©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

DER ALTERSTREND BEI JAHRRINGDICHTEN UND JAHRRINGBREITEN VON NADELHÖLZERN UND SEIN AUSGLEICH

Otto U. Bräker

Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf

1. JAHRRING UND WACHSTUMSFAKTOREN

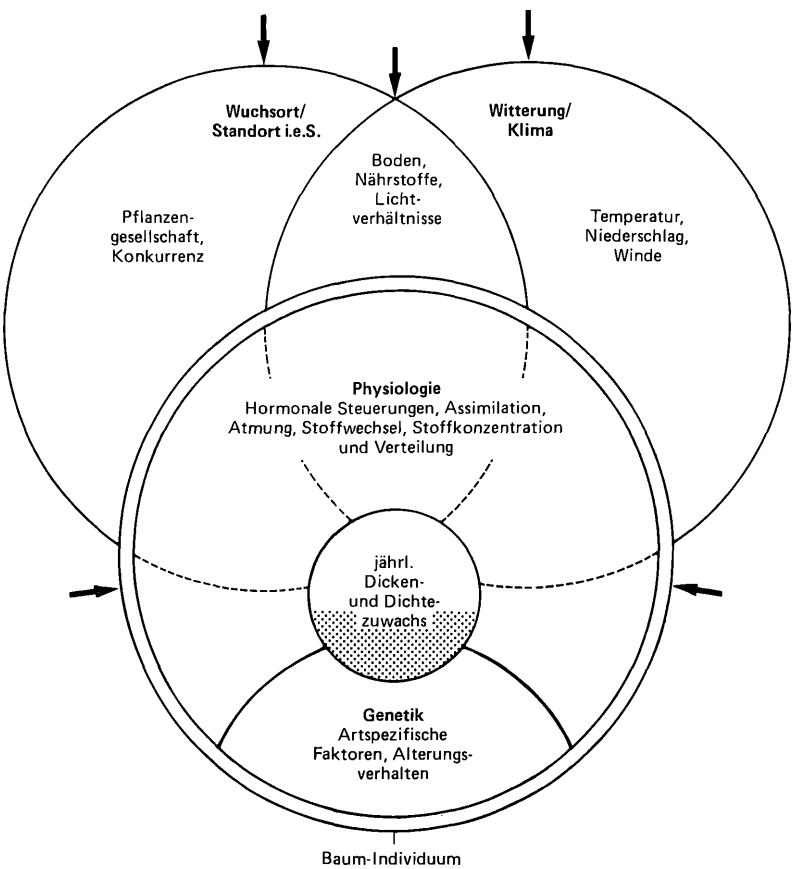
Der Dendrochronologe befasst sich mit Messwerten des Holzwachstums oder Zuwachses; normalerweise misst er die Jahrringbreiten an einem Bohrkern oder einer Querschnittscheibe. Die so gewonnene Jahrringbreiten-Messwertreihe kann je nach Fragestellung nach klimatischen, standortskundlichen, holztechnologischen, ertragskundlichen und forstgeschichtlichen Gesichtspunkten interpretiert oder zur Datierung anderer Messreihen benützt werden. In den meisten Fällen sind die individuellen Schwankungen einer Einzelprobe weniger interessant als die typischen, für mehrere Proben gültigen Aussagen.

Welche Faktoren beeinflussen nun die Jahrringbildung und führen zu Schwankungen? Das Holzgewebe entsteht durch Zellteilung des Bildungsgewebes (Kambium) und den anschliessenden Differenzierungsvorgängen. Figur 1 fasst die Einflüsse nach thematischen Gruppen zusammen. Es werden exogene (äussere, von aussen auf den Baum wirkende) und endogene (innere) Einflüsse unterschieden. Oekologische, d.h. umweltbedingte Faktoren bewirken einerseits Veränderungen in der Physiologie des Baumes. Die physiologischen Reaktionen sind andererseits durch genetische Faktoren eingeschränkt.

