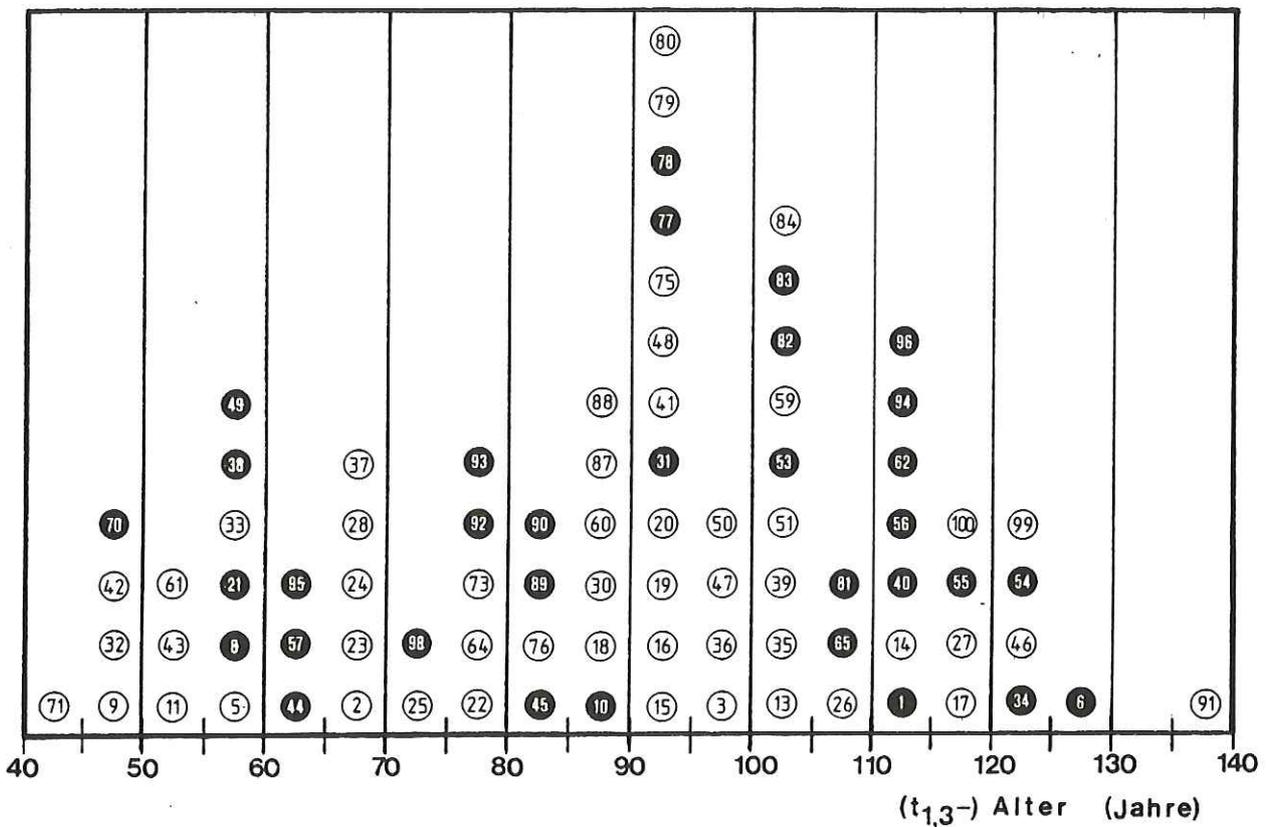
gangssubstrat vorliegt, werden diese Böden für die Untersuchung in Absprache mit dem Standortskartierer als eigene Substratreihe betrachtet.

Substratreihe Sande

Bodentypen sind Braunerden und podsolige Braunerden aus schichtig anstehenden Sandsteinen und Sandsteinkonglomeraten des Oberkarbon und des Rotliegenden. Bodenartlich handelt es sich um lehmige Sande. Der Skelettanteil nimmt von oben nach unten bis auf teilweise über 75 % stark zu; die Lagerungsdichte ist locker. Die Gründigkeit in ebenen Lagen ist mittel bis hoch, die Durchwurzelbarkeit im allgemeinen gut.

2.3 Auswahl, Aufnahme und Datenauswertung der Probekreise

Die Auswahl der Bestände innerhalb des vorgewählten Standortrahmens orientierte sich an der Erfassung eines möglichst breiten, gleichmäßig verteilten Altersspektrums, dargestellt in Tabelle 3.



Tab. 3: Altersspektrum der Probekreise.

(Jeder Kreis steht für einen 0,1 ha großen Probekreis, in den dunklen Kreisen wurden Stammanalysen durchgeführt. Die Altersangaben beziehen sich auf das mittlere Alter ab 1,30 m Höhe (=t<sub>1,3</sub>-Alter).

Wichtigstes Kriterium im konkreten Bestand war, daß von einer "normalen" Behandlung (im Sinne von: "dem verwendeten Ertragstafelmodell möglichst entsprechend") ausgegangen werden konnte; dabei war in erster Linie der optische Eindruck ausschlaggebend.

Es mußten Buchenreinbestände aus Kernwüchsen gefunden werden, die möglichst gleichaltrig und in ihrer Bestandesstruktur homogen waren. Sie sollten, bezogen auf die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet, qualitativ durchschnittlich sein und keine erkennbaren Wuchsbeeinflussungen aufweisen; in den letzten drei Jahren durften keine Eingriffe erfolgt sein.

Um dem üblicherweise angewendeten Verfahren möglichst nahezukommen, wurden in den älteren Beständen teilweise die ertragskundlichen Aufnahmepunkte der Standortskartierung und der Forsteinrichtung miteinbezogen.

Die Prüfung von ca. 350 anhand der Forsteinrichtungsunterlagen vorausgewählten Bestände ergab, daß angesichts der tatsächlichen Bestockungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet auch größere Teile von Beständen, die die Kriterien erfüllten, zugelassen werden mußten.

Die Festlegung der Probekreise innerhalb der (Teil-)Bestände erfolgte gutachtlich mit der Zielsetzung, einen möglichst homogenen, repräsentativen Bereich zu erfassen.

In der Aufnahmetechnik konnte auf das in der Standortskartierung und Forsteinrichtung übliche Verfahren zurückgegriffen werden (Technische Erläuterungen zur A.Sta.61, LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1974 a); die geringfügig modifizierte Aufnahmeanweisung befindet sich im Anhang (A2).

Die dargelegte Aufgabenstellung führte jedoch methodisch zu einer stärkeren Orientierung am Produktionsziel. Die ertragskundlichen Messungen sollten vor allem Informationen über voraussichtliche Leistungsträger des Endbestandes liefern. Die Probekreisaufnahmen dienten hauptsächlich zur Ermittlung dieser Bäume und zur Charakterisierung ihres Umfeldes.

Die Endbaumzahl wurde theoretisch aus dem in der Forsteinrichtungsanweisung FA 72 (= Forsteinrichtungsanweisung für den Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz, LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1974 b) vorgegebenen Produktionsziel hergeleitet. Das Produktionsziel 20.1 "Buchenbestände hoher Gesamtwertleistung" beinhaltet bei einem Nutzungsalter von 120 bis 140 Jahren und einer Ertragsklasse von mindestens I,5 (SCHOBBER, 1967, mäßige Durchforstung) einen Zieldurchmesser von 50 - 60 cm in Brusthöhe. "Buchenbestände mittlerer Gesamtwertleistung" (PZ 20.2) unterscheiden sich davon hinsichtlich ihrer Qualitätsmerkmale, nicht im Stärkeziel (vgl. auch PETRI, 1983).

Aus diesen Vorgaben und den Daten der in Rheinland-Pfalz verwendeten Buchenertragstafel (SCHOBBER, 1967, m. Durchforstung) lassen sich größenordnungsmäßig Baumzahlen für den Endbestand ableiten. Die Problematik der Unterstellung des

Ertragstafelmodells und auch der eventuell zu diskutierenden Zielsetzung wurde gesehen, konnte aber im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht weiter verfolgt werden.

Die verwendete Ertragstafel basiert auf niederdurchforsteten Beständen. Bei Auslesedurchforstung mit nur noch schwachen Eingriffen gegen Ende der Umtriebszeit sind möglicherweise höhere Endgrundflächen zu erwarten. Entsprechend ergeben sich größere Zieldurchmesser bzw. bei gleichem Zieldurchmesser höhere Endbaumzahlen.

Die Ertragstafelwerte wurden den "Hilfstafeln für die Forsteinrichtung (zur FA 72)" (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN, 1980) entnommen. Für die Buche sind dort für die Ertragstafel von SCHOBER, 1967, mäßige Durchforstung, unter Verwendung der Differenzwerte Oberhöhen - Mittelhöhen nach KRAMER (1961) Oberhöhen angegeben. Die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten (und transformierten) Ertragstafelwerte, s. 2.4, S. 23) basieren auf diesen Oberhöhenwerten.

Bei Annahme einer mittleren Umtriebszeit von 130 Jahren ergibt sich für die Ertragsklasse I,5 eine Grundfläche von 32,4 m<sup>2</sup>/ha. Wird ein mittlerer Brusthöhendurchmesser von 55 cm angestrebt, können nach dem Modell 114 Bäume je ha stehen; bei einem mittleren Brusthöhenmesser von 60 cm errechnen sich bei Unterstellung derselben Grundfläche 90 Bäume je ha.

Im Hinblick auf diese nur als Anhalt abgeleitete Baumzahl gingen die weiteren Überlegungen vereinfachend von einer zielgerechten Endbaumzahl von 100 Bäumen je ha aus.

Es wurden daher Probekreise mit einheitlicher Größe von 0,1 ha angelegt, in denen jeweils die 10 stärksten Bäume besonders interessierten. In diesen Probekreisen wurde über kreuzweise Kluppung der Brusthöhendurchmesser die Durchmesser- und die Stammdurchmesser-Verteilung der Baumklassen 1 bis 4 nach KRAFT ermittelt. Unterständige Buchen und andere Baumarten wurden ebenfalls gekluppt, aber nicht weiter berücksichtigt.

Anschließend wurden die Höhen der 10 stärksten (= Spitzenhöhen  $h_{100}$ ) und der 20 % stärksten Bäume (= Oberhöhen  $h_{20\%}$ ) gemessen; im Durchmesserbereich des Grundflächenmittelstammes wurden ebenfalls drei Baumhöhen gemessen.

Aus den Höhen-, Durchmesser- und h/d-Werten wurden probekreisweise arithmetische Mittelwerte der Spitzenhöhen-, Oberhöhen- und Grundflächenmittelstämme gebildet.

Bei der Altersermittlung mußte z.T. auf die unter Vorbehalt zu betrachtenden Altersangaben der Forsteinrichtung zurückgegriffen werden. In den Probekreisen, in denen Stammanalysen durchgeführt wurden, konnte das mittlere Alter der Analyseebäume als Probekreisalter verwendet werden.

Zur Altersermittlung bzw. zur Absicherung der Altersangaben der Forsteinrichtung wurden an drei Spitzenhöhenbäumen in 1,30 m Höhe jeweils zwei

Bohrspäne rechtwinklig in Nord- und Ostrichtung entnommen. Die stichprobenweise Auswertung ergab, daß nur in etwa 20 % der Fälle der Kern getroffen war. Zusätzliche Schwierigkeiten bei der Sichtbarmachung der Jahrringe trotz Anwendung mechanischer und chemischer Verfahren (OSTERMANN, 1957) ließen einen erheblichen Altersfehler erwarten, so daß auf die weitere Auswertung verzichtet wurde.

Sämtliche Altersangaben wurden auf Brusthöhe ( $=t_{1,3}$ ) bezogen, die Totalalter ( $=t_t$ ) der Forsteinrichtung mußten daher nach der Fortschreibung auf das Jahr 1984 in Brusthöhenalter umgerechnet werden. Im Anhalt an die unter 3.1.1 (S. 24) aufgeführten Ergebnisse der baumweisen Untersuchung wurde dazu ein fester Altersabschlag von 7 Jahren verwendet; davon wurden für den Stockzuschlag 3 Jahre angenommen.

Die Kenndaten der Probekreise befinden sich im Anhang (Tab. A 3).

Zusätzlich wurde in allen Probekreisen eine bestandesgeschichtliche Erhebung durchgeführt, um vor allem Informationen über eventuelle Unterschiede in der Bestandesbehandlung zu erhalten. Es stellte sich jedoch heraus, daß in den meisten Fällen die Bestandesgeschichte nicht oder nur sehr unbefriedigend nachgezeichnet werden konnte, da die vorgefundenen Aufzeichnungen äußerst mangelhafte Informationen lieferten. Auf die Gründe (z.B. auch Organisationsänderungen, Änderungen bei der Bestandausscheidung) soll hier nicht eingegangen werden.

Da nach der Forsteinrichtungsanweisung FA 72 (LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1974 b) der Bestand Planungs-, Nutzungs- und Kontrolleinheit ist, sind gute strukturelle Bedingungen für eine solche bestandesgeschichtliche Untersuchung gegeben.

Die Erhebung wurde in Zusammenarbeit mit den Revierleitern durchgeführt. Als Quellen dienten hauptsächlich die Unterlagen der Forsteinrichtung und Aufzeichnungen in den Revieren. Im einzelnen wurden erfaßt:

- Hiebsmaßnahmen im Bestand  
(Zeitpunkt, entnommene Masse)
- Informationen über den Vorbestand
- Informationen über die Entstehungsgeschichte  
(Verjüngungsart, Verjüngungsverfahren)
- Informationen über aufgetretene biotische oder abiotische Schäden
- Informationen über Nebennutzungen und Berechtigungen
- Sonstige Informationen über besondere Behandlung

#### 2.4 Auswahl der Untersuchungsbäume, Datengewinnung und Auswertung der Stammanalysen

In 33 Probekreisen, die die standörtlichen und bestandesbezogenen Kriterien am besten erfüllten, wurden an insgesamt 103 Bäumen Stammanalysen durchgeführt und die Höhenentwicklung rekonstruiert. Je Probekreis wurden in den meisten Fällen drei Bäume untersucht. Die standörtliche und altersmäßige Verteilung

ist aus den Tabellen 2 (S. 15) und 3 (S. 18) zu ersehen. Die zu analysierenden Bäume wurden im Rahmen der Probekreisaufnahme vorausgewählt und erst nach einer Überprüfung hinsichtlich ihrer sozialen Stellung und eventueller biotischer oder abiotischer Schäden vor dem Einschlag endgültig festgelegt. Sie entstammen in der Regel dem Spitzen- und Oberhöhenkollektiv des Probekreises.

Aus technischen Gründen und Gründen der Betriebssicherheit mußte in Ausnahmefällen auf Bäume der Baumklasse 1 (nach KRAFT) in der nächsten Nachbarschaft des Probekreises zurückgegriffen werden; die standörtliche Vergleichbarkeit war dabei gewährleistet.

Eine Aufstellung der wichtigsten Kenndaten der Bäume mit eventuellen Abweichungen vom Auswahlverfahren findet sich in Tabelle A 4 im Anhang.

Die Aufnahmen am stehenden Baum beschränkten sich auf die Ansprache der Baumklasse und besonderer Wachstumsanomalien (z.B. Hochzwiesel, Fauläste); zusätzlich wurden der Brusthöhendurchmesser und die Nordrichtung markiert. Am liegenden Baum wurde die Höhe des Kronenansatzes bestimmt und für die weitere Arbeit ein möglichst zentraler starker Hauptast festgelegt. An diesem entlang wurde die Gesamtlänge des Baumes gemessen.

Das Festlegen des Kronenansatzes war oft mit erheblichen Abgrenzungsschwierigkeiten verbunden und hat daher eingeschränkte Aussagekraft. Als Orientierungshilfe diente die Aufnahmeanweisung für den Erweiterten Sortentarif (= EST; LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1982). Danach beginnt die Krone dort, wo "mehrere starke Äste - jedoch nicht Wasserreiser/Klebäste und Steiläste - abzweigen."

Da bei der Fällung die Baumkrone gestreckt wird, unterscheiden sich Höhenmessung und Längenmessung am liegenden Stamm. Es ist mit einer größeren Länge zu rechnen, auch wenn der festgelegte Kronenhauptast mit dem bei der Höhenmessung gemessenen Ast identisch ist.

Unterhalb des Kronenansatzes wurden in der Regel in 1,30 m, 5 m und 10 m (soweit möglich auch in 15 m) Höhe Scheiben entnommen, an denen im Anhalt an die Marke in 1,30 m Höhe die Nordrichtung markiert wurde.

Diese Regelentnahmehöhen konnten wegen Störungen durch Äste nicht immer eingehalten werden. Abweichungen bis 0,50 m wurden als unerheblich toleriert; Scheiben mit größeren Abweichungen wurden bei den weiteren Auswertungen nur eingeschränkt berücksichtigt.

Am Kronenhauptast wurden in variablen Abständen von 0,50 bis 1,50 m Scheiben entnommen.

Zur Altersbestimmung wurden aus dem Stock ein Keil mit dem Markbereich herausgesägt und außerdem Stockhöhe und -durchmesser gemessen.

Der Einschlag wurde vor und mit Laubausbruch im Frühjahr 1985 durchgeführt. Letzte abgeschlossene Vegetationsperiode für alle Analyseebäume ist damit 1984.

Die Präparation (Schleifen der getrockneten Scheiben), Vermessung und rechnergestützte Datenauswertung erfolgte am Institut für Waldwachstum der Universität Freiburg. Dabei konnte auf methodische Untersuchungen zur Durchführung von Stammanalysen (SIOSTRZONEK, 1958; ABETZ, 1960; NAGEL und ATHARI, 1982) und auf das im Rahmen des Forschungsprojektes FORSTLICHE ANAMNESE (ABETZ, 1985) entwickelte und angewendete Verfahren zurückgegriffen werden.

Der jährliche Radialzuwachs der Stammscheiben wurde mit Hilfe einer computerunterstützten Jahrringmeßanlage (Digitalpositiometer System JOHANN II) auf 0,01 mm genau vermessen. Dazu wurden auf der Scheibe 01 (Entnahmehöhe = 1,30 m) an der Nordrichtung orientiert rechtsdrehend 8 Radian, auf den übrigen Stammscheiben 4 Radian datiert und vermessen.

Die Kronenscheiben wurden auf einem richtungsmäßig nicht orientierten Radius lediglich datiert. Sie dienten in Verbindung mit den Stammscheiben und der Gesamtlänge zur Konstruktion von Höhenentwicklungskurven, indem die jährlichen Höhenzuwächse zwischen den Entnahmehöhen linear interpoliert wurden.

Die Aussagekraft der so konstruierten Höhenentwicklungskurven ist wegen der Unterstellung linearen Wachstums eingeschränkt. Das machen auch die "Knickpunkte" dieser Kurven an den Entnahmestellen deutlich. Je kleiner die interpolierte Strecke ist, desto geringer wird der Fehler, d.h. im Kronenbereich liegt er vermutlich in der Größenordnung eines Jahrestriebes. Im Stammbereich liefert die Interpretation über mehrere Meter nur noch theoretische Werte.

Bei den Höhenentwicklungskurven ist zudem zu beachten, daß sie außer im letzten Jahr zu tief liegen, da die Scheiben unterhalb der Triebspitzen entnommen wurden. Im Durchschnitt kann von einem Fehler in der Größe eines halben Jahrestriebes ausgegangen werden.

Mögliche Wuchsstörungen in der frühesten Jugendphase bis zur Höhe von 1,30 m sollten bewußt außerhalb der Betrachtungen gehalten werden. Die Altersangaben wurden daher auf Brusthöhe bezogen ( $t_{1,3}$ ), indem bei 1,30 m das Alter 1 angesetzt wurde.

Die Stockkeile wurden ebenfalls datiert, um Hinweise über eventuelle Wuchsstörungen und damit ein stark abweichendes Keimungsalter (Totalalter =  $t_t$ ) zu erhalten.

Zur Bonitierung mußten die Ertragstafelwerte auf das Brusthöhenalter transformiert werden. Basiswerte sind die Oberhöhen der Ertragstafel von SCHOBER, 1967, mäßige Durchforstung (s. 2.3, S. 20). Die graphische Extrapolation der Tafelwerte zum Koordinatenursprung ergab einen Altersabschlag von 5, 6 und 7 Jahren für die I,0., II,0. und III,0. Bonität. Diese Werte stimmen in der Größenordnung mit den unter 3.1.1 (S. 24) genannten Ergebnissen überein.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Höhenwachstum der Analyseebäume

##### 3.1.1 Höhenentwicklung bis 1,30 m Höhe

Um Hinweise auf ein eventuell gegenüber dem Brusthöhenalter stark abweichendes Keimungsalter ( $t_t$ ) zu erhalten, wurden die Unterschiede zwischen Stockalter ( $t_{st}$ ) und Brusthöhenalter ( $t_{1,3}$ ) überprüft. Die Auswertung von 93 Bäumen, bei denen eine Datierung des Stockkeils auf 1 Jahr genau möglich war, ergab eine mittlere Differenz von 4,3 Jahren (Tabelle 4):

n = 93	Stockhöhe	Stockalter ( $t_{st}$ )	Brusthöhen- alter ( $t_{1,3}$ )	Differenz ( $t_{st} - t_{1,3}$ )
	[cm]	[Jahre]	[Jahre]	[Jahre]
	$\frac{7,5 - 71}{20,4}$	$\frac{48 - 135}{92,3}$	$\frac{44 - 130}{88}$	$\frac{1 - 10}{4,3}$

**Tab. 4:** Unterschied Stockalter ( $t_{st}$ ) - Brusthöhenalter ( $t_{1,3}$ ) bei 93 Analyseebäumen.

Eine Differenzierung nach Alter oder standörtlichen Verhältnissen konnte nicht festgestellt werden. Auch innerhalb der einzelnen Probekreise wiesen die Analyseebäume unterschiedliche Werte auf.

Da auch die größte gemessene Differenz 10 Jahre nicht überschreitet, wird im folgenden in allen Fällen das Brusthöhenalter verwendet.

## 3.1.2 Bonitierung

Tabelle 5 zeigt das Bonitierungergebnis der Analysebäume nach der in Rheinland-Pfalz bei Buche angewendeten Ertragstafel von SCHOBER, 1967, mäßige Durchforstung. Zu beachten ist, daß die Baumzahl in den drei Bonitierungsaltern ( $t_{1,3}$  40, 70 und 100 Jahre) unterschiedlich groß ist, und damit die Mittelwerte nicht vergleichbar sind. Zusätzlich ist daher die mittlere Ertragsklasse des gleichbleibenden Kollektivs der Bäume, die mindestens 100 Jahre alt und damit zu allen drei Bonitierungszeitpunkten vertreten sind, angegeben.

	Ertragsklasse im ( $t_{1,3}$ -)Alter von:		
	40	70	100
Jeweils alle Bäume	(n = 103) <u>IAAA.5 - IV.3</u> I.3	(n = 78) <u>IAA.2 - III.7</u> I.8	(n = 43) <u>IAA.0 - III.4</u> II.2
Gleiches Kollektiv ( $t_{1,3}$ - Alter 1984 > 100 Jahre)	(n = 43) <u>IAA.1 - IV.3</u> II.1	(n = 43) <u>IAA.2 - III.7</u> II.0	(n = 43) <u>IAA.0 - III.4</u> II.1

Tab. 5: Ertragsklassenrahmen und mittlere Ertragsklasse der Analysebäume im ( $t_{1,3}$ -)Alter von 40, 70 und 100 Jahren.

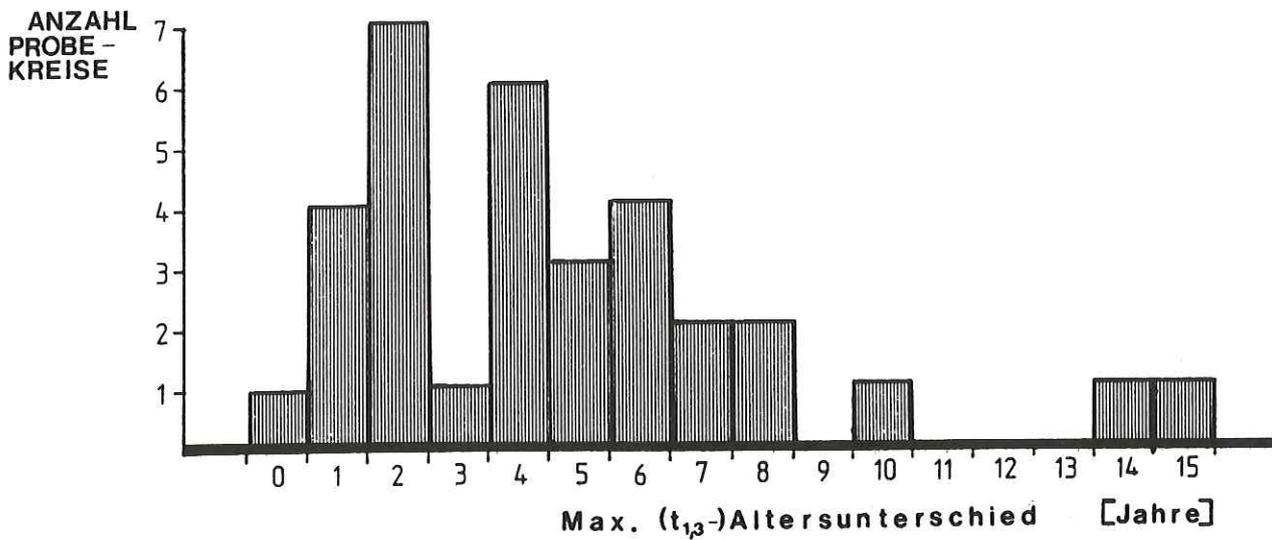
(Ertragstafel SCHOBER, 1967, m. Durchforstung; analog zur Baumart Fichte (vgl. Hilfstafeln für die Forsteinrichtung) wurden die Ertragstafelwerte über die I.0 Ertragsklasse hinaus extrapoliert, die Kennzeichnung erfolgt über ein eingefügtes "A", z.B. IAA0 = 2 Ertragsklassenstufen über der I.0. Ertragsklasse.)

Es wird deutlich, daß aus den Mittelwerten des Gesamtmaterials nicht auf einen Ertragsklassenabfall geschlossen werden kann, obwohl die untersuchten Standorte ungefähr gleichmäßig auf die Altersklassen verteilt sind (vgl. Tab. 3, S. 18). Der Vergleich mit dem Kollektiv der Bäume, die mindestens 100 Jahre alt sind, zeigt, daß diese im Mittel eine unterdurchschnittliche Ertragsklasse aufweisen. Der vorgetäuschte "Ertragsklassenabfall" resultiert somit aus den zwischen dem Alter 40 und 100 sich ändernden Kollektivgrößen - der Anteil der jüngeren Bäume mit besseren Bonitäten nimmt kontinuierlich ab. Dagegen stimmt die Bonitätsentwicklung vom Alter 40 bis 100 beim gleichbleibenden Kollektiv der alten Bäume weitgehend mit der verwendeten Ertragstafel überein.

### 3.1.3 Verhältnisse innerhalb der Probekreise

#### 3.1.3.1 Altersunterschiede innerhalb der Probekreise

In Abb. 3 sind die maximalen Altersunterschiede der in der Regel drei Analysebäume jeweils probekreisweise zusammengefaßt.



**Abb. 3:** Maximale (t<sub>1,3</sub>-)Altersunterschiede der Analysebäume Innerhalb der Probekreise.

Der größte Altersunterschied beträgt 15 Jahre (Probekreis Nr. 55); in einem Probekreis sind die analysierten Bäume alle gleich alt (Probekreis Nr. 78). Im Mittel beträgt der Unterschied 4,5 Jahre.

Eine Differenzierung nach Alter oder standörtlichen Verhältnissen konnte nicht festgestellt werden.

### 3.1.3.2 Höhenentwicklung der Analysebäume

Wegen der geringen Baumzahl wurde statt der Streuung als statistische Größe zur Kennzeichnung der Verhältnisse innerhalb der Probekreise die Variationsbreite gewählt. Beginnend im Alter 5 wurde alle 5 Jahre die absolute Höhendifferenz zwischen dem jeweils höchsten und niedrigsten Analysebaum innerhalb eines Probekreises gebildet. Ab Alter 30 wurden die Bäume zusätzlich bonitiert und die Variationsbreite auch nach Ertragsklassen erfaßt. Die Werte wurden jeweils über den gesamten Beobachtungszeitraum gemittelt und als durchschnittliche Variationsbreite der Höhenentwicklung im Probekreis bezeichnet. Im Mittel aller Probekreise beträgt diese durchschnittliche Variationsbreite 2,10 m (0,68 bis 4,06 m) bzw. 1,1 (0,7 bis 2,1) Ertragsklassen (s. Tabelle A 5 im Anhang).

Tendenziell ist die Variationsbreite bei den jüngeren Probekreisen geringer; dabei ist jedoch zu beachten, daß die Höhenentwicklungskurven an einem Punkt (1,30 m = Alter 1) beginnen und sich erst mit zunehmendem Alter differenzieren können. Die Probekreismittelwerte von unterschiedlich langen Beobachtungszeiträumen sind daher nur eingeschränkt vergleichbar. Deshalb wurde zusätzlich die durchschnittliche Variationsbreite bis zum Alter 40 ermittelt; sie beträgt im Mittel aller Probekreise 1,70 m (0,70 bis 2,98 m) bzw. 0,8 (0,3 bis 1,6) Ertragsklassen.

Standörtliche Unterschiede waren nicht erkennbar.

### 3.1.4 Mittlere Höhenentwicklungskurven in Probekreisen

Da Informationen über standortstypische Wuchsleistungen gewonnen werden sollten, wurden aus den Kurven der Einzelbäume mittlere Höhenentwicklungskurven der Probekreise konstruiert. Damit sollte der Einfluß nicht standortsbedingter, baumindividueller Faktoren vermindert werden. Die Konstruktion der mittleren Höhenentwicklungskurven erfolgte mittels Freihandausgleich, orientiert am arithmetischen Mittel der jeweils drei oder vier Einzelbaumkurven.

Als Beispiel werden in Abb. 4 die Höhenentwicklungskurven der einzelnen Analysebäume und die ausgeglichene mittlere Höhenentwicklungskurve eines Probekreises gezeigt. Dieser Probekreis Nr. 62 repräsentiert hinsichtlich der Variationsbreite der Einzelkurven durchschnittliche Verhältnisse (mittlere Variationsbreite 1,80 m).

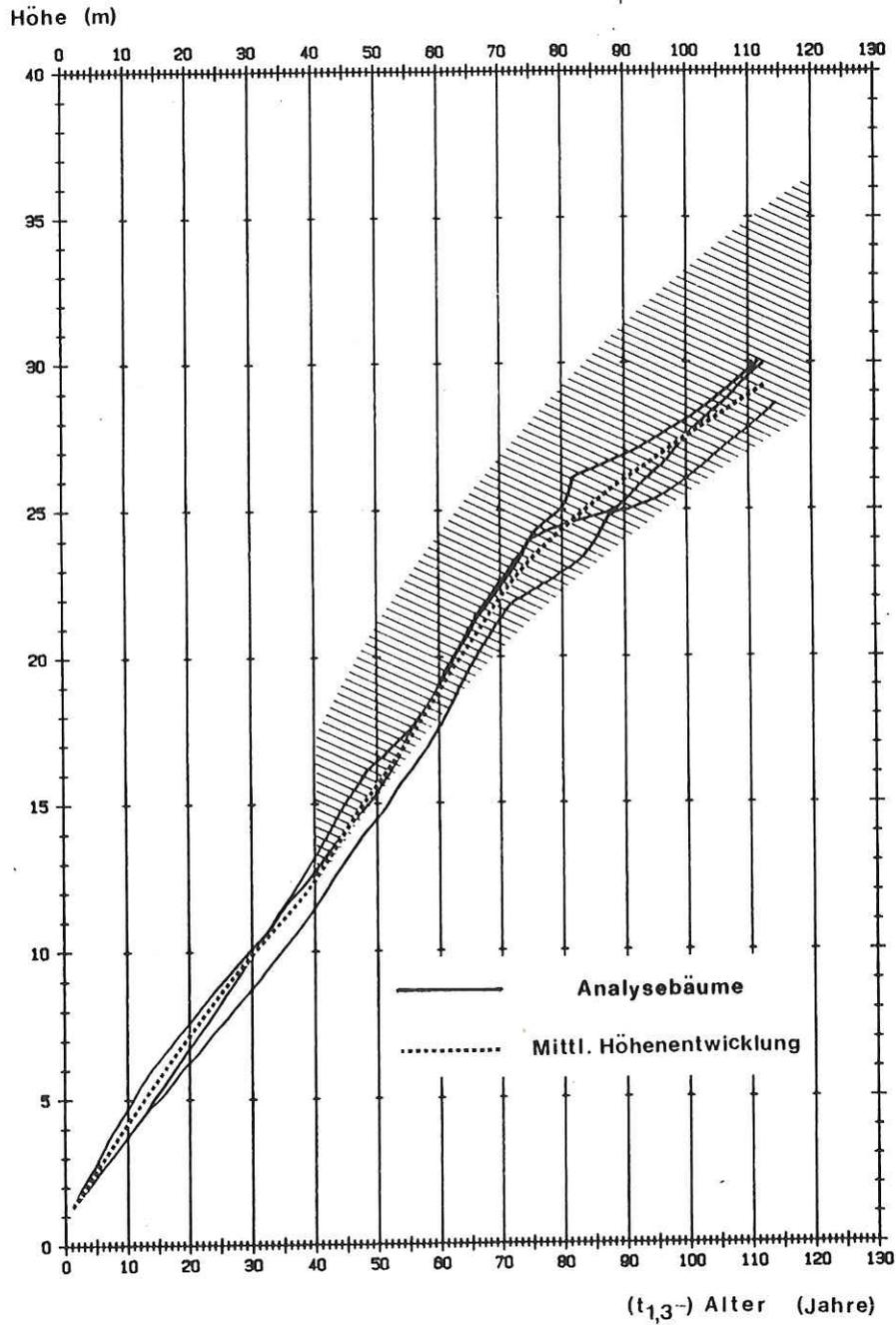


Abb. 4: Höhenentwicklung der Analyseebäume und ausgeglichene mittlere Höhenentwicklung im Probekreis Nr. 62.

Der Bereich zwischen I,0. und III,0. Ertragsklasse (SCHÖBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.

### 3.1.5 Höhenentwicklung auf verschiedenen Standorten

Im folgenden werden die mittleren Höhenentwicklungen der am besten belegten Kombinationsmöglichkeiten (gleiche Substratreihe/verschiedene Standortseinheiten und gleiche Standortseinheit/verschiedene Substratreihen; s. Tabelle 2, S. 15) dargestellt.

Mit der Substratreihe Schlufflehme (Abb. 5 bis 7) ist etwa die Hälfte der untersuchten Standorte erfaßt.

Abb. 5 zeigt das gesamte Spektrum über alle Standortseinheiten hinweg. Obwohl die Darstellung nur einen Überblick geben kann, fällt bei den Probekreismittekurven der jüngeren Bäume ein tendenziell besserer Höhenwachstumsverlauf auf.

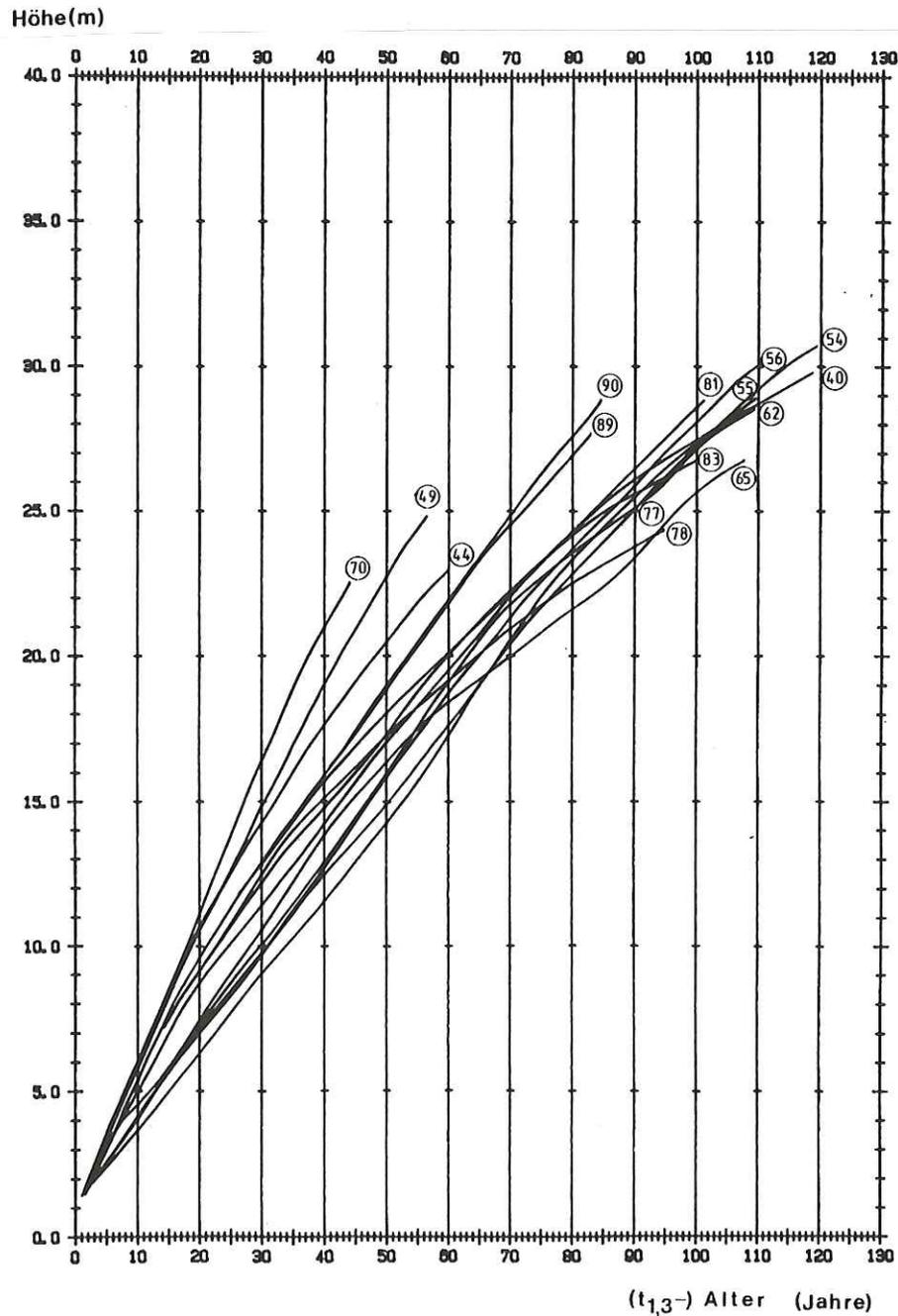
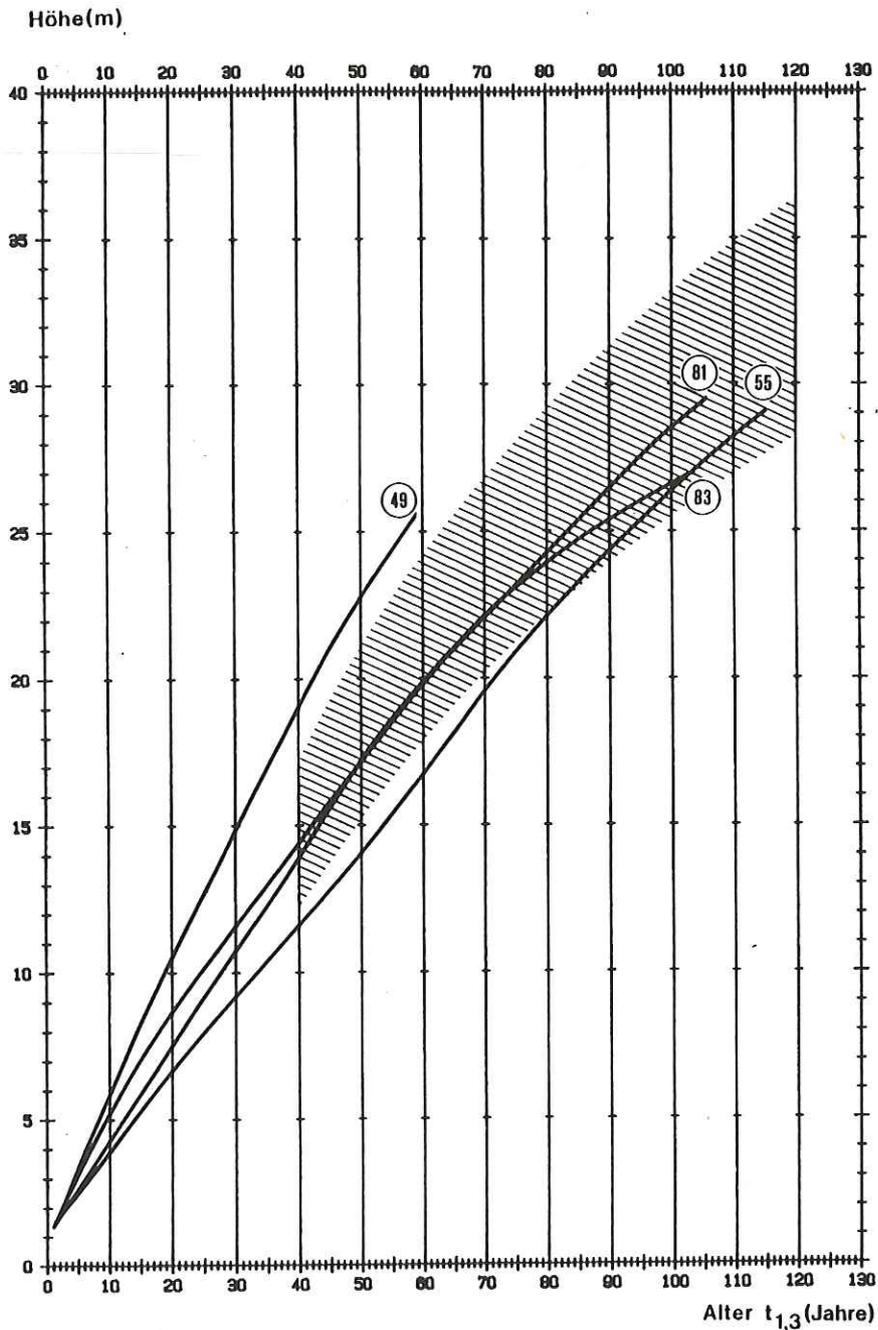


Abb. 5: Mittlere Höhenentwicklung in 15 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Schlufflehme.

In Abb. 6 wird die mittlere Höhenentwicklung auf der Standortseinheit K m 2, in Abb. 7 auf der vom Wasserhaushalt her geringfügig schlechter eingestuften Standortseinheit K m (2) - 2 nachgezeichnet. In der praktischen Standortskartierung werden diese Standorte zusammengefaßt. Es bestätigt sich die beobachtete Tendenz: Die Höhenentwicklung verschieden alter Bäume ist auf heute als gleich angesprochenem Standort unterschiedlich verlaufen. Die Unterschiede betragen dabei je nach Bonitierungs- und Vergleichszeitpunkt bis zu drei Ertragsklassen. Sie nehmen, bedingt durch den gemeinsamen Kurvenursprung, mit zunehmendem Alter zu, zeichnen sich jedoch schon von Beginn an ab.



**Abb. 6:** Mittlere Höhenentwicklung in 4 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Schlufflehme - Standortseinheit K m 2.

Der Bereich zwischen I,0. und III,0. Ertragsklasse (SCHOBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.

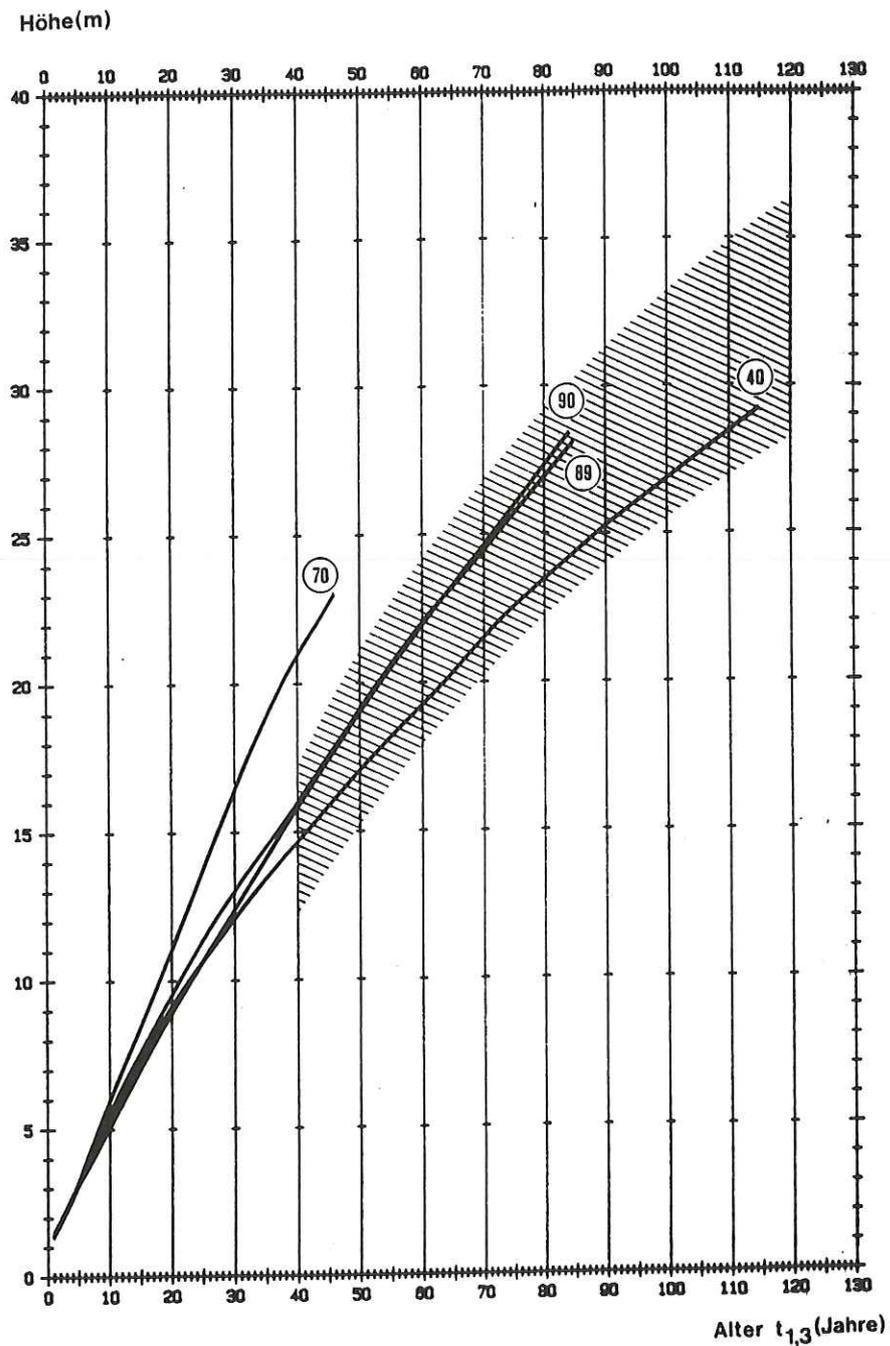


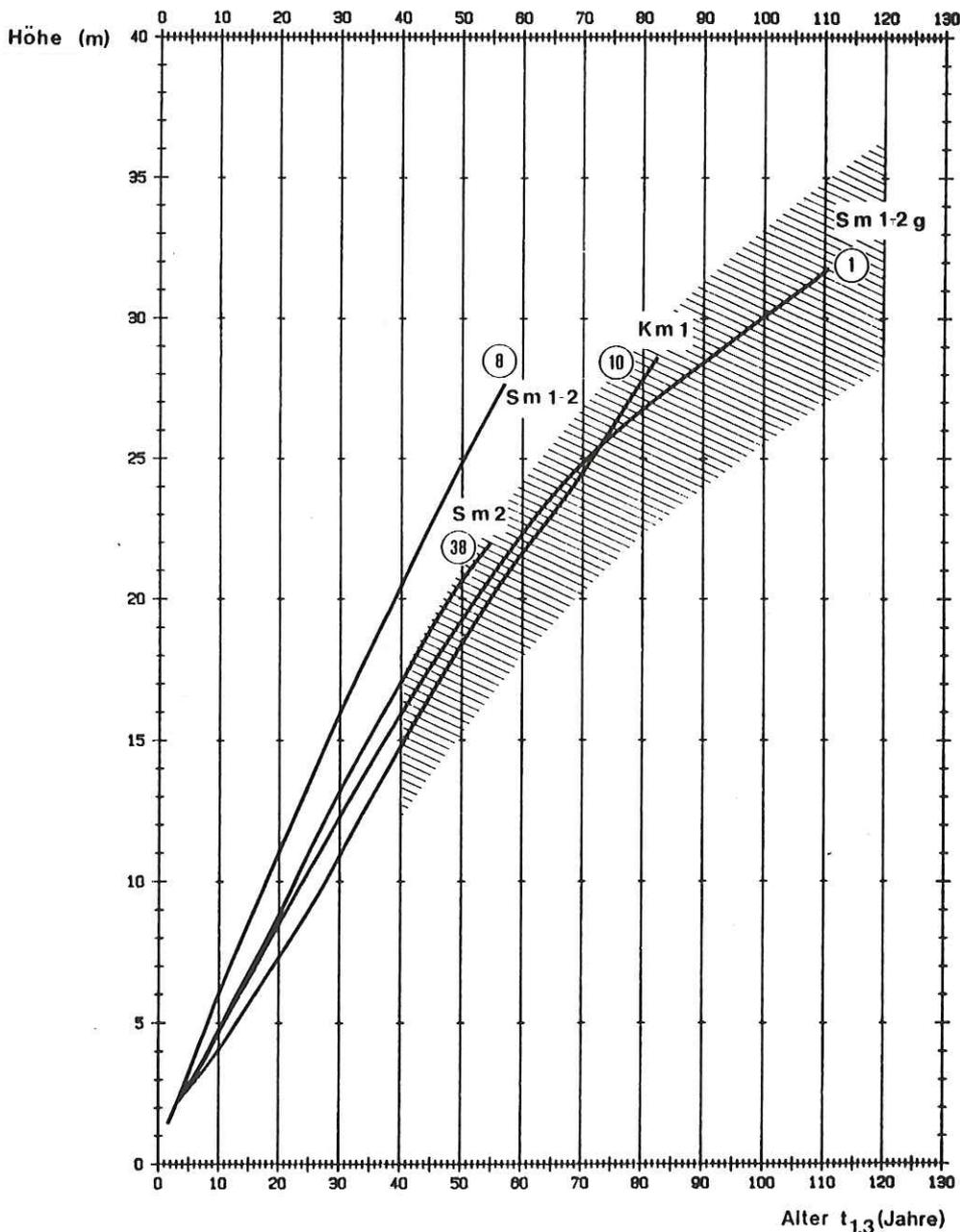
Abb. 7: Mittlere Höhenentwicklung in 4 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Schlufflehme - Standortseinheit K m (2)-2.