Die komplexen Beziehungen zwischen Wachstumsfaktoren und Wachstum führen dazu, dass sich Forschungsvorhaben meistens darauf beschränken, einen oder wenige gesuchte Einflüsse auf das Holzwachstum (meist exogener Art) aus den Messreihen herauszufiltern, die unerwünschten, uninteressanten Einflüsse zu eliminieren. Am einfachsten gelingt dies in Proben, welche wenig unerwünschte Wachstumseinflüsse aufweisen, wo diese Einflüsse während der ganzen Zeit nahezu gleich stark wirkten oder wo deren Dauer und Stärke bekannt sind. Vielfach sind diese Voraussetzungen jedoch nicht gegeben. Daher werden geeignete Methoden gesucht, die Einzelproben in sich und untereinander vergleichbar und gleichwertig machen, d.h. Methoden, welche einzelne, individuelle Schwankungen dämpfen und allgemeine, charakteristische Tendenzen hervorheben.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Das Jahrringwachstum der einzelnen Probe wird weitgehend von endogenen Faktoren bestimmt, die grössten Wertunterschiede innerhalb des Baumlebens lösen Alterungsprozesse aus. Jede Jahrringabfolge ist durch diese Alterung individuell geprägt. Alterungsprozesse wirken in allen Lebewesen, sei es durch Veränderung von Wachstumsgeschwindigkeit oder der Wachstumsqualität (quantitative und qualitative Alterung, Bosshard 1966), sie können sowohl genetische wie physiologische Ursachen haben. Der vorliegende Text behandelt ausschliesslich den Einfluss der Alterung auf die Jahrringbildung.

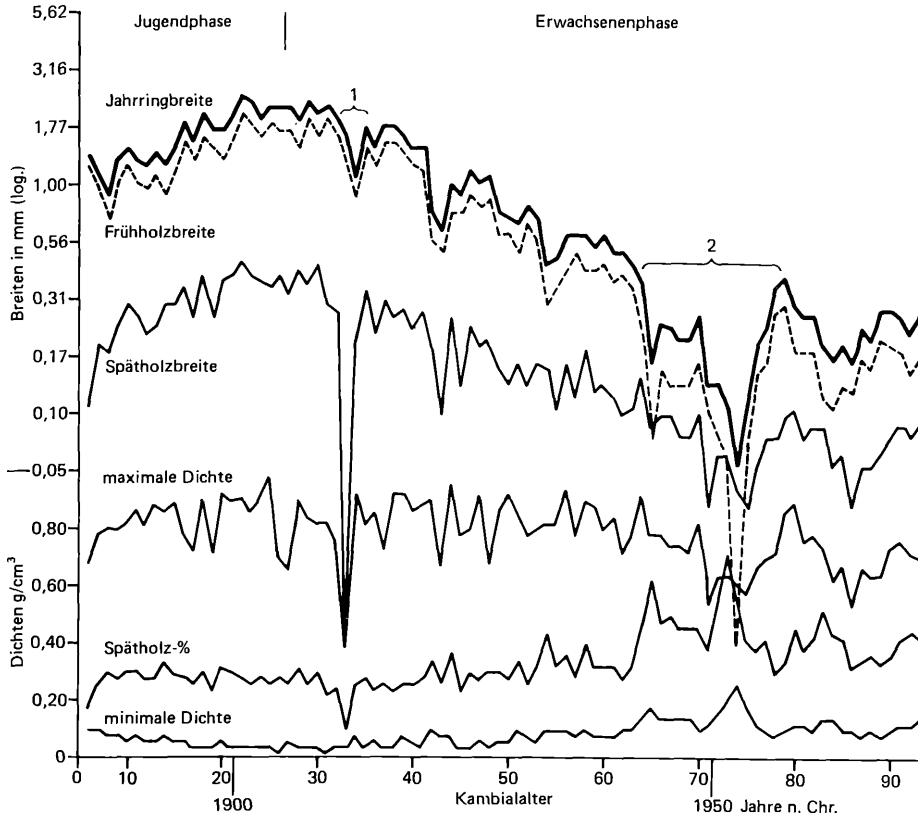


Figur 1. Thematisch geordnete Wachstums-Faktoren. Jeder Kreis umschliesst Faktoren, welche zu Schwankungen des Jahrring-Wachstums führen können. Ausserhalb des Baumindividuums (Doppelkreis) liegen exogene Faktoren, innerhalb des Kreises endogene Faktoren.
Die untersuchten Faktoren dieser Arbeit liegen im gerasterten Bereich. Die Pfeile bezeichnen Einflüsse durch Tiere und Mensch.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

2. JAHRRING UND ALTERUNGSEINFLÜSSE

Die Figur 2 zeigt das zeitliche Verhalten verschiedener Jahrring-Messgrössen (Messwertreihen) einer einzelnen Fichtenprobe. Mit der radiodensitometrischen Methode (Lenz et al., 1976) werden gleichzeitig sechs Messgrössen (oder Merkmale), d.h. die Jahrringbreite, die Frühholzbreite, die Spätholzbreite, die minimale und die maximale Dichte des Jahrringes aufgenommen und das Spätholzprozent berechnet. In den Kurvenbildern lässt sich gut die wechselnde Mischung von Alterungsprozessen (endogen) und klimatischen Einflüssen (exogen) beobachten.



Figur 2. Bohrkern-Datensatz Nr. 21055, Fichte aus Riederalp/VS. Dargestellt sind sechs Messgrössen in je einer eigenen Kurve. Exogene Faktoren lösten kurzfristige (Klammer 1: 1911/12) oder mittelfristige Schwankungen (Klammer 2: 1942-56) des Jahrring-Wachstums aus. Endogene Faktoren bestimmen die Grundtendenz des Kurvenverlaufes: Zunahme der Breiten in der Jugendphase, langsames Abnehmen bei der Erwachsenenphase.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Figur 3 zeigt schematisch die Ueberlagerung einer exogenen Schwankung oder Störung des Zuwachses zum endogenen Alterstrend. Diese Störung mag beispielsweise durch einen Aufastungs- oder Durchforstungseingriff ausgelöst worden sein, sie kann aber auch klimatische Ursachen haben. Die in Figur 2 gezeigte Einzelprobe entspricht dieser schematischen Ueberlagerung, markante Störeinflüsse sind mit Pfeilen gekennzeichnet (Jahre 1912, 1944-1955).

In der forstlichen Ertragskunde ist das Alterungsverhalten von Wachstumsmerkmalen wie der Jahrringbreite wichtig (Figur 3.1). Leibundgut (1966) hat es für das Höhenwachstum der Bäume in drei Phasen, Schütz (1969) in deren vier unterteilt. Nach einer Zunahme in der Jugend, einer Kulmination in der Haupt- oder Optimalphase verlangsamt sich das Höhen- und Breitenwachstum mit zunehmendem höherem Baumalter. Obwohl zwischen verschiedenen Zuwachs- oder Wachstums-Kurven beträchtliche Werteschwankungen bedingt durch zeitliche und standörtliche Unterschiede auftreten, zeigen sie im allgemeinen ein gleichsinniges Alterungsverhalten, den Alterstrend.

2.1 Begriffsdefinitionen

Die Messdaten oder die dargestellten Kurvenpunkte in Figur 2 stehen in einer zeitlichen Abfolge. Diese Folge der Daten wird in der Statistik Zeitreihe genannt. In diesen Kurven können für eine bestimmte Zeitspanne Grundtendenzen, d.h. Trends beobachtet werden. Trends lassen sich bestimmen, indem die Zeitreihen Glättungsprozessen (z.B. graphischer Ausgleich oder Low-Pass-Filter) unterzogen werden. Die Kurven schwanken im Einzelnen um diesen Trend, entsprechende Abweichungen lassen sich berechnen (Figur 17).

Bezieht sich dieser Trend auf die Datierungszeit (vor/nach Christus), so wird von einem Zeittrend gesprochen. Bezieht er sich jedoch auf das Baumalter oder das Alter eines entsprechenden Kambiums, nennt er sich Alterstrend.

Jedem Zuwachsring wird das Lebensalter des Kambiums während seiner Bildung zugeordnet. Dieses Alter wird (relatives) Kambialalter oder nach Delorme 1972 relatives Markalter genannt.