Der Bereich zwischen I.O. und III.O. Ertragsklasse (SCHOBBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.

Die im folgenden als "Alterstendenz" bezeichnete Erscheinung ist vom "Alterstrend" zu unterscheiden. Die Alterstendenz bezieht sich auf tendenzielle Unterschiede im Wachstum zwischen verschiedenen alten Bäumen, während mit dem Alterstrend der altersabhängige (i.d.R. rückläufige) Zuwachsverlauf von Einzelbäumen oder Beständen gemeint ist.

Die Substratreihe Rhyolithverwitterungsböden ist mit 21 Probekreisen, von denen in fünf Probekreisen Stammanalysen durchgeführt wurden, am zweitbesten belegt.

Abb. 8 zeigt die mittlere Höhenentwicklung in vier Probekreisen. (Probekreis Nr. 6 mit nur einem Analysebaum wurde nicht berücksichtigt.) Die tendenziell geringeren Höhen älterer Bäume sind auch innerhalb dieser Substratreihe erkennbar. Dabei fällt Probekreis Nr. 38 aus dem Rahmen. Zu beachten ist, daß es sich um verschiedene Standortseinheiten handelt. Probekreis Nr. 10 liegt in der kollinen Stufe und ist der Standort mit dem besten Wasserhaushalt. Probekreis Nr. 38 ist sowohl vom Wärmeangebot (submontan) als auch von der Wasserversorgung her am ungünstigsten zu beurteilen. Die von der bisher festgestellten Alterstendenz abweichende Höhenentwicklung im Probekreis Nr. 38 ist somit standörtlich erklärbar.

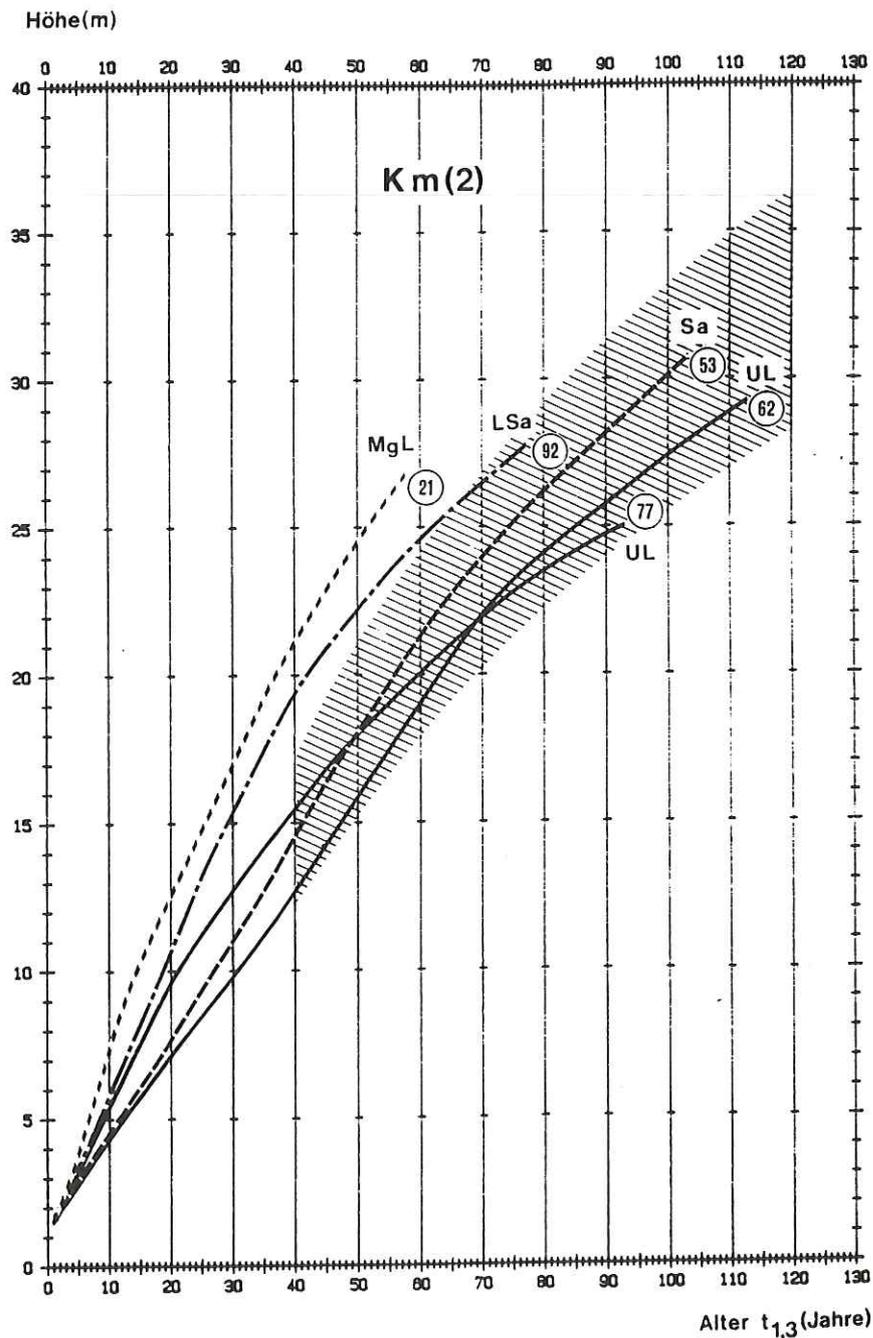


**Abb. 8:** Mittlere Höhenentwicklung in 4 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Rhyolithverwitterungsböden - verschiedene Standortseinheiten.

Der Bereich zwischen I,0. und III,0. Ertragsklasse (SCHÖBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.

Eine Gegenüberstellung der Höhenentwicklungen in Probekreisen verschiedener Substratreihen auf gleicher Standortseinheit (K m (2)) zeigt Abb. 9.

Die bisher beobachtete Alterstendenz tritt dort ebenfalls hervor. Auffallend ist das mit zunehmendem Alter stärker absinkende Höhenwachstum im Probekreis Nr. 77, vor allem im Vergleich zum standörtlich gleichen Probekreis Nr. 62. Eine Erklärung dafür kann aufgrund der Ergebnisse der Standortskartierung nicht gefunden werden.

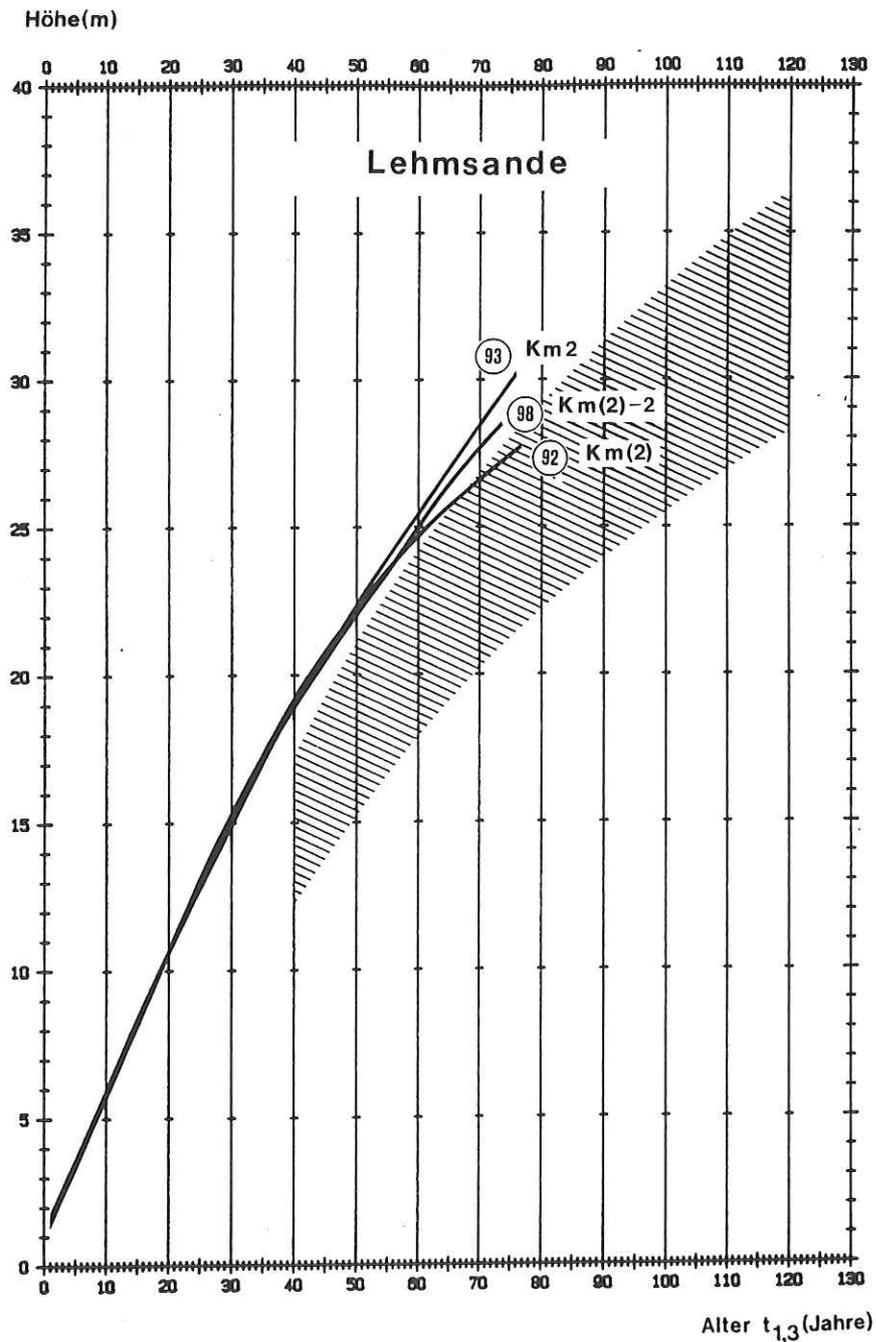


**Abb. 9:** Mittlere Höhenentwicklung in 5 Probekreisen auf der Standortseinheit K m (2) - verschiedene Substratreihen.

Der Bereich zwischen I,0. und III,0. Ertragsklasse (SCHÖBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.  
Abkürzungen: Magmatische Lehme (MgL), Lehmsande (LSa), Sande (Sa), Schlufflehme (UL).

In Abb. 10 wird die mittlere Höhenentwicklung in den drei ungefähr gleichaltrigen Probekreisen (mittleres ( $t_{1,3}$ -)Alter 77, 77 und 74 Jahre) der Substratreihe Lehmsande gezeigt.

Im Gegensatz zu den bei verschiedenen alten Probekreisen beobachteten frühzeitigen Unterschieden verläuft das Höhenwachstum bis zum Alter von 55 Jahren ziemlich gleich. Danach auftretende Differenzierungen stimmen mit der standörtlichen Beurteilung überein: Wärme- und Nährstoffangebot der drei Standorte sind vergleichbar; der Wasserhaushalt ist bei Probekreis Nr. 93 am besten, bei Probekreis Nr. 92 am schlechtesten zu beurteilen.



**Abb. 10:** Mittlere Höhenentwicklung in 3 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Lehmsande - verschiedene Standortseinheiten.

Der Bereich zwischen I,0. und III,0. Ertragsklasse (SCHÖBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.

### 3.2 Höhenwerte der Probekreis-aufnahmen

Als Höhe des Probekreises wurde das arithmetische Mittel der Höhenmessungen der 10 stärksten Bäume im Probekreis (= Spitzenhöhe  $h_{100}$ ) verwendet. Abb. 11 zeigt das Gesamtspektrum der Höhenwerte über dem Alter.

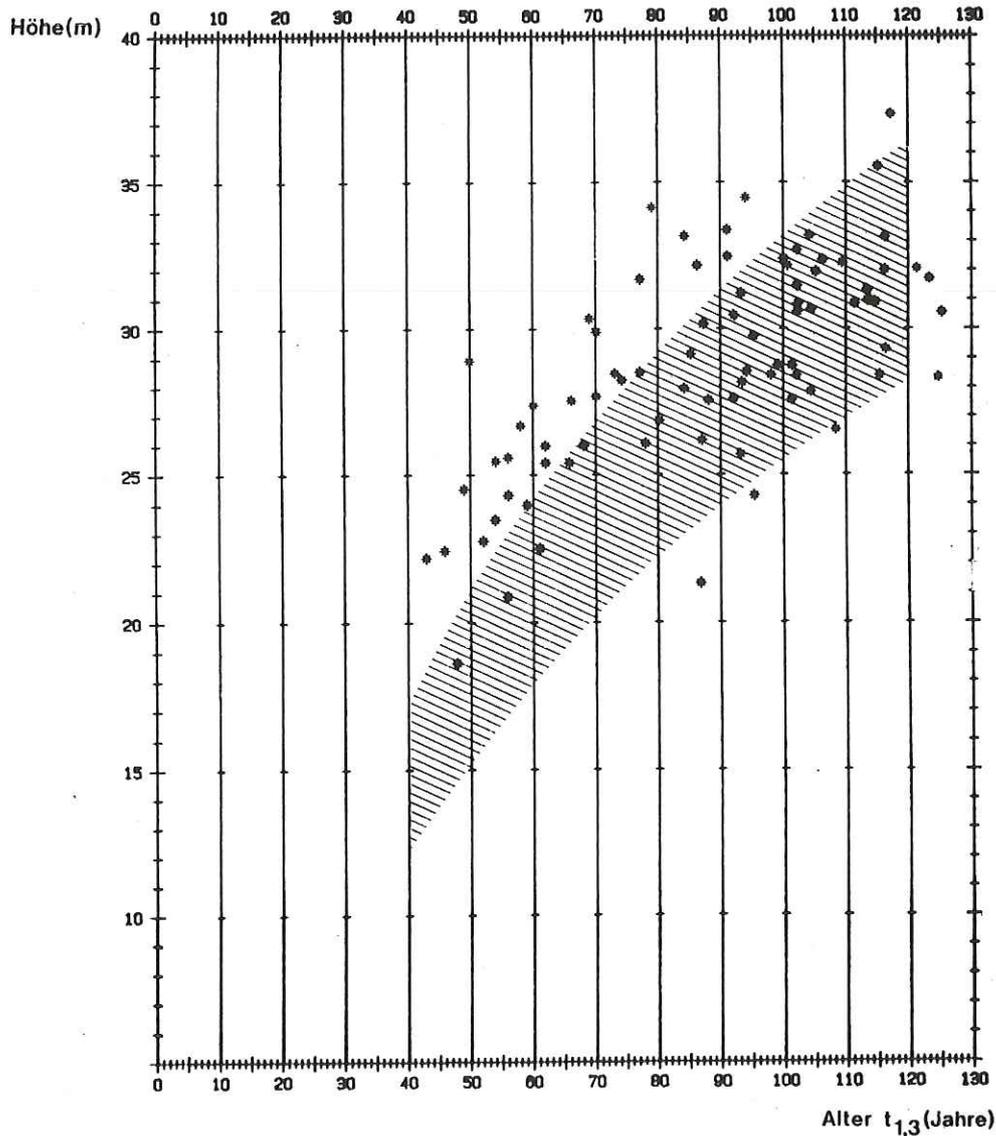


Abb. 11: Mittlere Höhe der jeweils 10 stärksten Bäume ( $h_{100}$ ) in 84 Probekreisen.

Der Bereich zwischen I.0. und III.0. Ertragsklasse (SCHOBBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.

Obwohl die Grundvoraussetzung für eine solche Betrachtungsweise – die gleichmäßige Verteilung der Standorte auf die Altersklassen – in etwa gegeben ist, kann die Abbildung nur Hinweise geben. Es läßt sich jedoch auch bei den statischen Aufnahmen erkennen, daß die Höhen in den älteren Probekreisen ten-

denziell niedriger liegen. Eine genauere Aussage bietet die folgende Einengung auf Substratreihen und Standortseinheiten.

Innerhalb der mit 32 Probekreisen am besten belegten Substratreihe Schlufflehme ergibt sich bei Abb. 12 ein ähnliches Bild. Bei Betrachtung ungefähr gleichaltriger Probekreise zeigt sich, daß die Höhenwerte gleicher Standortseinheiten um etwa eine Ertragsklasse variieren. Der Schwerpunkt liegt dabei in der II. Ertragsklasse. Nicht erklärbar aus der standörtlichen Beurteilung sind die Höhen der Probekreise Nr. 78 (K m (2) - 3), Nr. 73 (K m (2) - 2) und Nr. 54 (K m 3 - (2)).

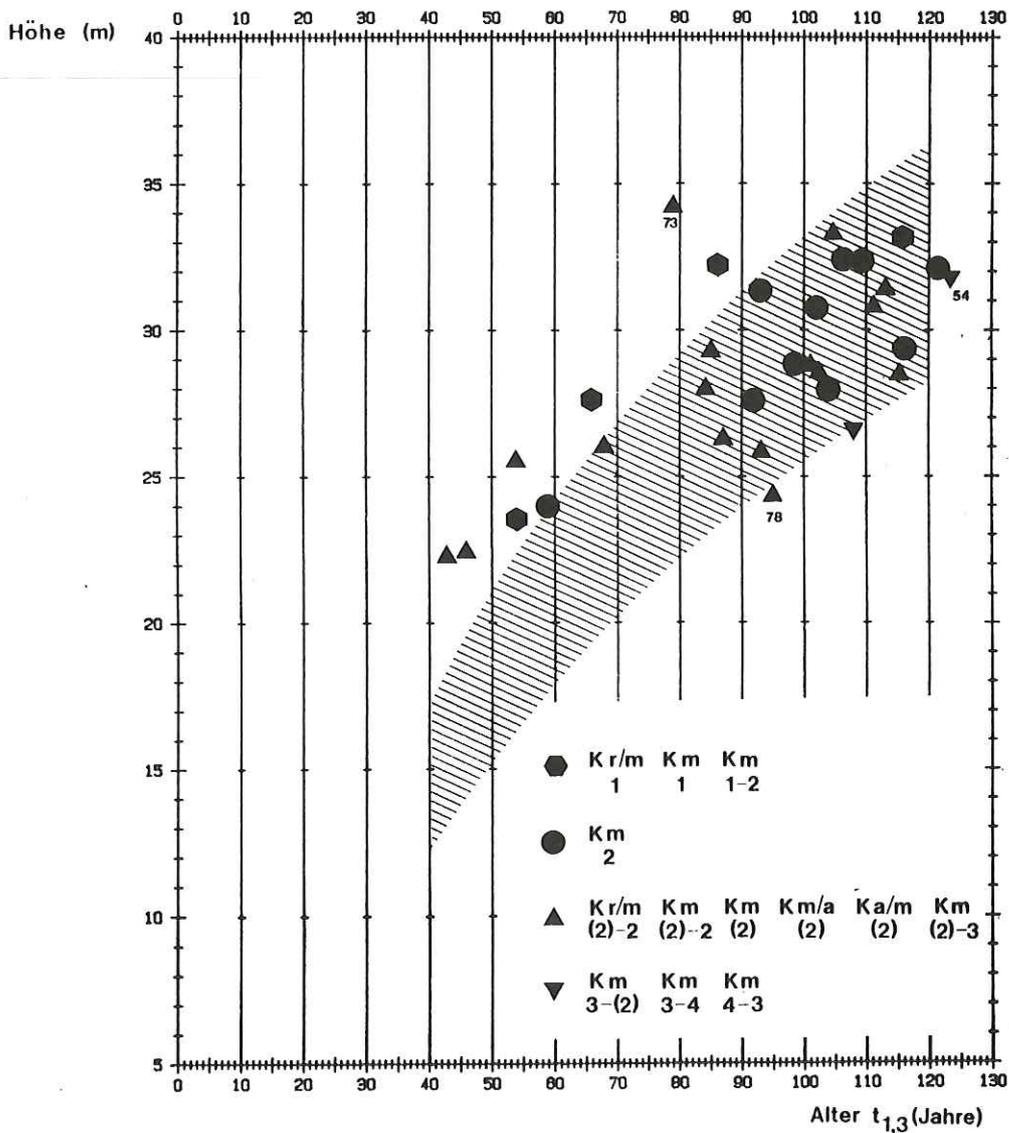
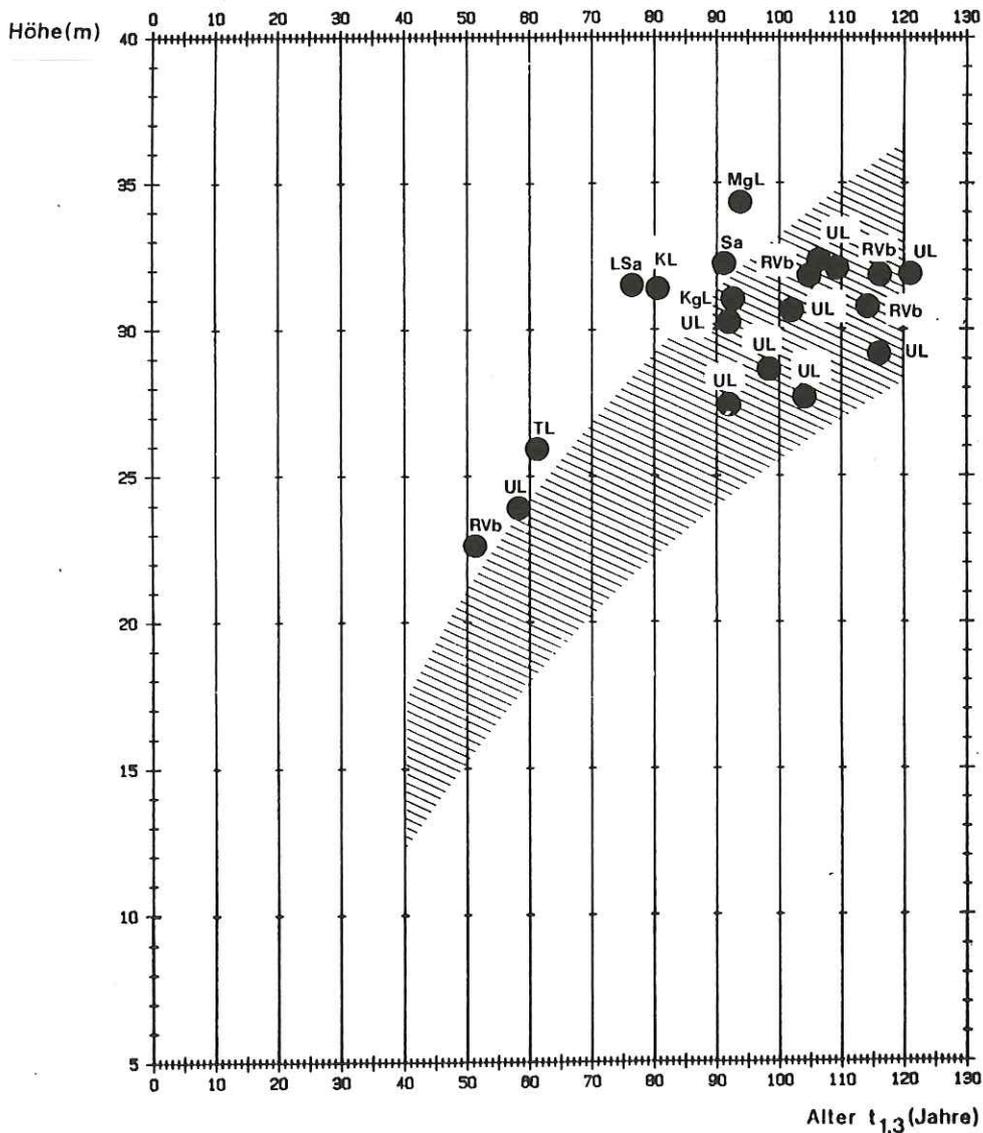


Abb. 12: Mittlere Höhe der jeweils 10 stärksten Bäume ( $h_{100}$ ) in 33 Probekreisen auf Standorten der Substratreihe Schlufflehme - verschiedene Standortseinheiten.

Der Bereich zwischen I,0. und III,0 Ertragsklasse (SCHOBBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.

In Abb. 13 sind die Probekreishöhen der Standortseinheit  $K\ m^2$  über die Substratreihen hinweg dargestellt. Betrachtet man nur ungefähr gleichalte Probekreise, ergibt sich eine Variationsbreite von etwa zwei Ertragsklassen auf der gleichen Standortseinheit. Dabei liegen die Werte der Substratreihe Schlufflehme mit der Variationsbreite von einer Ertragsklasse in der Tendenz am niedrigsten.

Die geringe Probekreiszahl erlaubt keine Aussagen über die Leistungsverhältnisse zwischen den einzelnen Substraten. Es zeigt sich jedoch, daß bei unterschiedlichen Substraten die Variationsbreite auf gleicher Standortseinheit vergrößert und damit die leistungsbezogene Aussagekraft der Standortseinheit relativiert wird.



**Abb. 13:** Mittlere Höhe der jeweils 10 stärksten Bäume ( $h_{100}$ ) in 21 Probekreisen auf der Standortseinheit  $K\ m^2$  - verschiedene Substratreihen.

Der Bereich zwischen I.0. und III.0. Ertragsklasse (SCHÖBER, 1967, m. Df. ist durch Schraffur gekennzeichnet.  
Abkürzungen: Kalkgründige Lehme (KgL), Kiesellehme (KL), Lehmsande (LSa), Magmatische Lehme (MgL), Rhyolithverwitterungsböden (RVb), Sande (Sa), Schlufflehme (UL), Tonlehme (TL).

### 3.3 Folgerungen aus den Ergebnissen zum Höhenwachstum

Die eingangs dargelegte Zielsetzung bestand in der Untersuchung standortstypischer Wachstumsverläufe; dabei sollten Informationen über die Verwendbarkeit der arbeitsmethodisch in das Standortserkundungsverfahren einbezogenen Höhenwuchsleistung gewonnen bzw. überprüft werden.

Aufgrund der Ergebnisse anderer Untersuchungen (PETRI, 1957; HOFFMANN, 1958, 1963; KERN, 1958; MITSCHERLICH, 1959) wurde von Beginn an davon ausgegangen, daß Unterschiede in der Bestandesbehandlung eine Rolle spielen können und daher nur Aussagen bei vergleichbarer Behandlung zulässig sind. Über die Auswahlkriterien der Untersuchungsbestände und -bäume sollten eventuelle Behandlungsunterschiede möglichst von vorneherein verringert werden. Darüberhinaus sollten über eine differenzierte baumweise Untersuchung mit Hilfe von Stammanalysen weitere Informationen gewonnen werden.

Die im ersten Auswertungsschritt gefundenen Ergebnisse ließen erkennen, daß die Höhenentwicklungen verschieden alter Bäume unterschiedlich verlaufen sind. Es ist auf heute als gleich angesprochenen Standorten die Tendenz einer kontinuierlichen Verbesserung des Höhenwachstums der jeweils jüngeren Bäume von Wachstumsbeginn an festzustellen.

Eine Erklärung könnte sein, daß möglicherweise trotz der angewendeten Auswahlkriterien Behandlungsunterschiede vorliegen, die Auswirkungen auf das Höhenwachstum haben. Zusätzlich könnte aber auch neben eventuellen Einflüssen der "Behandlung" der Faktor "Zeit" (ausgedrückt im Alter der Bäume bzw. Bestände) in einem erweiterten Rahmen eine Rolle spielen. "Zeit" fließt zum einen über den Wandel waldbaulicher Vorstellungen mit in die Behandlung ein, zum anderen hat jedoch auch der Standort eine zeitliche Komponente. Indem bei der bisherigen Untersuchung die gegenwärtig vorliegende Kombination der Standortsfaktoren als statische Größe unterstellt ist, wurde die Möglichkeit einer Standortsdynamik außer Acht gelassen.

Die Entwicklung des Standortsfaktors Boden läßt sich eingeschränkt anhand bodenkundlicher Methoden nachvollziehen. Vor allem im Bereich der Nähr-elementversorgung bestehen jedoch erhebliche Unsicherheiten, so daß im Rahmen des Standortserkundungsverfahrens nur begrenzte Aussagen möglich sind.

Die ebenfalls denkbare Dynamik anderer Standortsfaktoren (z.B. Klima, Zusammensetzung der Luft) kann nicht quantifiziert werden, da keine entsprechenden Meßwerte vorliegen.

Allein aufgrund theoretischer Überlegungen läßt sich eine Vielzahl hypothetischer Wirkungsrichtungen im Beziehungsgefüge "Standort - Behandlung - Zeit" vorstellen. Arbeitsmethodisch können für das weitere Vorgehen in der Untersuchung folgende Konsequenzen abgeleitet werden:

Wenn der Einfluß unterschiedlicher Behandlung auf das Wachstum untersucht werden soll, müssen "Standort" und "Zeit" ausgeschaltet werden. Das kann durch die Untersuchung standorts- und altersgleicher Bäume bzw. Probekreise erfolgen.

Der Einfluß des Faktors "Zeit" kann nur quantifiziert werden, wenn "Behandlung" und "Standort" vergleichbar sind.

Die Zielsetzung der Untersuchung - Aussagen über standortstypische Wuchsleistungen zu machen - erfordert daher, Einflüsse durch unterschiedliche Behandlung und Zeitabläufe auszuschließen bzw. diese zu quantifizieren. Dementsprechend führt der weitere Weg über eine Stratifizierung des Untersuchungsmaterials nach dem Alter, bevor in einem zweiten Schritt Behandlungsunterschiede und deren mögliche Auswirkungen auf das Höhenwachstum untersucht werden. Da es dabei wesentlich darauf ankommt, Informationen über tatsächliche Entwicklungen zu erhalten, können die Ergebnisse der statischen Probekreisaufnahmen nicht verwendet werden. Die weitere Auswertung ist daher auf die Untersuchung der Analyseebäume beschränkt.

### 3.4 Höhenentwicklung von Bäumen gleicher Altersgruppen auf verschiedenen Standorten

Das in Abb. 14 dargestellte Altersspektrum der Analysebäume bot sich zur Stratifizierung in die Altersgruppen "jung" (1), "mittelalt" (2) und "alt" (3) an.

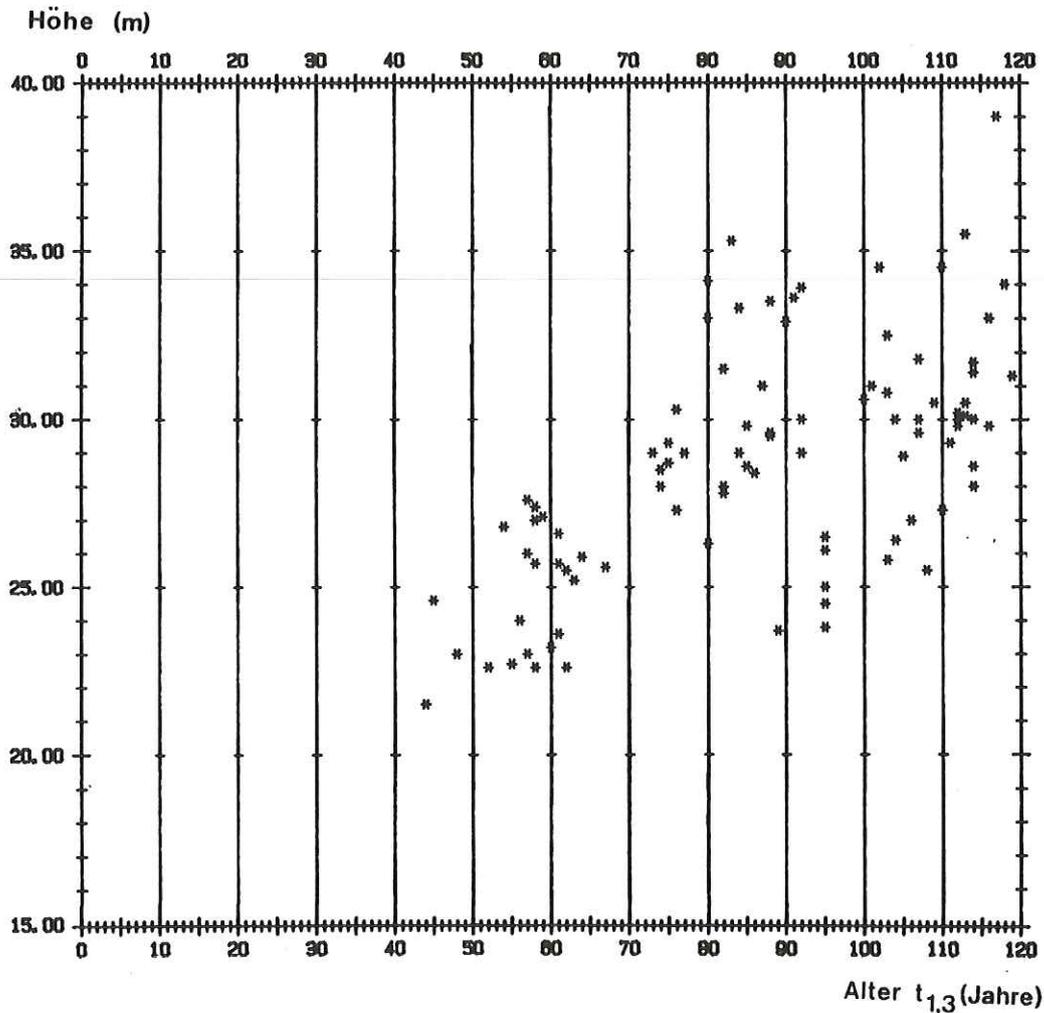


Abb. 14: Höhen- und Altersspektrum der 103 Untersuchungsbäume zum Einschlagszeitpunkt.

Tabelle 6 gibt die entsprechenden Grenzwerte der Alter und der Kalenderjahre des Marks in 1,30 m Höhe an; zusätzlich wurden die unterstellten Keimungsjahre aufgenommen. Zur groben Überprüfung der standörtlichen Vergleichbarkeit der Altersgruppen wird als Hilfsgröße die Standortswertziffer (s. 2.2, S.14) verwendet. Danach sind die Standorte der Altersgruppe 2 mit 8,5 Punkten im Mittel etwas besser einzuschätzen als die Standorte der Altersgruppe 1 (7,6 Punkte) und 3 (7,9 Punkte). Die Unterschiede sind in Anbetracht der Problematik und Genauigkeit des Bewertungssystems gering.

	Altersgruppen		
	"jung" (1)	"mittelalt" (2)	"alt" (3)
Anzahl Analysebäume	25	35	43
(t <sub>1,3</sub> -)Alter [Jahre]	$\frac{44 - 70}{57}$	$\frac{71 - 100}{85}$	$\frac{101 - 130}{113}$
Markjahre in 1,30 m Höhe [Kalenderjahre]	1941 - 1915	1914 - 1885	1884 - 1855
Keimungsjahre [Kalenderjahre]	1934 - 1914	1903 - 1882	1879 - 1847
Standortswert- ziffer [Punkte]	$\frac{2 - 11}{7,6}$	$\frac{5 - 12}{8,5}$	$\frac{1 - 12,5}{7,9}$

Tab. 6: Rahmen- und Mittelwerte der Altersgruppen.

Die Abbildungen 15, 16 und 17 zeigen die mittleren Höhenentwicklungskurven in den Probekreisen der drei Altersgruppen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in der Altersgruppe 3 die Höhenentwicklungen in den Probekreisen auf Schlufflehm nicht als Einzelkurven, sondern als Spektrum dargestellt.

Wegen des geringen Altersunterschiedes der Analysebäume konnten jeweils alle Bäume desselben Probekreises auch derselben Altersgruppe zugeordnet werden, so daß die Stratifizierung nach dem Alter direkt auf die Probekreise übertragen werden konnte.

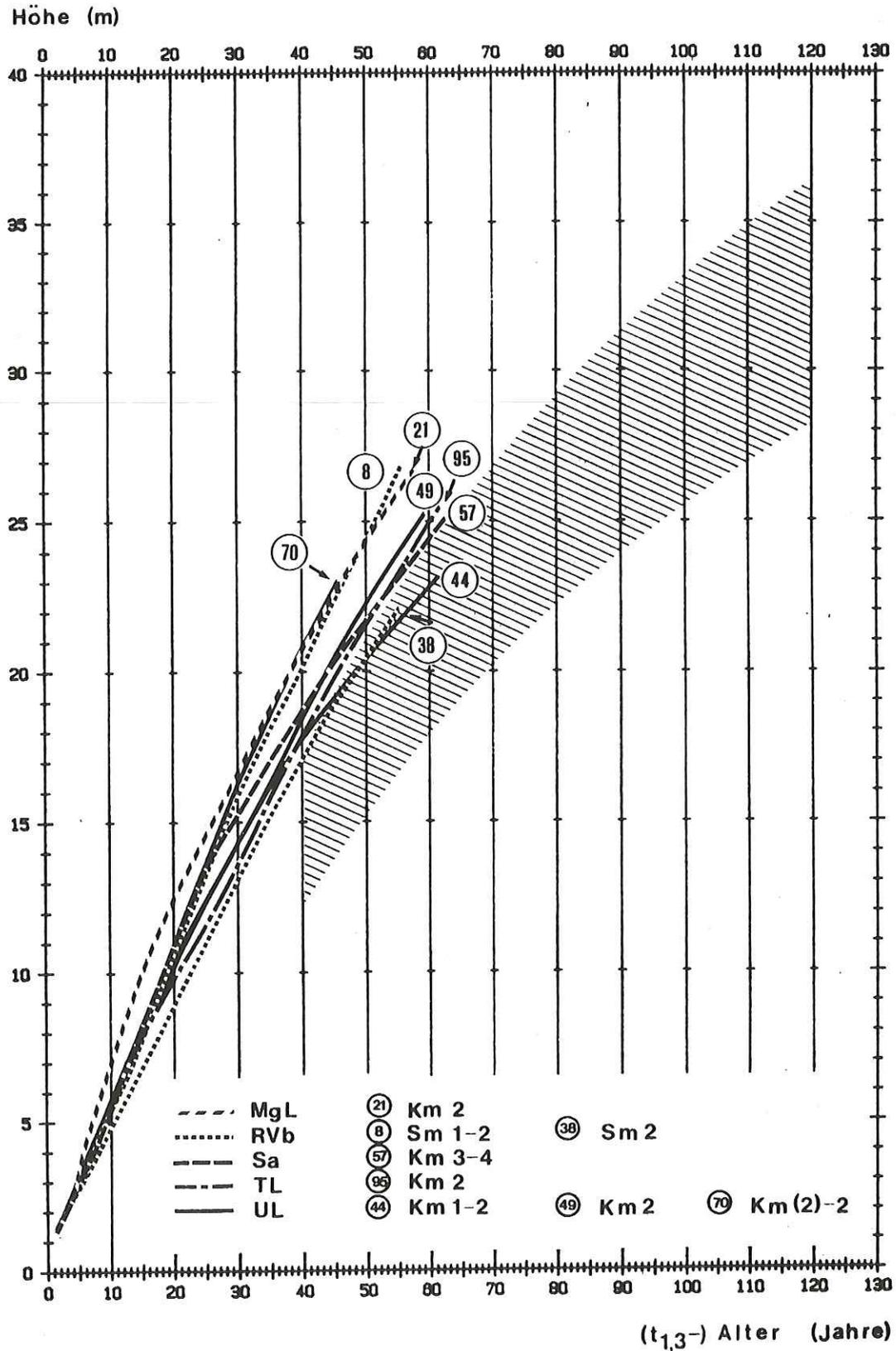


Abb. 15: Mittlere Höhenentwicklung in den Probekreisen der Altersgruppe 1 ("junge Bäume").

Der Bereich zwischen I.0. und III.0. Ertragsklasse (SCHÖBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.  
 Abkürzungen: Magmatische Lehme (MgL), Rhyolithverwitterungsböden (RVb), Sande (Sa), Tonlehme (TL), Schlufflehme (UL).

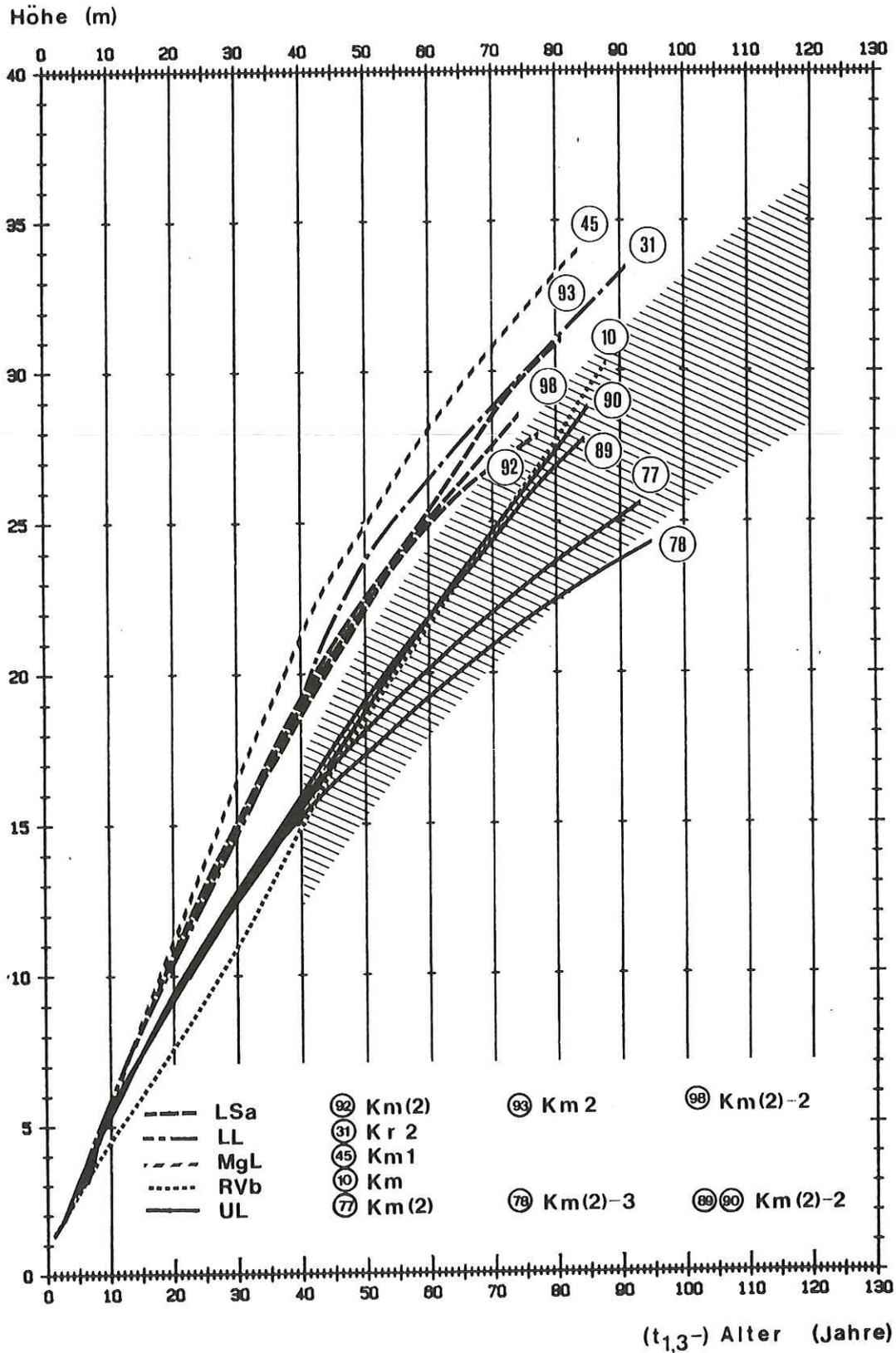


Abb. 16: Mittlere Höhenentwicklung in den Probekreisen der Altersgruppe 2 ("mittelalte Bäume").

Der Bereich zwischen I,0. und III,0. Ertragsklasse (SCHÖBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.  
 Abkürzungen: Lehmsande (LSa), Lößlehme (LL), Magmatische Lehme (MgL), Rhyolithverwitterungsböden (RVb), Schlufflehme (UL).

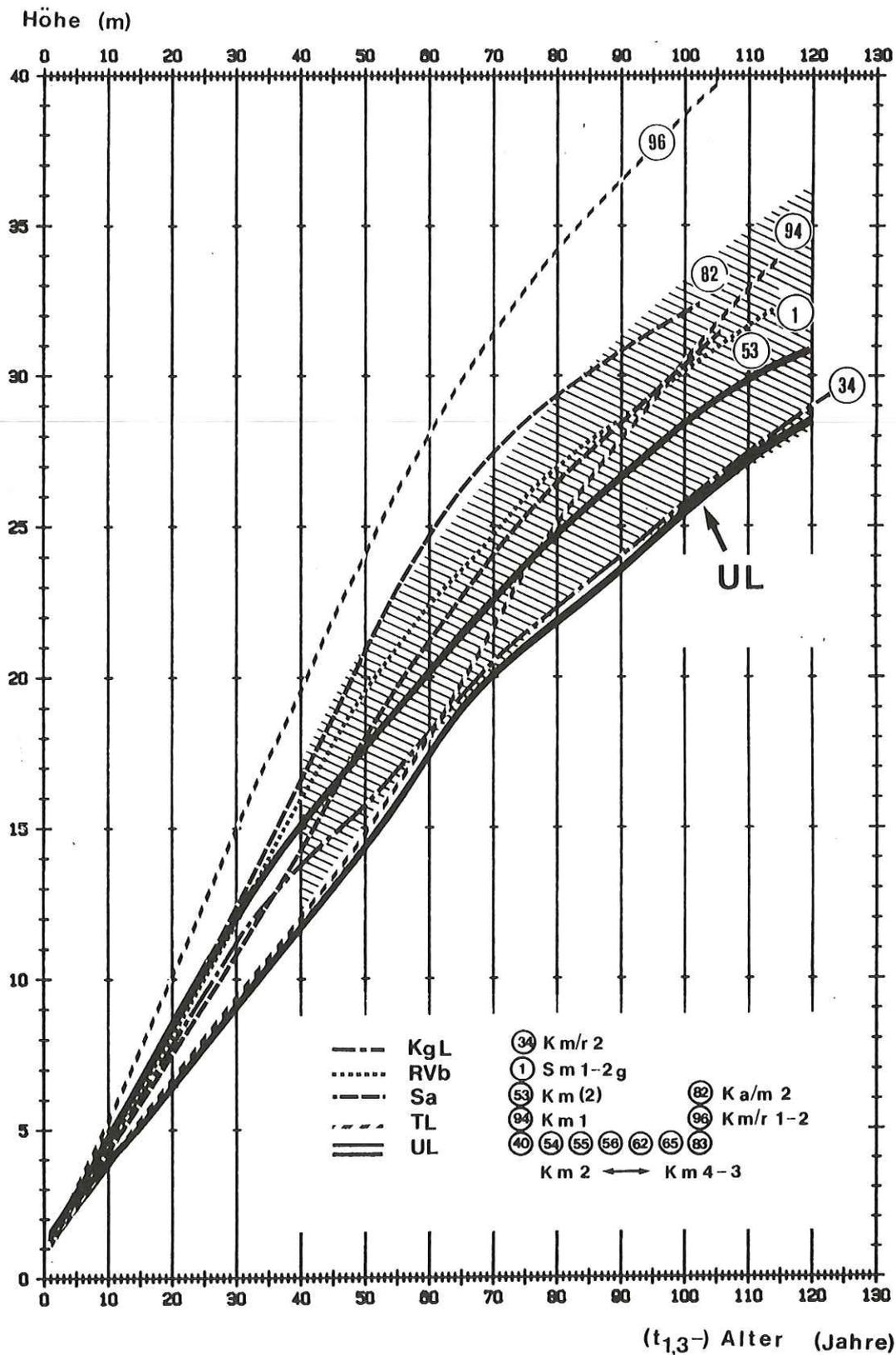


Abb. 17: Mittlere Höhenentwicklung in den Probekreisen der Altersgruppe 3 ("alte Bäume").