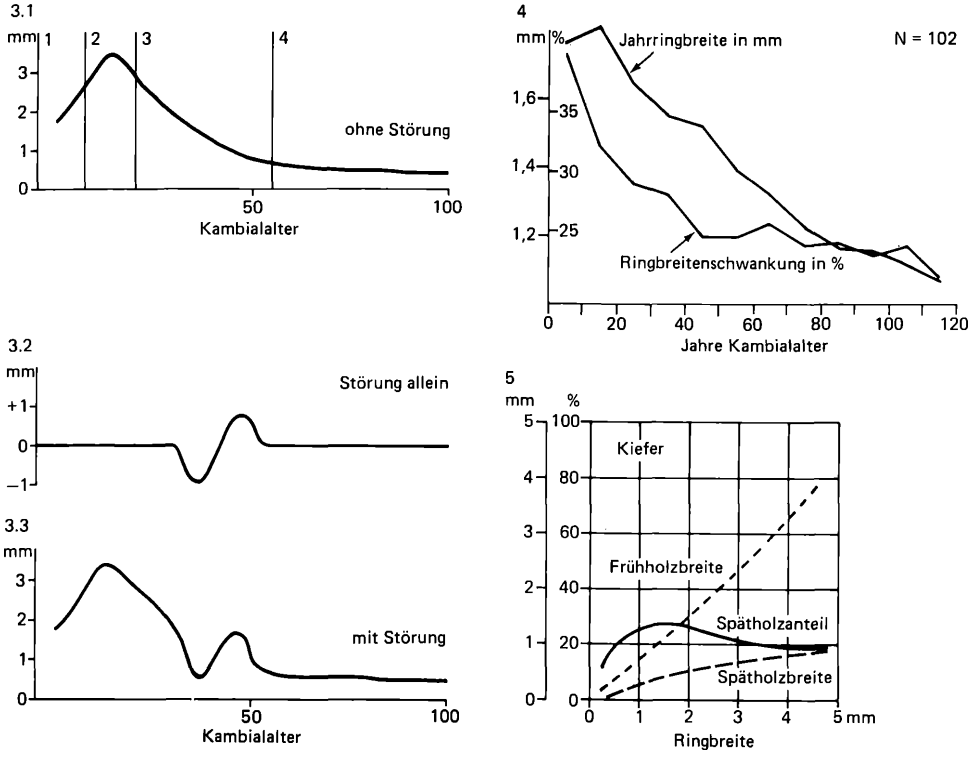
Verschiedene Autoren haben den Alterstrend der Jahrringbreiten mit Formeln unterschiedlichster Art und Herleitung beschrieben. Prodan 1961 erwähnt die verallgemeinerte Zuwachskurve von Hugershoff: $y= a*e^{-bt}*t^{c}$; Fritts 1976 eine Vereinfachung: $y= a*e^{-bt}+ c*t +d$. Dabei bedeuten: y= Ringbreite, t= Kambialalter, a,b,c,d= Koeffizienten, Konstanten, e= Basis der natürlichen Logarithmen.

Bei der Beurteilung des Alterstrends ist der Charakter des Kurvenverlaufes das Wesentliche; die exakte Beschreibung des Trends mit einer Formel wird für jede Einzelprobe individuell variieren, deren Koeffizienten können mit bekannten, raschen Rechenverfahren ermittelt werden (Methode der kleinsten Quadrate).

Sollen die Einflüsse des Alters, d.h. der Alterstrend einer Zeitreihe, aus einem Datensatz eliminiert werden, müssen die Originaldaten verändert werden. Statistische Verfahren, welche Daten verändern werden Transformationen genannt. Im vorliegenden Falle besteht die Transformation darin, den Trend aus Daten zu entfernen und nur noch die Abweichungen zu diesem Trend zu berücksichtigen.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Für die Jahrringbreiten sind Alterstrend und entsprechende Korrekturformen bekannt (Delorme 1972, Figuren 3.1 und 4; Parker und Henoch 1971, Fritts 1976). Für andere Messgrössen, insbesondere Dichtewerte, sind keine diesbezüglichen Angaben in der Literatur zu finden. Wohl sind Angaben der Dichtetrends für mittlere Ringdichten bekannt (Elliott 1970, u.a.), diese lassen jedoch keine Rückschlüsse auf unsere Messgrössen zu.



Figur 3. Jahrringbreiten, schematischer Kurvenverlauf.
3.1: Endogene Veränderungen der Breiten durch Alterungsprozesse, Alterstrend mit grober Gliederung in Wachstums-Phasen: 1=Jugendphase, 2=Optimale Wachstumsphase, 3=Erwachsenen- und Altersphase, 4=Degenerations- und Absterbephase.
3.2: Veränderung eines exogenen Wachstumsfaktors in der Zeit, eine Schwankung oder Störung wird mittelfristig ausgelöst.
3.3: Ueberlagerung der exogenen und endogenen Einflüsse.

Figur 4. Veränderungen der mittleren Ringbreite und Ringbreitenschwankung mit relativem Markalter (Kambialalter) für Eiche. Aus DELORME, 1972.

Figur 5. Frühholzbreite, Spätholzbreite und Spätholzanteil (Spätholzprozent) in Abhängigkeit von der Jahrringbreite bei Pinus silvestris. Nach YLINEN 1951; aus TRENDELENBURG, 1955.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Für Frühholz- und Spätholzbreite sowie Spätholzprozent sind Zusammenhänge zur Jahrringbreite bekannt (Trendelenburg 1955, Figur 5; Weitland 1960, Schulz 1959). Holzdichtewerte sind nach Reck 1965 und Cown 1976 komplex mit anderen Holzmerkmalen verknüpft und haben teilweise zu widersprechenden Ergebnissen geführt; die Vielfalt der Einflüsse machten es schwer, einfache Erklärungen zu errechneten Merkmalskorrelationen beizubringen.

2.2 Untersuchungsziele

Mit dieser Untersuchung soll der allgemeine Alterstrend für alle sechs Messgrössen Frühholz-, Spätholz-, Jahrringbreite, minimale und maximale Dichte und das Spätholzprozent an den Baumarten Fichte und Föhre schweizerischer Standorte bestimmt werden.

Im weiteren werden die Zusammenhänge (Korrelationen) zwischen verschiedenen Messgrössen sowie zwischen Messgrössen und Kambialalter beschrieben. Die Breiten- und Dichte-Messreihen einer Probe sind nicht voneinander unabhängige Grössen. Ueber physiologische Vorgänge innerhalb des Stammes sind die Merkmale oder Messgrössen miteinander verknüpft. Diese Verknüpfungen können wiederum durch exogene Einflüsse variieren. Deshalb werden alpine, xerotherme und Mittelland-Standorte unterschieden und getrennt beobachtet. Die Merkmalskorrelationen werden nur insofern beachtet, als sie zur Erklärung von Alterstrends beitragen. Eine Interpretation erfolgt nur durch qualitative Vergleiche aufgrund einfacher Merkmalsabhängigkeiten.

Obwohl aus der Literatur die spezielle Stellung der marknahen Zonen (Jugendphase) sowie des Splintes bekannt sind, werden deren Einflüsse auf die Merkmalskorrelationen und den Alterstrend nicht im Detail bearbeitet.

Technologische Probleme bei der Holzdichtebestimmung, die bei der Erfassung in sehr engen oder sehr weiten Jahrringen auftreten, können zu Fehlmessungen führen; diese werden jedoch hier nicht bearbeitet.

2.3 Das Datenmaterial

Die in früheren Projekten radiographisch bearbeiteten Bohrkernproben aus alpinen, xerothermen und Mittellandstandorten bilden das Datenmaterial für die Auswahl der Zeitreihen. Für die Untersuchung eigneten sich alle Holzproben, welche das Mark in der Probe aufzeigten oder dessen Lage gut abschätzen liessen. Aus messtechnischen Gründen wurden die ersten marknahen Jahre nicht densitometrisch aufgenommen.

Methodische Hinweise

Um das Kambialalter der Jahrringe in den Datensätzen zu ermitteln, mussten die nicht gemessenen marknahen Jahrringe auf dem Röntgenfilm oder der Holzprobe ausgezählt werden. Fehlende marknahe Ringe wurden mit folgendem Verfahren ermittelt (Figur 6):

Eine Kreisschablone grenzte aufgrund der Jahrringkrümmungen die Position des Markes bei dessen Fehlen ein. Die noch vorhandenen marknächsten 5-10 Zuwachsringe lassen die fehlenden Jahrringe extrapolieren. Kernproben mit marknah stark unregelmässigem Wuchs wurden dabei weggelassen.

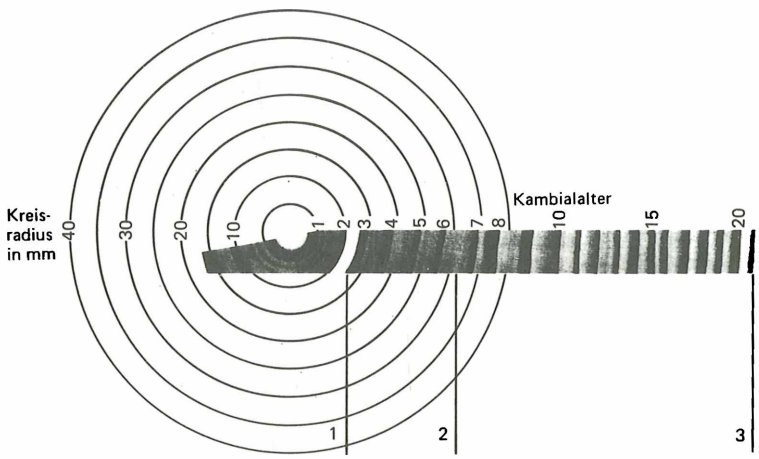
©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