Der Bereich zwischen I,0. und III,0. Ertragsklasse (SCHÖBER, 1967, m. Df.) ist durch Schraffur gekennzeichnet.  
 Die mittleren Höhenentwicklungen in den Probekreisen auf Schlufflehm verlaufen zwischen den beiden durchgezogenen Linien.  
 Abkürzungen: Kalkgründige Lehme (KgL), Rhyolithverwitterungsböden (RVb), Sande (Sa), Tonlehme (TL), Schlufflehme (UL).

Die Übersicht über die Abbildungen macht deutlich, daß innerhalb gleicher Altersgruppen Unterschiede vor allem zwischen verschiedenen Substratreihen bestehen. Das Höhenspektrum in den Probekreisen auf Schlufflehm liegt tendenziell niedriger als die Höhenkurven auf anderen Substraten. Vor allem in den Probekreisen auf Tonlehm (Nr. 94, 95 und 96), Lößlehm (Nr. 31) und magmatischem Lehm (Nr. 45 und 21) ist ein besseres Höhenwachstum verbunden mit einem anderen Wachstumsverlauf zu verzeichnen.

Die Betrachtung nach Standortseinheiten läßt erkennen, daß auch bei Ausschaltung der Alterstendenz die mittlere Höhenentwicklung in Probekreisen auf gleicher Standortseinheit sehr verschieden sein kann. Beispiele dafür sind in der Altersgruppe 2 die Höhenentwicklungen auf den Standortseinheiten K m 1 (Probekreis Nr. 45, magmatischer Lehm; Probekreis Nr. 10, Rhyolithverwitterungsböden) und K m 2 (Probekreis Nr. 32, Lehmsand; Probekreis Nr. 77, Schlufflehm). In der Altersgruppe 3 zeigen die Höhenentwicklungen auf der Standortseinheit K m (2) (Probekreis Nr. 53, Lehmsand; Probekreis Nr. 62, Schlufflehm) substratbezogene Unterschiede. Weitere Beispiele lassen sich finden, wenn man die für die spezielle Zielsetzung differenzierten Zwischeneinheiten zu den in der praktischen Standortskartierung ausgewiesenen Standortseinheiten zusammenfaßt (z.B. Vergleich der Probekreise Nr. 96 und 34 in der Altersgruppe 3).

Demgegenüber stimmen innerhalb gleicher Substratreihen standortskundliche Einstufung und Relationen der Höhenentwicklungen in den meisten Fällen überein. Dies zeigen in der Altersgruppe 1 der Vergleich der Höhenentwicklungen auf Rhyolithverwitterungsböden (Probekreise Nr. 8 und 38), in der Altersgruppe 2 auf Lehmsand (Probekreise Nr. 93, 98 und 92) und Schlufflehm (Probekreise Nr. 90, 89, 77 und 78) und in der Altersgruppe 3 auf Sand (Probekreise Nr. 82 und 53).

Dabei handelt es sich um die relative Einordnung innerhalb der Substratreihe bei vergleichbarem Alter. In den absoluten Höhenunterschieden bzw. ertragsklassenbezogen bestehen zwischen den verschiedenen Standortseinheiten je nach Substratreihe erhebliche Unterschiede.

Die notwendige Beschränkung der Betrachtung auf jeweils altersmäßig vergleichbare Bäume bzw. Probekreise hat zur Folge, daß die Vergleichsmöglichkeiten auf ein Drittel reduziert sind. Damit können keine gesicherten Angaben über standortstypische Höhenentwicklungen gemacht werden. Es kann jedoch festgestellt werden, daß unabhängig von der Alterstendenz die Höhenentwicklungen von Bäumen auf gleichen Standortseinheiten substratreihenweise verschieden verlaufen. Die Variationsbreite der Höhenentwicklungen auf verschiedenen Substraten der gleichen Standortseinheit ist in der Größenordnung mit der Variationsbreite

auf dem gesamten (in die Untersuchung einbezogenen) Standortsspektrum vergleichbar.

Dagegen können mit der Abgrenzung von Frischestufen innerhalb gleicher Substratreihen (=Standortstypen) genauere Leistungsvorstellungen verbunden werden. Die Beispiele in den Substratreihen Schlufflehme und Lehmsande weisen darauf hin, daß dort eine wuchsleistungsbezogene Abgrenzung von Standortstypen auf eine halbe Ertragsklasse (SCHOBER, 1967, mäßige Durchforstung) möglich ist. Dieser standortstypische Höhenleistungsrahmen ist bei den übrigen untersuchten Substratreihen möglicherweise breiter und liegt insgesamt auf einem höheren Niveau.

Im folgenden soll nach den Gründen für die beobachteten Wachstumsunterschiede zwischen alten und jungen Bäumen gesucht werden. Anlehnend an die genannten theoretischen Überlegungen (vgl. 3.3, S. 38) wird dabei in erster Linie geprüft, ob trotz der Verwendung der beschriebenen Auswahlkriterien systematische Behandlungsunterschiede zwischen alten und jungen Bäumen vorliegen. Dazu müssen in einem ersten Schritt Parameter zur Charakterisierung dieser möglichen Behandlungsunterschiede gefunden werden, bevor die konkreten Auswirkungen auf das Höhenwachstum untersucht werden können.

### 3.5 Behandlungsunterschiede und deren Auswirkungen auf das Höhenwachstum

Unter "Behandlung" werden in erster Linie die Entstehungsgeschichte und die Standraumverhältnisse der Analyseebäume verstanden.

Hinsichtlich der Entstehung ist davon auszugehen, daß die Mehrzahl der Bäume aus Beständen stammt, die im Großschirmschlag verjüngt wurden.

Nach Angaben der Forsteinrichtungswerke sind in einigen Beständen nebeneinander Stockausschläge und Kernwüchse aus Naturverjüngung und teilweise auch Pflanzung zu finden. Eine eindeutige Unterscheidung anhand äußerer Merkmale, vor allem zwischen Kernwüchsen aus Pflanzung und Naturverjüngung war nicht möglich, so daß in Ausnahmefällen mit unterschiedlicher Entstehung gerechnet werden muß. In den Einzelfragen der Untersuchung wurden die Ergebnisse jeweils auf diesen Gesichtspunkt hin geprüft, es konnten jedoch keine eindeutigen Hinweise gefunden werden.

Als Möglichkeiten zur Charakterisierung von Standraumverhältnissen können systematisch baumbezogene und baumumfeldbezogene Größen unterschieden werden.

An baumumfeldbezogenen Größen kommen die aufgenommenen Probekreisdaten (Stammzahl, Grundfläche, Höhen- und Durchmesservertelungen) in Betracht. Diese Kenndaten sind jedoch das Ergebnis statischer Aufnahmen, mit denen keine Entwicklungen nachgezeichnet werden können. Sie werden daher im folgenden nicht weiter verwendet.

Als baumbezogene Größe zur Erfassung eventueller Standraumunterschiede kommt in erster Linie der h/d-Wert in Frage. Dabei wird unterstellt, daß ein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen Höhe und Durchmesser besteht, d.h. daß die Durchmesserentwicklung einem Bonitätseinfluß unterliegt. Unterschiede in den h/d-Werten resultieren dann aus verschiedenen Durchmessern, die das Ergebnis von Standraumunterschieden sind. Im folgenden wird das Material hinsichtlich der Frage untersucht, ob die unterstellten Zusammenhänge vorliegen und damit der h/d-Wert auch bei der Buche als Standraumweiser verwendet werden kann.

Zu beachten ist, daß es sich bei dem "h/d-Wert" der Analyseebäume um den Quotienten aus der Länge (liegend gemessen) und dem Durchmesser ohne Rinde handelt. Vereinfachend wird dieser Wert im folgenden als h/d-Wert bezeichnet.

Dazu wurde unabhängig von der standortkundlichen Ansprache das Gesamtspektrum der Höhenentwicklungskurven in die Bonitätsgruppen "gut" (32 Bäume), "mittel" (38 Bäume) und "schlecht" (33 Bäume) eingeteilt. Abb. 18 zeigt die mittleren Höhen-, Durchmesser- und h/d-Entwicklungen der Bonitätsgruppen "gut" und "schlecht".

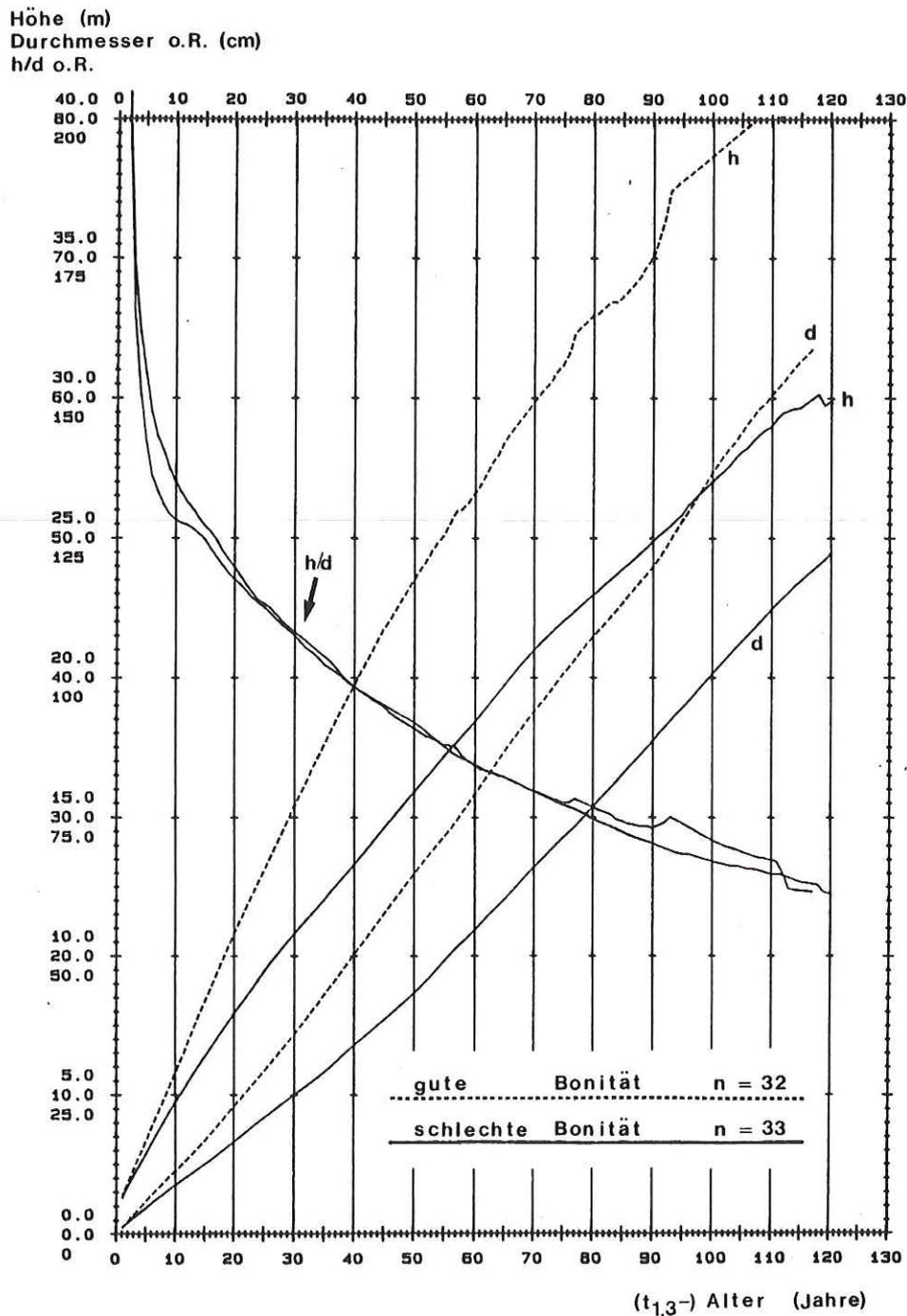


Abb. 18: Mittlere Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungs-bäume in den Bonitätsgruppen "gut" und "schlecht".

Die Abbildung läßt erkennen, daß Höhen und Durchmesser der verschiedenen Bonitäten im gleichen Verhältnis zueinander stehen. Daraus ergibt sich, daß die mittleren h/d-Entwicklungen beinahe deckungsgleich verlaufen. Abweichungen treten erst mit sich verringernder Baumzahl auf.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Mittelkurven der mittleren Bonitätsgruppe nicht abgebildet. Die Höhen- und Durchmesserentwicklung verläuft zwischen den Kurven der beiden anderen Bonitätsgruppen, während die h/d-Entwicklung sich mit dem Kurvenverlauf der beiden anderen Bonitätsgruppen deckt.

Der unterstellte Bonitätseinfluß auf die Durchmesserentwicklung läßt sich somit anhand der Untersuchungsbäume bestätigen. Die h/d-Werte in einem bestimmten Alter sind daher unabhängig von der Bonität vergleichbar, Unterschiede können als Ausdruck unterschiedlicher Standraumverhältnisse betrachtet werden.

Die bisherigen Ergebnisse zeigten daß in einem bestimmten Alter ganz verschiedene Höhen erreicht werden. Auch im Hinblick auf moderne Durchforstungskonzepte, die sich eher an der Höhenentwicklung orientieren, soll geprüft werden, ob auch höhenbezogene h/d-Werte bonitätsunabhängig verwendet werden können. Dazu sollen ebenfalls die drei Bonitätsgruppen verwendet werden (Abb. 18):

Die Bäume der guten Bonität erreichen im Mittel 15 m Höhe in 29 Jahren; bei einem mittleren Durchmesser von 13,7 cm ergibt sich ein h/d-Wert von 111.

Die Bäume der schlechten Bonität benötigen im Mittel 46 Jahre um 15 m hoch zu werden; aus dem mittleren Durchmesser von 15,8 cm ergibt sich ein h/d-Wert von 97.

Das Beispiel zeigt, daß höhenbezogene h/d-Werte bei der schlechten Bonität niedriger liegen, obwohl die h/d-Entwicklungen über dem Alter beinahe gleich verlaufen. Der Unterschied ist dadurch bedingt, daß die Bäume der schlechten Bonität bei gleicher Höhe älter sind und trotz geringerer durchschnittlicher Jahrringbreite einen verhältnismäßig größeren Durchmesser aufweisen. Das wird durch den mit zunehmendem Alter absinkenden Verlauf der h/d-Kurven dokumentiert. Die Abb. 18 deutet darauf hin, daß die Ursache dafür in unterschiedlichen Alterstrends der Höhen- und Durchmesserentwicklungen liegt; dies wird im Zusammenhang mit der Untersuchung des Radialzuwachses geprüft werden.

Zusammenfassend ergibt sich, daß höhenbezogene h/d-Werte zur Charakterisierung von Standraumunterschieden bei der Buche nur innerhalb derselben Bonität und damit letztlich nur als altersbezogene Werte verwendbar sind. In der weiteren Auswertung werden daher altersbezogene h/d-Werte als Parameter für die Vergleichbarkeit der Behandlung herangezogen.

Anknüpfend an die Überlegungen im Abschnitt 3.3 (S. 38) soll im folgenden nach eventuellen systematischen Unterschieden in den Standraumverhältnissen alter und junger Bäume gesucht werden. In Abb. 19 sind die mittleren Höhen-, Durchmesser- und h/d-Entwicklungen der drei Altersgruppen (s. 3.4, S. 40) dargestellt.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die jeweiligen Kollektivgrößen nicht dargestellt. Die Mittelkurven sind bei einer Kollektivgröße von weniger als 10 Bäumen gekappt, da sonst einzelstandörtliche und baumindividuelle Unterschiede in den Vordergrund treten.

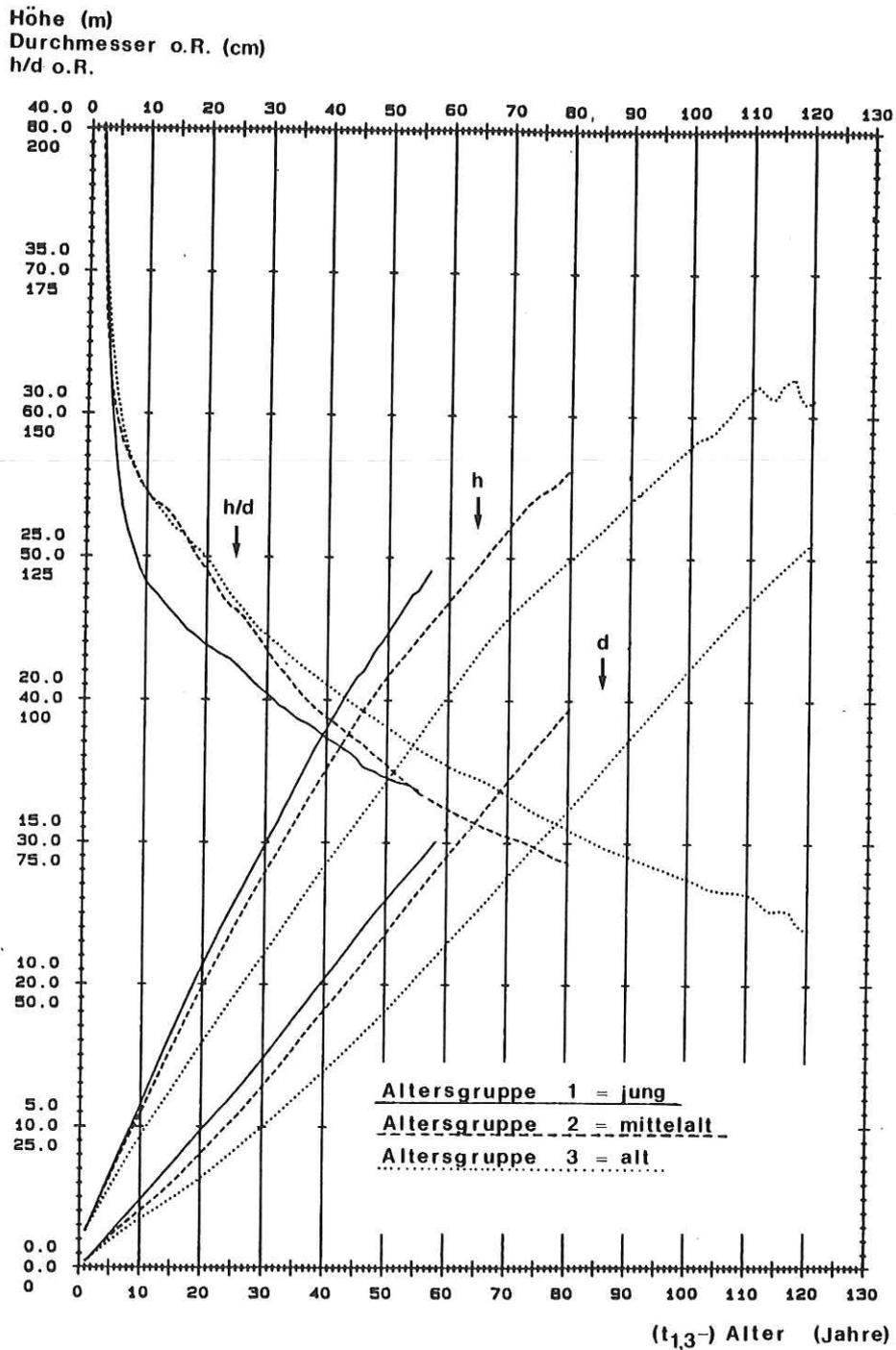


Abb. 19: Mittlere Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und  $h/d$ -Entwicklung der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen.

Die Abbildung macht die bisher beobachtete Tendenz, daß jeweils jüngere Bäume eine von Anfang an bessere Höhenentwicklung haben, noch einmal deutlich. Die statistische Prüfung im ( $t_{1,3}$ -)Alter von 20, 30, 40 und 50 Jahren wies diese

Unterschiede als signifikant aus ( $p = 0,01$ ). Die Relationen der mittleren Höhenkurven stehen dabei in Übereinstimmung mit der standörtlichen Einschätzung anhand der Standortswertziffer (s. Tabelle 6, S. 41). Die mittlere Höhenentwicklung der standörtlich besseren Altersgruppe 2 liegt nicht in der Mitte zwischen den Kurven der beiden anderen Altersgruppen, sondern ist etwas nach oben verschoben.

Der Vergleich der mittleren h/d-Entwicklungen läßt zwischen den Altersgruppen Behandlungsunterschiede erkennen: Die jungen Bäume (Altersgruppe 1) haben ab dem Alter von 5 Jahren während der gesamten Beobachtungszeit die niedrigsten h/d-Werte. Die mittlere h/d-Linie der mittelalten Bäume (Altersgruppe 2) verläuft bis zum Alter 30 beinahe deckungsgleich mit der h/d-Entwicklung der alten Bäume (Altersgruppe 3). Zwischen dem Alter 30 und 60 sinkt die h/d-Kurve verhältnismäßig stärker ab und erreicht das niedrigere Niveau der jüngeren Bäume.

Somit zeigt sich, daß tatsächlich systematische Unterschiede in den Standraumverhältnissen zwischen alten und jungen Bäumen bestehen. Fraglich ist, inwieweit ein Zusammenhang mit der festgestellten Alterstendenz besteht, also welche Auswirkungen die Standraumverhältnisse auf das Höhenwachstum haben. Dies soll nachfolgend untersucht werden.

Wegen des Fehlens "echter" jährlicher Höhenwerte (s. 2.4, S. 23) können keine Kausalzusammenhänge aufgezeigt werden. Angaben über Reaktionen des Höhenwachstums auf Standraumveränderungen, die unter Umständen aus der Radialzuwachsentwicklung abgeleitet werden können, sind nicht möglich.

Es läßt sich jedoch mit umgekehrtem Ansatz ein Rahmen abstecken, in dem Auswirkungen unterschiedlicher Standräume auf das Höhenwachstum eingegrenzt werden können. Der nächstliegende Weg führt dabei über die Betrachtung von Bäumen desselben Probekreises, da dort die standörtliche und altersmäßige Vergleichbarkeit gegeben ist.

In einem ersten Schritt wurde nach eventuellen offensichtlichen Zusammenhängen zwischen h/d-Werten und Höhen gesucht. Dazu wurden die Analysebäume alle 5 Jahre jeweils nach ihrer Höhe und nach ihrem h/d-Wert rangmäßig innerhalb des Probekreises eingestuft. Die Auswertung aller Probekreise zeigte, daß keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen der Einordnung nach Höhen und nach h/d-Werten zu finden waren.

Zusätzlich wurden die Variationsbreiten der Höhen und der h/d-Werte der Bäume desselben Probekreises verglichen. Dabei wurde wie bei der Ermittlung der Variationsbreite der Höhe verfahren (s. 3.1.3.2, S. 27): Beginnend im Alter 5 wurde alle 5 Jahre der Baum mit dem jeweils höchsten und dem jeweils niedrig-

sten  $h/d$ -Wert bestimmt und die absolute Differenz der Werte als Variationsbreite bezeichnet. Über den Vergleich mit der entsprechenden Variationsbreite der Höhen lassen sich die maximal möglichen Auswirkungen unterschiedlicher Standräume auf das Höhenwachstum eingrenzen.

Die Untersuchung ergab, daß die größten Variationsbreiten der  $h/d$ -Werte teilweise mit unterdurchschnittlichen Variationsbreiten der Höhen verbunden waren. Beispiele dafür sind die in den Abbildungen 20, 21 und 22 dargestellten Verhältnisse in den Probekreisen Nr. 34, 38 und 90. In den gezeigten Beispielen sind bei standörtlicher Vergleichbarkeit  $h/d$ -Unterschiede von 20 bis 40 Punkten mit Höhenunterschieden von durchschnittlich weniger als 2 m verbunden.

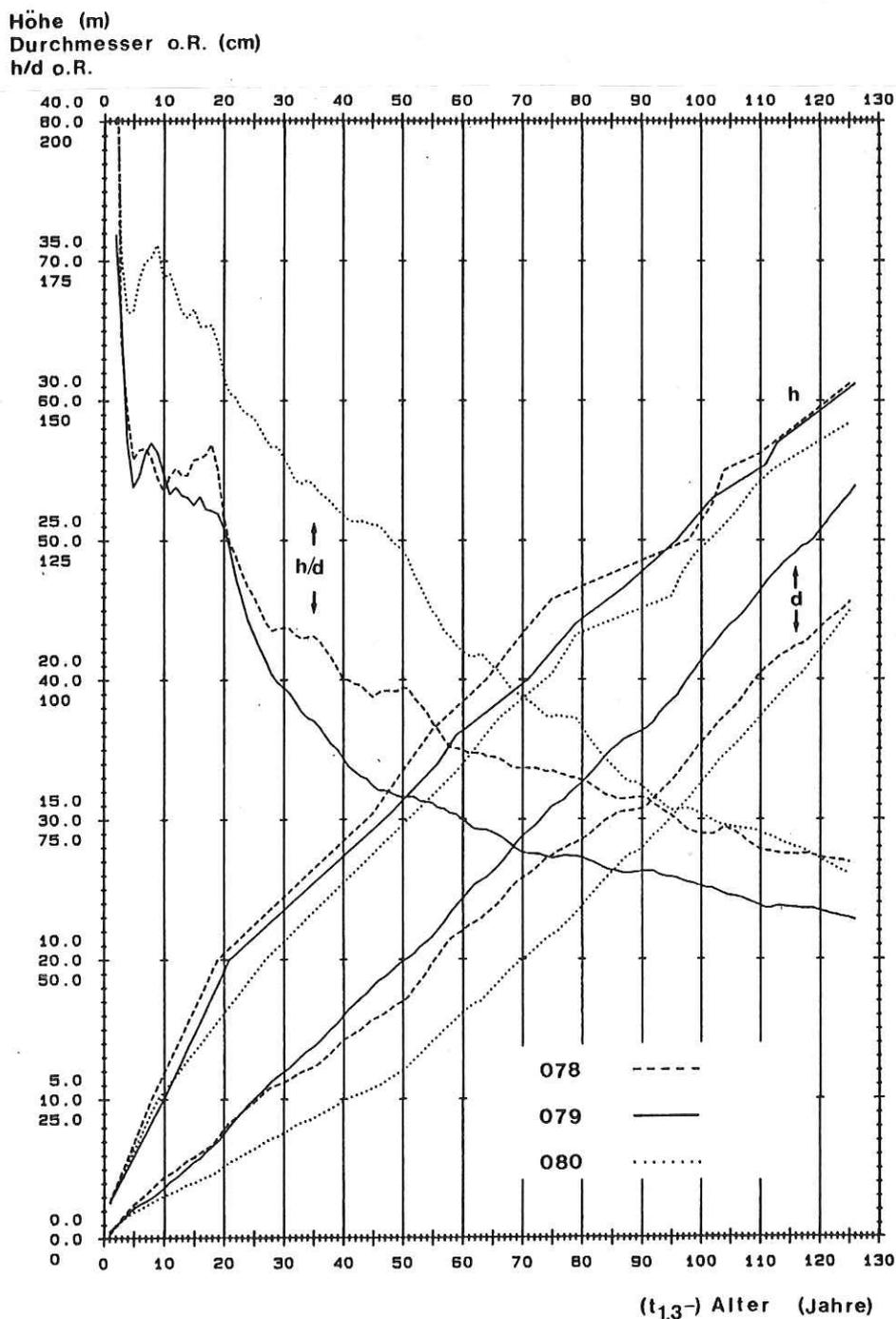


Abb. 20: Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und  $h/d$ -Entwicklung der Untersuchungs-bäume im Probekreis Nr. 34.

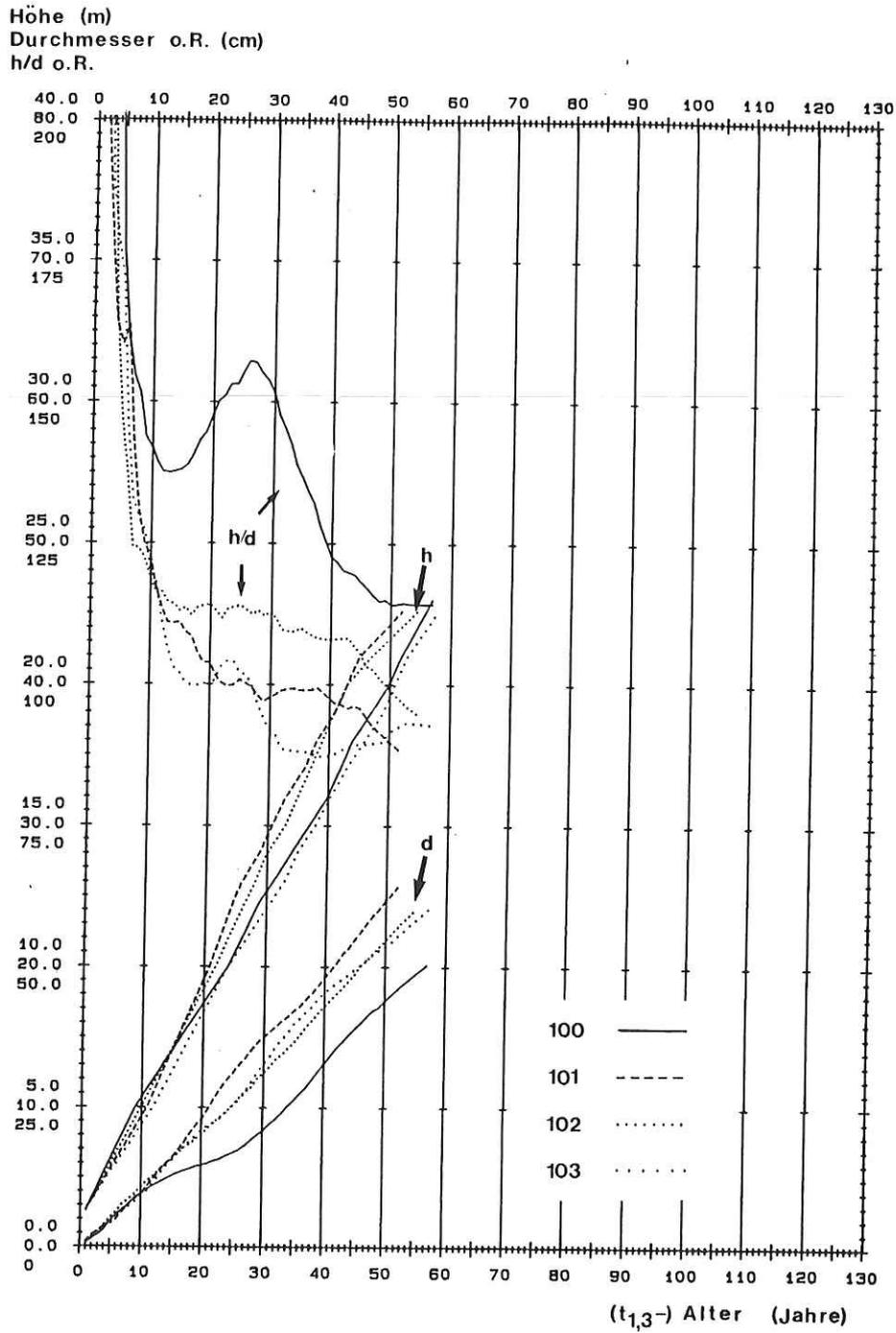


Abb. 21: Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungs-  
bäume im Probekreis Nr. 38.

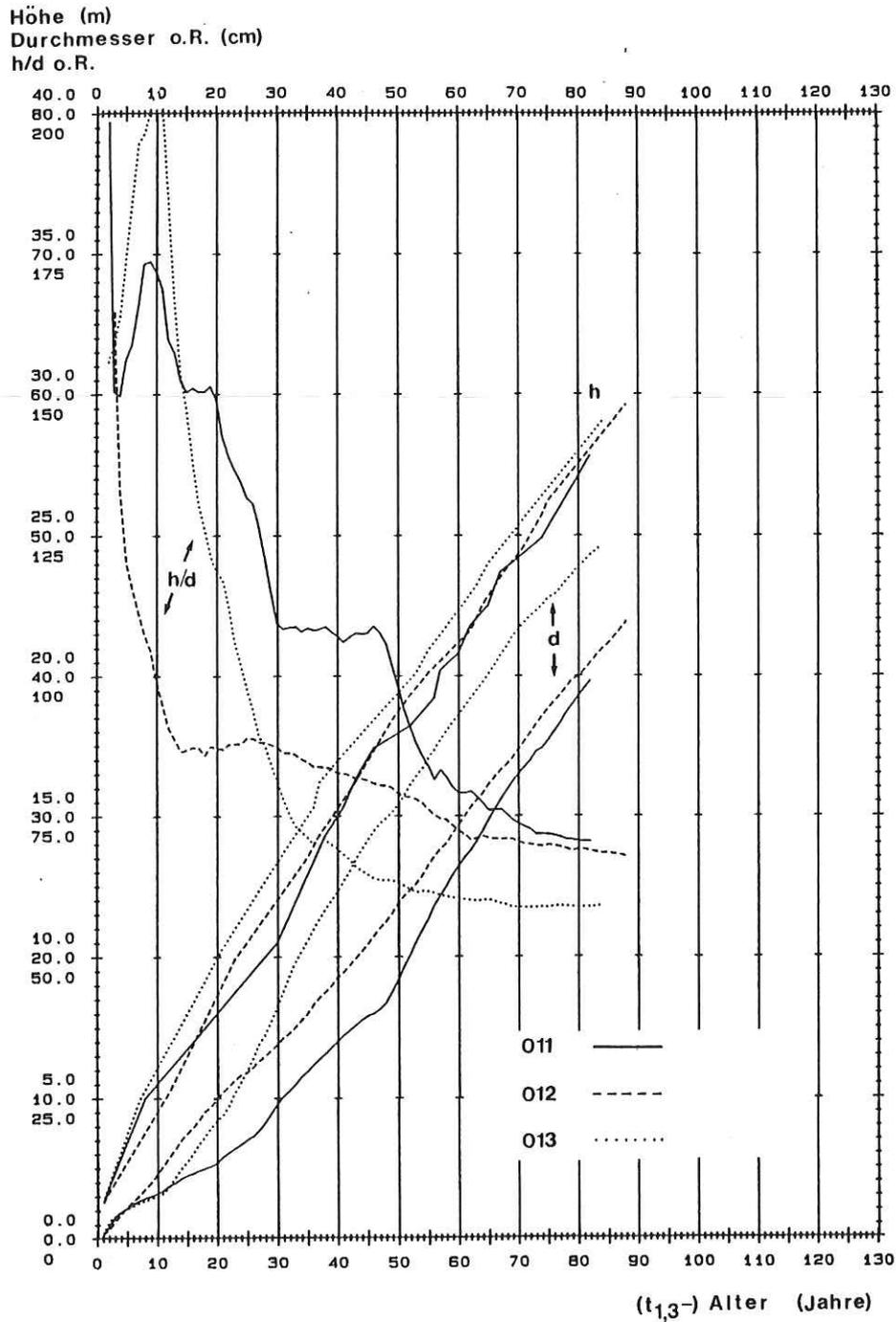


Abb. 22: Höhen-, Durchmesser ( $d_{1,3}$ ) und h/d-Entwicklung der Untersuchungsbäume im Probekreis Nr. 90.

Zusammenfassend ergibt sich, daß Standortunterschiede nur einen begrenzten Einfluß auf das Höhenwachstum haben können. Auch ohne Informationen über Kausalzusammenhänge kann der maximal mögliche Rahmen im Einzelfall durch den Vergleich der Variationsbreiten der Höhen und der h/d-Werte abgesteckt werden.

Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen von im Mittel 10 h/d-Punkten liegen in einer Größenordnung, die auch innerhalb derselben Probekreise zwischen Bäumen mit vergleichbarer Höhenentwicklung vorkommt bzw. sogar häufig überschritten wird. Dagegen sind die Unterschiede in der mittleren Höhenentwicklung zwischen den Altersgruppen deutlich größer als die Variationsbreiten in den meisten Probekreisen (vgl. Tabelle A 5 im Anhang).

Der altersbezogenen Stratifizierung wurde zum Vergleich eine Stratifizierung nach der standörtlichen Bewertung gegenübergestellt. Damit sollte die gefundene Alterstendenz in ihrer Größenordnung gegenüber standortsbedingten Unterschieden in der Höhenentwicklung abgegrenzt werden. Zusätzlich interessierte, ob möglicherweise auch standortsbezogene Behandlungsunterschiede erkennbar sein könnten.

Im Anhalt an die altersmäßige Stratifizierung wurde das Standortsspektrum (s. Tabelle 2, S. 15) nach der Standortswertziffer ebenfalls in drei Gruppen eingeteilt. Die entsprechenden Rahmenwerte sind in Tabelle 7 angegeben, danach sind die drei Standortsgruppen vom Alter her in etwa vergleichbar.

	Standortsgruppen		
	"gut" (1)	"mittel" (2)	"schlecht" (3)
Anzahl Analyseebäume	29	47	27
Standortswertziffer [Punkte]	$\frac{9,5 - 12,5}{11,2}$	$\frac{7 - 9}{8,1}$	$\frac{1 - 6}{4,5}$
(t <sub>1,3</sub> -)Alter [Jahre]	$\frac{54 - 130}{95}$	$\frac{44 - 126}{85}$	$\frac{57 - 127}{93}$

Tab. 7: Rahmen- und Mittelwerte der Standortsgruppen.

Abb. 23 zeigt die mittleren Höhen-, Durchmesser- und h/d-Entwicklungen der drei Standortsgruppen. Im Gegensatz zu den frühzeitigen Unterschieden zwischen den Altersgruppen verlaufen die Höhenentwicklungen der Standortsgruppen bis zum Alter 20 beinahe gleich. Danach differenzieren sie sich zunehmend entsprechend der standörtlichen Bewertung. Die Unterschiede sind dabei jedoch geringer als zwischen den Altersgruppen und lassen sich auch nicht statistisch absichern.

Bei den h/d-Entwicklungen sind die Verhältnisse umgekehrt. Die h/d-Linien der Standortsgruppen unterscheiden sich stärker als die der Altersgruppen. Dabei haben die Bäume auf guten Standorten im Mittel höhere h/d-Werte als die der schlechten Standorte. Die h/d-Kurve der mittleren Standortsgruppe sinkt wie die der mittleren Altersgruppe vergleichsweise stärker ab.

Als zusammenfassendes Ergebnis wird festgestellt, daß die mittleren Höhenentwicklungen der drei Altersgruppen sich früher differenzieren und stärker unterscheiden als die der drei Standortsgruppen.

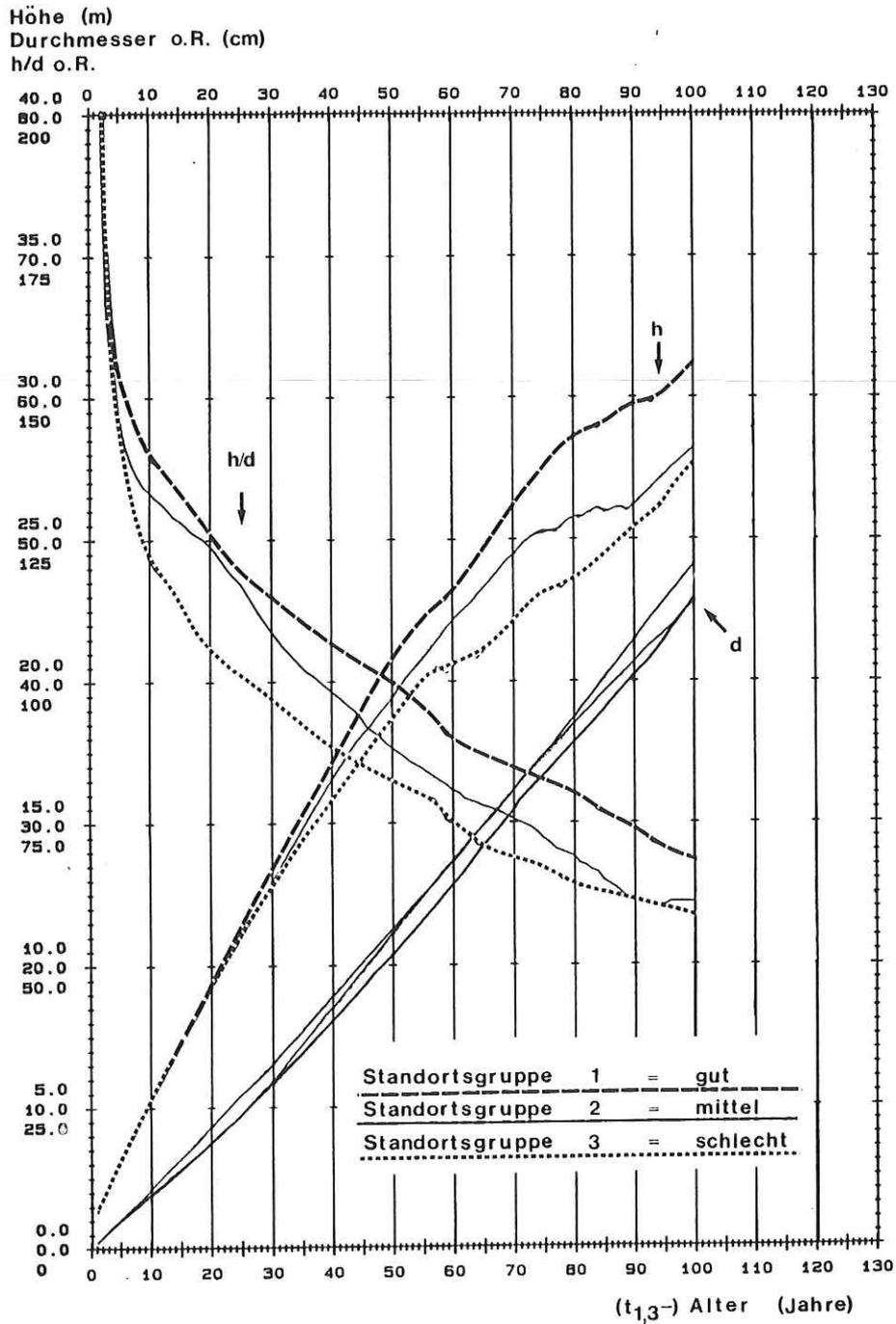


Abb. 23: Mittlere Höhen-, Durchmesser- ( $d_{1,3}$ ) und  $h/d$ -Entwicklung der Untersuchungs-bäume in den drei Standortsgruppen.

### 3.6 Radialzuwachs- und Durchmesserentwicklung in 1,30 m Höhe

Im Zusammenhang mit der Prüfung der h/d-Werte als Behandlungsweiser wurde schon festgestellt, daß im Mittel Bäume mit besserer Höhenentwicklung eine im gleichen Verhältnis bessere Durchmesserentwicklung haben (s. Abb. 18, S. 48). Die Durchmesserentwicklungen der drei Altersgruppen (Abb. 19, S. 50) zeigten ebenfalls, daß die beim Höhenwachstum gefundene Wachstumsverbesserung sich auch in der Durchmesserentwicklung bemerkbar macht. Dementsprechend wird der mittlere jährliche Radialzuwachs in 1,30 m Höhe in einem ersten Schritt auf die Altersgruppen aufgeschlüsselt, bevor dann die Verhältnisse auf verschiedenen Standorten untersucht werden.

#### 3.6.1 Vergleich der Altersgruppen

Die Abbildungen 24 und 25 zeigen altersgruppenweise den mittleren jährlichen Radialzuwachs in 1,30 m Höhe, jeweils über dem Kalenderjahr und dem Alter ab Mark. Die mittlere durchschnittliche Jahrringbreite aller Bäume im gesamten Beobachtungszeitraum beträgt 2,1 mm.

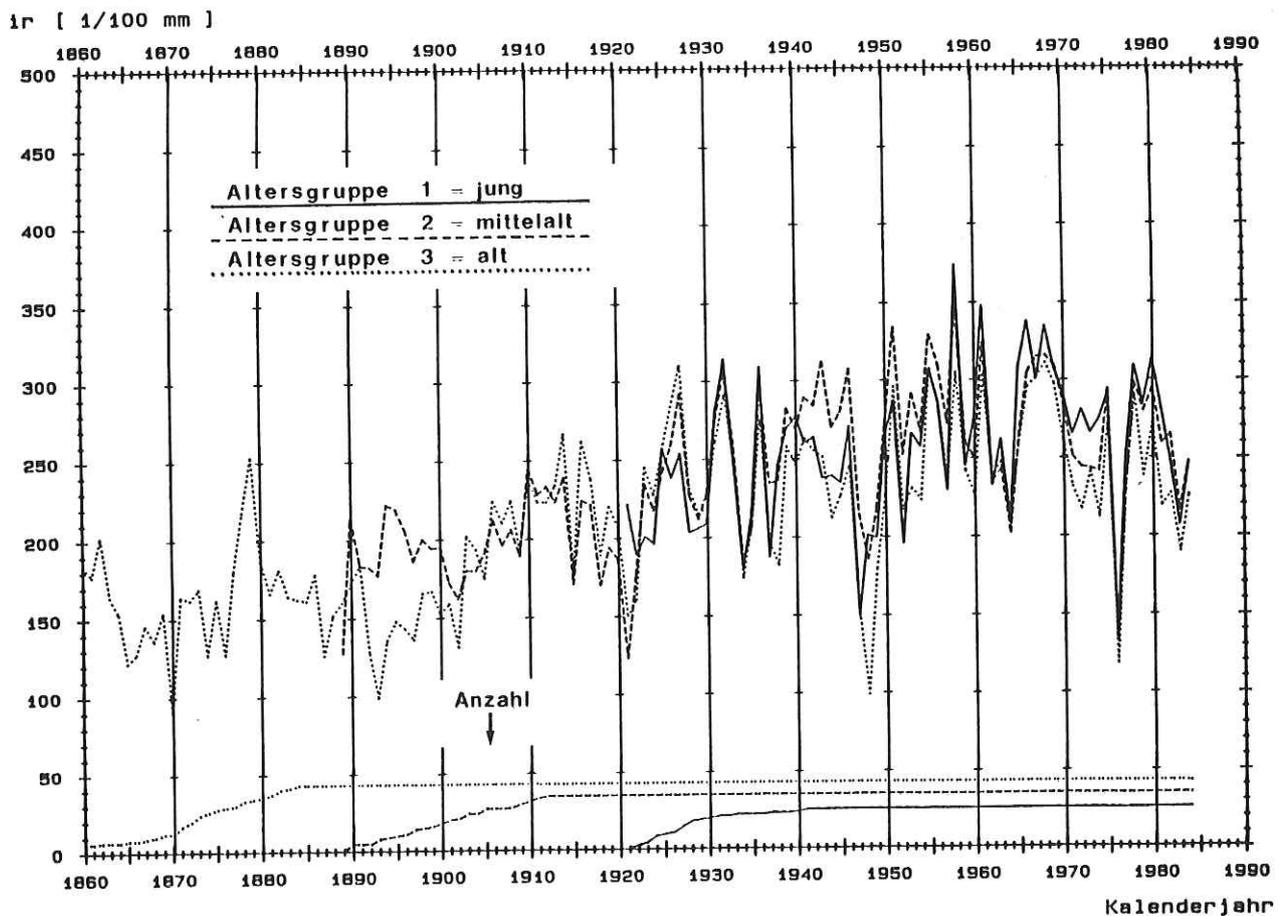


Abb. 24: Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen über dem Kalenderjahr.