In den meisten Fällen waren weniger als 10 Zuwachsjahre zu ergänzen. Die notwendige Genauigkeit der Markdatierung ist daher gegeben; Fehleinstufungen übersteigen kaum 1-2 Jahre.
Die Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung des Datenmaterials nach Standorten und Standortsgruppen gegliedert.
Die drei Standortsgruppen alpin, xerotherm und Mittelland (ALP, XER, PLA) wurden ausgeschieden, um allenfalls Unterschiede in den Merkmalskorrelationen festzustellen. Zur Ermittlung des Alterstrends stand nur für Fichte und Föhre ein genügend breites standörtliches Variationsspektrum zur Verfügung.

Tabelle 1: Zusammensetzung des Datenmaterials für die Alterstrend-Untersuchung.

Standorts-Gruppe		Baumart	Anzahl Kerne	Einzel-Jahre
Mittelkurve alpin (ALP)	6 Standorte	Fichte	46	4821
Mittelkurve Mittelland (PLA)	9 Standorte	Fichte	129	6984
Mittelkurve Mittelland	2 Standorte	Tanne	10	809
Mittelkurve xerotherm (XER)	4 Standorte	Föhre	63	6730
Mittelkurve Deutschland (BRD)	2 Standorte**	Föhre	45	2390
Baumartenmittel	ALP + PLA	Fichte	175	
	XER + BRD	Föhre	108	

** = im Text nicht speziell interpretiert oder nicht erwähnt



Figur 6. Schematische Darstellung der Bestimmung des Kambialalters an Proben ohne Zentralmark.
1: Extrapolierte Ergänzung der Markzone; aufgrund der Zuwachsraten der Jahre 3-6 (Zone 2) fehlen die Altersjahre 1 und 2.
2: Teil eines unvollständigen, markfreien Bohrkernes; aufgrund der Ergänzung (Zone 1) wird der erste Jahrring zum Altersjahre 3.
3: Densitometrisch erfasster Teil des Bohrkernes; der Datensatz beginnt ab Altersjahr 7.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

3. ERGEBNISSE ZUM ALTERSTREND

3.1 Die Zusammenhänge zwischen Messgrössen (Merkmalskorrelationen) und Diskussion der Zusammenhänge

Art der Berechnung, methodische Hinweise

Allfällige Zusammenhänge zwischen zwei Messgrössen oder Merkmalen lassen sich gut aus einer Punkteschwarm-Darstellung der entsprechenden Wertepaare ablesen. Bei näherungsweise linearen Zusammenhängen sind Korrelations- und Regressionsrechnungen geeignete Mittel zur Erfassung und Gütebewertung des Zusammenhanges. Entsprechende Berechnungsmethoden können in Sachs 1978, Seiten 298 ff. nachgeschlagen werden. Als Beispiel diene hier die Beziehung Jahrringbreite zum Kambialalter in Figur 7.1. Aufgrund Untersuchungen von Pollanschütz 1966 und Fritts 1976 ist der exponentielle Trend für Breitenwerte bekannt. Um im Vergleich mit anderen Messgrössen möglichst einfache lineare Zusammenhänge zu finden, wurden die Breitenwerte in logarithmische Werte transformiert.

Aus den Einzelmesswerten jeder Standortsgruppe (alpin, xerotherm, Mittelland) gelangten jeweils Stichproben von nahezu 1000 Wertepaaren zur Darstellung und zur Korrelationsberechnung.

In den Standortsgruppen sind die in Tabelle 2 aufgeführten gesicherten Zusammenhänge berechnet worden (Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 1 %).

Die Frühholzbreiten sind durchwegs sehr gut mit der Jahrringbreite korreliert (Figur 7.2), da das Frühholz normalerweise etwa 70-90 % der Ringbreite umfasst (siehe auch Figur 2).

Die Spätholzbreiten sind unterschiedlich gut zur Jahrringbreite korreliert: bei xerothermen Standorten sind sie sehr eng korreliert, am wenigsten bei Mittellandstandorten (Figur 7.3).