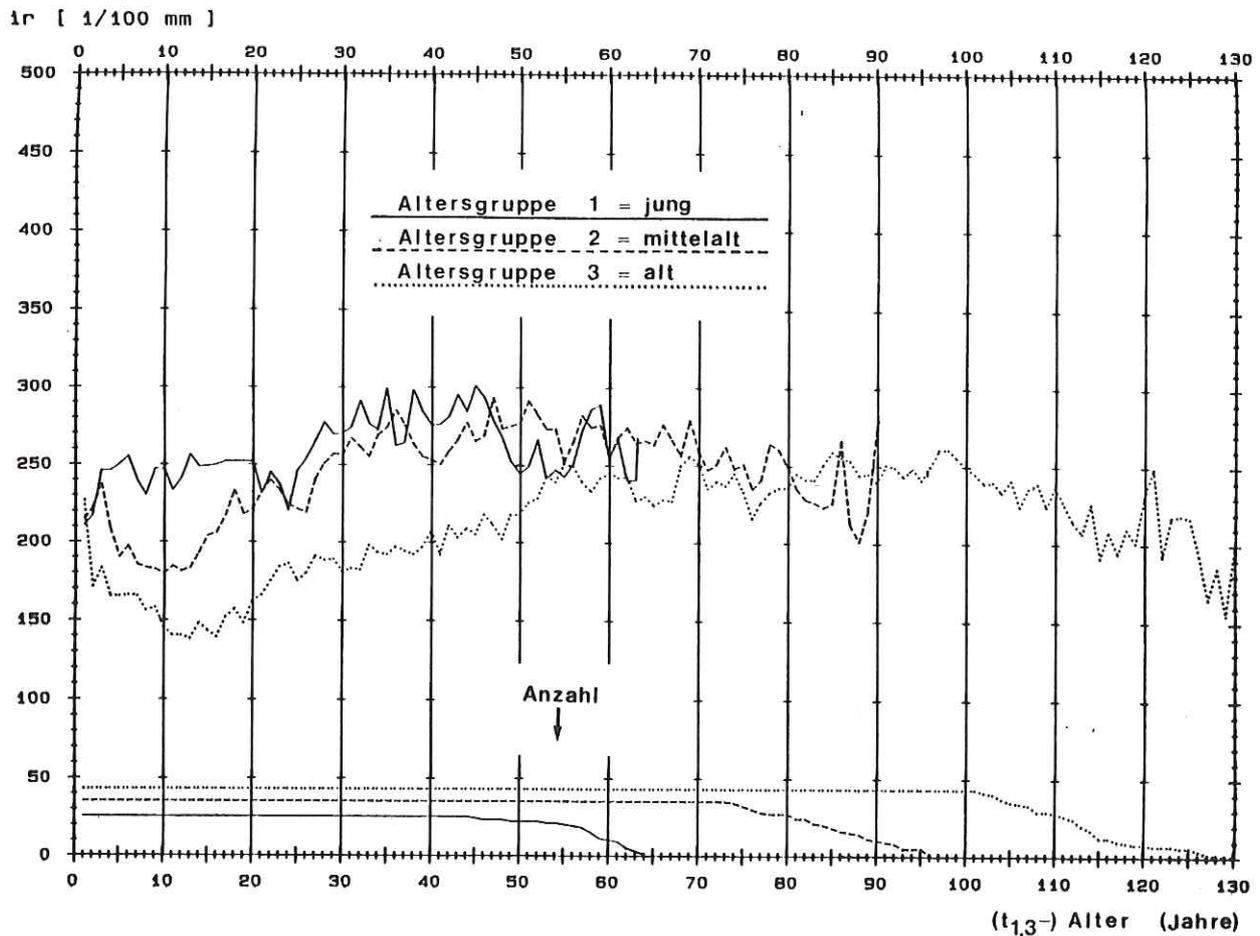


Abb. 25: Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen über dem Alter ab Mark.

Aus den Abbildungen wird deutlich, daß sich die Altersgruppen sowohl im Niveau, als auch in der Entwicklungsrichtung unterscheiden. Bei den mittelalten und alten Bäumen ist bei gleichbleibender Kollektivgröße im Mittel ein Ansteigen des Radialzuwachses mit zunehmendem Alter bzw. Kalenderjahr festzustellen. Der mittlere jährliche Radialzuwachs der jungen Bäume läßt keinen ausgeprägten Alterstrend erkennen, sondern verläuft konstant auf einem Niveau von 2,6 mm. Das führt dazu, daß sich kalenderjahrbezogen die Altersgruppen wenig unterscheiden.

Aus Abb. 25 läßt sich ablesen, daß die größten Unterschiede zwischen den Altersgruppen in der frühesten Jugend auftreten. In der Anfangsphase sind die deutlichsten Niveauunterschiede im Radialzuwachs mit einer gegensätzlichen Entwicklungsrichtung verbunden. Die durchschnittliche Jahrringbreite bis zum Alter 20 beträgt im Mittel bei den jungen Bäumen 2,4 mm, bei den mittelalten 2,0 mm und bei den alten Bäumen 1,6 mm. Während der mittlere Radialzuwachs der jungen Bäume stetig auf einem höheren Niveau verläuft, ist bei den mittelalten und alten Bäumen bis zum Alter 13 ein Rückgang zu verzeichnen. Die mittelalten Bäume sind zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 6,8 m, die alten Bäume 5,6 m hoch. (Zum Vergleich: die jungen Bäume sind im Alter 13 im Mittel 7,3 m hoch.)

Aus dem Höhenwachstumsverlauf in der frühesten Jugendphase ließen sich auch bei der baumweisen Untersuchung keine Anhaltspunkte dafür finden, daß der Zuwachsrückgang der mittelalten und alten Bäume durch stärkere oder längerandauernde Schirmdruckphasen verursacht sein könnte. Die Betrachtung der h/d-Werte (Abb. 19, S. 50) zeigte, daß die jungen Bäume ab dem Alter von 5 Jahren niedrigere h/d-Werte haben, die auf entsprechend größere Standräume hinweisen. Der unterschiedliche Zuwachsverlauf in der Anfangsphase ist nur damit zu erklären, daß die älteren Bäume seitlichem Konkurrenzdruck ausgesetzt waren, der zu einer Reduzierung des Radialzuwachses führte.

Der mit fortschreitendem Alter steigende Zuwachs der mittelalten und alten Bäume bis auf das hohe "Startniveau" der jungen Bäume könnte ebenfalls auf eine Veränderung der Standraumverhältnisse zurückzuführen sein. Wegen der verschieden langen Beobachtungszeiträume sind die Vergleichsmöglichkeiten zwischen den Altersgruppen jedoch eingeschränkt. Aus dem Verlauf der mittleren h/d-Entwicklung lassen sich keine eindeutigen Hinweise auf eine stärkere Freistellung der mittelalten und alten Bäume ablesen.

Dieses Ergebnis verdeutlicht zugleich die Problematik der weiteren Untersuchung des Radialzuwachses: Die Auswirkungen unterschiedlicher Behandlung können nicht von der Alterstendenz unterschieden werden, die beim Höhenwachstum festgestellt wurde, und die sich möglicherweise auch im Radialzuwachs niederschlägt. Die Untersuchung der Radialzuwächse von Buchen auf verschiedenen Standorten muß daher auf vergleichbare Altersgruppen beschränkt werden. Damit sind Aussagen über standortstypische Wachstumsverläufe eingeschränkt.

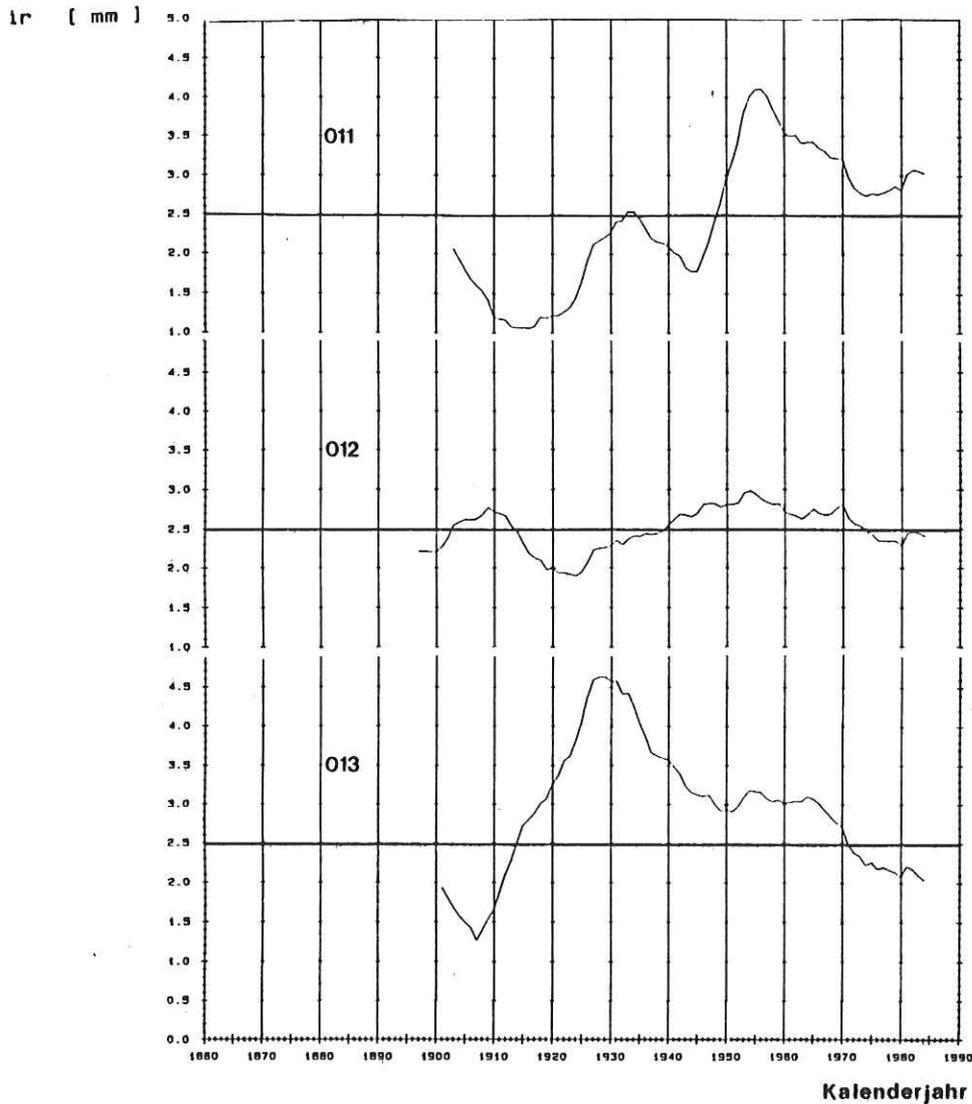
Unabhängig davon läßt sich als Ergebnis feststellen, daß die Radialzuwächse aller Altersgruppen keinen längerfristig abwärtsgerichteten Alterstrend erkennen lassen. Damit kann der sinkende Kurvenverlauf der h/d-Linien in den früher gezeigten Abbildungen (Abb. 18, 19 und 23) erklärt werden: Während das Höhenwachstum mit zunehmendem Alter nachläßt, unterliegt die Durchmesserentwicklung im Beobachtungszeitraum nicht diesem Alterstrend. Aus den linearen (Altersgruppe 1) oder angedeutet konkaven mittleren Durchmesserentwicklungen resultieren insgesamt fallende h/d-Kurven.

Ebenfalls unabhängig von Niveauunterschieden und unterschiedlichen Entwicklungsrichtungen zeigt die Abb. 24, daß die Muster der jährlichen Radialzuwächse sehr ähnlich sind. Hervorzuhebende Unterschiede treten in einigen Jahren nach auffallenden Zuwachsrückgängen auf: 1938, 1948 und 1960 geht der mittlere Radialzuwachs jeweils älterer Bäume weiter zurück, 1922 ist gegenüber den jüngeren Bäumen im Mittel ein geringerer Anstieg zu verzeichnen.

### 3.6.2 Untersuchung innerhalb von Altersgruppen

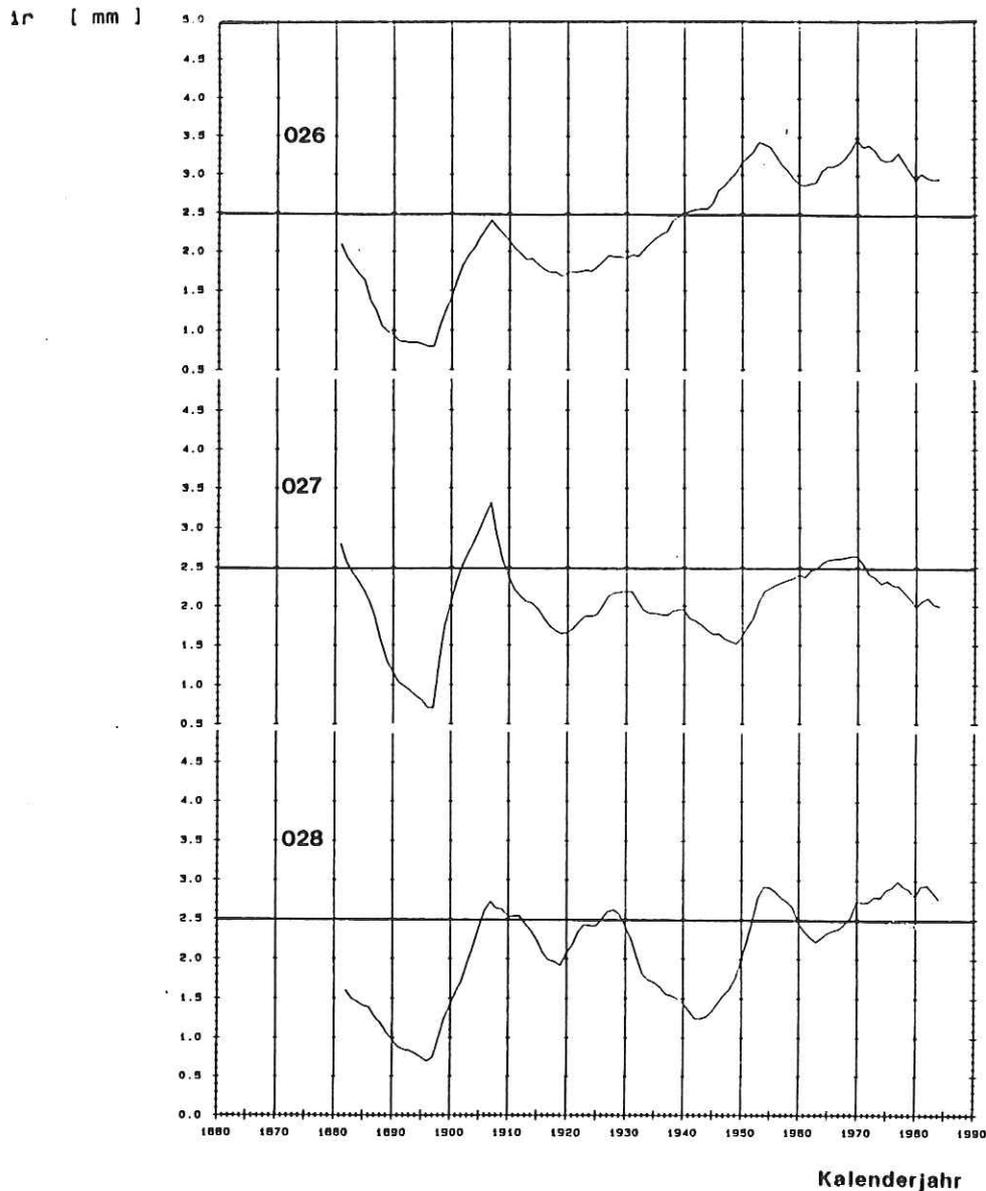
In einem ersten Auswertungsschritt wurden die Radialzuwachs- und Durchmesserentwicklungen innerhalb der Probekreise miteinander verglichen. Entsprechend den schon festgestellten Unterschieden im h/d-Wert zeigte sich, daß auch bei altersmäßiger und standörtlicher Vergleichbarkeit erhebliche Unterschiede im Radialzuwachs vorkommen. Als Beispiele werden in den Abbildungen 26 und 27 die Radialzuwachsentwicklungen der Bäume in den Probekreisen Nr. 90 (Schlufflehm, K m (2)-2) und Nr. 83 (Schlufflehm, K m 2) gezeigt.

Da es dabei nicht auf die jährlichen Werte, sondern auf die Wachstumsrichtung ankommt, wurden die Radialzuwachskurven geglättet. Als Glättungsfaktor wurde in diesem Fall das gleitende 10-jährige Mittel verwendet.



**Abb. 26:** Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe (gleitendes 10-jähriges Mittel) der Untersuchungsbäume im Probekreis Nr. 90.

Der Wachstumsgang der Bäume im Probekreis Nr. 90 ist deutlich verschieden. Bei Baum 011 ist die Entwicklungsrichtung des Radialzuwachses aufsteigend, bei Baum 012 gleichbleibend und bei Baum 013 absteigend. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von 2,5 mm sind die Bäume 011 und 012 vergleichbar; Baum 013 hat mit 2,9 mm einen höheren Mittelwert. Der Probekreis Nr. 90 wurde schon beim Vergleich der Variationsbreiten von Höhen- und h/d-Entwicklungen verwendet, die entsprechenden Durchmesser und h/d-Werte sind daher aus Abb. 22 (S.54) zu entnehmen.



**Abb. 27:** Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe (gleitendes 10-jähriges Mittel) der Untersuchungsbäume im Probekreis Nr. 83.

Die Beispiele der Untersuchungsbäume aus dem Probekreis Nr. 83 zeigen, daß neben kurzfristigen starken Änderungen im Radialzuwachs auch langfristige, kaum unterbrochene Entwicklungen in einer Richtung (Baum 026) vorkommen.

Der in den Mittelkurven der Altersgruppen (Abb. 25, S. 57) zum Ausdruck gekommene kurzfristige Rückgang des Radialzuwachses in der Anfangsphase ist in den vorliegenden Einzelkurven noch deutlicher ausgeprägt. Bei allen sechs Bäumen ist in der frühesten Jugendphase ein Absinken des Radialzuwachses auf

das Minimum des gesamten Beobachtungszeitraumes und danach ein starker Anstieg festzustellen. Der Beginn des Anstiegs läßt sich im Probekreis Nr. 83 auf das Jahr 1903 datieren; im Probekreis Nr. 90 ist kein einheitlicher Zeitpunkt erkennbar.

Wegen der Glättung über den gleitenden Mittelwert scheint der Zuwachsanstieg in der Abb. 27 schon im Jahr 1898 zu beginnen. Aus der Betrachtung der jährlichen Werte in den Einzelkurven geht jedoch das Jahr 1903 deutlich hervor.

Die Bäume haben zu diesem Zeitpunkt Höhen zwischen 5 und 10 m erreicht; in der Höhenentwicklung davor und danach sind keine Veränderungen erkennbar, die auf Schirmdruckeinflüsse schließen lassen.

Insgesamt lassen die gezeigten Beispiele deutlich werden, daß die Radialzuwachsentwicklung in etwa gleichaltriger Bäume auf gleichem Standort sehr verschieden verlaufen kann. Unterschiede in den mittel- und langfristigen Standraumverhältnissen können die standörtliche Ausgangssituation überlagern. Daneben kommen auch, zeitlich abgrenzbar, einheitliche Zuwachsänderungen vor.

Dieses Ergebnis ist auch im Zusammenhang mit der schon früher gezeigten Abb. 23 (S. 57) zu sehen. Dort hatte sich gezeigt, daß die mittleren Durchmesser der drei altersmäßig vergleichbaren Standortgruppen sich erheblich weniger als die entsprechenden Höhen unterschieden. Die daraus resultierenden h/d-Entwicklungen ließen erkennen, daß die Bäume auf den schlechten Standorten im Mittel relativ größere Standräume zur Verfügung hatten.

Aus der Gesamtbetrachtung ergibt sich, daß standortsbezogene Aussagen über Niveau und Verlauf des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe nur beschränkt möglich sind. Über den Vergleich der Mittelkurven größerer Baumkollektive, die nach standörtlichen Kriterien gruppiert sind, können Tendenzen aufgezeigt werden. Wegen der behandlungsbedingten Unterschiede können jedoch die zu Mittelkurven zusammengefaßten Radialzuwachsentwicklungen der Bäume auf den einzelnen Standorten nicht als standortstypisch angesehen werden.

Dementsprechend werden die Ergebnisse der Radialzuwachsuntersuchung als drei Tabellen (8, 9, 10), in denen der Zuwachsverlauf der einzelnen Untersuchungsbäume höhenentwicklungsbezogen aufgeschlüsselt ist, dargestellt.

Dazu wurden die durchschnittlichen jährlichen Radialzuwächse beim Erreichen von 5, 10, 15 und 20 m Höhe und in der Lichtwuchsphase (ab 20 m Höhe bis zum Einschlagszeitpunkt) berechnet. Der Vergleich dieser Werte mit den einzelnen Zuwachskurven zeigte, daß damit der langfristige Wachstumsverlauf charakterisiert werden kann.

Vereinfachend wurden im Anhalt an die in Abb. 26 (S. 62) gezeigten Beispiele die drei Entwicklungstypen "Aufsteiger", "Gleichbleibende" und "Absteiger" unterschieden, indem der durchschnittliche Radialzuwachs vor und nach dem Erreichen von 20 m Höhe (Beginn der Lichtwuchsphase) verglichen wurde.

Die Höhenmarke 20 m wurde am Behandlungskonzept der Lichtwuchsdurchforstung orientiert (vgl. Waldbaurichtlinien für die Wälder von Rheinland-Pfalz, 2. Teil, S. 109, LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1983; PETRI, 1984). Unter der Annahme, daß bei dieser Höhe die astfreie Schaftlänge ungefähr 10 m beträgt und die Leistungsträger des Bestandes bestimmbar sind, kann die gezielte Förderung der späteren Endbestandsbäume einsetzen.

Es ist bei dem Untersuchungsmaterial zu beachten, daß der Zeitraum zwischen dem Erreichen von 20 m Höhe und dem Einschlag bonitätsspezifisch unterschiedlich ist. Eine vergleichende Einstufung in Entwicklungstypen nach dem Radialzuwachs vor und nach dem Erreichen von 15 m Höhe ergab jedoch keine wesentlichen Unterschiede.

Als "Gleichbleibende" wurden die Bäume definiert, deren durchschnittlicher Radialzuwachs in der Lichtwuchsphase höchstens 10 % vom durchschnittlichen Radialzuwachs vorher (also bis zum Erreichen von 20 m Höhe) abweicht. Dementsprechend wurden Bäume mit größerer Abweichung als "Aufsteiger" bzw. bei abwärtsgerichteter Radialzuwachsentwicklung als "Absteiger" bezeichnet.

Zusätzlich wurden zur Bewertung der Zuwachsentwicklung aus dem anzustrebenden Zieldurchmesser (= Komponente des Produktionsziels; s. 2.3, S. 19) Rahmenwerte für Referenzbereiche abgeleitet:

Unterstellt man eine mittlere Umtriebszeit von 130 Jahren und einen mittleren angestrebten Brusthöhendurchmesser von 55 cm, ergibt sich eine durchschnittliche Jahrringbreite von 2,1 mm. In 120 Jahren kann damit ein Brusthöhendurchmesser von 50,4 cm, in 140 Jahren von 58,8 cm erreicht werden. Bei einer durchschnittlichen Jahrringbreite von 2,5 mm wird der obere Rahmenwert des Stärkeziels von 60 cm in der Mindestumtriebszeit von 120 Jahren erreicht.

Da die bisherige Untersuchung keinen abwärtsgerichteten Alterstrend des Radialzuwachses erkennen ließ, wurden diese Werte zur Abgrenzung von drei Referenzbereichen verwendet: In Entwicklungsabschnitten, in denen der durchschnittliche Radialzuwachs unter 2,10 mm liegt, entspricht das Zuwachsniveau nicht dem anzustrebenden Stärkeziel. Bei einem durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von 2,10 bis 2,50 mm läßt das Zuwachsniveau das Erreichen des Stärkeziels erwarten; überschreitet der durchschnittliche jährliche Radialzuwachs 2,50 mm, werden die im Produktionsziel vorgegebenen Rahmenwerte positiv überschritten. Das Stärkeziel kann dann in kürzerer Zeit bzw. es kann in der vorgegebenen Umtriebszeit ein größerer Zieldurchmesser erreicht werden.

Übergeordnetes Ordnungsmerkmal der Bäume innerhalb der Tabellen ist die Zugehörigkeit zu demselben Probekreis. Die Reihenfolge der Probekreise bestimmt sich nach der Substratreihe; innerhalb der Substratreihen nimmt die Standortqualität (Standortswertziffer) von oben nach unten ab.

Baum- Nr.	Probekreis- Nr.	Substrat	Standort -Einheit -Wertziffer	Durchschnittlicher Radialzuwachs [0,01mm]					Entwicklungs- typ	(t <sub>1,3</sub> -)Alter [Jahre] bei 20m Höhe 1984		
				Bis zur Höhe 5m	10m	15m	20m	Lichtwuchsphase 20m Höhe - 1984				
081	44	UL	K <sub>m</sub> 1 - 2	264	249	234	241	237	x	x	46	61
082				168	210	214	247	285	x	x	52	62
083				331	271	234	243	261			47	60
090	49	UL	K <sub>m</sub> 2	187	238	277	309	325	x	x	44	56
091				183	201	222	247	280	x	x	39	59
092				269	234	240	238	247			44	61
066	70	UL	K <sub>m</sub> (2) - 2	269	259	276	269	225		x	40	48
067				250	240	264	281	340	x	x	39	44
068				279	231	256	286	333	x	x	33	45
060	57	Sa	K <sub>m</sub> 3 - 4	252	296	284	291	246		x	47	61
061				268	282	282	290	224		x	40	63
062				249	321	292	278	236		x	45	63
005	8	Rvb	S <sub>m</sub> 1 - 2	193	204	215	239	250	x	x	39	57
006				249	287	301	301	236			40	58
007				255	255	269	289	300	x	x	38	54
100	38	Rvb	S <sub>m</sub> 2	193	136	154	175	186	x	x	50	57
101				194	235	248	243	267	x	x	43	52
102				210	204	208	215	233	x	x	43	55
103				187	200	226	213	200	x	x	51	58
087	21	Mg.L	K <sub>m</sub> (2)	390	341	306	293	270		x	39	58
088				273	321	328	313	239		x	36	58
089				334	353	310	295	266		x	38	57
038	95	TL	K <sub>m</sub> 2	149	139	181	237	360	x	x	48	62
039				175	166	169	210	376	x	x	47	64
040				217	211	213	242	331	x	x	45	61

Tab. 8: Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe der "jungen" Bäume  
(Altersgruppe 1).

Baum-Nr.	Probekreis-Nr.	Substrat	Standort -Einheit -Vertziffer	Durchschnittlicher Radialzuwachs [0,01mm]			Entwicklungs-typ	(t <sub>30</sub> -)Alter [Jahre] bei 20m Höhe 1984			
				Bis zur Höhe von:	Lichtwuchsphase 20m Höhe - 1984						
				5m	10m	15m	20m				
008	89	UL	K <sub>m</sub> (2) - 2	282	240	236	235	288	x	56	85
009				171	168	191	220	268	x	55	82
010				170	177	209	222	263	x	59	86
011	90	UL	K <sub>m</sub> (2) - 2	180	148	175	213	306	x	57	82
012				233	245	230	241	262		55	88
013				180	210	301	310	264	x	53	84
017	77	UL	K <sub>m</sub> (2)	229	261	247	236	264	x	57	95
018				222	232	233	222	198		64	89
019				180	205	211	212	275	x	66	96
014	78	UL	K <sub>m</sub> (2) - 3	203	197	199	214	268	x	67	95
015				237	212	187	188	207		74	95
016				193	177	169	178	225	x	65	95
041				234	233	234	288	305	x	45	76
042				174	145	197	228	295	x	44	84
043				265	248	242	258	328	x	41	73
044	93	Lsa	K <sub>m</sub> 2	240	259	229	232	213	x	49	76
045				143	171	192	203	246	x	45	87
046				213	229	213	211	234	x	44	88
047				262	213	200	210	306	x	38	80
029				204	167	206	250	365	x	42	75
030				189	191	235	283	224		45	74
031				189	170	203	243	367	x	45	74
048	92	Lsa	K <sub>m</sub> (2)	222	218	254	300	339	x	44	77
049				333	288	303	302	228		44	80
050				275	245	239	290	345	x	44	75
096				145	155	166	172	239	x	47	82
097				111	123	142	161	192	x	62	92
098	10	RVb	K <sub>m</sub> 1	112	127	137	154	199	x	53	92
099				176	135	147	177	224	x	54	85
084	45	Mg.L	K <sub>m</sub> 1	200	230	249	249	278	x	37	83
085				281	273	281	281	268	x	34	80
086				147	184	202	227	263		41	88
075	31	LL	K <sub>r</sub> 2	163	198	239	266	284	x	40	90
076				181	177	211	233	249	x	39	91
077				296	248	256	252	275	x	44	92

Tab. 9: Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe der "mittelalten" Bäume (Altersgruppe 2).

Baum-Nr.	Probekreis-Nr.	Substrat	Standort - Einheit	-Vertziffer	Durchschnittlicher Radialzuwachs [0,01mm]				Entwicklungs- typ	(t <sub>1,3</sub> -)Alter [Jahre] bei 20m Höhe	1984	
					Bis zur Höhe von: 5m	10m	15m	20m				Lichtwuchsphase 20m Höhe - 1984
020	81	UL	K <sub>2</sub> <sup>m</sup>	9	237	169	178	183	259	X	59	107
021					170	136	165	169	350	X	62	107
022					163	139	159	179	289	X	67	105
026	83	UL	K <sub>2</sub> <sup>m</sup>	9	164	151	161	170	303	X	57	104
027					232	180	193	195	217	X	60	104
028					110	161	183	179	253	X	65	103
054					125	113	129	135	200	X	79	126
055	55	UL	K <sub>2</sub> <sup>m</sup>	9	165	142	165	200	234	X	65	112
056					260	202	180	191	212	X	67	111
057	56	UL	K <sub>2</sub> <sup>r/m</sup>	8,5	222	180	180	184	200	X	73	112
058					192	140	138	161	245	X	61	109
059					145	132	139	160	244	X	62	113
093	40	UL	K <sub>2</sub> <sup>m</sup>	7	179	201	210	224	210	X	66	116
094					144	158	190	216	245	X	67	114
095					222	229	184	209	264	X	61	114
072	62	UL	K <sub>2</sub> <sup>m</sup>	6	139	123	135	160	221	X	66	112
073					127	119	149	183	197	X	62	114
074					145	154	169	197	205	X	63	113
051	54	UL	K <sub>3</sub> <sup>m</sup>	4	173	207	185	179	176	X	75	127
052					132	183	151	160	213	X	65	120
053					116	146	184	209	194	X	66	123
069	65	UL	K <sub>4</sub> <sup>m</sup>	1	170	172	182	183	219	X	56	106
070					155	139	155	172	167	X	69	107
071					166	143	157	189	253	X	79	110
023	82	Sa	K <sub>2</sub> <sup>a/m</sup>	7,5	226	177	221	233	240	X	43	102
024					98	167	193	212	287	X	49	101
025					128	176	192	208	291	X	50	103
063	53	Sa	K <sub>2</sub> <sup>m</sup>	6	167	176	206	216	266	X	63	107
064					221	238	262	271	232	X	51	101
065					202	250	261	257	229	X	52	103
001	1	RVb	S <sub>1-2g</sub> <sup>m</sup>	9,5	194	157	164	189	187	X	53	114
002					183	168	173	203	256	X	54	116
003					207	210	219	224	270	X	50	110
004	6	RVb	S <sub>1-2g</sub> <sup>m</sup>	9,5	150	148	164	198	285	X	52	130
078	34	Kg.L	K <sub>2</sub> <sup>m/r</sup>	10,5	224	191	175	182	184	X	64	125
079					183	192	199	205	225	X	71	126
080					156	130	124	145	230	X	74	125
035	96	TL	K <sub>1-2</sub> <sup>m/r</sup>	12,5	132	155	170	196	261	X	46	117
036					181	190	209	221	276	X	40	112
037					208	205	204	204	315	X	37	111
032	94	TL	K <sub>1</sub> <sup>m</sup>	12	149	122	130	146	265	X	62	113
033					141	129	126	143	265	X	67	118
034					131	95	109	133	254	X	67	114

Tab. 10: Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe der "alten" Bäume (Altersgruppe 3).

Der Überblick über die Tabellen läßt die Unterschiede zwischen den Altersgruppen noch einmal deutlich werden:

In der Altersgruppe 3 (alte Bäume) sind die meisten "Aufsteiger" festzustellen; die durchschnittlichen jährlichen Radialzuwächse der meisten Bäume dieser Altersgruppe liegen in der Jugend unter 2,1 mm und sind damit nicht produktionszielgemäß. Demgegenüber ist in der Lichtwuchsphase in den meisten Fällen ein starker Anstieg zu verzeichnen, der dazu führt, daß etwa die Hälfte der Bäume (21 von 43) zum Einschlagszeitpunkt einen produktionszielgemäßen Durchmesser hat. Beispiele für extreme "Aufsteiger" sind die Bäume 004, 021 und alle Bäume auf Tonlehm (032 - 037). In dieser Altersgruppe kommen keine Bäume mit konstant produktionszielgemäßem Radialzuwachsverlauf vor. Der Baum 003 ist ein "Aufsteiger", die Bäume 064 und 065 sind Beispiele für "Absteiger".

In der Altersgruppe 2 (mittelalte Bäume) nimmt der Anteil der Bäume zu, deren Radialzuwachs auch in der Jugendphase produktionszielgemäß verläuft. Auffallend schlechte Werte sind bei den Bäumen 096 - 099 im Probekreis Nr. 10 zu verzeichnen. Auch in dieser Altersgruppe steigen die Jahrringbreiten in der Lichtwuchsphase weiter an, so daß insgesamt das Niveau des durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachses um 15 % höher liegt als in der Altersgruppe 3. Beispiele für ausgeprägte "Aufsteiger" sind die Bäume 029, 031 und 047. Ziemlich konstant auf hohem Niveau verlaufen die Radialzuwächse der Bäume 085 und 077; Beispiele für "Absteiger" sind die Bäume 013, 030 und 049.

Bei den jungen Bäumen der Altersgruppe 1 entspricht nur in einem Fall (Baum 100) der durchschnittliche Radialzuwachs nicht den Anforderungen zum Erreichen des Produktionsziels. In den meisten Fällen verläuft der Radialzuwachs schon von Beginn an auf einem Niveau, das die Rahmenwerte des Produktionszieles überschreitet. Dementsprechend kommen weniger "Aufsteiger" vor; die ausgeprägtesten "Aufsteiger" sind die Bäume 038 - 040 im Probekreis Nr. 95. Beispiele für deutliche "Absteiger" sind die Bäume 006 und alle Bäume in den Probekreisen Nr. 57 (060 - 062) und Nr. 21 (087 - 089).

Insgesamt verdeutlicht der Vergleich der Werte innerhalb der Probekreise und zwischen den einzelnen Probekreisen bzw. Standorten, daß die Standortverhältnisse standörtliche Unterschiede überlagern. Es läßt sich dabei feststellen, daß die Variationsbreite der durchschnittlichen Radialzuwächse (und damit der Durchmesser) innerhalb der Probekreise in der Jugend am größten ist. Demzufolge gleichen sich mit fortschreitendem Alter die Durchmesser der einzelnen Bäume an.

Das Vorkommen von "Aufsteigern", "Absteigern" und "Gleichbleibenden" ist nicht auf einzelne Standorte begrenzt; innerhalb eines Probekreises können alle drei Entwicklungstypen auftreten. Substratbezogen auffallend sind jedoch das verhältnismäßig häufige Vorkommen von "Absteigern" auf Sand und von "Aufsteigern" auf Tonlehm.

Die beim Höhenwachstum festgestellte Tendenz eines besseren Wachstums jüngerer Bäume macht sich insofern bemerkbar, als der durchschnittliche Radialzuwachs dieser Bäume von Beginn an auf einem höheren Niveau liegt. Dementsprechend sind bei den jüngeren Bäumen verhältnismäßig mehr "Absteiger", bei den alten Bäumen mehr "Aufsteiger" zu finden. Zu beachten ist dabei, daß die Beobachtungszeiträume unterschiedlich lang sind und die Zuwachsverläufe auch mittelfristigen Schwankungen unterworfen sein können. Die Beispiele ausgeprägter "Aufsteiger" zeigen, daß trotz geringer Radialzuwächse in der Jugend später langfristige, starke Zuwachssteigerungen möglich sind. Auf die eventuell damit verbundenen Risiken wird im Abschnitt 3.8 eingegangen werden.

### 3.6.3 Zusammenhänge mit der relativen Kronenlänge zum Einschlagszeitpunkt

Bei der Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen der relativen Kronenlänge und dem Radialzuwachs war von vorneherein die Problematik bei der Ansprache des Kronenansatzes zu beachten. Zusätzlich zeigten die bisherigen Ergebnisse, daß der Radialzuwachs nicht konstant verläuft und daß ein Vergleich von Entwicklungen mit Ergebnissen statischer Aufnahmen (in diesem Fall: relativer Kronenlänge zum Einschlagszeitpunkt) nur eingeschränkte Informationsmöglichkeiten bietet. Trotz dieser Problematik wurde überprüft, ob sich möglicherweise offensichtliche Zusammenhänge zwischen Radialzuwachsentwicklung und relativer Kronenlänge finden lassen.

Die Untersuchung der standörtlich und altersmäßig vergleichbaren Bäume jeweils innerhalb der Probekreise ergab, daß in 33 % der Probekreise der Baum mit der größten relativen Kronenlänge auch den größten durchschnittlichen Radialzuwachs aufweist. Daraus konnte kein Zusammenhang abgeleitet werden.

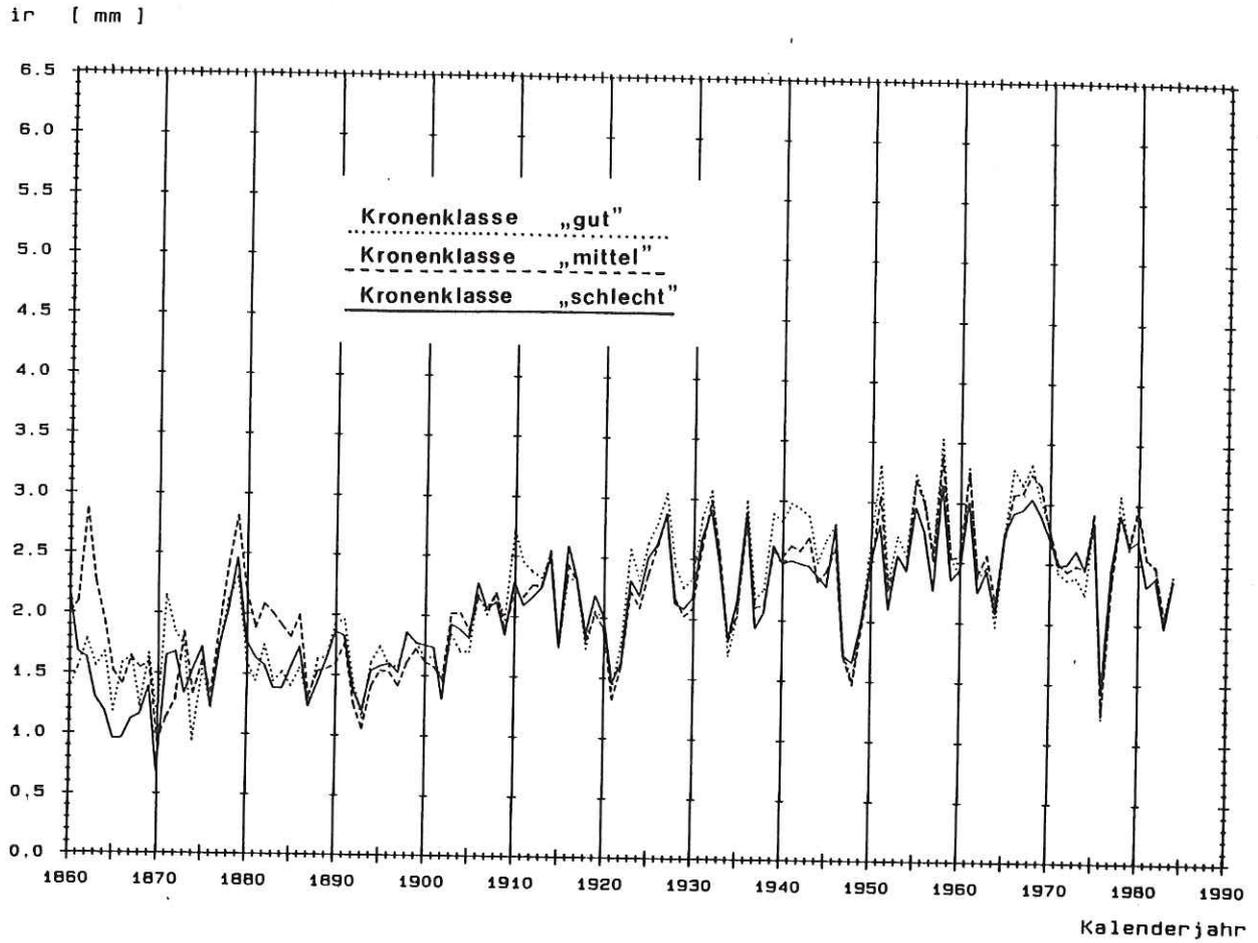
In einem zweiten Schritt wurden zur Erfassung tendenzieller Unterschiede die Analyseebäume standortsunabhängig nach ihrer relativen Kronenlänge in drei Kronenklassen eingestuft: Bäume mit einer relativen Kronenlänge von über 60 % wurden der Kronenklasse "gut", mit einer relativen Kronenlänge von 50 - 60 % der Kronenklasse "mittel" und mit einer relativen Kronenlänge von weniger als 50 % der Kronenklasse "schlecht" zugeordnet. Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Klassengrößen, Rahmen- und Mittelwerte.

	Kronenklassen		
	"gut" rel. Kronenlänge > 60 %	"mittel" rel. Kronenlänge 50 - 60 %	"schlecht" rel. Kronenlänge < 50 %
Anzahl Analyseebäume	32	43	28
( $t_{1,3}$ -)Alter [Jahre]	$\frac{44 - 127}{90,5}$	$\frac{45 - 126}{90,3}$	$\frac{48 - 130}{89,6}$
relative Kronenlänge [%]	$\frac{60,1 - 78,1}{66,2}$	$\frac{50,4 - 59,4}{55,4}$	$\frac{32,2 - 49,8}{44,7}$
Mittl. Radialzuwachs [mm]	$\frac{1,59 - 3,17}{2,43}$	$\frac{1,71 - 3,18}{2,35}$	$\frac{1,70 - 2,92}{2,27}$

Tab. 11: Rahmen- und Mittelwerte der Kronenklassen.

Die Tabellenwerte lassen erkennen, daß die Kronenklassen altersmäßig vergleichbar sind; eine Aufschlüsselung auf die Altersgruppen ist daher nicht notwendig. Der mittlere durchschnittliche Radialzuwachs der drei Kronenklassen unterscheidet sich um weniger als 10 %. Mit dem Durchschnittswert von 2,4 mm ist der mittlere jährliche Radialzuwachs bei den Bäumen der Kronenklasse "gut" zwar am höchsten, gleichzeitig ist in dieser Klasse jedoch auch die größte Variationsbreite zu finden. Die Unterschiede sind daher nicht gesichert.

Zusätzlich wurde nach eventuellen Unterschieden in der Entwicklungsrichtung oder im Zuwachsmuster gesucht; Abb. 28 zeigt, daß die drei Kronenklassen sich nicht wesentlich unterscheiden. Insgesamt konnten somit keine Zusammenhänge zwischen der relativen Kronenlänge und der Radialzuwachsentwicklung erkannt werden.



**Abb. 28:** Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Kronenklassen.

### 3.7 Zuwachsverhältnisse im Schaft

Die Untersuchung der Zuwachsverhältnisse im Schaft basiert auf der Auswertung der in der Regel in 5 und 10 m Höhe entnommenen Stammscheiben, da in erster Linie das wirtschaftlich bedeutende 10 m lange untere Stammstück interessiert. Soweit Stammscheiben aus größeren Höhen vorlagen, wurden sie bei der baumweisen Betrachtung vergleichend herangezogen, die Ergebnisse im folgenden jedoch nicht dargestellt. In die Auswertung wurden nur diejenigen Bäume mitbezogen, bei denen die Abweichungen der Scheibenentnahmehöhe weniger als 50 cm von den Normhöhen 5 m und 10 m betragen. Dies war bei 80 Bäumen der Fall.

#### 3.7.1 Relativer Radialzuwachs in 5 und 10 m Höhe

Die bisherigen Ergebnisse legten es nahe, die Zuwachsverhältnisse im Schaft altersgruppenweise zu betrachten. Insbesondere sollte geprüft werden, ob die vor allem bei den alten Bäumen (Altersgruppe 3) festgestellten Zuwachssteigerungen im gesamten untersuchten Stammstück auftreten oder ob möglicherweise Zuwachsverlagerungen vorkommen. Diese könnten dann Hinweise auf Änderungen der Standraumverhältnisse sein.

In der folgenden Abb. 29 werden altersgruppenweise die Radialzuwächse in größeren Höhen im Verhältnis zum entsprechenden Radialzuwachs in 1,30 m Höhe, also als relative Radialzuwächse dargestellt.

Die Relativierung der jährlichen Radialzuwächse kann kalenderjahrbezogen oder auf das Scheibenalter bezogen (d.h. Jahre ab Mark) erfolgen. Bei der kalenderjahrbezogenen Relativierung werden die jährlichen Radialzuwächse größerer Schafthöhen zum Radialzuwachs in 1,30 m Höhe desselben Kalenderjahres ins Verhältnis gesetzt; die Jahre ab Mark (Scheibenalter) sind dann unterschiedlich. Im Gegensatz dazu werden bei der altersbezogenen Relativierung die Verhältnisse der jährlichen Radialzuwächse des gleichen Jahres ab Mark, also verschiedener Kalenderjahre betrachtet.

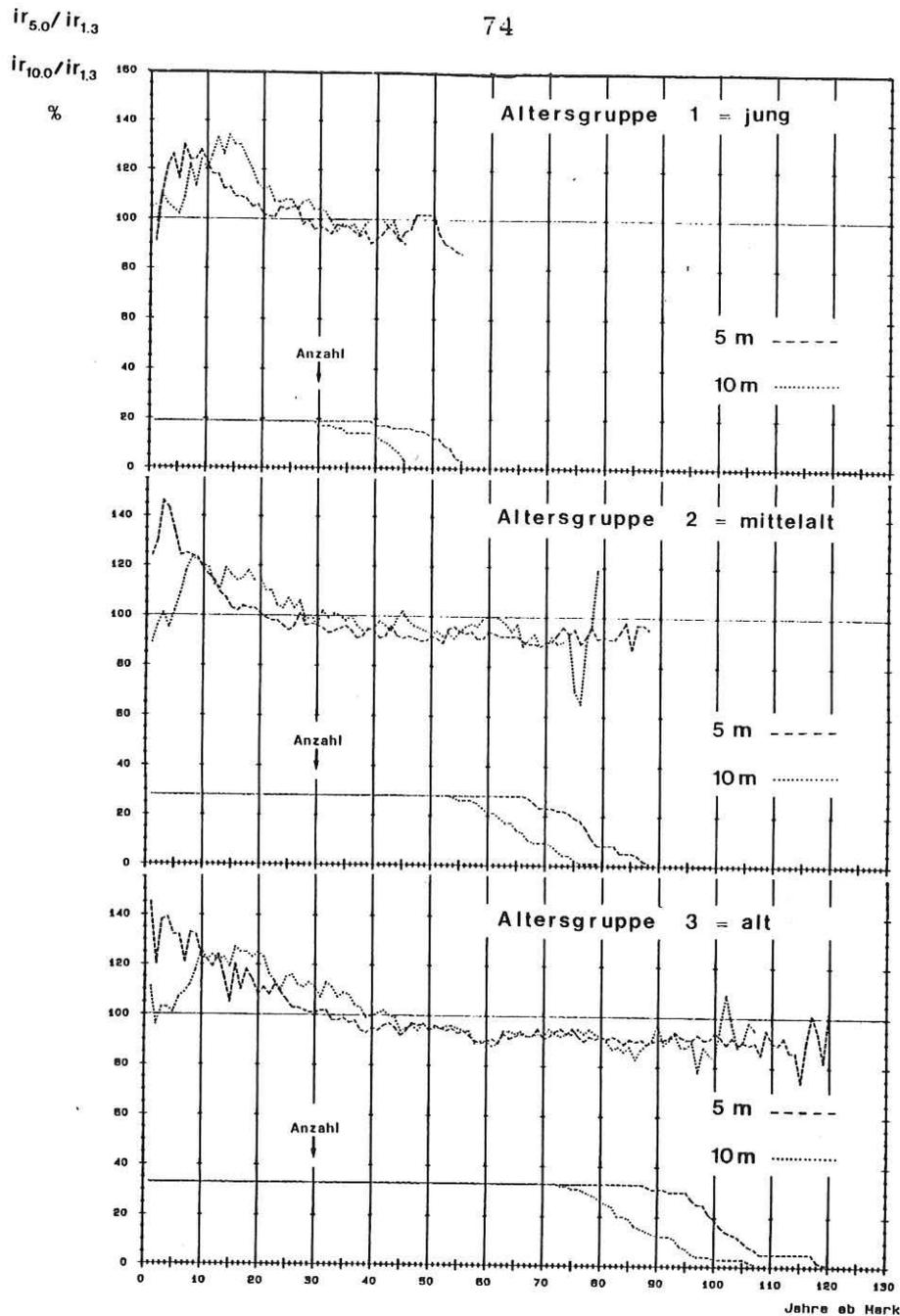


Abb. 29: Mittlerer relativer Radialzuwachs in 5 und 10 m Höhe der Untersuchungsbäume in den drei Altersgruppen.