Aus der Berechnung für das Spätholzprozent:
Spätholzprozent= Spätholzbreite * 100 % dividiert durch Jahrringbreite, lässt sich herleiten:

- Spätholzbreite und Spätholzprozent sind eng korreliert.
- Spätholzprozent und Jahrringbreite sind enger korreliert, wenn die Abhängigkeiten von Spätholz zum Jahrring oder

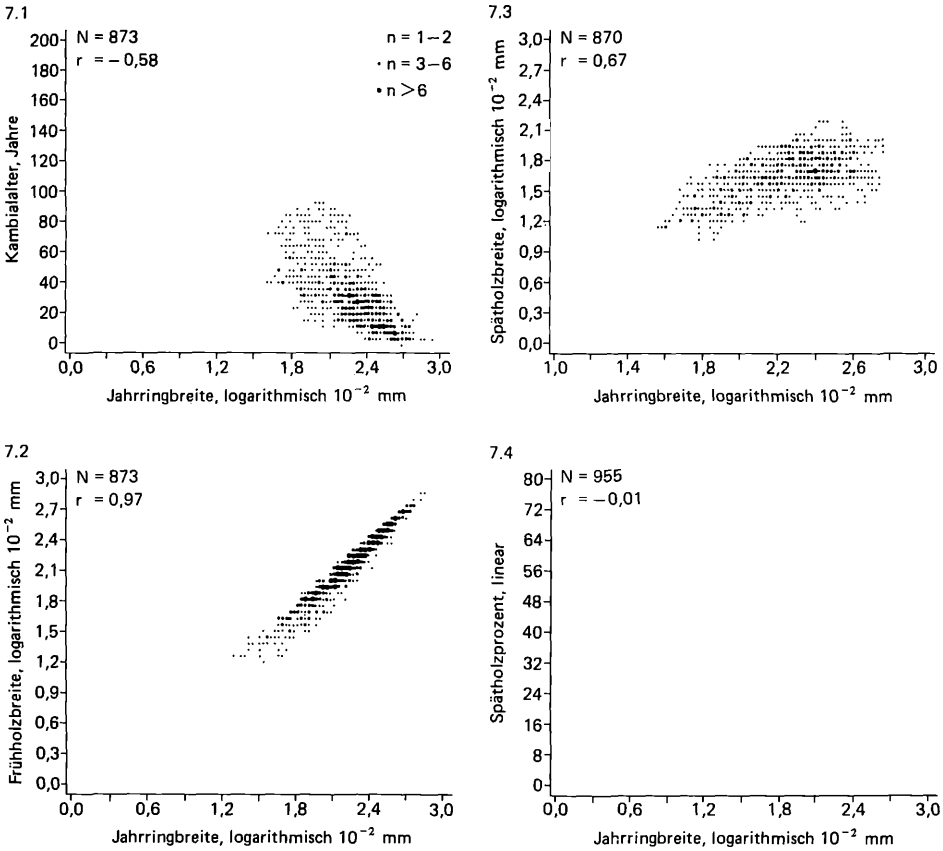
Tabelle 2: Korrelationskoeffizienten nach Standortsgruppen gegliedert.

Messgrössen, Merkmale		Korrelations-Koeffizient r					
		alpin	Mittel-land	xero-therm	Deutsch-land	Total	Fig.
Jahrring-	Frühholzbreite	.98	.97	.97	.94	≥.90	7.2
	- Spätholzbreite	.77	.67	.85	.88	≥.70	7.3
	- Spätholzprozent	-.44	-.48				
	- Maximaldichte	.30		.57			
	- Minimaldichte	-.53	-.54				
Frühholz-	Spätholzbreite	.66	.50	.73	.68	≥.50	
	- Minimaldichte	-.61	-.55				
Spätholz-	Maximaldichte	.61		.65			

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Frühholz gering sind. Die Mittellandstandorte weisen den tiefsten Wert in der Beziehung Frühholz-Spätholzbreite auf (Korrelationskoeffizient r= 0.5, Tabelle 2); die Korrelation Jahrringbreite zu Spätholzprozent ist demgegenüber hoch (r= -0.6, Figur 9). Das entsprechende Gegenbeispiel bieten die xerothermen Standorte in Figur 7.4.

- Das Spätholzprozent ist negativ zur Ringbreite korreliert, d.h. mit sinkender Ringbreite wird der Anteil des Spätholzes auf Kosten des Frühholzes vergrössert (Figur 5).



Figur 7. Zusammenhang zwischen zwei Merkmalsgrössen als Punkteschwarm dargestellt. Die Punktedichte ist in 7.1 erklärt.