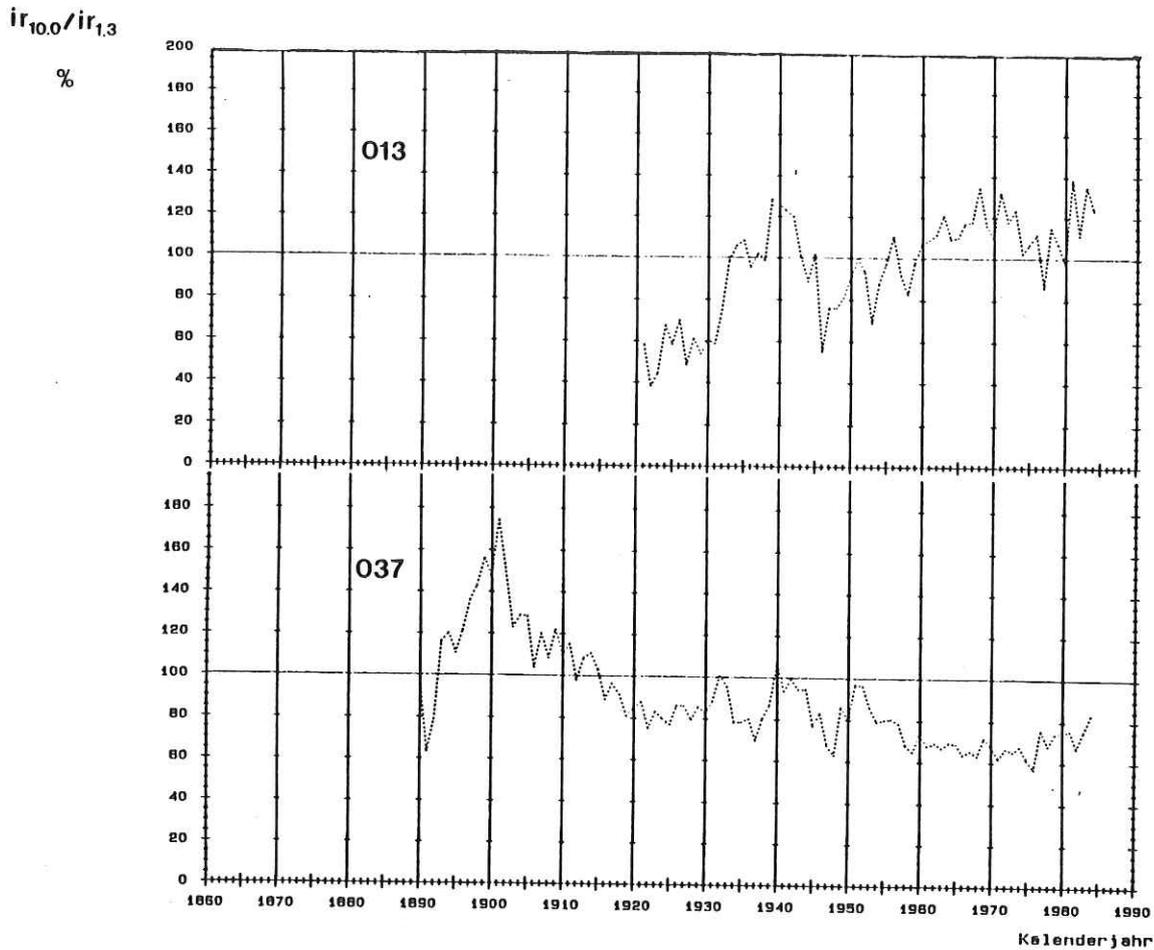
Bezugsgröße ist der entsprechende Radialzuwachs in 1,30 m Höhe.

Bei allen Altersgruppen ist ein abwärtsgerichteter Alterstrend im Relativzuwachs festzustellen: Der mittlere Radialzuwachs im höheren Schaft liegt zu Beginn (d.h. in Marknähe) über dem Zuwachs in 1,30 m Höhe. Nach etwa 20 bis 30 Jahren ab Mark ist er in 5 m Höhe, nach 30 bis 40 Jahren ab Mark in 10 m Höhe auf das Niveau des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe abgesunken. Die Mittelkurve der Altersgruppe 3 zeigt, daß sich danach die relativen Radialzuwächse sowohl in 5 m als auch in 10 m Höhe auf dem Niveau von etwa 90 % des Zuwachses in 1,30 m Höhe einpendeln. Solange die Kollektivgröße gleich bleibt, wird dieses Niveau konstant gehalten, ein weiteres Absinken ist nicht erkennbar.

Innerhalb des Vergleichszeitraumes bestehen geringe Unterschiede zwischen den Mittelkurven der Altersgruppen. Der Kurvenverlauf ist bei den alten Bäumen am flachsten, so daß die Schnittpunkte mit der 100 %-Linie etwas später als bei den jüngeren Bäumen liegen. Bei allen drei Altersgruppen hat der relative Radialzuwachs in 10 m Höhe einen Kulminationspunkt, der bei den jüngsten Bäumen am höchsten liegt.

Der auffälligste Unterschied zwischen den Altersgruppen ist beim Vergleich der marknahen Jahre in 5 m Höhe festzustellen. Während der mittlere relative Radialzuwachs bei den jungen Bäumen nach 5 Jahren ab dem Mark kulminiert, ist bei den alten Bäumen kein Kulminationspunkt zu verzeichnen, sondern die Mittelkurve sinkt von einem höheren Startpunkt (145 % des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe) stetig ab. Bei den mittelalten Bäumen kulminiert der mittlere relative Radialzuwachs nach 3 Jahren ab Mark bei 147 % des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe. Diese Unterschiede zwischen den Altersgruppen sind im Zusammenhang mit den unterschiedlichen absoluten Zuwachsverläufen in 1,30 m Höhe in der frühesten Jugendphase (s. 3.6.1, S. 58) zu sehen. Anhand der Abb. 25 (S. 59) wurde bei den alten und mittelalten Bäumen in der Startphase ein kurzfristiger Rückgang des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe mit einem nachfolgenden Anstieg festgestellt. Diese Erscheinung schlägt sich nun auch im relativen Radialzuwachs nieder.

Insgesamt läßt der Vergleich der mittleren relativen Radialzuwächse keine ausgeprägten Unterschiede erkennen. Die Radialzuwachsverhältnisse im Schaftalter und junger Bäume sind sehr ähnlich. Im Gegensatz dazu wurden bei der Betrachtung der absoluten Radialzuwächse in 1,30 m Höhe deutliche Unterschiede zwischen den Altersgruppen erkannt. Es wurde daher eine differenzierte baumweise Überprüfung angeschlossen. In etwa 50 % der Fälle konnte eine eindeutige Richtung in der Entwicklung der Zuwachsverhältnisse im untersuchten Stammbereich festgestellt werden. Der Vergleich mit der Einstufung in Entwicklungstypen nach dem absoluten Radialzuwachs in 1,30 m Höhe ergab, daß bei der Mehrzahl der "Aufsteiger" im unteren Stammbereich ein verhältnismäßig größerer Radialzuwachs angelagert wurde. "Gleichbleibende" zeigten meistens auch gleichläufige Entwicklungen der Radialzuwächse in verschiedenen Höhen, während bei "Absteigern" in 1,30 m Höhe ein verhältnismäßig geringerer Zuwachs geleistet wurde. Als Beispiele werden in der Abb. 30 die kalenderjahrbezogen relativierten Radialzuwächse in 10 m Höhe der Bäume 013 (Probekreis Nr. 90, Schlufflehm, K m (2)-2) und 037 (Probekreis Nr. 96, Tonlehm, K m/r 1-2) gezeigt.



**Abb. 30:** Relativer Radialzuwachs in 10 m Höhe der Untersuchungsbäume Nr. 013 und Nr. 037.

Bezugsgröße ist der jeweilige Radialzuwachs in 1,30 m Höhe.

Zu beachten ist, daß die als Beispiele ausgewählten Bäume zu den am deutlichsten ausgeprägten Entwicklungstypen der "Aufsteiger" (Baum 037) und "Absteiger" (Baum 013) gehören. Sie markieren auch mit dem Verlauf ihrer relativen Radialzuwächse die Grenzen des untersuchten Spektrums. 50 % der Analysebäume konnten hinsichtlich der Zuwachsverhältnisse in verschiedenen Schafthöhen nicht eindeutig einer Entwicklungsrichtung zugeordnet werden. In einem breiten Bereich sind die Verhältnisse im Gegensatz zur Entwicklung des absoluten Radialzuwachses in 1,30 m Höhe indifferent.

Insgesamt ergibt sich, daß nur bei Zuwachsverläufen mit besonders ausgeprägten Entwicklungsrichtungen oder Richtungswechseln Zuwachsverlagerungen im Schaft eine Rolle spielen. In diesen Fällen können anhand der relativen Zuwächse Standraumveränderungen nachvollzogen werden. Der festgestellte Zuwachsanstieg in 1,30 m Höhe bei den älteren Bäumen ist jedoch nicht mit Zuwachsverlagerungen verbunden.

## 3.7.2 Relativer Grundflächenzuwachs in 5 und 10 m Höhe

Als aussagefähigere physiologische Größe wurden zusätzlich zu den Radialzuwachsverhältnissen die relativen Grundflächenzuwächse in 5 und 10 m Höhe untersucht. Die Abb. 31 zeigt die nach Altersgruppen aufgeschlüsselten mittleren relativen Grundflächenzuwächse in 5 und 10 m Höhe. Im Gegensatz zu den relativen Radialzuwächsen verlaufen die relativen Grundflächenzuwächse ab 15 bis 20 Jahre ab Mark parallel zur 100 %-Linie (d.h. zum Grundflächenzuwachs in 1,30 m Höhe). Dabei liegt der relative Grundflächenzuwachs in 5 m Höhe konstant bei 80 %, in 10 m Höhe konstant bei 75 % des Zuwachses in 1,30 m Höhe. In 5 m Höhe ist das 80 %-Niveau nach einem steileren Anstieg früher erreicht als in 10 m Höhe.

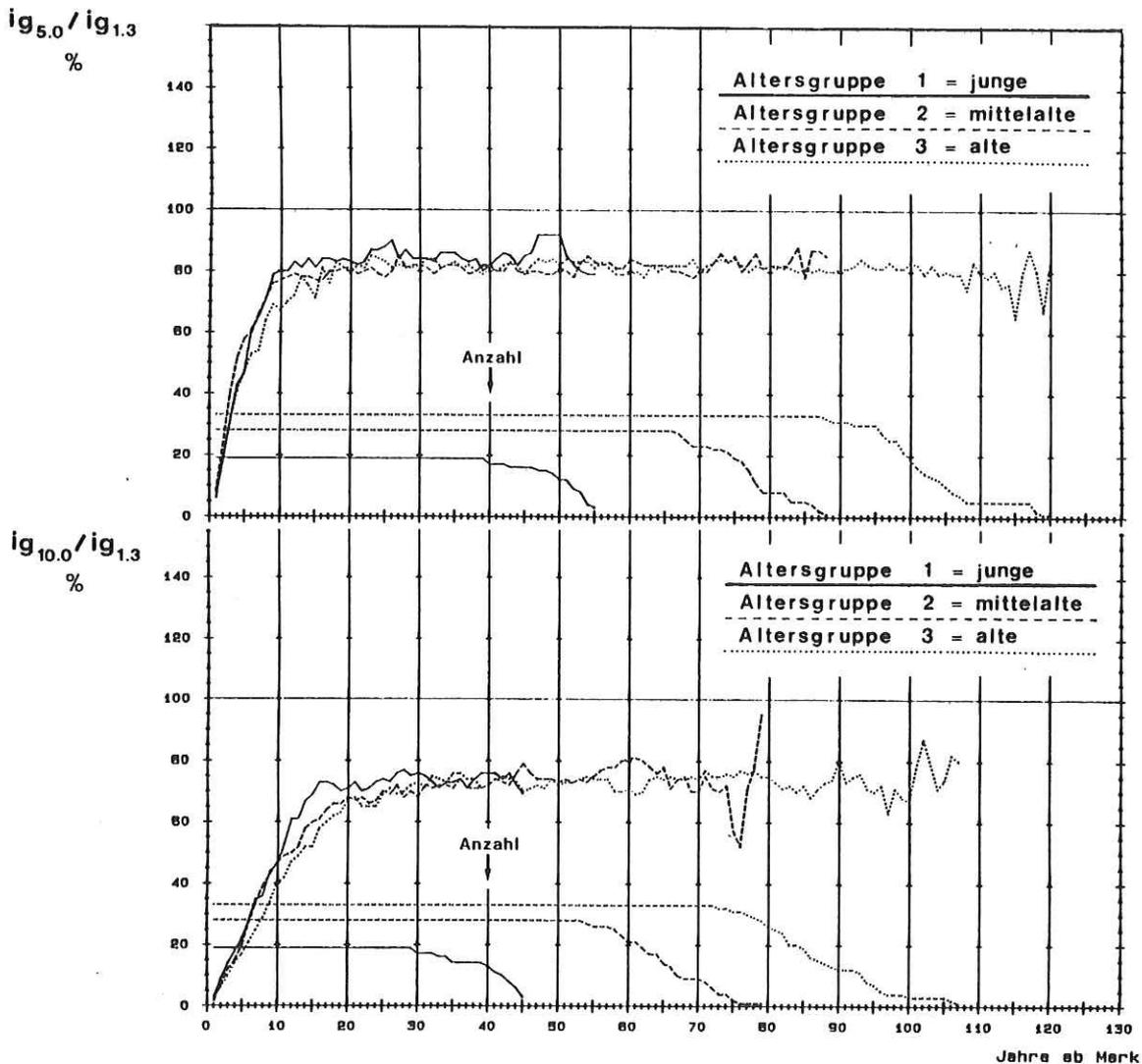
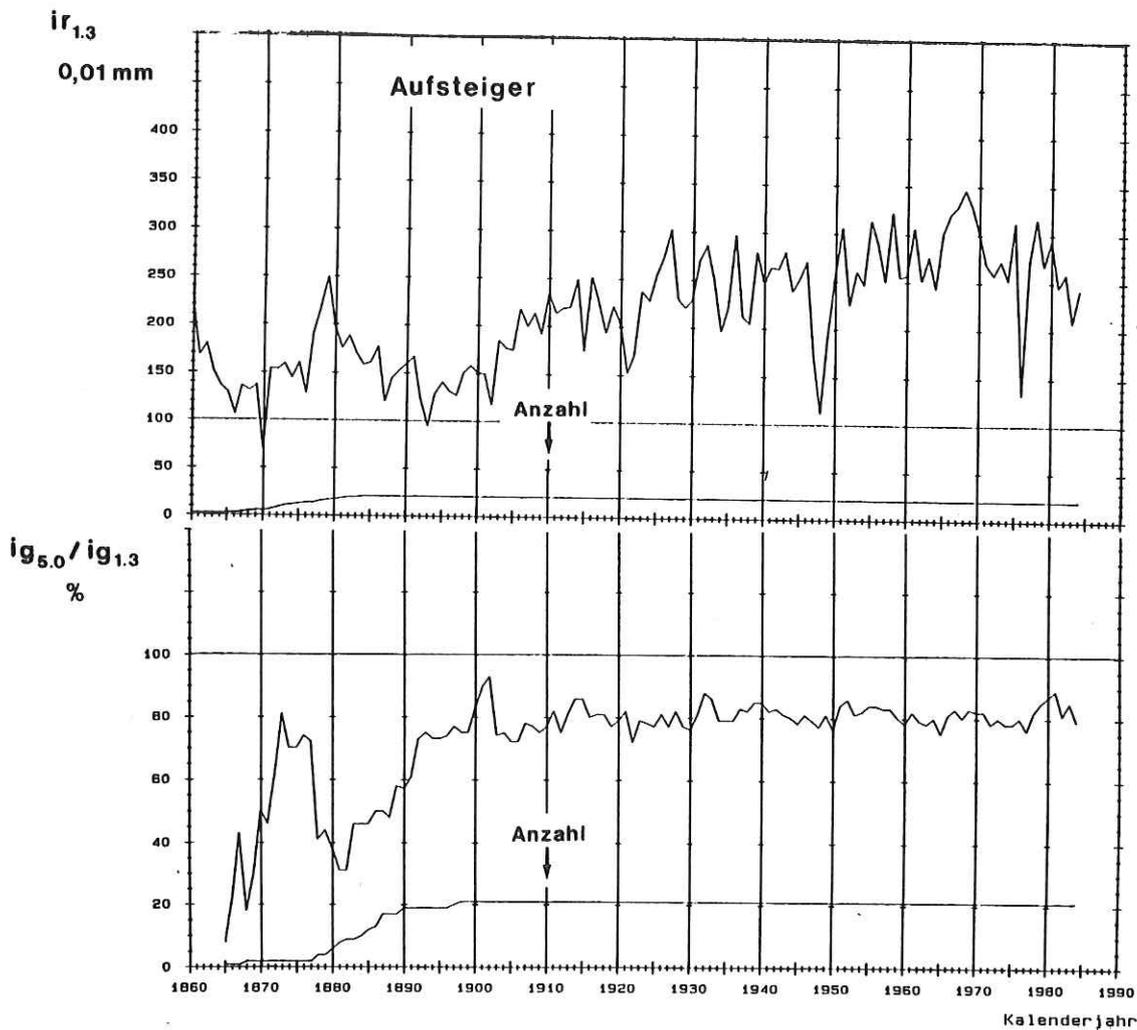


Abb. 31: Mittlerer relativer Grundflächenzuwachs in 5 und 10 m Höhe der Untersuchungs-bäume in den drei Altersgruppen.

Bezugsgröße ist der entsprechende Grundflächenzuwachs in 1,30 m Höhe.

Zwischen den Altersgruppen sind in der Anstiegsphase geringe, danach keine deutlichen Unterschiede im Niveau und in der Entwicklungsrichtung zu erkennen, solange die Kollektivgrößen unverändert bleiben.

In Abb. 32 ist die mittlere absolute Radialzuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe der "Aufsteiger" der Altersgruppe 3 (21 Bäume) dem entsprechenden relativen Grundflächenzuwachs in 5 m Höhe gegenübergestellt. Die Abbildung verdeutlicht, daß die Zuwachsverhältnisse im Schaft auch bei ansteigendem Radialzuwachs in 1,30 m Höhe ziemlich konstant bleiben.



**Abb. 32:** Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe und mittlerer relativer Grundflächenzuwachs in 5 m Höhe von 21 "Aufsteigern" der Altersgruppe 3.

Bezugsgröße ist der entsprechende Grundflächenzuwachs in 1,30 m Höhe.

Die differenzierte Einzelprüfung erbrachte das gleiche Ergebnis wie die Untersuchung des relativen Radialzuwachses: Bei besonders deutlichen Abweichungen von den dargestellten mittleren Verhältnissen waren die Bäume auch ausgeprägte "Aufsteiger" oder "Absteiger". In den meisten Fällen lagen jedoch indifferente Verhältnisse vor, die keine eindeutigen Zusammenhänge zur Zuwachsentwicklung in 1,30 m Höhe erkennen ließen.

Zusammenfassend ist daher festzustellen, daß auch anhand der Untersuchung der relativen Grundflächenzuwächse im höheren Schaft keine Hinweise auf tendenzielle Zuwachsverlagerungen bei den älteren Bäumen zu finden sind. Außer in ausgeprägten Einzelfällen ist die beobachtete Zuwachssteigerung älterer Bäume am gesamten untersuchten Stammstück gleichmäßig erfolgt. Zwischen alten und jungen Bäumen bestehen trotz deutlicher Unterschiede in den absoluten Radialzuwächsen nur geringe Unterschiede hinsichtlich der Zuwachsverhältnisse im unteren 10 m langen Stammstück.

### 3.8 Charakteristische Jahre im Muster des Radialzuwachses

Die bisherigen Ergebnisse hatten erkennen lassen, daß kein monokausaler Zusammenhang zwischen standörtlichen Faktoren und der Jahrringbreitenentwicklung besteht. Neben standraumbedingten Unterschieden waren tendenzielle Niveauunterschiede zwischen verschiedenen alten Bäumen festgestellt worden. Die Betrachtung der mittleren Radialzuwächse standörtlich vergleichbarer Altersgruppen (Abb. 24, S. 58) hatte schon gezeigt, daß die Zuwachsmuster sich stark ähneln. Im folgenden wurde daher untersucht, ob standortstypische Unterschiede im Zuwachsmuster vorkommen. Dazu wurden die Jahre mit einheitlicher Zuwachsrichtung herausgearbeitet und der Radialzuwachs der einzelnen Bäume im Hinblick auf standortsbezogene Besonderheiten und Unterschiede geprüft. Zusätzlich wurde dabei nach eventuellen Zusammenhängen zur Standraumentwicklung gesucht, insbesondere wurde das Zuwachsmuster von "Aufsteigern" überprüft, um Hinweise auf ein eventuell höheres Risiko zu erhalten.

#### 3.8.1 Mittlerer jährlicher Intervalltrend der Radialzuwachskurven in 1,30 m Höhe

Über den mittleren Intervalltrend lassen sich vergleichende Betrachtungen mehrerer Zeitreihen, in diesem Fall Radialzuwachskurven, quantifizieren. Der mittlere Intervalltrend drückt aus, wieviele der gleich datierten Intervalle zwischen zwei Jahreswerten gleiche Tendenz aufweisen; die Werte werden in Prozenten steigender Intervalle angegeben.

Zur Verdeutlichung soll folgendes Beispiel für das Jahr 1954 dienen:

Das Gesamtkollektiv besteht 1954 aus 103 Bäumen. Der Radialzuwachs jedes Baumes wird nicht absolut, sondern im Vergleich zum Vorjahr betrachtet, also als zunehmend(+), absinkend(-) oder gleichbleibend(=) bewertet. Bei 35 Bäumen (= 34%) ist ein Anstieg, bei 62 Bäumen (= 60%) ein Absinken und bei 6 Bäumen (= 6 %) ein Gleichbleiben des Radialzuwachses zu verzeichnen. Da die 6 % mit gleichbleibendem Zuwachs halb gezählt werden, ergibt sich für 1954 ein mittlerer Intervalltrend von 37 %.

(Zur Methodik s. SCHWEINGRUBER, 1983, S. 93; SCHWEINGRUBER et al. 1986.)

Jahre, in denen der Radialzuwachs von 90 % der Bäume die gleiche Richtung hat, werden im folgenden als Weiserjahre bezeichnet.

Abb. 33 zeigt den mittleren Intervalltrend der Radialzuwachskurven in 1,30 m Höhe von 1870 bis 1984. Zu beachten ist, daß die Wertezahl von 1870 (12 Bäume) bis 1943 (103 Bäume) konstant steigt.

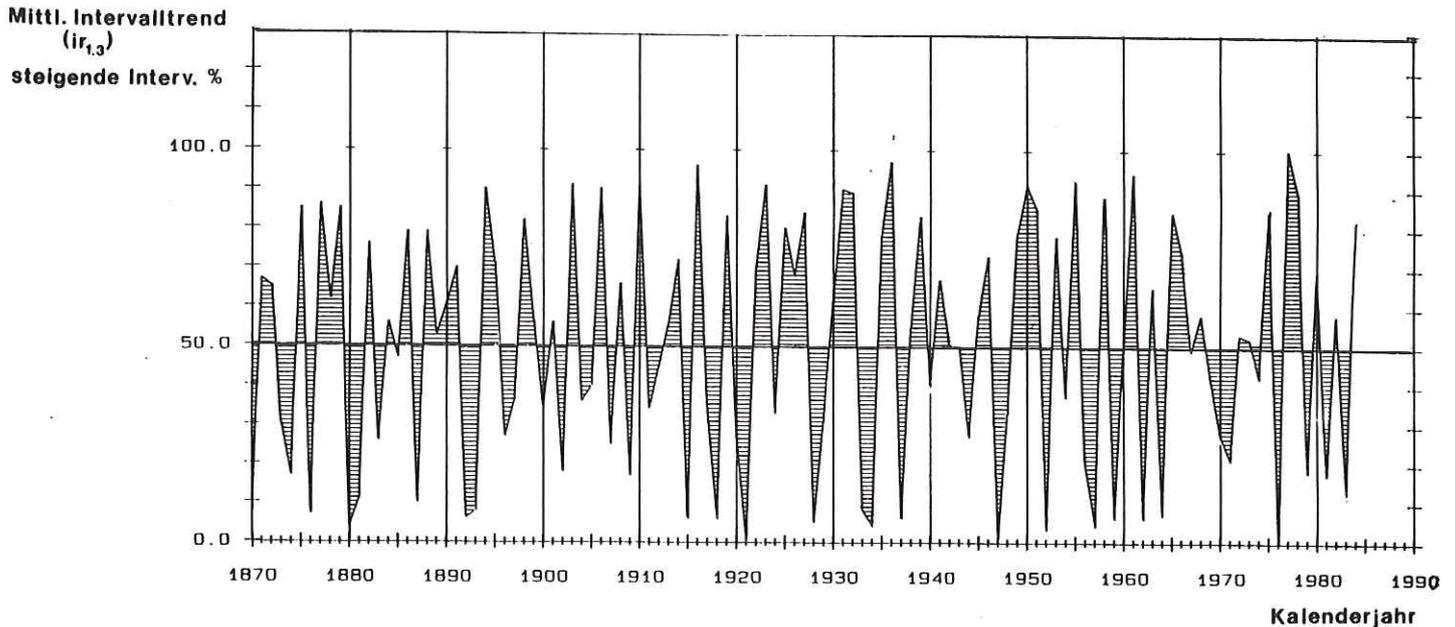


Abb. 33: Mittlerer Intervalltrend des jährlichen Radialzuwachses in 1,30 m Höhe der Untersuchungsbäume.

Die Baumzahl steigt von 12 (1870) auf 103 (ab 1942).

Insgesamt werden im Untersuchungszeitraum 31 Weiserjahre deutlich, davon 19 Jahre mit Zuwachsrückgängen und 12 Jahre mit Zuwachsanstiegen. Die Abbildung zeigt, daß in 27 % der Jahre bei mindestens 90 % der Bäume und in 49 % der Jahre bei mindestens 80 % der Bäume der jährliche Radialzuwachs die gleiche Richtung aufweist.

Weiserjahre mit Zuwachsrückgängen im gut belegten Zeitraum 1900 - 1984 (59 bis 103 Bäume) sind: 1915, 1918, 1921, 1928, 1933, 1934, 1937, 1947, 1952, 1957, 1959, 1962, 1964 und 1976.

Weiserjahre mit Zuwachsanstiegen sind ab 1900: 1903, 1906, 1910, 1916, 1923, 1936, 1950, 1955, 1961 und 1977.

Die Prüfung der Bäume mit abweichendem Trend in diesen Jahren ("Ausreißer") ließ keine Zusammenhänge zum Standort erkennen. Es konnten weder Standorte (d.h. alle Analyseebäume eines Probekreises) noch Bäume mit regelmäßigen Abweichungen vom mittleren Intervalltrend gefunden werden. Ebenso waren keine eindeutigen Zusammenhänge zum Alter und zum Radialzuwachsverlauf bzw. zur h/d-Entwicklung festzustellen. Häufiger zeigten jedoch Bäume in Aufstiegsphasen (des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe) Abweichungen vom Trend in Weiserjahren mit Zuwachsrückgängen.

Die Überprüfung der "Ausreißer" in den Jahren mit mittlerem Intervalltrend von mindestens 80 % und höchstens 20 % ließ ebenfalls keine standörtlichen und keine eindeutigen Zusammenhänge zur Standraumentwicklung erkennen.

Bei der Untersuchung eventueller Zusammenhänge zum Alter der Bäume wurde die schon gezeigte Tendenz (Abb. 24, S. 58) festgestellt, daß der Radialzuwachs jeweils älterer Bäume im Folgejahr einiger ("negativer") Weiserjahre weiter zurückging.

### 3.8.2 Sensitivität des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe in Weiserjahren mit Zuwachsrückgang

Über die Sensitivität kann die Ausschlagsstärke von Radialzuwachskurven quantifiziert und verglichen werden. Dabei gilt die Formel:

$$\text{jährliche Sensitivität } S_{i+1} = \frac{(X_{i+1} - X_i) \cdot 2}{(X_{i+1} + X_i)}$$

(s. SCHWEINGRUBER, 1983, S. 92)

Zur Verdeutlichung soll folgendes Beispiel dienen:

$$\begin{aligned} \text{Sensitivität}_{1976} = S_{1976} &= \frac{(ir_{1976} - ir_{1975}) \cdot 2}{ir_{1976} + ir_{1975}} = (ir \text{ } 0,01 \text{ mm}) \\ &= \frac{(90 - 170) \cdot 2}{90 + 170} = - \frac{160}{260} = - 0,62 \end{aligned}$$

In erster Linie interessierten eventuelle standorts- oder standraumbedingte Unterschiede in der Sensitivität. Zur Prüfung dieser Frage wurden die Sensitivitäten des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe in den Weiserjahren mit Zuwachsrückgängen berechnet. Die in Tabelle 12 zusammengefaßten arithmetischen Mittel der jährlichen Sensitivitäten zeigen, daß die Reaktionsstärke in den einzelnen Weiserjahren unterschiedlich ist. Die mit Abstand stärkste Zuwachsreaktion ist im Jahre 1976 zu verzeichnen, an zweiter Stelle steht das Jahr 1947.

	Weiserjahre mit Zuwachsrückgang													
	1915	1918	1921	1928	1933	1934	1937	1947	1952	1957	1959	1962	1964	1976
Anzahl Analyseebäume	78	78	78	93	100	100	103	103	103	103	103	103	103	103
Mittl. jährl. Intervalltrend [% steigende I.]	6	6	1	5	6	4	6	1	3	4	6	6	6	0
Mittl. jährl. Sensitivität [Negative Werte]	0,37	0,28	0,36	0,28	0,20	0,36	0,37	0,46	0,33	0,18	0,31	0,33	0,21	0,62

Tab. 12: Mittlerer Intervalltrend und Sensitivität des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe in Weiserjahren mit Zuwachsrückgang.

Bei der differenzierten Untersuchung der einzelnen Bäume wurden keine standorts- oder altersbezogenen Unterschiede festgestellt. Vielmehr zeigte sich, daß die Sensitivität während des Beobachtungszeitraumes wechselt und dabei tendenziell in Phasen ansteigenden Radialzuwachses verringert ist. Eindeutige Zusammenhänge zum Niveau oder zur Entwicklungsrichtung des Radialzuwachses (Entwicklungstyp) waren jedoch nicht zu finden. Dabei wurde insbesondere der Frage nachgegangen, inwieweit alte Bäume mit geringem Radialzuwachs in der Jugend ("Aufsteiger") in späteren Weiserjahren sensitiver reagieren.

Insgesamt ergab die Untersuchung der Sensitivitäten in den Weiserjahren mit Zuwachsrückgängen keine standörtlichen oder behandlungsbedingten Unterschiede. Besondere standorts- oder behandlungsbedingte Risiken kamen im Radialzuwachs nicht zum Ausdruck.

### 3.8.3 Mittlerer jährlicher Intervalltrend relativer Radialzuwachskurven in größeren Schafthöhen

Einheitliche Zuwachsverlagerungen in den einzelnen Jahren können über die Berechnung des mittleren jährlichen Intervalltrends der relativen Zuwächse im höheren Schaft erkannt werden.

Der mittlere jährliche Intervalltrend der absoluten Radialzuwächse in größeren Schafthöhen stimmte mit den Werten in 1,30 m Höhe weitgehend überein.

Dazu wurde wie bei den Absolutwerten der mittlere jährliche Intervalltrend der relativen Zuwachskurven berechnet. Die Abbildungen 34 und 35 zeigen das Ergebnis im Vergleich zum mittleren Intervalltrend des absoluten Radialzuwachses in 1,30 m Höhe.

Mittl. Intervalltrend

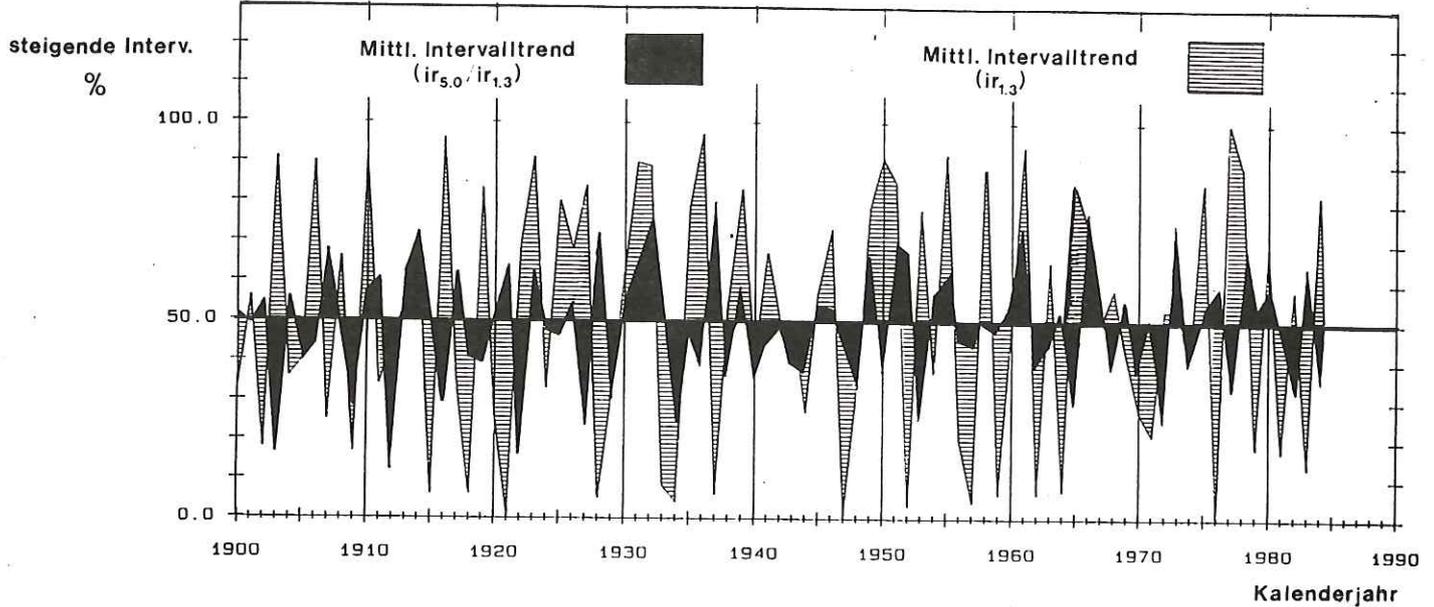


Abb. 34: Mittlerer Intervalltrend des jährlichen Radialzuwachses in 1,30 m Höhe und des relativen jährlichen Radialzuwachses in 5 m Höhe der Untersuchungs**b**äume.

Bezugsgröße ist der entsprechende Radialzuwachs in 1,30 m Höhe. Die Baumzahl steigt von 49 (1900) auf 103 (ab 1950).

Mittl. Intervalltrend

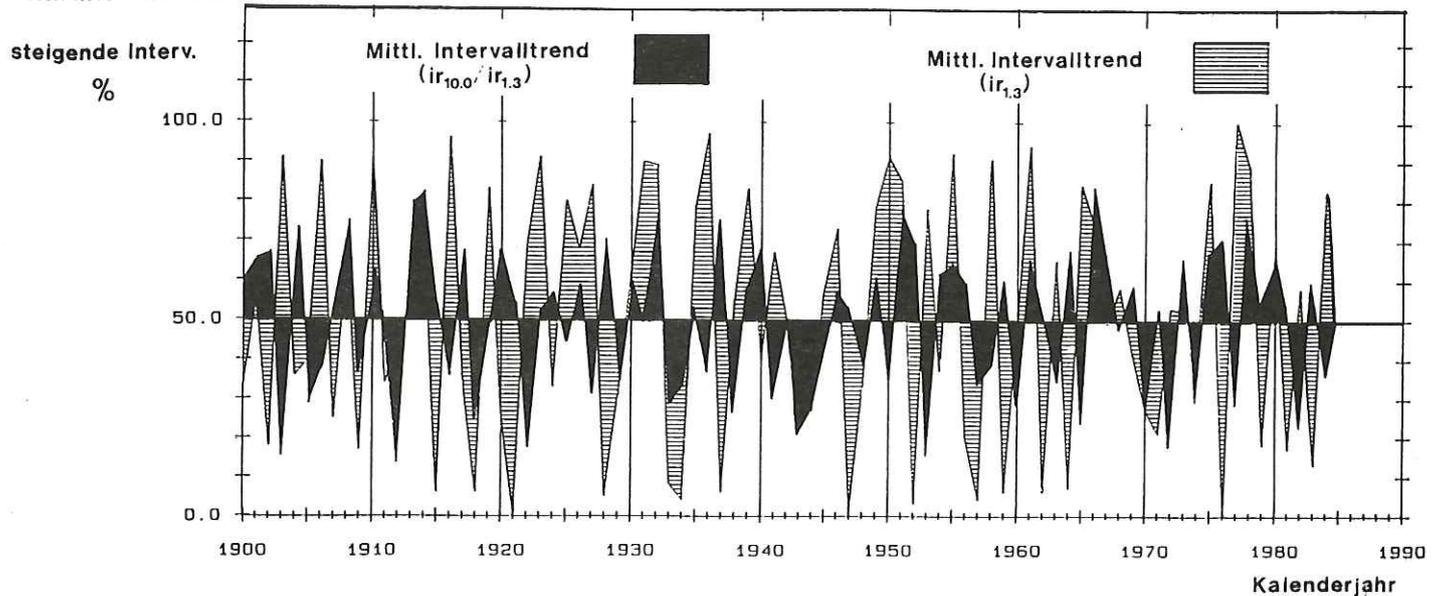


Abb. 35: Mittlerer Intervalltrend des jährlichen Radialzuwachses in 1,30 m Höhe und des relativen jährlichen Radialzuwachses in 10 m Höhe der Untersuchungs**b**äume.

Bezugsgröße ist der entsprechende Radialzuwachs in 1,30 m Höhe. Die Baumzahl steigt von 19 (1900) auf 103 (ab 1957).

Es wird deutlich, daß die Amplitude des mittleren jährlichen Intervalltrends der relativierten Zuwachskurven vor allem in 5 m Höhe kleiner als die des Intervalltrends der Absolutwerte in 1,30 m Höhe ist.

Jahre, in denen besonders häufig im höheren Schaft ein verhältnismäßig größerer Zuwachs angelagert wurde, sind (ab 1900): 1908, 1913, 1914, 1928, 1932, 1937, 1951, 1961, 1966, 1973 und 1978.

Eine häufige Zuwachsverlagerung nach unten zeigt sich in den Jahren 1903, 1912, 1922, 1953 und 1972.

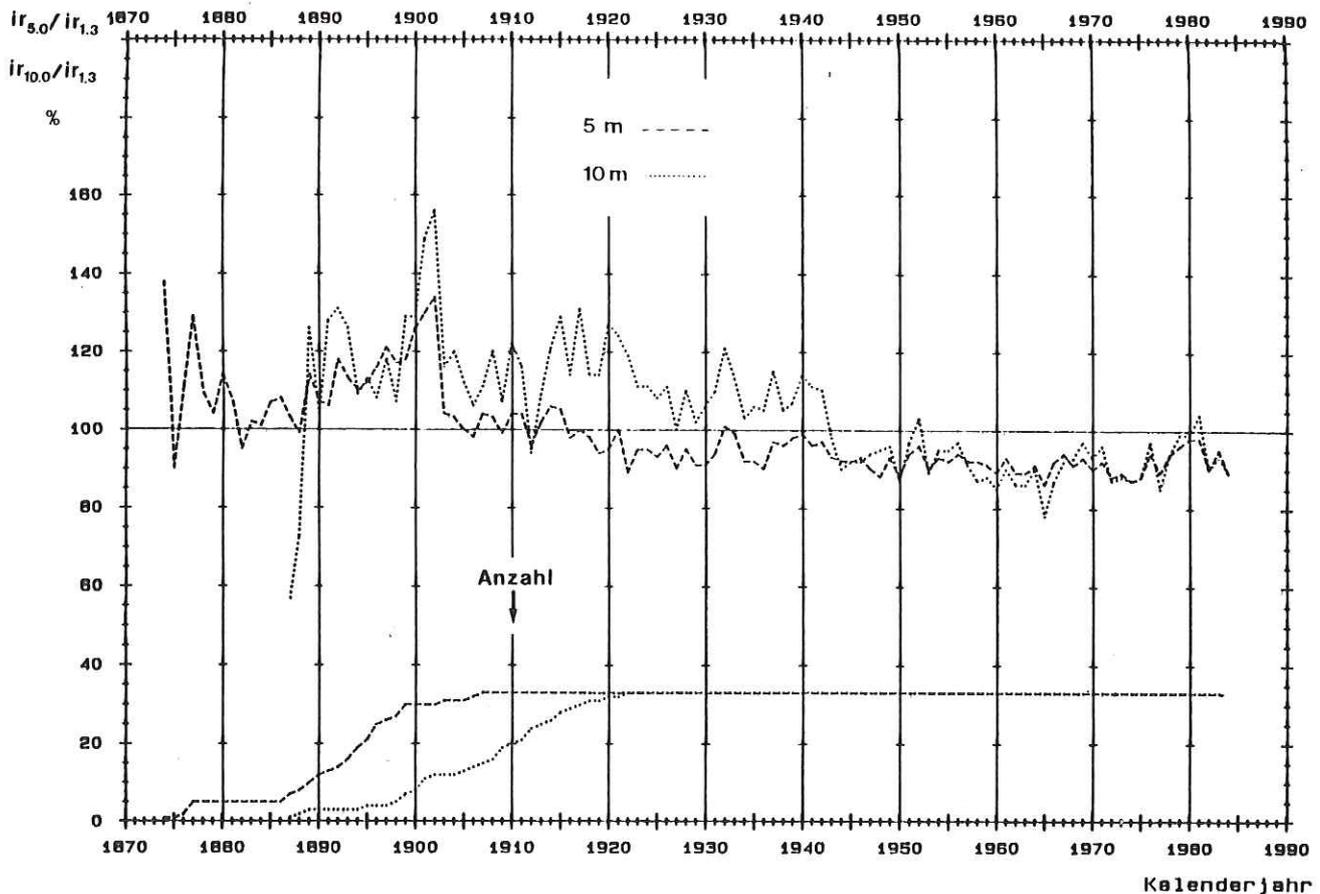
In den über den Intervalltrend der absoluten Radialzuwächse in 1,30 m Höhe hergeleiteten Weiserjahren läßt der mittlere Intervalltrend der Relativwerte keine Besonderheiten erkennen. Insbesondere ist in den Weiserjahren mit Zuwachsrückgang in 1,30 m Höhe kein besonders häufiges Ansteigen des relativen Radialzuwachses größerer Höhen feststellbar. In einigen Fällen kommt es in dem auf das Weiserjahr (1921, 1937, 1952, 1964) folgenden Jahr zu einem vergleichsweise häufigeren Absinken des Zuwachses in größeren Höhen.

Die Untersuchung der "Ausreißer" in den auffallenden Jahren ließ weder Zusammenhänge mit dem Standort noch mit der Standraumentwicklung erkennen. Auch die Prüfung möglicher Zusammenhänge mit der Sensitivität des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe brachte ein negatives Ergebnis.

Da die Intervalltrendberechnungen lediglich Informationen über die Häufigkeit von Reaktionen, nicht aber über deren Stärke liefern, wurden die relativen Radialzuwächse der einzelnen Bäume in den Weiserjahren differenziert überprüft. Abb. 36 zeigt die kalenderjahrbezogen relativierten Radialzuwächse in 5 und 10 m Höhe von 33 Bäumen der Altersgruppe 3.

Das Beispiel dieser alten Bäume wurde gewählt, weil dort die längste Beobachtungsmöglichkeit der Relativzuwächse besteht. Vorausgehend wurde überprüft, daß zwischen den Altersgruppen auch kalenderjahrbezogen keine wesentlichen Unterschiede in den Zuwachsverhältnissen im Schaft bestehen (vgl. auch 3.7, S. 73).

Aus der Abbildung wird deutlich, daß bei großer Gleichläufigkeit der Kurven die Amplitude der relativen Radialzuwächse in 10 m Höhe größer als in 5 m Höhe ist. Dies entspricht dem beobachteten ausgeprägteren Intervalltrend (der Relativwerte) in dieser Höhe. Hinsichtlich der Weiserjahre mit Zuwachsrückgang in 1,30 m Höhe ist festzustellen, daß in einigen dieser Jahre (vor allem 1921, 1928, 1937, 1952 und 1976) ein Anstieg der relativen Radialzuwächse im höheren Schaft erfolgt ist, also der Radialzuwachs dort relativ schwächer zurückgeht als in 1,30 m Höhe. Diese Reaktion ist jedoch verschieden stark und auch in anderen Jahren (z.B. 1932, 1940 und 1981) zu finden.



**Abb. 36:** Mittlerer relativer Radialzuwachs in 5 und 10 m Höhe von 33 Untersuchungs**b**äumen der Altersgruppe 3.

Bezugsgröße ist der entsprechende Radialzuwachs in 1,30 m Höhe.

Die Untersuchung der einzelnen Bäume ließ erkennen, daß die in der Mittelkurve zum Ausdruck gekommenen Zuwachsverlagerungen auf besonders starken Reaktionen einiger Bäume in einzelnen Jahren beruhen. Daraus erklären sich auch die Unterschiede zur Intervalltrendberechnung. Eine differenzierte Betrachtung dieser Bäume ergab jedoch keine Zusammenhänge zum Standort oder zur Standraumentwicklung.

Übereinstimmend mit der Intervalltrendberechnung zeigt die Abb. 36, daß in einigen auf die Weiserjahre mit Zuwachsrückgang folgenden Jahren (1922, 1948, 1953, 1965 und 1977 ein ausgeprägter Rückgang des relativen Radialzuwachses, also eine Zuwachsverlagerung nach unten, zu verzeichnen ist. Dies ist besonders 1965 und 1977 der Fall.

Insgesamt ergab die Untersuchung, daß die Muster des Radialzuwachses sehr ähnlich sind. Standorts-, behandlungs- oder altersbezogene Unterschiede waren bis auf eine Ausnahme (Unterschiede in 1,30 m Höhe zwischen alten und jungen Bäume im Folgejahr von Weiserjahren mit Zuwachsrückgang) nicht nachzuweisen.

Hinsichtlich der Zuwachsverhältnisse im Schaft (1,30 m, 5 m und 10 m Höhe) konnten in den Weiserjahren im Mittel keine häufigeren oder ausgeprägten Zuwachsverlagerungen festgestellt werden. Als häufigste und deutlichste Reaktion zeigte sich in einigen auf Weiserjahre mit Zuwachsrückgang folgenden Jahren ein Rückgang des relativen Radialzuwachses in 5 m und 10 m Höhe.

#### 3.8.4 Vergleich mit Witterungsdaten

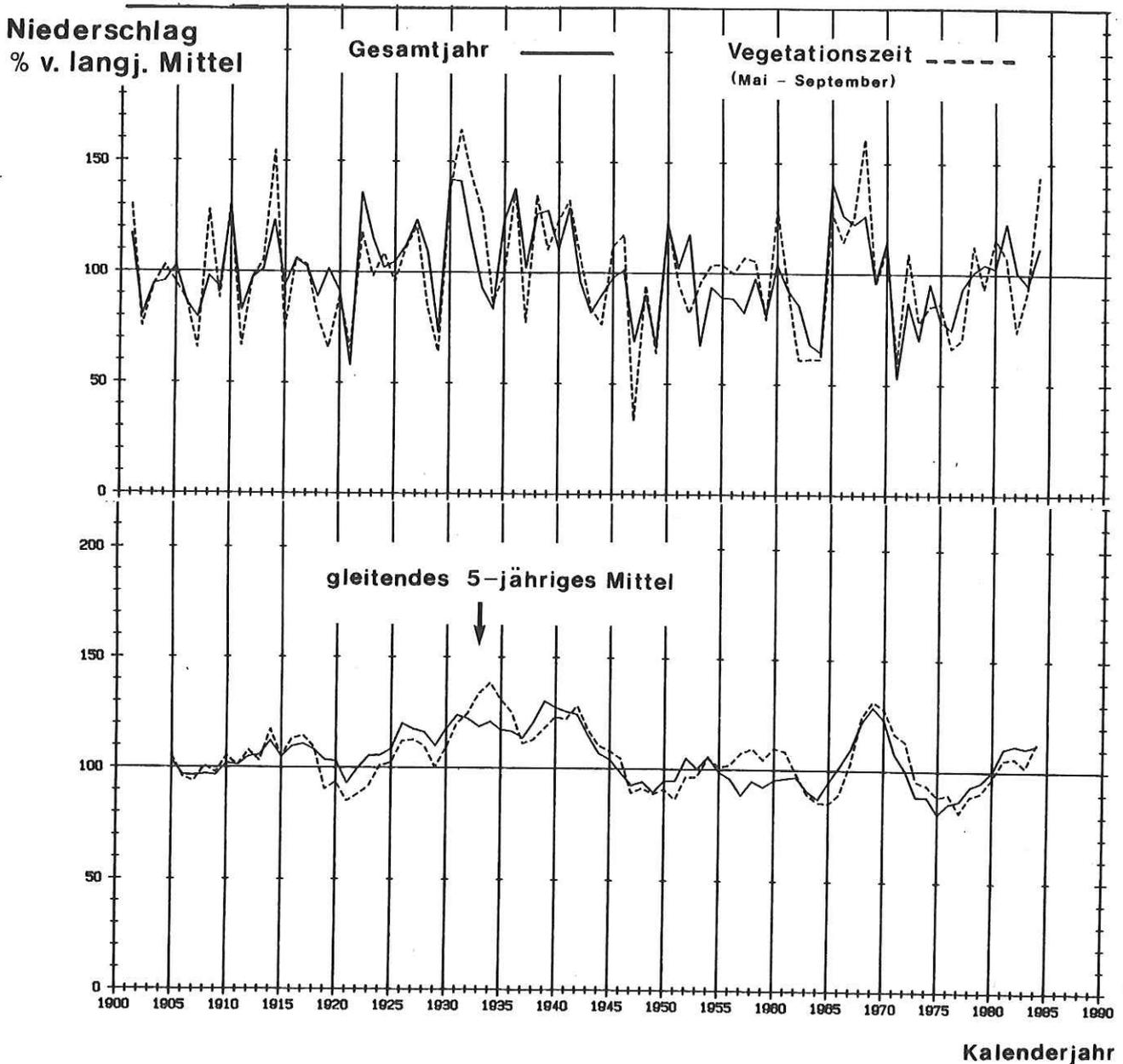
Das Ergebnis der Intervalltrenduntersuchung legte einen Vergleich mit Witterungsdaten nahe. Dabei ist zu beachten, daß im Rahmen der vorliegenden Arbeit der Komplex "Witterung-Zuwachs" nicht erschöpfend behandelt werden konnte. Die gefundenen Ergebnisse sollten lediglich auf offensichtliche Zusammenhänge mit der Witterung überprüft werden. Ausgehend von dieser Zielsetzung wurden statt Tageswerten Monatssummenwerte des Niederschlags und Monatsmittelwerte der Lufttemperatur verwendet. Die Daten stellte der Deutsche Wetterdienst (Wetteramt Trier) zur Verfügung.

Um eventuelle Zufälligkeiten der Meßstation auszuschalten, wurden die Meßreihen von vier im Untersuchungsgebiet liegenden Niederschlagsstationen (Kirchheimbolanden, Lauterecken, Ramsen und Winnweiler; s. Abb. 2, S. 12) verglichen. Die Unterschiede erwiesen sich als so gering, daß für die weitere Auswertung statt des Gebietsmittels die Werte der Station Kirchheimbolanden verwendet wurden.

Da im Untersuchungsgebiet keine Stationen mit länger zurückreichenden Messungen der Lufttemperatur liegen, mußte diesbezüglich auf die Meßreihe der Station Alzey (s. Abb. 2, S. 12) zurückgegriffen werden. Für die Jahre 1931 - 1950 liegen auch von dort keine vollständigen Temperaturmessungen vor. Hinzu kommt, daß der Standort zweimal gewechselt wurde. Die Aussagefähigkeit und Verwendungsmöglichkeit der Temperaturwerte ist damit noch stärker eingeschränkt als die der Niederschlagswerte; vor allem mußte auch auf die Verknüpfung von Niederschlags- und Temperaturwerten verzichtet werden.

In Abb. 37 (obere Hälfte) sind die mittleren Niederschläge jeweils des ganzen Jahres und der jährlichen Vegetationszeit von Mai bis September dargestellt. Es handelt sich dabei um die anhand des jeweiligen Mittels des gesamten Zeitraumes 1901 - 1984 relativierten Werte. Der mittlere jährliche Niederschlag beträgt 605 mm, davon entfallen durchschnittlich 46 % (281 mm/Jahr) auf die Vegetationszeit.

Zur Verdeutlichung mittel- und langfristiger Schwankungen sind im unteren Teil der Abbildung die entsprechenden geglätteten Kurven gegenübergestellt. Als Glättungsfaktor wurde das gleitende 5-jährige Mittel verwendet.



**Abb. 37:** Relative Niederschläge von Gesamtjahr und Vegetationszeit (Mai - September) der Station Kirchheimbolanden, jeweils jährlich und als gleitendes 5-jähriges Mittel.

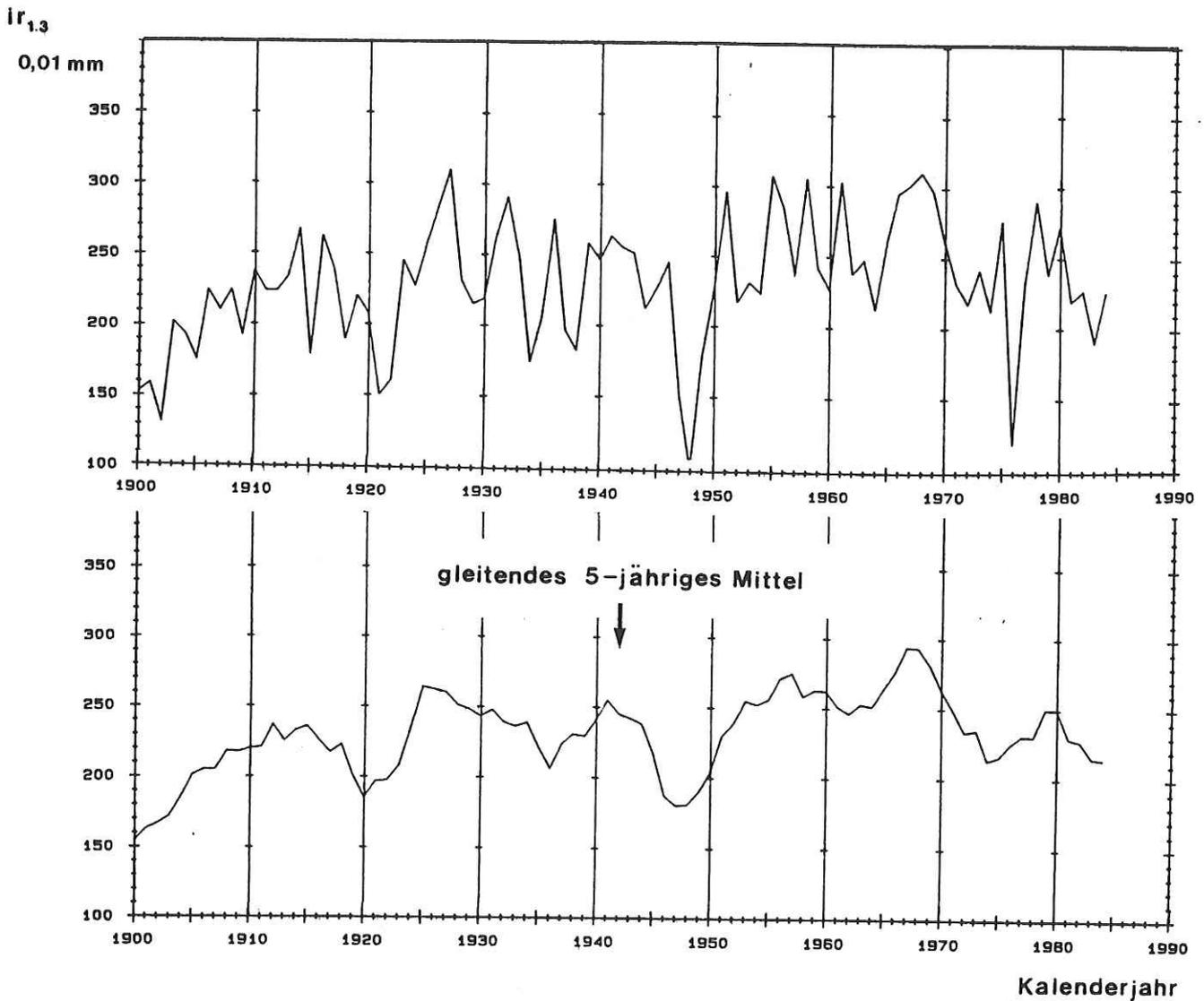
Bezugsgröße ist der entsprechende Mittelwert des gesamten Meßzeitraumes 1901 - 1984.

Die Abbildung zeigt eine große Gleichläufigkeit der Kurven von Jahres- und Vegetationszeitwerten. Auffallende Abweichungen sind in den Jahren 1919, 1947, 1952, 1968, 1982 und 1984 zu finden.

In den Jahren 1907, 1911, 1919, 1921, 1929, 1947, 1949, 1953, 1962, 1963, 1964, 1971 und 1976 fielen vor allem in der Vegetationszeit unterdurchschnittliche Niederschläge (weniger als 70 % vom langjährigen Mittel). 1914, 1931, 1936, 1938, 1941, 1968 und 1983 betrug die Vegetationszeitniederschläge über 130 % vom langjährigen Mittel.

Die geglätteten Kurven zeigen, daß im Mittel die Niederschläge zwischen 1922 und 1946 überdurchschnittlich waren, während zwischen 1970 und 1978 die im gesamten Zeitraum ausgeprägteste Periode unterdurchschnittlicher Vegetationszeitniederschläge zu verzeichnen ist.

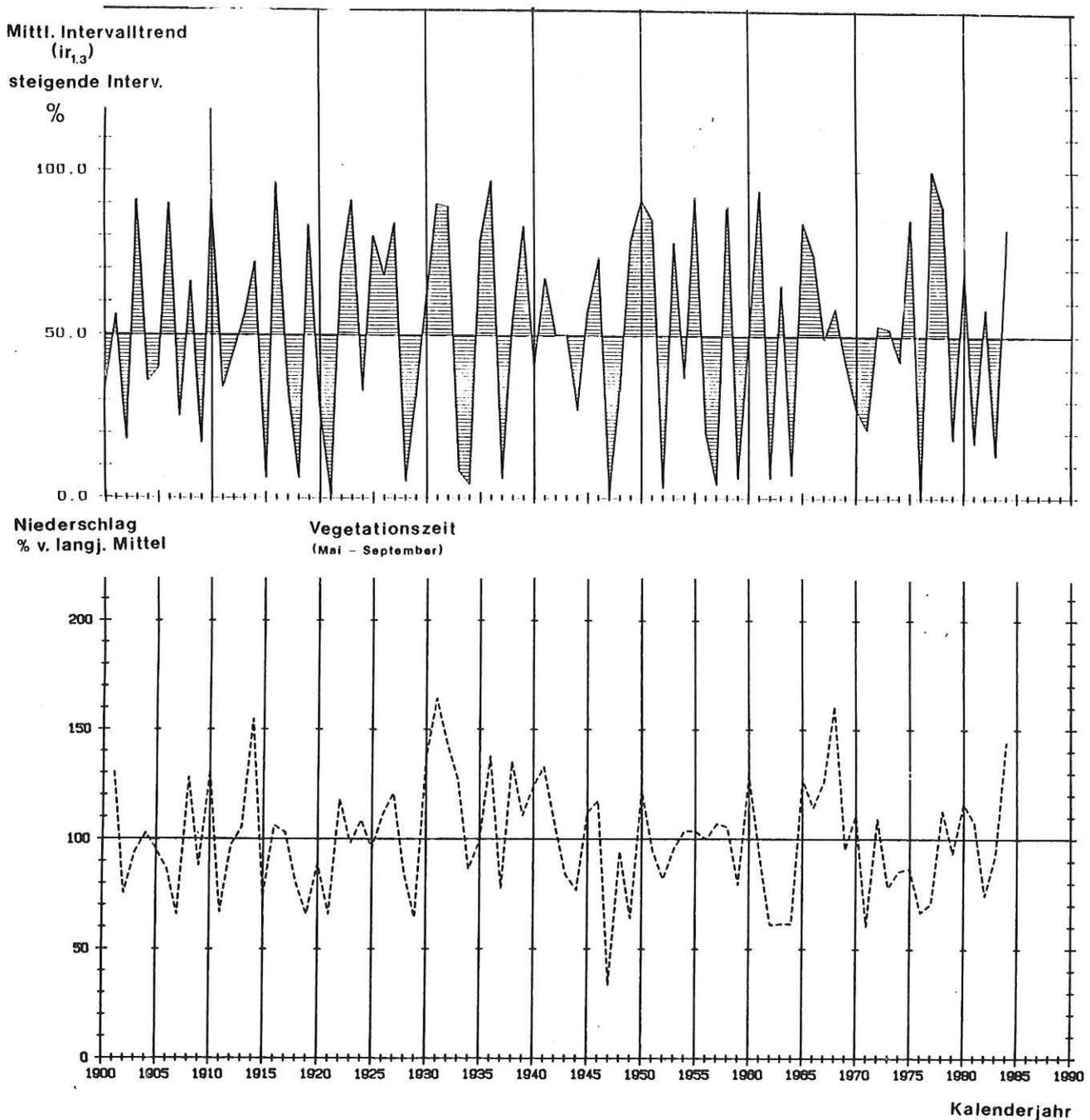
Zum Vergleich wird in Abb. 38 der mittlere jährliche Radialzuwachs der alten Bäume (Altersgruppe 3) gezeigt. Es wird deutlich, daß der bei diesen Bäumen mit fortschreitendem Alter (bzw. Kalenderjahr) beobachtete Zuwachsanstieg nicht mit dem mittelfristigen Niederschlagsverlauf in Übereinstimmung steht.



**Abb. 38:** Mittlerer Radialzuwachs in 1,30 m Höhe von 43 Untersuchungsbäumen der Altersgruppe 3, jährlich und als gleitendes 5-jähriges Mittel.

Da die Radialzuwachsentwicklungen der einzelnen Bäume sehr verschieden sind, werden im folgenden die Witterungsdaten nicht mit absoluten Zuwächsen, sondern mit dem Ergebnis der Intervalltrendberechnung verglichen.

In Abb. 39 wird den jährlichen relativen Niederschlägen in der Vegetationszeit der mittlere jährliche Intervalltrend der Radialzuwächse in 1,30 m Höhe gegenübergestellt.



**Abb. 39:** Relativer Niederschlag in der Vegetationszeit (Mai - September) und mittlerer Intervalltrend des jährlichen Radialzuwachses der Untersuchungs-bäume in 1,30 m Höhe.

Bezugsgröße ist der Mittelwert des gesamten Meßzeitraumes 1901 - 1984.

Die Baumzahl steigt von 59 (1900) auf 103 (ab 1942).

Ein großer Teil der Weiserjahre mit Zuwachsrückgang (z. B. 1915, 1918, 1921, 1947, 1962 und 1964) fällt auch durch unterdurchschnittliche Niederschläge auf. Die Beispiele 1971 und 1976 machen jedoch deutlich, daß Auftreten und Ausprägung der Weiserjahre (mittlerer Intervalltrend und mittlere Sensitivität, s. Tabelle 12, S. 82) nicht monokausal mit den vorliegenden Witterungsda-

ten erklärt werden können. Jahre mit unterdurchschnittlichen Vegetationszeitniederschlägen sind oft, aber nicht immer, Weiserjahre mit Zuwachsrückgängen. Dies zeigen die Jahre 1907, 1911, 1919, 1929, 1949 und 1953. Ebenso sind Jahre mit hohen Vegetationszeitniederschlägen nicht unbedingt durch häufige Zuwachsanstiege gekennzeichnet.

Die Betrachtung der Lufttemperaturwerte (Abb. 40) erlaubt wegen des Stationswechsels keine Aussagen über mittel- oder langfristige Schwankungen. Die Betrachtung der jährlichen Werte zeigt jedoch, daß in einigen der Weiserjahre mit Zuwachsrückgängen die Temperaturen in der Vegetationszeit überdurchschnittlich waren. Insbesondere fallen die Jahre 1911, 1917, 1921, 1929, 1959, 1964, 1976 und 1982 durch hohe Temperaturen auf; dabei waren zugleich in den Jahren 1911, 1921, 1929, 1959, 1964 und 1976 die Vegetationszeitniederschläge unterdurchschnittlich. Trotzdem sind 1911 und 1929 nach der Intervalltrendberechnung keine Weiserjahre, während in anderen, witterungsmäßig weniger herausragenden Jahren einheitliche Reaktionen im Radialzuwachs zu finden sind (z.B. 1915, 1918, 1928, 1933, 1934, 1937 und 1957).

Mittl. Lufttemperatur  
Grad Celsius

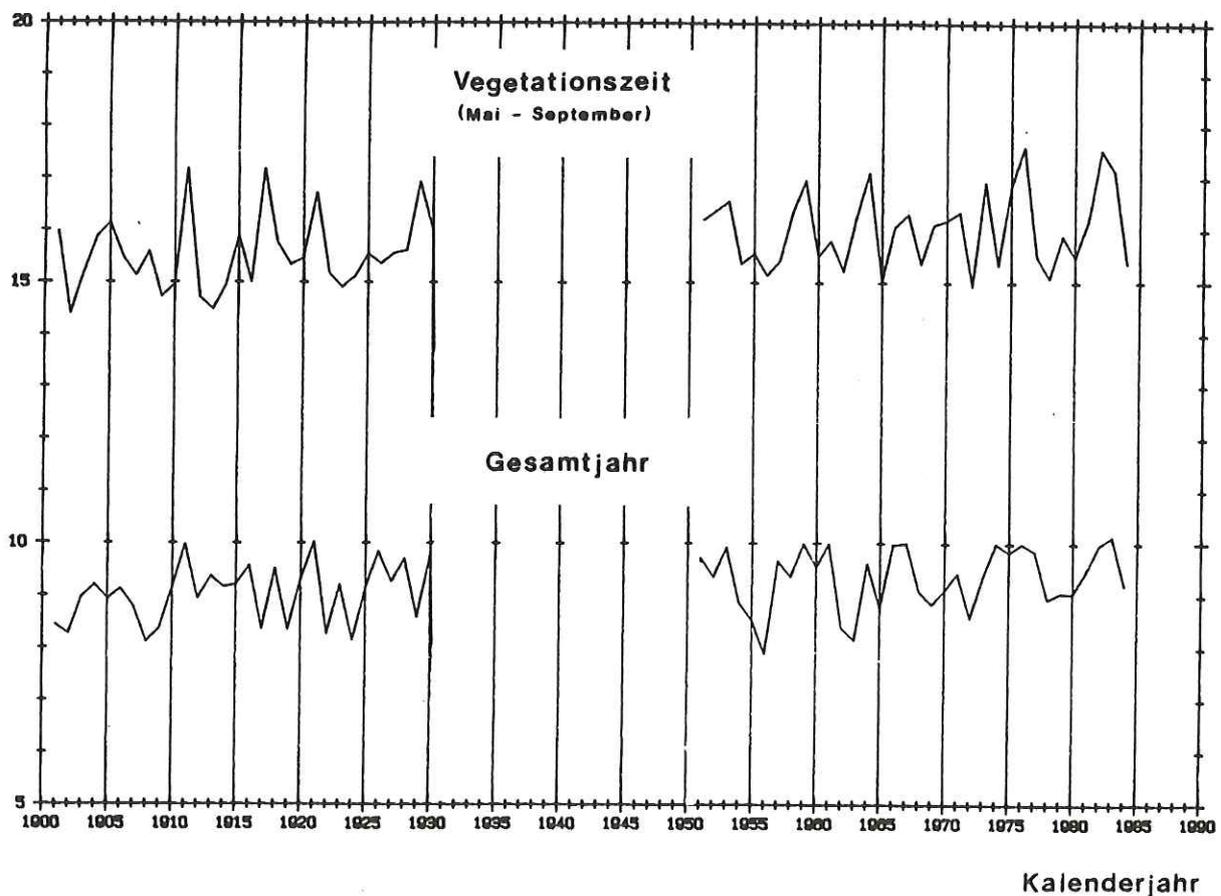


Abb. 40: Mittlere Lufttemperatur von Gesamtjahr und Vegetationszeit (Mai - September) der Station Kirchheimbolanden.

Für den Zeitraum 1931 - 1950 liegen keine Werte vor.

Zum Überblick werden in Tabelle 13 die Weiserjahre und die hinsichtlich der Witterung auffallenden Jahre zusammengefaßt.

Weiserjahre		Niederschläge Vegetationszeit		Temperaturen Vegetationszeit	
Zuwachs- rückgang	Zuwachs- anstieg	< 70 % v.Mittel*)	> 130 % v.Mittel*)	> 17° C	< 15,0° C
					1902
	1903				
	1906				
		1907			
	1910				1909
		1911		1911	
					1912
					1913
1915			1914		
	1916				1916
1918				1917	
		1919			
1921		1921			
	1923				1923
1928					
		1929			
1933			1931		
1934					
	1936		1936		1931 - 1950 keine Temperaturwerte
1937					
			1938		
			1941		
1947		1947			
		1949			
	1950				
1952					
		1953			
	1955				
1957					
1959				1959	
	1961				
1962		1962			
		1963			
1964		1964		1964	
			1968		1965
		1971			
1976		1976		1976	1972
	1977				
				1982	
			1983	1983	

Tab. 13: Weiserjahre und Jahre mit auffallenden Witterungskonstellationen

\*) = langjähriges Mittel (Periode 1901 - 1984).

#### 4. DISKUSSION

Im folgenden werden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung einer kritischen Bewertung unterzogen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Diskussion der festgestellten Unterschiede im Wachstum alter und junger Bäume. Insbesondere soll geprüft werden, inwieweit dieses Ergebnis methodisch einseitig beeinflusst sein könnte und wie es im Hinblick auf andere Untersuchungen zu bewerten ist. Abschließend werden die Schlußfolgerungen genannt, die sich für das Verfahren der Standortserkundung in Rheinland-Pfalz und darüberhinaus von allgemeiner Bedeutung ergeben.

##### 4.1 Zusammenfassung zu diskutierender Ergebnisse

Wichtigstes Ergebnis ist, daß auf heute als gleich angesprochenen Standorten verschieden alte Bäume (in jeweils gleichem Alter) ein unterschiedliches Wachstum erkennen lassen. Tendenziell verlaufen die Höhenentwicklungskurven jüngerer Bäume von Wachstumsbeginn an auf einem höheren Niveau.

Unabhängig von dieser "Alterstendenz" konnte festgestellt werden, daß die Höhenentwicklung von Bäumen auf gleicher Standortseinheit substratspezifisch unterschiedlich verläuft.

Aus der Untersuchung der Radialzuwächse in 1,30 m Höhe ergab sich, daß Aussagen über Niveau und Entwicklungsrichtung des Radialzuwachses auf einzelnen Standortseinheiten bzw. Standortstypen nicht möglich sind, da die individuellen Standraumverhältnisse standörtliche Faktoren überlagern. Im Mittel verlaufen die Radialzuwachsentwicklungen altersmäßig vergleichbarer Bäume auf verschiedenen Standorten auf gleichem Niveau.

Anhand der Stratifizierung der Untersuchungsbäume nach dem Alter wurde deutlich, daß tendenziell bei standörtlicher Vergleichbarkeit auch die Radialzuwächse jeweils jüngerer Bäume auf einem höheren "Startniveau" liegen. Ältere Bäume sind hinsichtlich ihres Radialzuwachses überdurchschnittlich oft "Aufsteiger" und erreichen im Mittel das hohe Niveau jüngerer Bäume.

Bei der Überprüfung der Eignung des h/d-Wertes als Behandlungsweiser ergab sich, daß bei den untersuchten Buchen ein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen Bonität und Radialzuwachs gegeben ist. Über die Betrachtung von h/d-Entwicklungen können die Standraumverhältnisse nachvollzogen werden. Der Vergleich der h/d-Entwicklungen der Untersuchungsbäume ließ im Mittel bessere Standraumbedingungen der jüngeren Bäume und der Bäume auf schlechteren Standorten erkennen.

Keine Unterschiede wurden in den Zuwachsverhältnissen im untersuchten Schaftbereich (1,30 m, 5 m, 10 m und z.T. > 10 m Höhe) festgestellt, insbesondere sind die ansteigenden Radialzuwächse älterer Bäume nicht mit Schaftformveränderungen verbunden.

Ebenso wurden im Muster des Radialzuwachses weitgehende Ähnlichkeiten gefunden.

Bei der Untersuchung der Weiserjahre mit Zuwachsrückgang konnten keine standorts- oder altersbedingten Unterschiede festgestellt werden. Insbesondere zeigten auch ausgeprägte "Aufsteiger" keine höhere Sensitivität.

Einheitliche kurzfristige Zuwachsverlagerungen innerhalb des Schafts traten weder in den Weiserjahren noch in anderen Jahren besonders deutlich in Erscheinung.

Der Vergleich der Ergebnisse der Radialzuwachsuntersuchung mit Witterungsdaten ergab, daß in den meisten Weiserjahren außergewöhnliche Witterungskonstellationen vorlagen.

#### 4.2 Material und Methoden

Im folgenden werden die wichtigsten methodisch bedingten Einschränkungen aufgeführt, die bei der Bewertung der Untersuchungsergebnisse zu berücksichtigen sind; dies jedoch nur, soweit sie nicht im Zusammenhang mit den vorgefundenen Unterschieden zwischen alten und jungen Bäumen stehen (s. dazu 4.3).

Eine wesentliche Begrenzung der Aussagekraft sämtlicher Ergebnisse ist durch die Orientierung der Untersuchung am Produktionsziel bedingt. Mit der vorgewählten Beschränkung des Standortsspektrums auf die besseren Standorte, der Untersuchung von potentiellen Endbestandsbäumen und der Betrachtung hauptsächlich des astfreien unteren Stammteiles sind von vorneherein Einschränkungen verbunden. Bei größeren Standortsunterschieden, der Einbeziehung von Bäumen niedrigerer sozialer Klassen und detaillierterer Untersuchung anderer Baumteile wie z.B. Krone und Wurzel kommen standörtliche Unterschiede möglicherweise deutlicher zum Ausdruck. Die übergeordnete Zielsetzung der Untersuchung, für das Verfahren der Standortserkundung, und damit für die betriebliche Planung relevante Informationen zu gewinnen, ließ jedoch den beschriebenen methodischen Ansatz sinnvoll erscheinen.

Grundsätzliche Einschränkungen ergeben sich auch aus dem gewählten "oberirdischen" Ansatz, der das Ergebniss der Standortsansprache als fixe Eingangsgröße verwendet. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich auch bei der sorgfältigsten Standortsaufnahme um eine Einschätzung handelt, auch wenn einzelne Komponenten quantifiziert werden können. Zudem sind innerhalb der als "gleich" angesprochenen Standorte kleinstandörtliche Unterschiede denkbar, die im üblichen Verfahren nicht erfaßt werden können. Die meisten ertragskundlich-standortkundlichen Arbeiten suchen, um diese Problematik zu umgehen, den "statistischen" Ausgleich, indem eine große Zahl von Messungen durchgeführt wird (KRAUSS et al., 1949; MOOSMAYER, 1957; FRANZ, 1971). Dagegen verlangte die Zielsetzung der Untersuchung, tatsächliche Wachstumsgänge nachzuzeichnen, die Durchführung von Stammanalysen und damit eine Konzentration auf vergleichsweise wenige Bäume.

Auf die eingeschränkte Aussagekraft der Höhenentwicklungskurven wurde bei der Beschreibung der Methodik eingegangen (2.4, S. 23) Ebenso muß darauf hingewiesen werden, daß die Konstruktion mittlerer Höhenentwicklungskurven für die Probekreise auf der Basis der Einzelkurven von drei oder vier Bäumen problematisch sein kann. Die Zulässigkeit des Verfahrens wurde in Anlehnung an Untersuchungen bei Fichten (FRANZ, 1971, S. 105-115) hauptsächlich aus den geringen Variationsbreiten der Höhenentwicklungen innerhalb derselben Probekreise abgeleitet.

Bei den "statischen" Höhenmessungen in den Probekreisen sind die bekannten (Meß-)Fehler bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen (ASSMANN, 1950; ABETZ u. MERKEL, 1962; KRAMER, 1982, S. 20).

Methodisch ebenfalls unter Vorbehalt zu betrachten ist die gutächliche Festlegung der Probekreismittelpunkte im Bestand, die mit subjektiven Fehleinschätzungen der Bestandeshomogenität verbunden ist (PRODAN, 1958, 1965, S. 302; BERNAUER, 1981). Dieser Mangel mußte zugunsten der vorrangig geforderten standörtlichen Homogenität in Kauf genommen werden.

Sämtliche genannten Einschränkungen müssen als methodisch bedingte Rahmenbedingungen der vorliegenden Untersuchung angesehen werden. Die zusammenfassende Bewertung kommt zu dem Schluß, daß damit keine systematischen Fehler verbunden sind, die die Ergebnisse grundsätzlich in Frage stellen.

### 4.3 Unterschiede im Höhenwachstum alter und junger Bäume

#### 4.3.1 Diskussion der Methodik

Nachfolgend wird diskutiert, inwieweit das zentrale, als "Alterstendenz" bezeichnete Ergebnis - Wachstumsunterschiede zwischen alten und jungen Bäumen - methodisch bedingt sein könnte.

Eine Möglichkeit wäre im Zusammenhang mit der Altersbestimmung, insbesondere mit der Verwendung des Alters ab Brusthöhe ( $t_{1,3}$ ) denkbar. Wenn die jüngeren Bäume ein vergleichsweise höheres Totalalter hätten, wären sämtliche Bonitätsvergleiche fehlerhaft. KRAMER (1963, S. 81) zeigt in einem Beispiel, welche Auswirkungen eine falsche Altersbestimmung auf die Bonitierung hat. Bei der Auswertung von 124 (Buchen-)Versuchsflächen der ehemaligen Preußischen Versuchsanstalt nimmt er dies auch als einen wesentlichen Grund für die Streuungen der Bonitätsentwicklung an (KRAMER, 1963, S. 130). Auch ABETZ (1960) weist auf die Auswirkungen von Altersfehlbestimmungen auf die Bonitierung hin. In Anlehnung an Untersuchungen von MAGIN (1959) sowie MITSCHERLICH und WEIHE (1952) hält er die Verwendung des wirtschaftlichen Alters und die Vornahme von Alterskorrekturen in Fällen zufälliger, nicht standörtlich bedingter Wachstumshemmungen für sinnvoll.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde in der vorliegenden Untersuchung das Alter ab Brusthöhe verwendet. Aus der zusätzlichen Überprüfung der Stockalter ergaben sich keine systematischen alters- oder standortsbezogenen Unterschiede. Die insgesamt geringen Unterschiede der Stockalter und der Brusthöhenalter, sowie die in der Regel "normalen" Jahrringbreiten des Stockkeils in Marknähe deuten zudem daraufhin, daß keine Wachstumshemmungen in der frühesten Jugendphase vorlagen (s. 3.1.1, S. 24). Abgesehen davon, daß nur ein systematischer Altersfehler das Untersuchungsergebnis erklären könnte, kann somit aus der Verwendung des Alters ab Brusthöhe keine methodisch bedingte Beeinträchtigung der Untersuchung abgeleitet werden.

Dies gilt auch für eventuelle Störungen durch Wildverbiß. Auch unter der Annahme, daß die Verbißbelastung kontinuierlich gestiegen ist, wären dadurch verursachte Wuchshemmungen bzw. Jahrringausfälle über die Altersbestimmung und vergleichende Betrachtung der Jahrringbreiten des Stocks und in 1,30 m Höhe erkannt worden.

Ebenfalls in diesem Zusammenhang zu diskutieren ist die Möglichkeit systematischer Fehler durch Schirmdruckeinflüsse. Insbesondere wäre denkbar, daß die älteren Bäume vergleichsweise länger unter Schirm standen und eher den Charakter ehemaliger Unterstandsbäume besitzen. Über die Prüfung der h/d-Werte läßt sich eine solche Schirmdruckphase nicht ohne weiteres erkennen, da sowohl Höhen- als auch Durchmesserwachstum beeinträchtigt werden (s. auch SPIECKER, 1986).

Eine kontinuierliche Verkürzung der Überschirmungszeiträume läßt sich aus der (allerdings unbefriedigenden) bestandesgeschichtlichen Erhebung nicht ableiten. Darüberhinaus deuten einige Untersuchungen, vor allem bei Tannen, darauf hin, daß nach Beseitigung des Schirms deutliche Reaktionen im Höhenwachstum auftreten (MITSCHERLICH, 1978, S. 68). Auch nach ASSMANN (1961, S. 336) kann davon ausgegangen werden, daß Höhenentwicklungen nach der Beseitigung von Wuchshemmungen einen veränderten Verlauf zeigen. In der vorliegenden Untersuchung ergab sich jedoch, daß gerade die Höhenentwicklung der älteren Bäume ertragstafelkonform verlaufen ist (3.1.2, S. 25). Daß trotz der eingeschränkten Interpretationsmöglichkeiten der Höhenentwicklungskurven Reaktionen im Höhenwachstum hätten deutlich werden müssen, belegen auch die Untersuchungen von WODARZ (1969) über Buchen-Unterstand. In dem dort verwendeten Material sind sprunghafte Anstiege in der Höhenentwicklung bis etwa zum Alter von 50 Jahren festzustellen, die ihren Ausdruck auch in einem typischen "Knick" in der konstruierten Buchen-Unterstands-Ertragstafel finden (WODARZ, 1969, S. 24).

Insgesamt lassen die baumweisen Überprüfungen der Höhenentwicklungen auf Unregelmäßigkeiten wie auch die geringen Altersunterschiede der Untersuchungsbäume innerhalb desselben Probekreises den Schluß zu, daß keine Schirmdruckeinflüsse vorliegen.

Auch meßtechnische Schwierigkeiten und mögliche Fehler (vgl. KRAMER, 1963, S. 130), die bei älteren Buchen zunehmen, können das bessere Höhenwachstum junger Bäume nicht erklären. Es ist bekannt, daß es bei älteren Buchen zu Kronenabwölbungen kommt (ASSMANN, 1961, S. 46; KENNEL, 1965; SEIBT, 1981); dies kann jedoch nur bei der Auswertung der statischen Probekreisnahmen eine Rolle spielen (3.2, S. 35). Bei den Höhenentwicklungskurven der Analyseebäume müßten sich Kronenabwölbungen durch ein Absinken im höheren Alter bemerkbar machen. Es wurden aber unterschiedliche Höhenentwicklungen von Wachstumsbeginn an festgestellt, bei gleichzeitig ertragstafelkonformem Höhenwachstum der älteren Bäume auch im höheren Alter.

Ein zentrales methodisches Problem liegt in der unterschiedlichen Auswahlmöglichkeit der Analyseebäume in alten und jungen Beständen.

KRAMER (1959, 1961) weist darauf hin, daß die "Spitzenhöhe" in jungen Beständen eher einer "Maximalhöhe" entspricht und damit für Bonitierungszwecke weniger geeignet sei. Mit der Anlage jeweils gleich großer (0,1 ha) Probekreise in verschieden alten Beständen entstammen die interessierenden zehn stärksten Bäume, relativ gesehen, verschiedenen sozialen Kollektiven (vgl. zur Baumauswahl: 2.4, S. 22). Fraglich ist, inwieweit das einen Einfluß auf das Untersuchungsergebnis haben könnte.

Das wäre dann der Fall, wenn tendenziell die Spitzenhöhenbäume der jungen Bestände ihre soziale Stellung nicht halten können, sondern soweit "absteigen", daß sie nicht mehr zu den Spitzenhöhen im Altbestand gehören. Dies könnte infolge natürlicher sozialer Differenzierungsprozesse oder durch menschliche Eingriffe, im Extremfall durch Entnahme dieser Bäume, verursacht werden.

HOFFMANN (1963) beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit der Brauchbarkeit der Buchen-Höhenbonität als Standortswriter und kommt zu dem Schluß, daß die Verhältnisse schwieriger als bei Nadelholz sind. Einen Hauptgrund sieht er in der stärker an Qualitätskriterien orientierten Durchforstung der Buche. Beispielhaft wird die ertragskundliche Aufnahme eines Buchenbestandes gezeigt, der bis zum Alter von 72 Jahren praktisch nicht durchforstet wurde und dann einem sogenannten "Protzenaushieb" unterzogen wurde. Bei der Bonitierung dieses Bestandes wurde ein Unterschied von beinahe einer Ertragsklasse gegenüber einem standortsgleichen, "normalbehandelten" Bestand festgestellt. Spätere wachstumskundliche Untersuchungen in diesem Bestand müssen zwangsläufig zu Fehlinterpretationen führen, da die ursprünglich vitalsten Bäume entnommen wurden, während die verbleibenden "stärksten" Bäume einer anderen sozialen Schicht entstammen.

Es ist sicherlich nicht auszuschließen, daß durch eine derartige Behandlung der Altbestände, möglicherweise auch durch Sortimentshiebe ("Schwellenhiebe"), in Einzelfällen Verschiebungen auch im Kollektiv der zehn stärksten Bäume vorkommen. Es ist jedoch unwahrscheinlich, daß systematisch und kontinuierlich jeweils die stärksten Bäume entnommen wurden. Das könnte das Untersuchungsergebnis auch nur dann erklären, wenn alle zehn stärksten Bäume im Probekreis entnommen wurden, da sonst die Wahrscheinlichkeit besteht, daß der eine oder andere "echte" Spitzenhöhenbaum als Analysebaum ausgewählt wurde. Die demgegenüber relativ geringe Variationsbreite der Höhenentwicklungen in den Probekreisen könnte zwar mit den Ergebnissen von KENNEL (1965, 1972) und SEIBT (1981) erklärt werden. Danach wirkt sich bei Buchen die soziale Differenzierung in der Höhe weniger aus als bei Fichten. Damit wäre dann aber keine Erklärung für die festgestellten Höhenunterschiede zwischen alten und jungen Bäumen, die in der Größenordnung von über zwei Ertragsklassen liegen, gefunden.

(Auf die Prüfung der "sozialen Herkunft" über h/d-Werte wird unter 4.3.2 eingegangen.)

Diese Überlegungen gelten auch in der Frage, ob möglicherweise die natürliche Bestandesdynamik, unter Umständen verstärkt durch Durchforstungseingriffe, ein "Umsetzen" der Spitzenhöhenbäume der jüngeren Bestände bedingt. In Anlehnung an Untersuchungen hauptsächlich an Nadelbaumarten (BUSSE, 1930; ABETZ, 1976, 1982) wird davon ausgegangen, daß die vitalsten Bäume ihre soziale Stellung in der Regel halten und bei Standraumerweiterungen ihren "Vorsprung" eher noch weiter ausbauen können.

Da die untersuchten Bäume nicht aus langfristig beobachteten Versuchsflächen stammen und ihre soziale Entwicklung nicht meßbar nachvollzogen werden kann, ist die aufgeworfene Frage nicht abschließend zu beantworten. Eine systematische Verschiebung infolge "Umsetzens" der Spitzenhöhenbäume wird jedoch als alleinige Erklärung für das unterschiedliche Wachstum alter und junger Bäume in der festgestellten Kontinuität und Größenordnung ausgeschlossen.

Insgesamt ergibt sich, daß keine methodisch bedingten Einflüsse vorliegen, die das zentrale Untersuchungsergebnis grundsätzlich in Frage stellen oder zu Fehlschlüssen führen könnten. Anschließend werden die Unterschiede in der Bestandesbehandlung im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf das Höhenwachstum diskutiert.

#### 4.3.2 Behandlungsunterschiede

Hinsichtlich der nicht in allen Fällen auszuschließenden Unterschiede in der Bestandesbegründung sind die Untersuchungen von KRAHL-URBAN (1963) von Bedeutung. Danach hat die Begründung weniger einen Einfluß auf das Höhenwachstum als vielmehr auf die Bestandesschichtung.

Zusammenhänge zwischen der Entstehungsgeschichte und der Höhenentwicklung von Fichtenbeständen haben PETRI (1957), HOFFMANN (1958) und BENINDE et al. (1960) bei ertragskundlich-standortkundlichen Untersuchungen in Rheinland-Pfalz gefunden. Dabei spielten jedoch Überschirmungseinflüsse eine wesentliche Rolle (Büschelpflanzung von Fichten unter Buchen). ASSMANN (1961) weist auf die "Abhängigkeit des Höhenwachstumsgangs von der Begründungsart sowie der Behandlung in der Jugend und im Stangenholzalder" hin. Danach führt Dichtschluß in der Jugend zu Hemmungen im Höhenwachstum, die aber im höheren Alter weitgehend ausgeglichen sind.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, daß die möglicherweise in Einzelfällen vorkommenden Unterschiede in der Bestandesbegründung nicht zu den beobachteten Unterschieden in der Höhenentwicklung geführt haben können.

Über den Vergleich der Variationsbreiten der Höhen- und h/d-Werte wurde versucht, einen Rahmen abzustecken, innerhalb dessen Standraumunterschiede hinsichtlich der Höhenentwicklung vernachlässigbar sind. Die Literaturlauswertung erlaubt zu dieser Frage einige Ergänzungen.

Aus der oben erwähnten Untersuchung von HOFFMANN (1963) läßt sich die Brauchbarkeit des h/d-Wertes als Behandlungsweiser, auch für den Extremfall des Sortimentshiebs, bestätigen. Eine nachträgliche Überprüfung der h/d-Werte aus dieser Untersuchung ergibt, daß Spitzenhöhenbäume, die diese Stellung erst nach der Entnahme der eigentlichen vorherrschenden Bäume erhalten haben, an

ihren h/d-Werten erkannt werden können. Die zwischen den h/d-Werten alter und junger Bäume festgestellten Unterschiede liegen dagegen in einem Rahmen, der eher auf tendenzielle Änderungen in der Durchforstungsintensität hinweist. Gleichzeitig beträgt der Unterschied in der mittleren Höhenentwicklung mehr als zwei Ertragsklassen und liegt damit deutlich über dem Unterschied in dem von HOFFMANN gezeigten Beispiel.

Aufschlußreich sind daher die Ergebnisse von (Buchen-) Durchforstungsversuchen, die Hinweise auf die Beeinflussung des Höhenwachstums durch Behandlungsunterschiede im üblichen Rahmen geben. KRAMER (1963, S. 130) findet bei der Auswertung von 124 Versuchsflächen der ehemaligen Preußischen Versuchsanstalt keine Auswirkungen verschiedenartiger Durchforstung auf die Höhenentwicklung. BRYNDUM (1987) stellt bei dänischen Durchforstungsversuchen ein geringeres Höhenwachstum der 100 stärksten Bäume/ha in den stark durchforsteten Flächen fest. Insgesamt zeigt sich, daß verbesserte Standraumbedingungen eher zu einer Reduzierung des Höhenwachstums führen, da der seitlich freiwerdende Kronenraum vorrangig erschlossen wird. Ausdruck dafür ist im höheren Alter das bekannte "Abwölben" von Buchenkronen (vgl. ASSMANN, 1961, S. 46).

Die Möglichkeit, daß durch Durchforstung Dichtschluß-Hemmungen beseitigt und damit ein vorübergehender "Wuchsbeschleunigungseffekt" nach ASSMANN (1956, 1961, S. 228) erzielt wird, ist vermutlich auch bei Buchen gegeben. Die von Anfang an besseren Standraumbedingungen der jüngeren Bäume wie auch die Kontinuität und die Größenordnung des festgestellten besseren Wachstums lassen dies als alleinige Erklärungsmöglichkeit jedoch ausscheiden.

Zusammenfassend ergibt sich, daß infolge der an Qualitätsmerkmalen orientierten Durchforstung der Buche extreme Behandlungen denkbar sind, die bei späteren wachstumkundlichen Untersuchungen zu Fehlinterpretationen führen können. Anhand der Überprüfung der h/d-Werte können diese Extremfälle erkannt werden. Die in der vorliegenden Untersuchung gefundenen Unterschiede in den Standraumverhältnissen alter und junger Bäumen liegen in einem Rahmen, der eher auf eine geänderte waldbauliche Behandlung schließen läßt. Aus Vergleichen anhand des Untersuchungsmaterials und Ergebnissen von Durchforstungsversuchen kann abgeleitet werden, daß die Standraumunterschiede im festgestellten Umfang entweder vernachlässigbar sind oder eher eine geringfügige Reduzierung des Höhenwachstums zur Folge haben müßten.

Im Anhalt an die unter 3.3 (S. 38) genannten Überlegungen muß daher vermutet werden, daß die zwischen alten und jungen Bäumen festgestellten Unterschiede im Höhenwachstum Ausdruck tatsächlicher Wachstumsveränderungen sind. Dabei müssen Standortsveränderungen eine wesentliche Rolle spielen.

#### 4.3.3 Ergebnisse anderer standortskundlich-ertragskundlicher Untersuchungen

Vor einer Bewertung sollen nachfolgend die Ergebnisse anderer standortskundlich-ertragskundlicher Untersuchungen zum Vergleich herangezogen werden. Auf die Ertragstafel-Problematik und Einflüsse des Regionalklimas, die bei diesen Untersuchungen teilweise eine wesentliche Rolle spielen, soll dabei nicht eingegangen werden. Im Vordergrund steht die Suche nach evtl. Hinweisen auf Wachstumsveränderungen in der beobachteten Richtung. Ein stärkeres Absinken "statischer" Altershöhenkurven im höheren Alter gegenüber tatsächlichen Entwicklungskurven (Höhenanalysen, Versuchsflächenaufnahmen) kann als ein Indiz für Wachstumsveränderungen gewertet werden. In der gleichen Richtung können Bonitätsanstiege (bei Betrachtung tatsächlicher Entwicklungen) gegenüber den immer auf älterem Untersuchungsmaterial basierenden Ertragstafeln interpretiert werden.

Aufschlußreich sind die ertragskundlichen Auswertungen der Standortkartierung in Württemberg.

H. KOCH et al. (1939) stellen bei der Auswertung von Buchen-Versuchsflächen auf der Ostalb in jüngeren Beständen Bonitätsanstiege fest. Darin sehen sie auch die Ursache, daß DIETERICH bei der Neubearbeitung der württembergischen Buchen-Ertragstafeln zu einem steileren Verlauf der Höhenentwicklung gegenüber den früheren Tafeln von EBERHARD (1899) und FLURY (1907, für die Schweiz) kommt (vgl. DIETERICH, 1925).

Eine durchschnittlich geringere Bonität älterer Fichtenbestände ergeben die Untersuchungen von J. KOCH (1955) in Oberschwaben und HASENMAIER (1955) im Schwäbisch-Fränkischen Keuperbergland. HINK (1971) stellt bei Fichten und Tannen im Schwarzwald auf allen Standortseinheiten einen Bonitätsanstieg (im Vergleich zu verschiedenen Ertragstafeln) fest. In seinem Material lassen sich jedoch keine Hinweise auf Unterschiede zwischen statischen Höhenwerten und Höhenentwicklungskurven finden.

Größere standortskundlich-ertragskundliche Auswertungen für die Buche wurden in Württemberg von GÜNTHER (1955), MOOSMAYER (1957), WERNER (1962) und RÖHE (1985) durchgeführt. In diesen Arbeiten konnten die zu "Wuchsreihen" (im Sinne von ASSMANN, 1955) zusammengefaßten statischen Aufnahmen mit aus Versuchsflächendaten rekonstruierten Wachstumsverläufen verglichen werden (s. auch ASSMANN, 1961, S. 156).

GÜNTHER (1955) stellt im württembergischen Neckarland bei Fichte, nicht aber bei Buche, tendenziell bessere Bonitäten jüngerer Bestände fest. Auch die Ergebnisse von MOOSMAYER (1957) im Ostteil der Schwäbischen Alb lassen keine Unterschiede zwischen "statischen" Altershöhenkurven und tatsächlichen Höhenentwicklungen jüngerer (= bezogen auf das Bestandesalter, nicht auf den Beobachtungszeitraum) Versuchsflächen erkennen. Allerdings verlaufen dort die

Höhenentwicklungen jüngerer Versuchsflächen häufiger auf einem insgesamt etwas höheren Niveau. Bei WERNER (1962) fügen sich statische Höhenmessungen ebenfalls ohne Schwierigkeiten in die Versuchsflächenentwicklungen ein. Auch aus der Untersuchung von RÖHE (1985) ergeben sich keine Hinweise auf ein unterschiedliches Wachstum verschieden alter Bäume, obwohl dort unter Anwendung moderner statistischer Methoden (Dummy-Variablen) in den ausgeglichenen Altershöhenkurven sowohl die Entwicklungen der Versuchsflächen als auch statische Werte berücksichtigt werden. RÖHE weist jedoch ausdrücklich darauf hin, daß schwerpunktmäßig die Altersphase interessierte und dementsprechend die vergleichsweise wenigen Werte jüngerer Bestände nur Hinweise auf das Höhenwachstum geben können (RÖHE, 1985, S. 37-59).

Aus Untersuchungen in anderen Gebieten sind Wachstumsverbesserungen von Fichten bekannt.

Nachdem WEIHE (1955) Hinweise für ein von der Begründungsart abhängiges überlegenes Höhenwachstum jüngerer Bestände findet, stellt MITSCHERLICH bei seiner Untersuchung über "das Wachstum der Fichte in Baden" (1957) ein grundsätzlich besseres Wachstum jüngerer Bestände fest. Er hält dies jedoch mehr für eine "Phasenverschiebung", die durch unterschiedliche Begründung, Behandlung und Standortwahl hervorgerufen wird. In den "Untersuchungen über das Wachstum der Fichte in den ehemals preußischen Landesteilen von Rheinland-Pfalz" verzeichnet MITSCHERLICH (1959) anhand von Höhenanalysen an "Spitzenhöhenbäumen" standortsbezogen häufige Bonitätsanstiege im Vergleich zur Ertragstafel (WIEDEMANN, 1936/42 mäßige Durchforstung). Die im Gegensatz dazu festgestellten niedrigeren Durchschnittsbonitäten älterer Bestände diskutiert er ausführlich und führt sie im wesentlichen auf die früher genannten Gründe zurück. Er kommt zu dem Schluß: "So müßte man es geradezu als ein Wunder bezeichnen, wenn die Durchschnittsbonität der älteren Bestände nicht niedriger wäre als die der jungen." (MITSCHERLICH 1959, S. 260). Dies steht in engem Zusammenhang zu den Ergebnissen von PETRI (1957) im gleichen Untersuchungsgebiet, der ebenfalls ein besseres Höhenwachstum jüngerer Bestände feststellt; seine Erklärungen dafür decken sich weitgehend mit denen MITSCHERLICHs (PETRI, 1957, S. 33-36 u. 47-52).

Im Südtteil von Rheinland-Pfalz zeigen die Untersuchungen von KERN (1958) in Kiefernbeständen, daß der nach Auffassung "pfälzischer Forstkreise" zu erwartende Bonitätsabfall mit zunehmendem Alter nicht eintritt. Stattdessen ergibt sich ein insgesamt höheres Bonitätsniveau jüngerer Bestände. KERN erklärt dies damit, daß "... die Kiefer zuerst auf die schlechtesten, später auf immer bessere Standorte eingebracht wurde und daß im Laufe der letzten 100 Jahre eine Qualitätsverbesserung der Standorte eingetreten ist, ... " (KERN, 1958, S. 77). Die standörtliche Verbesserung sieht er als Folge der " ... geordneteren Waldbewirtschaftung und des Zurückdrängens von Waldweide und Streunutzung gemäß der Allerhöchsten Verordnung vom 19.8.1849 ..." (KERN, 1958, S. 76).

Standortsverbesserungen aufgrund verschiedener Faktoren nennt auch KÜNSTLE (1962, S. 100-101) als Ursache für das bessere Höhenwachstum jüngerer Fichten, Tannen und Kiefern aus Mischbeständen im östlichen Schwarzwald. Dagegen kommt KÄLBLE (1966) im Rahmen seiner ertragskundlichen Auswertung der Standortskartierung im badischen Bodenseegebiet bei der Fichte zu dem Ergebnis, daß die Höhenwerte von Probekreislaufnahmen, Versuchsflächen und Höhenanalysen gut übereinstimmen. Sein Vergleich der kombiniert konstruierten Altershöhenkurven mit zwei Ertragstafeln (ZIMMERLE, 1943 und WIEDEMANN, 1936/42 mäßige Durchforstung) läßt neben standörtlichen Unterschieden vor allem auch die Ertragstafel-Problematik deutlich werden.

Tendenzielle Bonitätsanstiege zeigen nach DITTMAR und SCHILLING (1961) die Höhenentwicklungskurven von Fichten in Thüringen. Sie stehen damit im Gegensatz zu den aus statischen Aufnahmen konstruierten Altershöhenkurven der Untersuchung von HOFFMANN (1959), die zwischen dem Alter von 50 und 100 Jahren einen deutlichen Ertragsklassenabfall aufweisen. Auf ein im wesentlichen ertragstafelkonformes Wachstum deuten die Probekreislaufnahmen von HENGST (1958) in Kiefernbeständen in Thüringen hin, während FRANZ und KOPP (1958) in Brandenburg und Mecklenburg tendenziell einen Ertragsklassenabfall feststellen.

FRANZ (1971) weist standortsbezogen bei Fichten in Mittelschwaben auch einen Abfall der tatsächlichen Höhenentwicklungen von Probestämmen gegenüber dem durchschnittlichen Ertragstafelwachstum nach. Er kommt zu dem Schluß, daß "wirkliche" standortstypische Niveauunterschiede nicht über den Vergleich der statischen Höhenwerte aus Probekreisen, sondern allein durch die aus Höhenanalysen konstruierten Entwicklungskurven wiedergegeben werden (FRANZ, 1971, S. 137).

BECHTER (1977) wendet bei Untersuchungen über das Wachstum der Fichte im Wuchsgebiet Baar-Wutach moderne statistische Methoden zur Konstruktion ausgeglichener Altershöhenkurven an, die sowohl statische Werte (Probekreise) als auch tatsächliche Höhenentwicklungen (Höhenanalysen, Versuchsflächenaufnahmen) berücksichtigen. Dem Ergebnisteil dieser Arbeit sind keine Hinweise auf systematische Unterschiede zwischen den verschiedenen Werten zu entnehmen.

Hervorzuheben sind die Untersuchungen von MEYER (1958), HOENISCH (1968), KENNEL (1972) und EDER (1980) in unmittelbarer Nähe zum Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit.

MEYER (1958) beobachtet bei Eichen-Versuchsflächen in der Pfalz eine sehr deutliche stetige Bonitätsverbesserung gegenüber den Ertragstafelwerten. "Systematisch zu hohe Werte" mißt HOENISCH (1968) in Buchenbeständen, die jünger als 90-jährig sind, im Saarland. Deshalb berücksichtigt er in seiner ertragskundlichen Auswertung diese Bestände auch nicht weiter. Die Aufnahme ehemals bayerischer Buchen-Versuchsflächen von KENNEL (1972) zeigt tendenzielle Bonitätsverbesserungen. Insbesondere die Versuchsfläche Kirchheimbo-

landen (submontane Höhenstufe) zeichnet sich durch einen deutlichen Bonitätsanstieg und durch ein extrem hohes Ertragsniveau aus.

EDER (1980) stellt im Pfälzerwald bei Fichten ein den "Bezugstafelrahmen völlig verlassendes Niveau der Jungbestände ..." (S. 180) fest. Der Vergleich von Höhenentwicklungskurven aus Höhenanalysen mit statischen Höhenwerten zeigt ein generelles Absinken der statischen Altershöhenkurven im Gegensatz zum tatsächlichen Wachstumsverlauf. EDER sieht darin eine Bestätigung der Ergebnisse von PETRI (1957, s.o.); neben den wiederholt genannten Erklärungen verweist er auf die Möglichkeit einer veränderten Standortssituation infolge eines erhöhten "Input" (EDER, 1980, S. 183). Im Grundsatz gelten seine Aussagen auch für die Verhältnisse bei Buchen.

#### 4.3.4 Bewertung

Außer in den genannten speziellen ertragskundlichen Auswertungen wird auch an anderen Stellen deutlich, daß eine statische Betrachtungsweise zu Fehlschlüssen führen kann. In diesen Bereich fällt auch eine Problematik von Ertragstafeln. Schon erwähnt wurde der "steilere" Anfangsverlauf der Höhenkurven in der Ertragstafel von DIETERICH (1925). Auch bei der Erstellung der hier verwendeten Ertragstafel von SCHÖBER 1967, mäßige Durchforstung ergab sich eine steilere Höhenentwicklung vor allem im jüngeren Alter gegenüber der Ertragstafel von WIEDEMANN 1931, mäßige Durchforstung (SCHÖBER, 1967, S. 32).

Ohne auf die einzelnen Stellungnahmen einzugehen, kann auch auf die Kontroverse "Statische - Dynamische Bonitierung", die vor allem Mitte der 50-er Jahre eine Rolle spielte, hingewiesen werden (vgl. MAGIN, 1955 a + b u. 1958; ASSMANN, 1955 u. 1959; MITSCHERLICH, 1955; NEUHÄUSER, 1955; HOFFMANN, 1958; HILDEBRANDT, 1961). Ein Kernpunkt dieser Diskussion liegt letztlich in der Frage, inwieweit das meist bessere Wachstum jüngerer Bestände zu prognostizieren ist.

Daneben zeigen auch die Diskussionen über mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Wachstum (EIDMANN, 1961; HILDEBRANDT, 1961; MOOSMAYER, 1961; WECK, 1961) wie auch Untersuchungen in anderen Forschungsbereichen, daß die Möglichkeit einer standörtlichen Dynamik bei allen wachstumskundlichen Untersuchungen zu berücksichtigen ist. In diesem Zusammenhang hervorzuheben sind die Hinweise von EDER (1980), ABETZ (1983), FRANZ (1983), MOHR (1986) und ZÖTTL et al. (1987) auf die Möglichkeit einer eventuell wachstumsfördernden Wirkung von Einträgen (z.B. Stickstoff, Kohlendioxid). Neben einer direkten Wirkung (Düngeeffekt) sind dabei auch indirekte Wirkungsmechanismen, z.B. Klimaänderungen (vgl. GRASSL, 1987) zu beachten. Aus der nach neueren vegetationskundlichen Untersuchungen zu beobachtenden Zunahme nitrophiler Arten lassen sich Hinweise in der beschriebenen Richtung ablesen (ELLENBERG, 1985).

Zusammenfassend ergibt sich, daß bei einer Reihe standortkundlich-ertragskundlicher Untersuchungen in verschiedenen Gebieten ebenfalls ein besseres Wachstum jüngerer Bäume gefunden wurde. Solange die Grundlagen für standortsbezogene Auswertungen fehlten, bzw. mit diesen Arbeiten erst geschaffen oder weiterentwickelt werden sollten, wurden "Unterschiede in der Standortswahl" als Erklärung für das bessere Wachstum jeweils jüngerer Bäume angesehen. Diese, bei gleichzeitig standortsbezogenen Aussagen, unlogisch erscheinende Begründung spiegelt die Unsicherheiten in der Anfangsphase der Standortserkundung wider. Nachdem bessere standortkundliche Informationen vorlagen, wurden vor allem Unterschiede in der Bestandesbegründung und Behandlung für die Wachstumsverbesserungen angenommen. Zum Teil wurden auch Standortsverbesserungen devastierter Böden, in jüngster Zeit auch Standortverbesserungen durch erhöhte Einträge als mitwirkende Faktoren genannt.

Auftreten, Ausmaß und Ursachen von Wachstumsunterschieden zwischen alten und jungen Bäumen wurden in den vergangenen 30 Jahren mehrfach diskutiert; auch von seiten anderer Fachdisziplinen wurde auf die Dynamik der Standortfaktoren hingewiesen.

Im Hinblick auf die Interpretation der in der vorliegenden Untersuchung gefundenen Unterschiede im Höhenwachstum zwischen alten und jungen Bäumen ist somit eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen mehrerer anderer Untersuchungen festzustellen. Die vorliegenden Informationen über die Standortverhältnisse der untersuchten Bäume lassen jedoch die anderweitig angenommenen Behandlungsunterschiede als alleinige Erklärung für das bessere Wachstum der jüngeren Bäume ausscheiden. Wesentlich plausibler erscheint die Annahme, daß eine Standortdynamik zum Ausdruck kommt, die mit dem praxisüblichen Verfahren der Standortserkundung nicht nachvollzogen werden kann. Der Verwendung des Baumwachstums als "Monitor" im Rahmen der Standortsansprache kommt in diesem Fall eine neue Bedeutung zu.

Eine Standortverbesserung als Ursache kann auch erklären, weshalb die gleiche Erscheinung nicht überall bzw. in unterschiedlichem Ausmaß festgestellt wurde. Da die standörtliche Ausgangssituation jeweils unterschiedlich ist, kann eine standörtliche Dynamik nicht überall im gleichen Umfang zum Ausdruck kommen. Wie diese vermutete Standortdynamik abläuft, welche Faktoren sich im einzelnen verändern und wo die Ansatzpunkte dafür liegen, kann hier nicht diskutiert werden. Daß auf indirektem Wege durch eine veränderte Bestandesbehandlung der Boden beeinflußt wird (vgl. GANSSEN, 1934; SEIBT, 1976), ist ebenso denkbar wie die Möglichkeit erhöhter wachstumsfördernder Einträge, die wiederum auf direktem oder indirektem Wege wirksam werden könnten.

#### 4.4 Weitere Untersuchungsergebnisse

##### 4.4.1 Substratspezifische Unterschiede im Höhenwachstum

Unabhängig von der beobachteten Alterstendenz wurden auf gleicher Standortseinheit substratspezifische Unterschiede in den Höhenentwicklungen festgestellt. Damit wird bestätigt, daß die im Südteil von Rheinland-Pfalz vorliegenden Verhältnisse die Modifizierung des Standortserkundungsverfahrens in der beschriebenen Weise erfordern. Im Hinblick auf die in der Zielsetzung der Untersuchung (1.4, S. 8) genannten Fragestellungen läßt sich somit die eindeutige Aussage machen, daß die Ausweisung verschiedener Substratreihen aufgrund bodenkundlicher Parameter auch durch unterschiedliche Höhenwuchsleistungen gerechtfertigt ist. Bei einer Zusammenfassung verschiedener Substratreihen in Standortseinheiten gehen wichtige Informationen für die waldbauliche Planung verloren.

Daß die Ergebnisse nicht die Entwicklung des standortkundlichen Verfahrens im Nordteil von Rheinland-Pfalz in Frage stellen, zeigen die Betrachtungen innerhalb der Substratreihen Schlufflehme und Lehmsande. Bei diesen Substratreihen, die am ehesten mit den im Nordteil vorkommenden Substraten vergleichbar sind, waren nach altersmäßiger Stratifizierung gute Übereinstimmungen zwischen standortkundlicher Ansprache und Höhenwuchsleistung festzustellen.

Das Ergebnis läßt sich auch als eine Bestätigung der in Baden-Württemberg, Hessen und im Saarland ausgewiesenen "Ökoserien" interpretieren, die den Substratreihen vergleichbaren Charakter besitzen (vgl. zu den einzelnen Länderverfahren : ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG, 1980).

Auf die aus diesem Ergebnis zu ziehenden Konsequenzen wird unter 4.5 eingegangen.

##### 4.4.2 Dominierender Einfluß der Behandlung auf die Radialzuwachsentwicklung

Zu diskutieren sind ferner die Ergebnisse hinsichtlich der Radialzuwachsentwicklung, insbesondere, daß hier keine standortsbezogenen Aussagen gemacht werden konnten.

Auf die durch das untersuchte Standortsspektrum bedingten Einschränkungen wurde oben bereits (4.2, S. 96) hingewiesen. Daß sich extremere Standorts- und daraus resultierende Bonitätsunterschiede auch im Radialzuwachs niederschlagen, wird damit nicht in Frage gestellt. Die Überprüfung des h/d-Wertes mit dem Ergebnis, daß die Jahrringbreite einem deutlichen Bonitätseinfluß unterliegt, bestätigt letztlich diese grundsätzlichen Zusammenhänge.

Auch aus anderen Untersuchungen ist bekannt, daß gerade bei Buchen die Radialzuwachsentwicklung eher vom Standraum als vom Standort und vom Alter gesteuert

wird. An Buchen-Stammscheiben aus den Beskiden findet MÜLLER-STOLL (1951) häufig ausgeprägte sprunghafte Anstiege der Jahrringbreiten, die auf Lichtungsreaktionen zurückgeführt werden. Bezeichnend ist die Notiz: "Das Aussehen der Einzelkurven ist so wechselnd, daß fast jede einzelne ein anderes Bild bietet." (MÜLLER-STOLL, 1951, S. 16). Im Gegensatz zu dendroklimatologischen Untersuchungen wurde daher in der vorliegenden Untersuchung auf die Zusammenfassung zu Standort- oder Regionalkurven (vgl. v.JAZEWITSCH, 1953; FRITTS, 1976, S. 23; ECKSTEIN, 1984) verzichtet.

Allerdings wurden zur Beantwortung grundsätzlicher Fragen Radialzuwachskurven größerer Baumkollektive gemittelt und verglichen (Altersgruppen, Bonitätsgruppen, Standortsgruppen). Dabei zeigte sich, daß im Mittel altersmäßig vergleichbare Bäume auf verschiedenen Standorten beinahe gleichlaufende Radialzuwachsentwicklungen aufweisen (Abb. 23, S. 57). Aus den h/d-Werten konnte abgelesen werden, daß die Bäume auf den schlechteren Standorten durchschnittlich bessere Standraumbedingungen hatten. Es mag dahingestellt bleiben, ob dies zufällig bedingt oder das Ergebnis zielorientierter Behandlung ist; denkbar ist auch, daß sich in etwa gleiche Durchforstungsumläufe auf verschiedenen Standorten in der beobachteten Richtung auswirken. Das Ergebnis ist von wirtschaftlicher Bedeutung, weil es zeigt, daß (innerhalb des untersuchten Standortsspektrums) keine standörtliche Begrenzung hinsichtlich des Produktionsziels gegeben ist. Durch entsprechende Standraumsteuerung können auf allen untersuchten Standorten Dimensionen erzielt werden, die mindestens dem derzeitigen Produktionsziel entsprechen (s. 4.5).

Der Vergleich der mittleren Radialzuwachsentwicklungen verschiedener Altersgruppen unterstreicht dies. Im Gegensatz zur standortsbezogenen Auswertung waren im Mittel deutliche Unterschiede im Niveau und in der Entwicklungsrichtung der Radialzuwächse verschieden alter Bäume zu verzeichnen. Das hohe Zuwachsniveau der jüngeren Bäume und die Zuwachssteiigerungen der alten Bäume lassen es zweifelhaft erscheinen, ob die Produktionsmöglichkeiten bisher überhaupt ausgeschöpft wurden. Die Beispiele einzelner Bäume (s. Tabellen 8, 9 und 10, S. 66, 67 u. 68) deuten darauf hin, daß bei entsprechenden Standraumbedingungen erhebliche Steigerungen des Radialzuwachses möglich sind. Dies steht in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von ASSMANN (1961, S. 376), FREIST (1962) und ALTHERR (1971), in denen ebenfalls beträchtliche Zuwachssteiigerungen auch noch in höherem Alter festgestellt wurden (vgl. auch ROTH, 1987).

#### 4.4.3 Hohes Zuwachsniveau in jüngerer Zeit

Die Aussagen hinsichtlich der Radialzuwachsentwicklung sind allerdings unbefriedigend. Aus dem Verlauf der h/d-Entwicklungen konnte auf kontinuierliche Standraumverbesserungen geschlossen werden. Daneben ist aber zu berücksichtigen, daß die vermuteten Standortverbesserungen ebenfalls Auswirkungen auf die Radialzuwächse haben könnten. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß auch v. JAZEWITSCH (1953, S. 239) ab etwa 1920 einen "allgemeinen Anstieg der Jahrringbreiten" beobachtet. Die Prüfung der h/d-Werte verschiedener Bonitätsgruppen bestätigte zwar die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen Höhen- und Durchmesserentwicklung und damit die Brauchbarkeit des h/d-Wertes als Handlungsweiser. Trotzdem ist nicht auszuschließen, daß die von einigen Autoren in Erwägung gezogenen wachstumsfördernden Einträge zu unterschiedlichen, eventuell auch zeitlich verzögerten Reaktionen im Höhen- und Radialzuwachs führen könnten. Das altersbezogenen möglicherweise unterschiedliche Reaktionsvermögen dieser beiden Wachstumsgrößen könnte dabei ebenfalls eine Rolle spielen. Die unterschiedlich langen Beobachtungszeiträume bei den Altersgruppen lassen keine eindeutige Beurteilung der h/d-Entwicklung der alten Bäume zu (Abb. 19, S. 50). Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß die vermuteten Standortveränderungen sich auch im Radialzuwachs niederschlagen.

Die Feststellung, daß im Mittel der Radialzuwachs in den vergangenen 40 Jahren auf dem höchsten bisher dagewesenen Niveau des über 100-jährigen Beobachtungszeitraumes liegt, ist im Hinblick auf die Diskussion um die "Neuartigen Waldschäden" bemerkenswert. Auf die Beurteilung der "Waldschäden" oder "Vitalitätsschwächungen" soll hier nicht eingegangen werden (vgl. WACHTER, 1986). Es soll im folgenden aber diskutiert werden, ob das hohe Zuwachsniveau im Widerspruch zu den am äußeren Erscheinungsbild beobachteten "Schäden" stehen muß. Dabei handelt es sich um theoretische Überlegungen, da bei den Buchen der vorliegenden Untersuchung aufgrund einer anderen Zielsetzung keine Ansprache von "Schadstufen" durchgeführt wurde und somit auch keine entsprechenden Auswertungen erfolgen konnten. Nach den Ergebnissen der Waldschadensinventur sind jedoch im Untersuchungsgebiet deutliche "Schäden" an Buchen zu verzeichnen (SOMMER et al., 1985; HEIDINGSFELD, 1986).

ROLOFF (1985) stellt bei Untersuchungen zur Kronenmorphologie erhebliche Veränderungen des Verzweigungssystems "geschädigter" Buchen fest. Er weist jedoch darauf hin, daß die Tendenz z.T. lange zurückreichender Depressionen im Längenzuwachs nicht auch beim Durchmesserzuwachs erwartet werden kann (ROLOFF, 1985, S. 143-147). Die Gründe für den komplizierten Zusammenhang von Höhen- und Durchmesserzuwachs sieht er zum einen darin, daß die Assimilationsfläche bei eingeschränkter Verzweigung ("Spießbildung) relativ weniger abnimmt. Zum anderen spielen auch die Umwandlung von Schattblättern in Lichtblätter und verbesserte Standraumbedingungen nach Ausfall von Konkurrenten eine Rolle. Aufgrund dieser Überlegungen hält er auch Mehrzuwächse "geschädigter" Buchen

für möglich; ebenso weist er aufgrund von Blattanomalien auf die Möglichkeit von Stickstoffeinträgen aus der Atmosphäre hin (ROLOFF, 1985, S. 147).

Ein Vergleich der Jahrringbreiten "geschädigter" und "ungeschädigter" Buchen in Hessen (GÄRTNER und NASSAUER, 1985) bestätigt die Kompliziertheit von Zuwachsuntersuchungen. Die dort untersuchten Buchen zeigten nach " ... über mehr als einem Jahrhundert einheitlicher Durchmesserentwicklung ... " um 1970 eine Trendwende, indem die "geschädigten" Bäume bei gleichzeitiger Verringerung der Triebblängen ansteigende Jahrringbreiten aufweisen. In diesem Fall spielen standörtliche Einflüsse - die Wurzelausbildung der "geschädigten" Bäume wurde durch einen Verdichtungshorizont beeinträchtigt - noch eine zusätzliche Rolle. Die von den Autoren in Anlehnung an ROLOFF vermutete Erklärung für den höheren Zuwachs der "geschädigten" Buchen, daß die "... Gesamtnettoassimilationsleistung der verlichteten Buchenkrone auf hohem Niveau verbleibt und somit einen verstärkten Durchmesserzuwachs erzeugt ... " ist lediglich eine Interpretationsmöglichkeit. Denkbar ist auch, daß die "geschädigten" Buchen nach 1970 eine Standraumerweiterung erfahren haben (dafür sprechen absinkender h/d-Wert und reduzierter Höhenzuwachs), auf die das ungenügend ausgebildete Wurzelsystem nicht "eingestellt" war. Insofern unterstützen diese Ergebnisse die Forderung ROLOFFs (1985), in Untersuchungen über den Zuwachs "geschädigter" Buchen den Standraum miteinzubeziehen.

Die Überprüfung der h/d-Entwicklung "vitalitätsgeschwächter" Buchen auf der Schwäbischen Alb deutet auf Zusammenhänge in der beschriebenen Richtung hin (ABETZ, 1986). Die dort untersuchten "geschädigten" Buchen hatten in ihrer Jugend (bis zum Erreichen von 25 m Höhe) höhere h/d-Werte als die "ungeschädigten" Bäume. Später wurden dann diese ("geschädigten") Buchen vergleichsweise stärker freigestellt, so daß die Jahrringbreiten "geschädigter" Bäume diejenigen "gesunder" Buchen übertrafen.

Auch andere Untersuchungen der Radialzuwächse "geschädigter" Buchen bestätigen, daß "Vitalitätsschwächungen" nicht mit Rückgängen im Radialzuwachs verbunden sein müssen (CENTRALE MARKETINGGESELLSCHAFT DER DEUTSCHEN AGRARWIRTSCHAFT, 1987).

Das in der vorliegenden Untersuchung festgestellte hohe Zuwachsniveau steht daher nicht im Widerspruch zu den derzeit am äußeren Erscheinungsbild beobachteten "Vitalitätsschwächen". Es könnte sogar im Rahmen der Ursachendiskussion als Indiz für das Mitwirken wachstumsfördernder Einträge interpretiert werden. ABETZ (1983, S. 29) weist darauf hin, daß Wirkungsmechanismen denkbar sind, die das "Nutzykosystem Wald" einerseits leistungsfähiger, andererseits aber auch labiler machen können. SCHÖPFER (1987, S.487) sieht die "... Vielzahl sich teilweise synergetisch verstärkender negativer Effekte der Depositionen, die über die verschiedenen Wirkungspfade zu einer zunehmenden Destabilisierung und damit letztlich auch einer Zuwachsschädigung des Ökosystems Wald führen."

#### 4.4.4 Keine Unterschiede in der Schaftform zwischen alten und jungen Bäumen

Im Gegensatz zur Entwicklung des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe wurden keine systematischen Unterschiede in den Zuwachsverhältnissen im Schaft verschieden alter Bäume gefunden. Insbesondere waren die Zuwachsanstiege der älteren Bäume in 1,30 m Höhe nicht mit Zuwachsverlagerungen zur Stammbasis verbunden.

Dieser Frage wurde vor allem deshalb nachgegangen, um Hinweise auf eventuelle Standraumerweiterungen zu erhalten, die wegen der verschiedenen langen Beobachtungszeiträume und daher mangelnder Vergleichsmöglichkeiten aus den h/d-Entwicklungen nicht erkannt werden konnten. Die Literaturlauswertung läßt es jedoch fraglich erscheinen, inwieweit aus dem Ergebnis abgeleitet werden kann, daß Standraumerweiterungen keine Rolle spielen.

ZIMMERLE stellt weder bei der Auswertung "herkömmlicher" Durchforstungsversuche (1938), noch beim "Seebach'schen Lichtungsbetrieb" (1944) negative Formveränderungen stärker freigestellter Buchen fest. Auch FREIST (1962, S. 24) findet bei Buchen, deren Standräume stark erweitert wurden, keine langfristigen Zuwachsverlagerungen. ASSMANN (1961, S. 56) weist darauf hin, daß die Tendenz zur Zuwachsverlagerung bei Freistellung infolge anderer Festigkeitseigenschaften des Buchenholzes geringer als beim Nadelholz ausgeprägt ist. Von einer langfristigen Normalisierung der Zuwachsverhältnisse im Schaft nach Freistellung geht auch MITSCHERLICH (1978, S. 27) unter Hinweis auf die Untersuchungen von WIEDEMANN (1949) aus. Hinsichtlich der durchschnittlich besseren Bonität der jungen Bäume ist die Untersuchung von TOPCUOGLU (1940) bemerkenswert, der bei Fichten keinen Einfluß der Bonität auf die Schaftform feststellen kann (vgl. auch MITSCHERLICH, 1939).

Insgesamt wird deutlich, daß Standraumerweiterungen bei Buchen sich nicht in langfristigen Zuwachsverlagerungen zur Stammbasis niederschlagen müssen. Hinsichtlich der Frage, ob möglicherweise bei den festgestellten Zuwachsanstiegen älterer Bäume Standraumerweiterungen eine Rolle spielen, kann somit aus den unveränderten Zuwachsverhältnissen im Schaft keine Zusatzinformation gewonnen werden.

#### 4.4.5 Keine standorts- oder behandlungsbedingten Unterschiede im Muster des Radialzuwachses

Die Ähnlichkeiten im Muster der Radialzuwächse stimmen mit den Ergebnissen von MÜLLER-STOLL (1951) und v.JAZEWITSCH (1953) überein. In Anlehnung an HOLMSGAARD (1955) kann die systematische Verschiebung von Zuwachsrückgängen jeweils älterer Bäume nach Weiserjahren um ein Jahr (Abb. 24, S. 58 u. 3.8.1, S. 80) als Folge von Mastjahren interpretiert werden, die zu Zuwachsreduktionen geführt haben.

Bemerkenswert ist, daß weder die Überprüfung von "Ausreißen" (Intervalltrend) noch der Vergleich der Reaktionsstärken (Sensitivität) in Weiserjahren mit Zuwachsrückgängen standörtliche Zusammenhänge erkennen ließen. Dies steht im Gegensatz zu den Angaben von FRITTS (1976, S. 300-304) und SCHWEINGRUBER (1983, S. 25), nach denen die Sensitivität des Radialzuwachses von den standörtlichen Gegebenheiten abhängt. Möglicherweise spielt hier das gegenüber dendroklimatologischen Untersuchungen stark eingeschränkte Standortspektrum eine Rolle (vgl. FRITTS, 1976 S. 17-19). Auch HOLMSGAARD (1955) findet bei Buchen keine Unterschiede in den Schwankungen der Radialzuwächse verschiedener Bestände und Standorte.

Aufgrund der Feststellung, daß standörtliche Faktoren offensichtlich von den Standraumverhältnissen überlagert werden, wurde auch nach eventuellen Zusammenhängen zwischen der Sensitivität in den Weiserjahren und der Behandlung gesucht. Aus der theoretischen Überlegung, daß (bei nicht frühzeitig geförderten Bäumen) ein Ansteigen des Radialzuwachses in höherem Alter zu Verschiebungen im Sproß/Wurzel-Verhältnis und damit möglicherweise zu erhöhtem Streßrisiko in Trockenjahren führt, wurde insbesondere die Sensitivität von "Aufsteigern" geprüft. Das Ergebnis, daß auch bei diesen Bäumen die Sensitivität in Weiserjahren nicht höher ist, also keine relativ stärkeren Zuwachsrückgänge erfolgen, muß vorsichtig interpretiert werden. Hier ist wiederum das untersuchte Standortspektrum zu beachten. Ebenso bedingt auch die am 1985 erreichten Durchmesser orientierte Baumauswahl, daß nur "Aufsteiger" analysiert werden konnten, die eventuelle Streßsituationen ohne größere Zuwachsrückgänge überstanden haben. Es ist also trotzdem denkbar, daß z.B. durch Trockenjahre Differenzierungsprozesse ausgelöst oder verstärkt werden (vgl. ABETZ, 1985; KREMER, 1985), bei denen "Aufsteiger" in erhöhtem Maße gefährdet sind.

Deshalb wurden zusätzlich die Zuwachsverhältnisse im untersuchten Schaftbereich (1,30 m, 5 m und 10 m Höhe) auf auffallende jährliche Zuwachsverlagerungen überprüft. Dabei konnten keine besonders ausgeprägten Zuwachsverlagerungen gefunden werden; vor allem ließen sich auch in den Weiserjahren mit Zuwachsrückgängen keine ausgeprägten Zuwachsverlagerungen nach oben feststellen.

TOPCUOGLU (1940) beschäftigt sich mit der Verteilung des Zuwachses in verschiedenen Schafthöhen bei Fichten. Er kommt zu dem Ergebnis, daß grundsätzlich die Jahrringbreite zuerst von unten nach oben ab- und dann von einem Minimum bis zum Kronenansatz wieder zunimmt, die Schafthöhe also einen Wendepunkt besitzt. In Trockenjahren "wandert" der Wendepunkt infolge basaler Zuwachsverlagerung aufwärts; bei herrschenden Bäumen ist dies weniger ausgeprägt als bei niedrigeren sozialen Klassen.

Zum gegenteiligen Ergebnis kommt STERBA (1981), obwohl er auf Übereinstimmung mit TOPCUOGLU verweist. (STERBA zitiert TOPCUOGLU nach ASSMANN (1961) und unterliegt dabei offensichtlich einem Irrtum.) Er stellt in trockeneren Jahren eine Zuwachsverlagerung nach oben fest, die bei Bäumen geringerer sozialer Stellung weniger deutlich wird.

Zuwachsverlagerungen nach unten treten nach HOLMSGAAARD (1955) in Mastjahren bzw. als deren Folge auf. Nicht erklärbare unterschiedliche Reaktionen in den Zuwachsverhältnissen nach dem Trockenjahr 1947 findet SCHÖBER (1951).

Das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung zeigt ebenfalls indifferente Verhältnisse. Eindeutige jährliche Zuwachsverlagerungen konnten über die Intervalltrendberechnungen der relativen Radialzuwachskurven nicht erkannt werden. Dennoch zeigten einzelne Bäume in verschiedenen Jahren ganz ausgeprägte Zuwachsverlagerungen, bei denen aber keine Zusammenhänge zu standörtlichen Merkmalen bzw. zur Behandlung aufgedeckt werden konnten. Als deutlichste und häufigste Reaktion war eine Zuwachsverlagerung zur Stammbasis in den Folgejahren einiger Minimum-Weiserjahre zu verzeichnen, die am ehesten als Bestätigung der Ergebnisse von HOLMSGAAARD (1955) interpretiert werden kann.

Zusammenfassend läßt sich hinsichtlich der Zielsetzung der Untersuchung feststellen, daß aus den Untersuchungen zum Radialzuwachs keine Hinweise auf standorts- oder behandlungsbedingte Risiken gewonnen werden konnten.

#### 4.4.6 Zusammenhang zwischen Radialzuwachsmuster und Witterung

Die über die Intervalltrendberechnungen festgestellten hohen Gleichläufigkeiten wie auch das häufige Auftreten von Weiserjahren deuteten darauf hin, daß das Zuwachsmuster entscheidend von der Witterung bestimmt ist. Beim Vergleich der Radialzuwachskurven mit Witterungsdaten wurde schon eingeschränkt, daß nur nach offensichtlichen Zusammenhängen gesucht werden sollte. Das verwendete Datenmaterial erlaubt sowohl wegen der Aufbereitung nach Monatswerten, als auch wegen der Lage der Meßstationen keine weitergehenden Aussagen über die Kausalzusammenhänge zwischen Witterung und Zuwachs. Auch die beobachteten mittelfristigen Schwankungen sind daher mit größter Vorsicht zu betrachten und sollen nicht zu einer Interpretation herangezogen werden. Auf die Rolle des Klimas als Standortfaktor und einer möglichen Dynamik wurde bereits hingewiesen (s. 4.3.4, S. 106).

Trotz der eingeschränkten Aussagemöglichkeiten konnten die meisten Weiserjahre in Verbindung mit auffallenden Witterungskonstellationen, vor allem mit Niederschlagsdefiziten in der Vegetationszeit gebracht werden. Die Ergebnisse der Radialzuwachsuntersuchungen an Buchen von SCHOBER (1951), MÜLLER-STOLL (1951), v.JAZEWITSCH (1953), HOLMSGÅRD (1955), MAURER (1964), KRAMER (1982) und ECKSTEIN (1984) stimmen im grundsätzlichen damit überein. Vor allem MÜLLER-STOLL (1951) leitet aus den sehr großen Ähnlichkeiten im Zuwachsmuster, auch über große räumliche Entfernungen hinweg, einen wesentlichen Einfluß der "großklimatischen Konstellation" auf die Zuwachsentwicklung ab.

#### 4.5 Konsequenzen

Das zentrale Ergebnis - tendenzielle Unterschiede im Wachstum alter und junger Bäume (in jeweils gleichem Alter) - führt auch zu der wichtigsten Konsequenz aus der vorliegenden Untersuchung.

In der Diskussion wurde daraufhingewiesen, daß die Ergebnisse innerhalb einzelner Substratreihen als Bestätigung für die Entwicklung und die Anwendbarkeit des Standortserkundungsverfahrens auf den entsprechenden Substraten im Nordteil interpretiert werden können. Es ist jedoch unbedingt eine Überprüfung notwendig, ob und in welchem Umfang die beobachtete Alterstendenz auch in anderen Gebieten von Rheinland-Pfalz auftritt.

Sollte dies der Fall sein, kann der angestrebte Leistungsbezug der Standortserkundung nicht aufrechterhalten werden. Im Untersuchungsgebiet, in dem eindeutige Wachstumsveränderungen auf eine standörtliche Dynamik hinweisen, muß dies als gegeben angesehen werden.

Eine denkbare Alternative liegt in der Verwendung eines "dynamischen" Bezugssystems, dessen Werte nicht festgeschrieben, sondern altersbezogen aktualisiert werden können. Dazu bedarf es jeweils aktueller Informationen über Verlauf und Größenordnung der Alterstendenz.

Unabhängig davon ergibt sich in Beantwortung der Ausgangsfragestellung der Untersuchung (vgl. zur Zielssetzung 1.4, S. 8), daß im Untersuchungsgebiet die Ausweisung von Substratreihen zwingend erforderlich ist. Angesichts der festgestellten Unterschiede im Höhenwachstumsgang entspricht die Standortseinheit über verschiedene Substrate hinweg nicht ihrer Definition gemäß A.Sta. 61 als "Zusammenfassung von Standortstypen, die für die praktische Wirtschaft als gleichwertig anzusehen sind" (Ziffer 11 der Anweisung für Standortserkundung und -kartierung im Staatswald der Forstdirektion Koblenz, A.Sta. 61, LANDES-FORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1974 a). Dagegen können mit dem Standortstyp, der sich aus der Untergliederung von Substratreihen nach Höhen- und Frischestufen ergibt, genauere Leistungsvorstellungen verbunden werden. Die sekundäre Zusammenfassung von Standortstypen zu Standortseinheiten liefert keine geeignete Grundlage für eine leistungsbezogene Planung.

Die Ergebnisse zeigen somit, daß die Standortseinheit aufgrund der Vielfalt der standörtlichen Verhältnisse dem Anspruch als Baustein eines landesweit gültigen Einheitensystems nicht gerecht wird. Das Standortserkundungsverfahren von Rheinland-Pfalz sollte daher im Grundsatz analog der beschriebenen Modifizierung geändert werden.

Neben diesen verfahrensbezogenen Konsequenzen läßt sich als waldbauliche Folgerung ableiten, daß über entsprechende Standraumsteuerung auf allen untersuchten Standorten das im derzeitigen Produktionsziel vorgegebene Stärkeziel erreicht werden kann. Dabei werden die Produktionsmöglichkeiten, bezogen auf ein Endbestandskollektiv von 100 Bäumen, nicht ausgeschöpft.

Die wechselhaften Radialzuwachsentwicklungen der einzelnen Bäume lassen die Notwendigkeit zielorientierter Durchforstung erkennen; mit einer konsequenten, Z-Baum-bezogenen Auslesedurchforstung ist eine erhebliche Steigerung der bisherigen Enddurchmesser zu erwarten. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß infolge des besseren Höhenwachstums der jungen Bäume die Lichtwuchsphase früher erreicht wird. Auf die sich daraus insgesamt ergebenden Möglichkeiten soll hier nur hingewiesen werden. Abhängig von betriebswirtschaftlichen Überlegungen sind Änderungen des Produktionszeitraumes, des Produktionszieles (Stärkeziel, astfreie Schaftlänge) und der Endbaumzahl denkbar.

Aus dem Ergebnis der methodischen Diskussion läßt sich ableiten, daß es für weitere Untersuchungen wichtig wäre, bessere Informationen über die Bestandesentwicklung, insbesondere soziale Differenzierungsprozesse zu erhalten. Dies erfordert die Anlage von Versuchsflächen mit Baumverteilungsplänen.

Die aus den festgestellten Wachstumsunterschieden zu ziehenden Konsequenzen gelten gebietsunabhängig. Aufgrund möglicher Standortsveränderungen ist die grundsätzliche Überprüfung der Wachstumsverhältnisse alter und junger Bäume erforderlich. Insbesondere dürfen die Ergebnisse ertragskundlicher Auswertungen der Standortkartierung nicht festgeschrieben werden, sondern müssen von Zeit zu Zeit auf ihre Gültigkeit überprüft werden, bevor sie als Grundlage für leistungsbezogene Planungen verwendet werden.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Fragen der Standortserkundung in Rheinland-Pfalz.

Das im Nordteil des Landes entwickelte einstufige und leistungsbezogene Verfahren wird in seinen Grundzügen beschrieben und die Problematik der Übertragung auf den Südteil dargelegt. Die andere standörtliche Ausgangssituation führte in der Vergangenheit zu Modifizierungen des ursprünglichen Verfahrens, vor allem auf der Basis bodenkundlicher Untersuchungen. Mit der Ausweisung von Substratreihen für größere Gebiete wird der Grundsatz der Einstufigkeit durchbrochen und die "Standortseinheit" relativiert.

Zielsetzung der Untersuchung ist, Informationen über standortstypisches Wachstum von Buchen zu gewinnen, um damit das Verfahren bzw. die Notwendigkeit der Modifizierung unter wachstumskundlichen Gesichtspunkten zu überprüfen. Dabei steht das Nachzeichnen tatsächlicher Entwicklungen über Stammanalysen und darauf aufbauender Rekonstruktion der Höhenentwicklung von voraussichtlichen Endbestandsbäumen im Vordergrund.

Die Untersuchung beschränkt sich im wesentlichen auf Standorte der kollinen Stufe im Wuchsbezirk Glan-Alsenz-Berg und Hügelland in der Nordpfalz. Es wurden insgesamt 84 0,1 ha große Probekreise in verschiedenen alten Buchenbeständen ertragskundlich aufgenommen. In 33 Probekreisen wurden an insgesamt 103 Bäumen aus dem Kollektiv der 10 stärksten ( $h_{100}$ ) Stammanalysen durchgeführt und die Höhenentwicklung rekonstruiert. Im Zentrum der Probekreise wurden Bodeneinschläge angelegt und nach dem üblichen standortskundlichen Verfahren aufgenommen.

Zentrales Ergebnis der Untersuchung ist, daß auf heute als gleich angesprochenen Standorten in gleichem Alter jeweils jüngere Bäume ein besseres Wachstum erkennen lassen. Diese als "Alterstendenz" bezeichnete Erscheinung erfordert eine Stratifizierung des Untersuchungsmaterials nach dem Alter und Beschränkung des Vergleichs "standortstypischer" Wuchsleistungen auf Altersgruppen. Daraus ergibt sich unabhängig von der festgestellten Alterstendenz, daß die Höhenentwicklung von Bäumen auf gleicher Standortseinheit substratspezifisch unterschiedlich verläuft. Das modifizierte Verfahren im Südteil wird daher unter den dortigen Standortverhältnissen als eine bessere Grundlage für eine differenzierte waldbauliche Planung als das ursprüngliche Verfahren beurteilt.

In der weiteren Auswertung wird nach den Gründen für die beobachtete Alterstendenz gesucht. In erster Linie wird der Frage nachgegangen, ob Behandlungsunterschiede eine Rolle spielen. Anhand der h/d-Entwicklungen werden durchschnittlich bessere Standraumverhältnisse bei jeweils jüngeren Bäumen festgestellt. Vergleiche der Variationsbreiten von Höhen- und h/d-Werten innerhalb von Probekreisen und Literatúrauswertung lassen dies jedoch als Erklärungsmöglichkeit für das bessere Höhenwachstum jüngerer Bäume ausscheiden.

Die Untersuchung der Radialzuwächse ergibt, daß Standraumunterschiede die standörtliche Ausgangssituation derart überlagern können, daß Angaben über "standortstypische" Radialzuwächse auch nach altersbezogener Stratifizierung nicht möglich sind. Tendenziell werden bei den untersuchten Bäume auf den schlechteren Standorten bessere Standraumbedingungen festgestellt - dementsprechend unterscheiden sich die mittleren Durchmesser der Bäume auf guten und schlechten Standorten wenig.

Ebenfalls tendenzielle Unterschiede bestehen im Niveau und in der Entwicklungsrichtung des Radialzuwachses der verschiedenen Altersgruppen. Die Radialzuwächse jeweils jüngerer Bäume bewegen sich konstant auf höherem Niveau. Die mittelalten und alten Bäume weisen im Mittel stetig ansteigende Jahrringbreiten auf.

Keine Unterschiede zwischen alten und jungen Bäumen werden in den Zuwachsverhältnissen im untersuchten Schaftbereich festgestellt, ebenso sind sich die Muster des Radialzuwachses außerordentlich ähnlich. Die differenzierte Untersuchung in den Weiserjahren mit Zuwachsrückgängen ergibt keine standorts- oder behandlungsbedingten Unterschiede in der Reaktionsstärke des Radialzuwachses in 1,30 m Höhe und in den Zuwachsverhältnissen im höheren Schaft. Der Vergleich des Radialzuwachses mit Witterungsdaten zeigt, daß in den meisten Weiserjahren außergewöhnliche Witterungskonstellationen vorlagen.

Die Ergebnisse anderer ertragskundlich-standortkundlicher Untersuchungen bestätigen teilweise die beobachtete Alterstendenz auch in anderen Gebieten und bei anderen Baumarten. Als wesentliche Ursache für die Wachstumsunterschiede wird daher eine Standortsveränderung angenommen.

Für die Standortserkundung in Rheinland-Pfalz ergibt sich als Konsequenz, daß von dem ursprünglichen einstufigen und leistungsbezogenen Verfahren mit einer im ganzen Land geltenden "Standortseinheit" abgerückt werden muß.

Darüberhinaus ist eine Überprüfung notwendig, inwieweit die Ergebnisse der Standortserkundung im Hinblick auf ihre wuchsleistungsbezogene Aussage festgeschrieben werden können. Diese Konsequenz gilt gebietsunabhängig für sämtliche ertragskundlich-standortkundlichen Untersuchungen.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

- ABETZ, P. (1960): Die Genauigkeit der Radialzuwachs- und Jahrringbreitenmessung mit der Eklundschen Jahrringmeßmaschine an Stammscheiben und Bohrspänen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 131: 74-80.
- ABETZ, P. (1960): Über den Wachstumsablauf Japanischer Lärchen und Fichten auf gleichem Standort. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 131: 241-253 u. 265-280.
- ABETZ, P. (1976): Reaktionen auf Standraumerweiterung und Folgerungen für die Auslesedurchforstung bei Fichte. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 147: 72-75.
- ABETZ, P. (1982): Zuwachsreaktionen von Z-Bäumen und Durchforstungsansätze bei Auslesedurchforstung in Fichtenbeständen. Allgemeine Forstzeitschrift 37: 1444-1450.
- ABETZ, P. (1983): Zum Erkennen der physiologischen Belastbarkeit der Waldbäume aus waldwachstumkundlicher Sicht. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg, Nr. 12.
- ABETZ, P. (1985): Ein Vorschlag zur Durchführung von Wachstumsanalysen im Rahmen der Ursachenforschung von Waldschäden in Südwestdeutschland. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 156: 177-187.
- ABETZ, P. (1986): Untersuchungen zum Wachstumsgang der Buche auf der Mittleren Alb. Manuskript (Stand 1.11.1986) - unveröffentlicht.
- ABETZ, P. u. MERKEL, O. (1962): Zur Genauigkeit der Baumhöhenmessung mit dem Höhenmesser von BLUME-LEISS. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 133: 277-285.
- ALTHERR, E. (1971): Wege zur Buchenstarkholzproduktion. Jahresbericht des Baden-Württembergischen Forstvereins (Freiburg, 1971): 123-127.
- ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (1980): Forstliche Standortsaufnahme. 4. Auflage (1. Auflage 1958). Münster - Hilstrup: Landwirtschaftsverlag. 188 S.
- ASSMANN, E. (1950): Grundflächen- und Volumenzuwachs der Rotbuche bei verschiedenen Durchforstungsgraden. Forstwissenschaftliches Centralblatt 69: 256-286.
- ASSMANN, E. (1955): Zur Bonitierung süddeutscher Fichtenbestände. Allgemeine Forstzeitschrift 10: 61-64.
- ASSMANN, E. (1956): Natürlicher Bestockungsgrad und Zuwachs. Forstwissenschaftliches Centralblatt 75: 257-265.
- ASSMANN, E. (1959): Höhenbonität und wirkliche Ertragsleistung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 78: 1-20.
- ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. München - Bonn - Wien: BLV - Verlagsgesellschaft. XV + 490 S.
- BARK, H. (1985): Zu Methodik und Verfahren der Standortskartierung im Südteil des Landes Rheinland-Pfalz. Referat anlässlich der Tagung der Forsteinrichter des Landes Rheinland-Pfalz am 12.03.1985 in Trier - unveröffentlicht.
- BECHTER, W. (1977): Das Wachstum der Fichte im Wuchsgebiet Baar-Wutach. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 49.
- BENINDE, R. (1959): Grundlagen und Entwicklung der Standortskartierung Rheinland-Pfalz. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 130: 33-36.
- BENINDE, R., HOFFMANN, D. u. WALLESCHE, W. (1960): Zur Auswertung ertragskundlicher Erhebungen im Verfahren zur Standortskartierung des FEA Koblenz. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 131: 121-125.
- BERNAUER, B. (1981): Der Stichprobenumfang in der Forsteinrichtung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 152: 77-82.

- BRYNDUM, H. (1987): Buchendurchforstungsversuche in Dänemark. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 158: 115-121.
- BUSSE, J. (1930): Vom "Umsetzen unserer Waldbäume". Tharandter Forstliches Jahrbuch 81: 118-130.
- CENTRALE MARKETINGGESELLSCHAFT DER DEUTSCHEN AGRARWIRTSCHAFT (1987): Untersuchungen über die Qualität des Holzes von immissionsgeschädigten Buchen mit besonderer Berücksichtigung der Verwendung des Buchenholzes bei der Sperrholz- und Möbelherstellung. CMA-FORSTREPORT Nr. 3/87.
- DEINES, G. (1957): Versuch zur Kennzeichnung des nutzbaren Wassers forstlicher Standorte. Forstarchiv 28: 164-170.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (1957): Klimaatlas von Rheinland-Pfalz. Bad Kissingen.
- DEXHEIMER, W. (1983): Erläuterungsbericht zur Standortskartierung im Forstamt Winnweiler. Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz - unveröffentlicht.
- DIETERICH, V. (1925): Hilfszahlen zur Bonitierung, Vorrats- und Zuwachsschätzung in reinen Buchenbeständen. Silva 13: 57-63, 65-71.
- DITTMAR, O. u. SCHILLING, W. (1961): Ertragskundlich-standortkundliche Untersuchungen an Fichtenbeständen auf pleistozänen Deckschichten im thüringischen Vogtland. Archiv für Forstwesen 10: 896-949.
- EBERHARD, J. (1899): Ertragsuntersuchungen in Buchenbeständen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 75: 160-163.
- ECKSTEIN, D. (1984): Dendroklimatische Untersuchungen zum Buchensterben im südwestlichen Vogelsberg. Forstwissenschaftliches Centralblatt 103: 274-289.
- EDER, W. (1980): Quantifizierung von bodenkundlichen Standortsfaktoren als Grundlage für eine leistungsbezogene Standortskartierung insbesondere auf Buntsandsteinstandorten der Pfalz. Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus Forsteinrichtung und Waldbau, Nr. 23.
- EIDMANN, F. (1961): Langperiodische Klimaänderung und ihr Einfluß auf ertragskundliche Tatbestände. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 132: 137-143.
- ELLENBERG, H. (1985): Veränderungen der Flora Mitteleuropas unter dem Einfluß von Düngung und Immissionen. Schweizer Zeitschrift für das Forstwesen 136: 19-39.
- FLURY, Ph. (1907): Ertragstabellen für die Fichte und Buche der Schweiz. Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen IX. Band. Zürich: Fäsi u. Beer.
- FRANZ, F. (1971): Grundlagen und Verfahren standortsbezogener Leistungsschätzung. Forstliche Forschungsanstalt München. Forschungsbericht Nr. 2.
- FRANZ, F. (1983): Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struktur und Wachstumsleistung von Fichtenbeständen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 102: 186-200.
- FRANZ, F. u. KOPP, D. (1958): Wachstumsgang und Ertragsleistung der Kiefer. Forst und Jagd 8: 276-280.
- FREIST, H. (1962): Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb. Beiheft 17 zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt. Hamburg - Berlin: Parey. 78 S.
- FRITTS, H. C. (1976): Tree Rings and Climate. London - New York - San Francisco: Academic Press. XII + 567 S.
- GÄRTNER, E. J. u. NASSAUER, K. G. (1985): Aktuelles zur Waldschadenssituation in Hessen. Allgemeine Forstzeitschrift 40: 1265-1271.
- GANSSEN, R. (1934): Untersuchungen an Buchenstandorten Nord- und Mitteldeutschlands. Zeitschrift für das Forst- und Jagdwesen 66: 225-249, 359-394, 472-494, 583-606.
- GAYER, K. (1880): Der Waldbau. Berlin: Parey

- GRASSL, H. (1987): Klimaänderung durch erhöhte Spurenstoffgehalte in der Atmosphäre. Forstwissenschaftliches Centralblatt 106: 236-248.
- GÜNTHER, M. (1955): Untersuchungen über das Ertragsvermögen der Hauptholzarten im Bereich verschiedener Standortseinheiten des württembergischen Neckarlandes. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskartierung, Heft 4.
- HAILER, N. (1961): Erläuterungsberichte zur pflanzensoziologischen Standortserkundung in . . . Winnweiler 1961. Regierungsforstamt der Pfalz - unveröffentlicht.
- HASENMAIER, E. (1955): Orientierende Untersuchungen über die Wuchsleistung von Fichtenbeständen im Bereich der wichtigsten Standortseinheiten des Wuchsbezirks "Waldenburger Berge" (Schwäbisch - Fränkisches Keuperbergland). Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskartierung, Heft 4.
- HEIDINGSFELD, N. (1986): Waldschadenssituation 1986 in Rheinland-Pfalz unverändert - wieder 46 % der Waldfläche geschädigt. Der Forst- und Holzwirt 41: 555-557.
- HENGST, E. (1958): Die Ertragsleistung der Kiefer in Ostthüringen. Archiv für Forstwesen 7: 653-702.
- HILDEBRANDT, G. (1961): Langperiodische Klimaänderung und ihr Einfluß auf ertragskundliche Tatbestände. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 132: 294-300.
- HINK, V. (1971): Das Wachstum von Fichte und Tanne auf den wichtigsten Standortseinheiten des Einzelwuchsbezirks "Flächenschwarzwald" (Südwest- und Hohenzollern). Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 41.
- HOENISCH, U. (1968): Untersuchungen zur Wuchsleistung der Baumarten Eiche, Buche und Fichte auf den wichtigsten Standortstypen der Forstämter Lebach, St. Wendel und Neunkirchen. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Nr. 18.
- HOFFMANN, D. (1958): Die Ermittlung der dynamischen Bonität der Fichte auf Grund der Standortserkundung. Allgemeine Forstzeitschrift 13: 676-680.
- HOFFMANN, D. (1963): Die Buchen-Höhenbonität - ein Standortsweser? Allgemeine Forstzeitschrift 18: 177-180.
- HOFFMANN, J. (1959): Untersuchungen über das Wachstum der Fichte auf einigen Standortformen des südöstlichen Thüringer Waldes. Archiv für Forstwesen 8: 536-591.
- HOLMSGAARD, E. (1955): Arringsanalyser af danske skovtreer. Det Forstlige Forøgsvaesen i Danmark Bind XXII.
- JAZEWITSCH, W. v. (1953): Jahrringchronologie der Spessart-Buchen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 72: 234-247.
- KÄLBLE, F. (1966): Ertragskundliche und waldbauliche Auswertung der Standortskartierung im badischen Bodenseegebiet. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 22.
- KENNEL, R. (1965): Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 136: 149-161, 174-189.
- KENNEL, R. (1972): Die Buchendurchforstungsversuche in Bayern von 1870 - 1970. Mit dem Modell einer Strukturtragstafel für die Buche. Forstliche Forschungsanstalt München, Forschungsbericht Nr. 7.
- KERN, K.-G. (1958): Untersuchungen über den Wachstumsgang der Kiefer im Buntsandsteingebiet des Pfälzerwaldes. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 129: 69-89.
- KOCH, H., SCHAIRER, E. u. GAISBERG E. v. (1939): Die Buche der Ostalb. Mitteilungen der Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt 1939.

- KOCH, J. (1955): Untersuchungen über das Wachstum von Fichtenbeständen im Bereich verschiedener Standortseinheiten des nördlichen Oberschwabens. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskartierung, Heft 4.
- KRAHL-URBAN, J. (1963): Untersuchungen über Verbandsweiten bei Buchenpflanzungen. Forstarchiv 34: 157-164.
- KRAMER, H. (1959): Die Oberhöhe als Bestandesmerkmal. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 130: 241-255.
- KRAMER, H. (1961): Die Verwendung der Oberhöhe in der Forsteinrichtung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 132: 122-129.
- KRAMER, H. (1963): Der Einfluß von Großklima und Standort auf die Entwicklung von Waldbeständen am Beispiel langfristig beobachteter Versuchsflächen von Douglasie, Fichte, Buche und Eiche. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Mitteilungen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 31/32.
- KRAMER, H. (1982): Kurzfristige Zuwachsreaktionen bei Buche in Abhängigkeit von Witterung und verschiedenen Baummerkmalen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 153: 57-72.
- KRAMER, H. u. AKÇA, A. (1982): Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. 251 S.
- KRAUSS, G. A., HORNSTEIN, F. v. u. SCHLENKER, G. (1949): Standortserkundung und Standortskartierung im Rahmen der Forsteinrichtung. Allgemeine Forstzeitschrift 4: 157-161.
- KREMER, W. (1985): Reaktionsmuster in der Jahrringbreitenentwicklung kranker Tannen. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, Tagungsbericht Kälberbronn.
- KÜNSTLE, E. (1962): Das Höhenwachstum von Fichte, Tanne und Kiefer in Mischbeständen des östlichen Schwarzwaldes. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 133: 67-79, 89-102.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1974 a): Anweisung für Standortserkundung und -kartierung im Staatswald der Forstdirektion Koblenz (A.Sta. 61). 2. überarbeitete Auflage (1. Auflage 1963).
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1974 b): Forsteinrichtungsanweisung für den Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz (FA 72).
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1982): Anlage 3 zum Tarifvertrag über die Entlohnung von Holzerntearbeiten nach dem Erweiterten Sortentarif (EST) vom 3. Mai 1979.
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-Pfalz (1983): Waldbaurichtlinien für die Wälder von Rheinland-Pfalz, 2. Teil. Bereich der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz.
- LORIE, E. (1982): Erläuterungsbericht zur Standortskartierung im Forstamt Lauterecken. Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz - unveröffentlicht.
- LORIE, E. (1987): Erläuterungsbericht zur Standortskartierung im Forstamt Kirchheimbolanden (Entwurf). Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz - unveröffentlicht.
- MAGIN, R. (1955 a): Möglichkeiten der dynamischen Bonitierung im Hinblick auf die künftige Einheitsbewertung. Allgemeine Forstzeitschrift 10: 122-124.
- MAGIN, R. (1955 b): Nochmals: Zur Frage der dynamischen Bonitierung. Allgemeine Forstzeitschrift 10: 236-239.
- MAGIN, R. (1958): Über die Brauchbarkeit des forstlichen Bonitätsbegriffs. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 129: 145-150.
- MAGIN, R. (1959): Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitteilungen der Staatsforstverwaltung Bayerns, Nr. 30.
- MAURER, E. (1964): Buchen- und Eichenmasten der letzten 100 Jahre in Unterfranken. Allgemeine Forstzeitschrift 19: 469-470.

- MEYER, R. (1958): Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süd-deutschen Standorten. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 129: 105-114, 151-163, 193-201.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND UMWELTSCHUTZ (1978): Erläuterungen zur Karte der forstlichen Wuchsbezirke in Rheinland-Pfalz. Mainz.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN (1980): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung (zur FA 72). Mainz.
- MITSCHERLICH, G. (1939): Sortenertragstafel für Kiefer, Buche und Eiche. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft 10: 1-86.
- MITSCHERLICH, G. (1955): Zur Frage der dynamischen Bonitierung. Allgemeine Forstzeitschrift 10: 175-177.
- MITSCHERLICH, G. (1957): Das Wachstum der Fichte in Baden. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 128: 171-184, 219-232, 245-256.
- MITSCHERLICH, G. (1959): Untersuchungen über das Wachstum der Fichte in den ehemals preußischen Landesteilen von Rheinland-Pfalz. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 130: 256-262.
- MITSCHERLICH, G. (1960): Zu den ertragskundlichen Erhebungen bei der Standortkartierung in Rheinland-Pfalz. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 131: 64-67.
- MITSCHERLICH, G. (1978): Wald, Wachstum und Umwelt. 1. Band: Form und Wachstum von Baum und Bestand. 2. überarbeitete Auflage (1. Auflage 1969). Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. X + 144 S.
- MITSCHERLICH, G. u. WEIHE, J. (1952): Untersuchungen an Tannenjungwüchsen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 124: 33-39).
- MOHR, H. (1986): Die Erforschung der neuartigen Waldschäden - eine Zwischenbilanz. Biologie in unserer Zeit 16: 83-89.
- MOOSMAYER, H.-U. (1957): Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortgliederung im Ostteil der Schwäbischen Alb. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forsteinrichtung, Heft 7.
- MOOSMAYER, H.-U. (1961): Langperiodische Klimaänderung und ihr Einfluß auf ertragskundliche Tatbestände. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 132: 300-303.
- MOOSMAYER, H.-U. (1962): Ertragskundlich-standortkundliche Arbeiten in der deutschsprachigen Literatur nach 1945 - Versuch einer zusammenfassenden Darstellung. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Nr. 12.
- MOOSMAYER, H.-U. (1967): Die ertragskundlich-standortkundliche Auswertung der Forsteinrichtungsgrundlagen. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Nr. 16.
- MOOSMAYER, H.-U. (1970): Der Einfluß ertragskundlich-standortkundlicher Forschungsergebnisse auf Bonitierung und Ertragsregelung bei der Forsteinrichtung in Baden-Württemberg. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 141: 73-83.
- MÜLLER-STOLL, H. (1951): Vergleichende Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jahrringfolge von Holzart, Standort und Klima. Bibliotheca Botanica, Heft 122.
- NAGEL, J. u. ATHARI, S. (1982): Stammanalyse und ihre Durchführung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 153: 179-182.
- NEUHÄUSER, H. (1955): Die Standortkartierung als Grundlage der dynamischen Bonitierung. Allgemeine Forstzeitschrift 10: 480.
- OSTERMANN, W. (1957): Sichtbarmachung der Jahrringe an Buchen-Bohrspänen. Holzzentralblatt 83: 1459.
- PARNIEWSKI, D. (1973): Erläuterungsbericht zur Standortkartierung des Forstamtes Ramsen. Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz - unveröffentlicht.

- PARNIEWSKI, D. (1977): Ergebnisse der Standortkartierung im Pfälzerwald. Referat bei der Tagung des "Arbeitskreises Standortkartierung", St. Martin 1977 - unveröffentlicht.
- PETRI, H. (1957): Zum ertragskundlichen Verhalten der Fichte im Nordteil von Rheinland-Pfalz. Mitteilung Nr. 7 aus dem Forsteinrichtungsamt Koblenz.
- PETRI, H. (1984): Neue Waldbaurichtlinien und Buchenwirtschaft. Der Forst- und Holzwirt 39: 227-233.
- PRODAN, M. (1958): Untersuchungen über die Durchführung von Repräsentativaufnahmen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 129: 15-33.
- PRODAN, M. (1965): Holzmesslehre. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. XV + 644 S.
- RÖHE, P. (1985): Untersuchungen über das Wachstum der Buche in Baden-Württemberg. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Nr. 61.
- ROLOFF, A. (1985): Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. Bericht des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben der Universität Göttingen, Band 18.
- ROTH, C. (1987): Gedanken zur Forsteinrichtung. Warum keine Jahrringanalyse? Schweizer Zeitschrift für das Forstwesen 138: 887-896.
- SCHOBER, R. (1951): Zum Einfluß der letzten Dürrejahre auf den Dickenzuwachs. Forstwissenschaftliches Centralblatt 70: 204-228.
- SCHOBER, R. (1967): Die Rotbuche. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. XXI + 333 S. + 112 S. Tabellenanhang.
- SCHÖPFER, W. (1987): Zur Problematik eines großräumigen Zuwachsrückgangs in erkrankten Fichten- und Tannenbeständen Südwestdeutschlands. Der Forst- und Holzwirt 42: 487-493.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1983): Der Jahrring: Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. Bern und Stuttgart : Haupt. 234 S.
- SCHWEINGRUBER, F. H. et al. [14 weitere Autoren] (1986): Abrupte Zuwachsschwankungen in Jahrringfolgen als ökologische Indikatoren. Dendrochronologia Nr. 4: 125-183.
- SEIBT, G. (1976): Ertragskundliche Beurteilung der Wirkung von Durchforstungen auf die Bodenverhältnisse. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, Tagungsbericht Paderborn 1976.
- SEIBT, G. (1981): Die Buchen- und Fichtenbestände der Probeflächen des Solingprojektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Versuchsanstalt, Band 72.
- SIOSTRZONEK, E. (1958): Radialzuwachs und Flächenzuwachs. Forstwissenschaftliches Centralblatt 77: 237-254.
- SOMMER, U., HEIDINGSFELD, N. u. FRAUDE, H.-J. (1985): Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1984 in Rheinland-Pfalz. Allgemeine Forstzeitschrift 40: 624-625.
- SPIECKER, H. (1986): Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwald-Versuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 - 1984. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 157: 152-164.
- STERBA, H. (1981): Radial increment along the bole of trees - problems of measurement and interpretation. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 130: 67-73.
- STRELETZKI, H. (1955): Wasserhaushalt und Fichtenwachstum auf gleyartigen Standorten im Gebiet der Schnee-Eifel. Dissertation. Forstliche Fakultät Universität Göttingen, Hann.-Münden.
- TOPCUOGLU, A. (1940): Die Verteilung des Zuwachses auf die Schaftlänge der Bäume. Tharandter Forstliches Jahrbuch 91: 485-554.

- VOLKERT, E. (1951): Anweisung zur Standortkartierung in Rheinland-Pfalz. Forsteinrichtungsamt Koblenz - unveröffentlicht.
- WACHTER, H. (1986): Beurteilen wir die Waldschäden richtig? Kritische Anmerkungen zu den Waldschadenserhebungen in Nordrhein-Westfalen. Der Forst- und Holzwirt 41: 325-329.
- WALLESCH, W. (1957): Höhenleistung und Verhalten der Holzarten Weißtanne, Douglasie, Sitkafichte, Weymouthskiefer und Roteiche im Raum Hunsrück, Eifel, Westerwald. Mitteilungen aus dem Forsteinrichtungsamt Koblenz, Nr. 5.
- WALLESCH, W. (1959): Das Verfahren zur Standorterkundung und -kartierung des Forsteinrichtungsamtes Koblenz. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 130: 37-48.
- WALLESCH, W. (1963): Der "Trophie"-Begriff in der Standortkartierung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 134: 238-244.
- WALLESCH, W. (1982): Fragen zur Standortserkundung und -kartierung. Allgemeine Forstzeitschrift 37: 664-666.
- WECK, J. (1961): Langperiodische Klimaänderungen und ihr Einfluß auf ertragskundliche Tatbestände. Eine Stellungnahme zu dem gleichnamigen Aufsatz von F. EIDMANN. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 132: 293.
- WEIHE, J. (1955): Das Wachstum der Fichte nach den badischen Versuchsflächen. Schriftenreihe der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 11.
- WERNER, H. (1962): Untersuchungen über das Wachstum der Hauptholzarten auf den wichtigsten Standortseinheiten der Mittleren Alb. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Heft 12.
- WIEDEMANN, E. (1943): Lichtungsbetrieb und ungleichaltrige Bestandesformen im reinen Buchenbestand. Zeitschrift für das Gesamte Forstwesen 75: 227-274.
- WODARZ, S. (1969): Ertragskundliche Untersuchungen über den Buchen-Unterstand unter Eiche, Kiefer und Lärche. Dissertation. Forstliche Fakultät der Universität Göttingen.
- ZIMMERLE, H. (1938): Die Versuchsreihe über Buchendurchforstung im Forstbezirk Geislingen a. St.. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 114: 193-226.
- ZIMMERLE, H. (1944): Erfahrungen mit dem von Seebach'schen Lichtungsbetrieb in Württemberg. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 120: 29-48.
- ZÖTTL, H. W., FEGER, K.-H. u. BRAHMER, G. (1987): Projekt Arinus: I. Zielsetzung und Ausgangslage. Kernforschungszentrum Karlsruhe. PEF-Berichte 12(1): 269-281.

7. ANHANG

Probekreis Nr.	Datum Monat/Jahr	Kartierer A B C D	Boden- einschlag	Bohrstock- aufnahme	Probekreis Nr.	Datum Monat/Jahr	Kartierer A B C D	Boden- einschlag	Bohrstock- aufnahme
1	4/83	x			51	7/80	x		x
2	4/83	x			53	7/80	x		x
3	11/85	x		x	54	6/80	x		x
5	11/85	x		x	55	11/85	x		x
6	4/85	x		x	56	11/85	x		x
8	11/85	x		x	57	7/80	x		x
9	3/83	x		x	59	6/80	x		x
10	4/85	x		x	60	11/85	x		x
11	11/85	x		x	61	11/85	x		x
13	12/85	x			62	3/81	x		x
14	12/85	x		x	64	3/81	x		x
15	12/85	x		x	65	3/81	x		x
16	12/85	x		x	70	11/80	x		x
17	12/85	x		x	71	11/80	x		x
18	12/85	x		x	73	9/80	x		x
19	12/85	x		x	75	11/85	x		x
20	12/85	x		x	76	5/81	x		x
21	12/85	x		x	77	11/85	x		x
22	12/85	x		x	78	11/85	x		x
23	12/85	x		x	79	6/89	x		x
24	12/85	x		x	80	2/80	x		x
25	12/85	x		x	81	?/80	x		x
26	9/83	x		x	82	11/85	x		x
27	12/85	x		x	83	7/80	x		x
28	10/83	x		x	84	11/85	x		x
30	10/83	x		x	87	11/85	x		x
31	9/83	x		x	88	8/80	x		x
32	12/85	x		x	89	8/80	x		x
33	12/85	x		x	90	8/80	x		x
34	9/83		x	x	91	11/85	x		x
35	11/85	x		x	92	11/85	x		x
36	9/83		x	x	93	11/85	x		x
37	12/85	x		x	94	11/85	x		x
38	4/85	x		x	95	11/85	x		x
39	3/83	x		x	96	11/72		x	x
40	3/83	x		x	98	11/85	x		x
41	11/85	x		x	99	11/83	x		x
42	11/85	x		x	100	11/85	x		x
43	11/85	x		x					
44	11/85	x		x					
45	12/83	x		x					
46	11/85	x		x					
47	11/85	x		x					
48	11/85	x		x					
49	11/85	x		x					
50	11/85	x		x					

Tab. A 1: Übersicht der standortkundlichen Aufnahmen in den Probekreisen.

## UNTERSUCHUNGEN BUCHE RHEINLAND-PFALZ

Aufnahmeanweisung "Probekreise"

2/85

1. Probekreisgröße: 0,1 ha (r = 17,8 m)

## 2. Aufnahmeverfahren

## 2.1 Kluppung:

- Dauerhafte Markierung des Baumes, der dem gewählten PK-Mittelpunkt am nächsten steht, mit PK-Nr. (fortlaufend 1, 2, 3, ...)
- Abstecken des PK durch Kennzeichnen der Randbäume innerhalb in Richtung Mittelpunkt (Kreuz mit Reißhaken)
- Ausgehend vom Mittelpunkt in Richtung Mittelpunkt kreuzweise Kluppung des BHD ( $d_{1,3}$ ) aller Buchen der Baumklassen 1 - 4 nach KRAFT; Kluppung auf cm genau, Mittelwert pro Baum durch Abrunden auf cm; Anschreiben des ermittelten BHD an den Stamm
- Beigemischte Baumarten werden in der gleichen Weise gekluppt, jedoch in einer gesonderten Spalte auf der Kluppliste eingetragen; sie spielen bei der weiteren Aufnahme keine Rolle
- Markierung des Oberhöhenbereichs (= 20 % der Bäume vom stärkeren Ende der Durchmesser- verteilung her) auf der Kluppliste
- Berechnung des Durchmessers des Grundflächen- mittelstammes auf der Kluppliste

## 2.2 Bohrspanentnahme:

- Auswahl von i.d.R. drei Bäumen aus dem Bereich von Spitzenhöhen (10 stärkste Bäume) und Oberhöhen, Nummerierung (Nr. 21 - 23)
- Entnahme von zwei Bohrspänen (Kernbohrung) in 1,30 m Höhe; möglichst in Nord- und Ost- richtung, in jedem Fall in rechten Winkel zueinander
- Verpacken und Kennzeichnen der Bohrspäne mit Kombination aus PK-Nr./Baum-Nr./Richtung (z.B. 1/21/N)

## 2.3 Höhenmessung:

- Markierung von zwei Bereichen auf der Kluppliste:  
Mittelhöhen = Bäume mit BHD des Grundflächen- mittelstammes  $\pm 2$  cm  
Oberhöhen = Bäume mit den 20 % stärksten BHD
- Auffinden der gesuchten Durchmesser im PK anhand der am Stamm angeschriebenen Werte
- Höhenmessung von:
  - a) mind. drei Bäumen im Mittelhöhenbereich
  - b) allen Bäumen im Oberhöhenbereich, mindestens jedoch 10 Bäumen

Probekreis-Nr.	Forstamt 1)	Forstort	Wuchsbezirk 2)	Substratreihe 3)	Standortseinheit	Mittl. (t. 1.3-) Alter [Jahre]	Altersermittlung Stamm-Försteinr. analyse	N	G [m <sup>2</sup> /ha]	h <sub>100</sub> [m]	d <sub>100</sub> m.R. [cm]	Ertragsklasse h <sub>100</sub>	h/d <sub>100</sub>
1	K	XXVIII 1a	45	Rvb	1-2 g	113	x	210	25	0	44,3	I, A0	69,1
2	K	XXVIII 1a	45	Rvb	1-2 g	70		210	26	31,9	42,1	I, A0	67,1
3	K	XXVIII 1b	45	Rvb	1-2 g	100	x	300	39	22,3	45,1	I, A4	70
5	K	XXVII 8a	45	Rvb	(2)-2	56	x	270	19	24,3	34,7	I, A4	72
6	K	XXVII 1a	45	Rvb	1-2 g	130	x	100	26	25,6	27,4	I, A5	62
8	K	XXVII 1b	45	Rvb	1-2 g	49	x	660	23	22,4	27,4	I, A0	94
9	K	XXVIII 6a <sup>2</sup>	45	Rvb	1-2 g	88	x	740	24	25,5	28,3	I, AA8	86
10	K	XXX 3a	45	Rvb	1-2 g	52		390	25	30,4	28,3	I, A6	91
11	K	XXX 4b	45	Rvb	1-2 g	105	x	690	23	22,0	33,0	I, A6	81
13	K	XI 1c	45	Rvb	2-(2)	114	x	190	31	32,0	28,1	I, A5	82
14	K	XI 1c	45	Rvb	2-(2)	95	x	190	25	31,0	48,7	I, A5	67
15	K	XI 1b	45	Rvb	2-(2)	92	x	280	25	29,8	44,1	I, A7	64
16	K	XI 1b	45	Rvb	2-(2)	116	x	220	35	28,2	47,0	I, A9	64
17	K	XI 1b	45	Rvb	2-(2)	87	x	200	29	30,4	48,5	I, A4	62
18	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	94	x	140	25	34,2	52,5	I, A4	66
19	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	58	x	230	26	26,7	45,7	I, AA8	63
20	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	80	x	690	29	26,7	31,1	I, AA8	84
21	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	70	x	369	30	26,7	41,7	I, AA8	65
22	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	66	x	280	26	27,7	39,3	I, A7	70
23	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	73	x	370	27	27,4	33,3	I, A7	75
24	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	109	x	320	27	25,5	39,3	I, A8	71
25	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	116	x	150	30	28,3	53,0	I, A8	61
26	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	66	x	260	29	22,3	44,1	I, A6	75
27	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	86	x	590	27	27,6	31,1	I, A6	61
28	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	91	x	210	27	22,4	48,8	I, A5	89
30	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	50	x	190	15	33,4	48,8	I, A5	70
31	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	60	x	330	24	27,9	34,7	I, AA8	84
32	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	125	x	140	27	27,4	35,1	I, AA8	60
33	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	102	x	130	27	30,0	46,7	I, A8	63
34	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	99	x	180	24	28,7	46,3	I, A8	66
35	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	68	x	260	19	30,8	46,3	I, A8	67
36	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	56	x	1080	24	26,0	37,0	I, A6	66
37	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	101	x	110	24	28,9	27,0	I, A6	74
38	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	115	x	130	24	28,8	35,3	I, A6	67
39	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	93	x	190	28	31,3	55,6	I, A6	56
40	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	48	x	830	35	31,3	23,7	I, A8	78
41	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	54	x	410	19	23,6	34,9	I, A8	67
42	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	61	x	450	17	22,2	28,7	I, A2	78
43	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	84	x	220	17	22,2	42,7	I, A2	67
44	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)	121	x	70	19	32,1	28,4	I, A1	78
45	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)								
46	K	XI 1a	45	Rvb	2-(2)								

Tab. A 3: Kenndaten der Probekreise (Teil 1, Nr. 1 - 46)

Anmerkungen: 1) K = Kirchheimbolanden, L = Lauterecken, R = Ramsen, W = Winweiler

2) 38 = Nördlicher Pfälzerwald, 45 = Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland, 46 = Westlicher Berg- und Hügelland

3) DL = Decklehme, Kg.L = Kalkgründige Lehme, KL = Kieslehme, LL = Lößlehme, Lsa = Lehmsande, Mg.L = Magmatische Lehme, Rvb = Rhyolithverwitterungsböden, Sa = Sande, TL = Tonlehme, UL = Schlufflehme

Probekreis-Nr.	Forstamt <sup>1)</sup>	Forstort	Wuchsbezirk <sup>2)</sup>	Substratreihe <sup>3)</sup>	Standortseinheit	Mittl. (t, s-)Alter [Jahre]	Altersermittlung Stamm-Forsteinr. analyse	N	G [m <sup>2</sup> /ha]	h <sub>100</sub> [m]	d <sub>100</sub> m.R. [cm]	Ertragsklasse h <sub>100</sub>	h/d <sub>100</sub>
47	K	3a	45	Sa	K (2)-2	100	X	130	22	32,4	48,7	I, A7	67
48	K	7a	45	Sa	K (2)	91	X	290	31	32,5	45,6	I, A7	72
49	K	7b	45	UL	K (2)	59	X	480	16	24,5	30,4	I, A7	78
50	K	5a	45	Mg, L	K (2)-3	98	X	170	26	33,0	47,7	II, A2	60
51	W	12	45	UL	K (2)	104	X	300	32	33,7	46,3	II, A2	70
53	W	3b	45	Sa	K (2)	104	X	300	32	33,7	46,3	II, A2	66
54	W	2c <sup>2</sup>	45	UL	K (2)	123	X	280	37	31,8	48,0	III, A6	66
55	W	1	45	UL	K (2)	116	X	300	30	29,4	44,5	III, A6	69
56	W	2b	45	UL	K (2)	111	X	380	24	30,9	44,5	III, A6	75
57	W	4	45	Sa	K (2)	104	X	380	24	30,9	44,5	III, A6	55
59	W	3 <sup>2</sup>	45	UL	K (2)	87	X	190	38	30,9	44,5	III, A6	55
60	W	2c	45	UL	K (2)	104	X	240	21	26,5	40,1	III, A0	55
61	W	3	45	UL	K (2)	54	X	850	29	25,4	27,2	III, A0	94
62	W	5	45	UL	K (2)	113	X	230	29	25,4	27,2	III, A0	71
64	W	3	45	DL	K (2)	78	X	260	27	28,1	39,5	III, A2	71
65	W	6	45	UL	K (2)	108	X	250	27	28,1	39,5	III, A2	71
70	V	2	45	UL	K (2)	46	X	1010	25	22,4	22,1	III, A0	63
71	V	1	45	UL	K (2)	43	X	890	27	22,4	22,1	III, A0	89
73	W	2a	45	UL	K (2)	79	X	290	26	22,4	22,1	III, A0	87
75	W	5b	45	UL	K (2)	92	X	420	18	34,7	30,0	III, A0	92
76	W	4	45	RVb	K (2)	81	X	150	27	34,7	30,0	III, A0	92
77	W	10b <sup>2</sup>	45	UL	K (2)	93	X	270	23	31,5	37,8	III, A4	65
78	L	10b <sup>2</sup>	45	UL	K (2)	95	X	310	23	31,5	37,8	III, A4	65
79	L	4 <sup>2</sup>	46	UL	K (2)	92	X	240	19	30,7	36,9	III, A6	80
80	L	1 <sup>2</sup>	46	UL	K (2)	92	X	100	15	27,4	32,2	III, A6	85
81	L	1	46	UL	K (2)	106	X	220	30	32,7	37,8	III, A6	85
82	L	1	46	Sa	K (2)	102	X	190	22	32,7	37,8	III, A6	86
83	L	1	46	UL	K (2)	104	X	320	24	32,7	37,8	III, A6	86
84	L	1	46	UL	K (2)	102	X	320	24	32,7	37,8	III, A6	86
87	L	2b	45	Mg, L	K (2)	88	X	210	16	22,7	34,7	III, A6	73
88	L	3b	46	UL	K (2)	87	X	340	21	22,7	34,7	III, A6	80
89	L	a	46	UL	K (2)	84	X	360	25	22,7	34,7	III, A6	82
90	L	a	38	UL	K (2)	85	X	160	30	22,7	34,7	III, A6	74
91	L	a	38	UL	K (2)	137	X	290	25	22,7	34,7	III, A6	71
92	L	2a	38	LSa	K (2)	77	X	290	30	22,7	34,7	III, A6	68
93	L	5b	38	LSa	K (2)	77	X	260	30	22,7	34,7	III, A6	68
94	L	2a	38	UL	K (2)	115	X	160	24	31,6	43,4	III, A2	80
95	L	1a	38	UL	K (2)	62	X	240	21	31,6	43,4	III, A2	83
96	L	1a	38	UL	K (2)	113	X	190	37	43,6	55,0	III, A4	79
98	L	1a	38	UL	K (2)	174	X	290	34	43,6	55,0	III, A4	73
99	L	1a	38	LSa	K (2)	124	X	230	25	28,4	38,3	III, A8	73
100	L	3a	38	LSa	K (2)	117	X	160	31	37,4	46,9	III, A7	61

Tab. A 3: Kenndaten der Probekreise (Teil 2, Nr. 47 - 100)

Anmerkungen: 1) K = Kirchheimbolanden, L = Lauterecken, R = Ramsen, W = Winnweiler  
 2) 38 = Nördlicher Pfälzerwald, 45 = Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland, 46 = Westlicher Berg- und Hügelland

3) DL = Decklehme, KG, L = Kalkgründige Lehme, KL = Kieslehme, LL = Lößlehme, LSA = Lehmsande, Mg, L = Magmatische Lehme, RVb = Rhvolithverwitterungsböden, Sa = Sande, TL = Tonlehme, UL = Schlufflehme

Baum-Nr.	Probekreis-Nr.	Forstamt	Forstort	Hochs- bezirk	Substrat- reihe	Standorts- einheit	Alterts- [Jahre]	Länge [m]	Durchmesser d <sub>1,3</sub> O.K. [cm]	h/d	Ertrags- klasse t <sub>1,3</sub> 40	Baum- klasse KRAFT	Rel. Kronen- länge [%]	Lage im Pk auß. Pk
001	1	K	XXVIII 1a	45	RVB	S m 1-2 g	114 116 110	36,0 33,0 34,5	42,8 53,7 54,8	70 61 63	I,4 I,7 I,1	I	39 36 52	X X
002	6	K	XXVIII 1a	45	RVB	S m 1-2 g	130	37,2	65,1	57	I,4	I	38	X
003	8	K	XXVII 1b	45	RVB	S m 1-2	57 58 54	27,7 27,0 26,8	57,7 52,6 51,5	105 83 85	I,AA5 I,AA8 I,AA3	I	45 32 48	X X X X
004	89	L	II a	46	UL	K m (2)-2	85 88 86	28,6 28,0 28,4	43,9 38,7 40,3	66 72 71	I,0 I,2 I,4	I	62 51 52	X X X X
005	90	L	II a	46	UL	K m (2)-2	82 86 84	27,8 26,6 25,0	39,6 43,6 43,2	70 68 59	I,9 I,7 I,0	I	50 59 59	X X X X
006	78	L	I 10b <sup>2</sup>	45	UL	K m (2)-3	95 96 95	25,0 23,9 24,3	42,7 36,9 36,7	57 67 67	I,6 I,4 I,1	I	53 47 49	X X X X
007	77	L	I 10b <sup>2</sup>	45	UL	K m (2)	95 98 96	25,5 26,1 26,1	47,9 56,3 44,3	56 59 59	I,7 I,0 I,2	I	56 58 59	X X X
008	81	L	XXX 1 <sup>2</sup>	46	UL	K m 2	107 107 105	31,8 25,9 28,9	46,5 52,7 48,0	68 65 63	I,9 I,7 I,7	I	49 58 58	X X X X
009	82	L	II 1	46	Sa	K a/m 2	102 101 103	34,5 31,0 30,8	48,4 50,6 51,6	71 61 60	I,3 I,2 I,6	I	53 53 59	X X X X
010	83	L	II 1	46	UL	K m 2	104 104 103	30,0 25,4 25,6	47,8 42,5 42,4	63 62 61	I,2 I,2 I,6	I	47 56 57	X X X X
011	98	R	VII 1a	38	Lsa	K m (2)-2	75 74 79	29,3 28,5 28,0	45,1 38,5 43,2	65 74 65	I,41 I,40 I,45	I	60 60 60	X X X X
012	94	R	V 2a	38	TL	K m 1	113 118 114	35,5 34,0 31,7	45,0 46,7 41,7	79 74 76	I,1 I,1 I,1	I	41 53 65	X X X X
013	96	R	V 1a	38	TL	K m/r 1-2	117 118 111	39,0 41,3 43,0	55,2 57,5 61,8	71 72 70	I,47 I,47 I,41	I	59 57 41	X X X X
014	95	R	V 1a	38	TL	K m 2	62 64 61	25,5 25,9 26,6	33,4 33,1 32,4	79 81 82	I,1 I,0 I,46	I	56 52 65	X X X X
015	93	R	II 5b	38	Lsa	K m 2	76 84 73	30,3 33,3 25,0	44,8 43,6 42,2	68 76 69	I,44 I,46 I,48	I	65 41 58	X X X X X
016	047	R	II 5b	38	Lsa	K m 2	76 81 88	27,3 31,0 23,5	54,2 39,0 41,7	80 80 82	I,49 I,45 I,43	I	72 71 59	X X X X
017	048	R	II 2a	38	Lsa	K m (2)	77 80 80	29,0 26,3 28,7	48,8 43,0 47,7	59 61 60	I,43 I,41 I,44	I	65 63 54	X X X X
018	051	W	XII 2c <sup>2</sup>	45	UL	K m 3-(2)	127 120 123	31,3 31,3 31,5	45,2 44,2 45,7	69 71 63	I,1 I,1 I,1	I	62 58 50	X X X X

Tab. A 4: Kenndaten der Untersuchungsbaume (Teil 1, Nr. 001 - 053)

Anmerkungen: 1) K = Kirchheimbolanden, L = Lauterecken, R = Ramsen, W = Winweiler

2) 38 = Nördlicher Pfälzerwald, 45 = Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland, 46 = Westlicher Berg- und Hügelland

3) DL = Decklehme, Kg.L = Kalkgründige Lehme, KL = Kieslehme, LL = Lößlehme, Lsa = Lehmsande, Mg.L = Magmatische Lehme, RVb = Rhyolithverwitterungsböden, Sa = Sande, TL = Tonlehme, UL = Schlufflehme

Baum-Nr.	Probekreis-Nr.	Forstamt	Forstort	Hochs-bezirk	Substrat-reihe	Standorts-einheit	Alter [Jahre]	Länge [m]	Durchmesser d. s. O. R. [cm]	h/d	Ertrags-Klasse U. s. 40	Baum-Klasse KRAFT	Rel. Kronen-länge [%]	lage im PK auß. PK
054	55	W	XLI 1	45	UL	K m 2	126	28,7	40,2	74	IV,7	2	66	x
055							117	28,8	48,2	82	IV,7	2	53	x
056							111	29,3	44,9	86	IV,6	2	52	x
057	56	W	XLI 2b	45	UL	K r/m (2)-2	112	30,2	42,0	72	III,1	2	58	x
058							109	30,2	43,2	72	III,7	2	48	x
059							113	30,5	44,7	68	III,7	2	48	x
060							61	23,5	34,3	59	I, A2	2	56	x
061							63	25,2	37,5	76	I, A7	2	59	x
062							67	25,6	33,5	76	I, A2	2	59	x
063	53	W	XIV 3b	45	Sa	K m (2)	107	30,0	50,6	59	III,4	1	61	x
064							101	32,3	50,8	60	I,4	2	78	x
065							103	32,3	50,1	85	I,4	2	43	x
066	70	W	II 2	45	UL	K m (2)-2	48	23,0	25,1	92	I, AA7	1	43	x
067							44	24,6	25,3	73	I, AA6	1	73	x
068							45	24,6	26,9	91	I, AA5	1	56	x
069	65	W	V 6	45	UL	K m 4-3	106	27,0	42,4	64	I,5	2	58	x
070							107	25,5	36,4	70	III,3	2	49	x
071							110	27,3	45,5	60	III,7	2	70	x
072	62	W	V 5	45	UL	K m (2)	112	30,0	41,5	72	III,5	2	66	x
073							114	28,6	43,1	66	III,7	2	59	x
074							113	30,1	45,4	66	III,7	2	70	x
075	31	K	I 1b	45	LL	K r 2	90	32,9	49,7	66	I, AA8	2	66	x
076							91	33,9	44,1	76	I, AA6	2	64	x
077							92	33,9	48,6	70	I, A5	2	73	x
078	34	K	I 4b2	45	Kg.L	K m/r 2	125	30,6	45,6	67	II,1	2	55	x
079							126	30,6	53,9	57	III,7	1	55	x
080							125	29,2	44,9	65	III,7	2	45	x
081	44	K	VIII 1a	45	UL	K m 1-2	61	23,6	29,3	81	I, A7	2	61	x
082							62	22,6	31,4	72	I, O	2	49	x
083							60	23,2	29,1	80	I, A7	2	46	x
084	45	K	IX 4b	45	Mg.L	K m 1	83	35,3	44,0	80	I, AA9	2	50	x
085							80	35,0	43,8	49	I, AA7	2	49	x
086							88	33,5	43,3	77	I, AA9	2	56	x
087	21	K	X c	45	Mg.L	K m (2)	58	25,7	30,6	84	I, AA6	2	51	x
088							58	27,4	33,0	83	I, AA0	2	48	x
089							57	27,6	32,5	85	I, AA5	2	56	x
090	49	K	VII 2b	45	UL	K m 2	56	24,0	35,0	69	I, A4	2	66	x
091							59	27,1	30,4	89	I, AA5	2	51	x
092							61	25,7	29,3	88	I, A4	2	56	x
093	40	K	XXI 3c	45	UL	K m (2)-2	116	29,8	50,6	59	I,6	2	76	x
094							114	29,0	52,0	54	II,9	1	65	x
095							114	31,4	53,5	59	I,6	2	64	x
096	10	K	XXX 3a3	45	Rvb	K m 1	82	31,5	32,9	96	I, A9	2	64	x
097							82	29,0	37,4	92	I,6	2	56	x
098							82	30,0	31,9	94	II,0	2	44	x
099							85	29,8	33,1	90	I,5	2	56	x
100	38	K	XXX 2b	45	Rvb	S m 2	57	23,0	28,1	114	I,4	2	45	x
101							57	22,6	25,7	88	I, A3	2	47	x
102							58	24,1	24,1	94	I, A3	2	54	x
103							58	22,6	24,5	92	I,5	2	57	x

Tab. A 4: Kenndaten der Untersuchungsbäume (Teil 2, Nr. 054 - 103)

Anmerkungen: 1) K = Kirchheimbolanden, L = Lauterecken, R = Ramsen, W = Winnweiler

2) 38 = Mördlicher Pfälzerald, 45 = Glan-Alsenz-Berg- und Hügelland, 46 = Westlicher Berg- und Hügelland

3) DL = Decklehme, Kg.L = Kalkgründige Lehme, KL = Kieslehme, LL = Leßlehme, Lsa = Lehmsande, Mg.L = Magmatische Lehme, Rvb = Rhyolithverwitterungsböden, Sa = Sande, TL = Tonlehme, UL = Schlufflehme

Probekreis- Nr. *	Anzahl Analyse- bäume	Mittl. (t1,3-) Alter [Jahre]	Anzahl Berechn.- punkte	MITTLERE VARIATIONSBREITE				
				Bis Einschlag			Bis (t1,3-)Alter 40	
				Höhe [m]	Ertrags- klasse	h/d	Höhe [m]	h/d
1	3	113	22	2,21	0,9	23	1,15	44
8	3	56	10	0,68	0,7	29	0,70	33
10	4	88	16	3,73	1,9	15	2,56	18
21	3	58	11	0,92	0,8	2	0,84	3
31	3	91	18	1,37	0,8	21	1,74	39
34	3	125	25	1,64	0,8	26	1,42	38
38	4	56	10	1,98	1,2	42	1,73	47
40	3	115	22	1,43	0,8	15	1,16	35
44	3	61	12	1,22	1,0	11	0,98	12
45	3	84	16	2,02	1,1	17	1,78	27
49	3	59	11	1,35	0,7	27	1,20	29
53	3	104	20	2,98	1,2	7	2,24	15
54	3	123	24	2,85	1,5	23	2,58	31
55	3	116	22	3,41	1,6	20	2,87	28
56	3	111	21	2,12	0,8	27	1,05	45
57	3	62	12	1,20	0,9	11	1,19	13
62	3	113	21	1,80	0,9	16	1,39	26
65	3	108	21	2,15	1,0	9	1,77	12
70	3	46	8	2,25	1,9	21	2,25	21
77	3	93	17	1,49	0,9	8	1,68	14
78	3	95	19	2,02	1,0	18	1,44	25
81	3	106	21	2,20	1,1	12	1,81	18
82	3	102	20	2,78	1,4	11	2,68	19
83	3	104	20	2,82	1,4	16	2,03	22
89	3	84	16	1,10	0,9	18	1,00	30
90	3	85	16	1,64	1,1	32	1,91	45
92	3	77	15	2,55	1,2	15	1,67	26
93	7	81	14	3,93	2,1	34	2,98	43
94	3	115	22	2,60	0,9	17	0,79	40
95	3	62	12	1,22	0,7	21	1,06	29
96	3	113	22	4,06	1,7	9	2,86	17
98	3	74	14	1,28	0,8	9	1,42	12
im Mittel	3	88	17	2,09	1,1	18	1,69	27

Tab. A 5: Mittlere Variationsbreiten in den Probekreisen

Anmerkung \*) Probekreis Nr. 6 (1 Analysebaum) ist in dieser Übersicht nicht enthalten.