7.1: Ein Zusammenhang zwischen Logarithmus der Jahrringbreite und dem Kambialalter bei Mittelland-Standorten ist vorhanden.

7.2: Ein enger Zusammenhang zwischen der Jahrringbreite und der Frühholzbreite bei Mittelland-Standorten ist vorhanden.

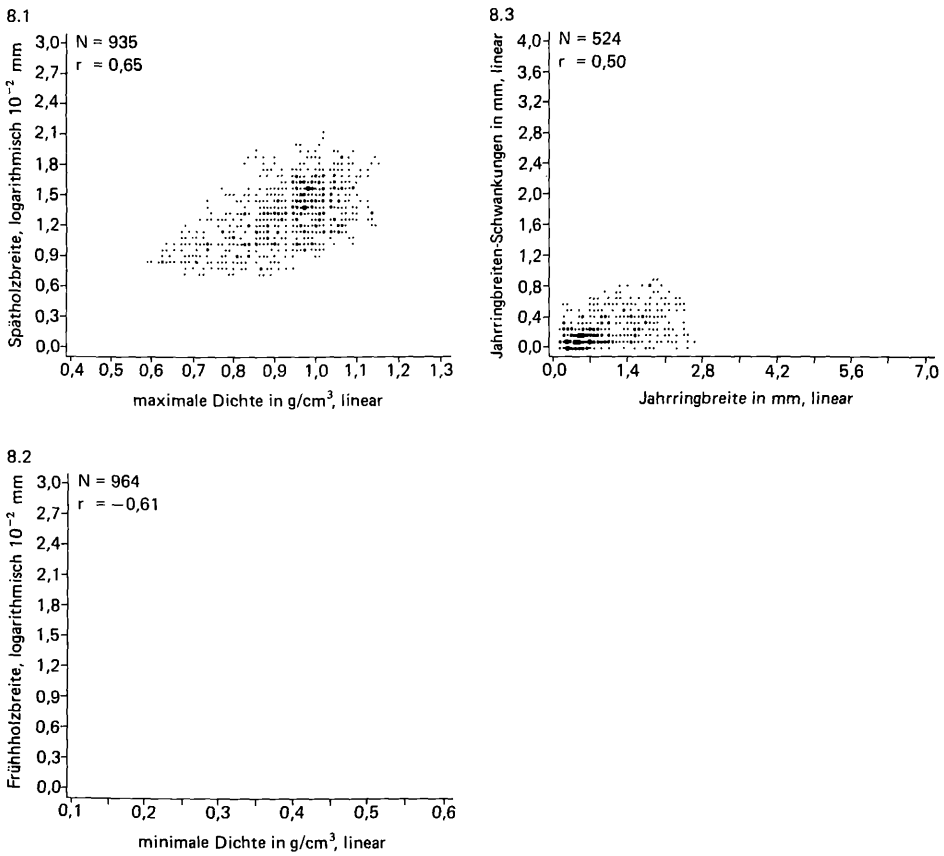
7.3: Ein Zusammenhang zwischen der Jahrringbreite und der Spätholzbreite bei Mittelland-Standorten ist vorhanden.

7.4: Zwischen dem Logarithmus der Jahrringbreite und dem Spätholzprozent bei xerothermen Standorten ist kein Zusammenhang vorhanden.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Zwischen Maximal- und Minimaldichte konnte kein allgemeiner Zusammenhang gefunden werden. Wohl aber sind einzelne Dichte- und Breitenwerte je nach Standort voneinander abhängig.

In extremen Lagen wie xerothermen und alpinen Standorten neigt die maximale Dichte zu positiven Korrelationen mit der Spätholzbreite (und damit auch teilweise indirekt zur Jahrringbreite, Figur 8.1). Wuchsfördernde Bedingungen im Hoch- und Spätsommer bewirken neben der angeregten kambialen Tätigkeit auch ein gesteigertes Appositionswachstum der Spätholzzelle. Wie weitere Untersuchungen ergaben, ist die Temperaturabhängigkeit der maximalen Dichtewerte wesentlich enger als jene der Breitenwerte.



Figur 8. Analoge Darstellungen wie Figur 7.

8.1: Ein Zusammenhang zwischen maximaler Dichte und dem Logarithmus der Spätholzbreite bei xerothermen Standorten ist vorhanden.

8.2: Ein Zusammenhang zwischen minimaler Dichte und dem Logarithmus der Frühholzbreite bei alpinen Standorten ist vorhanden.

8.3: Ein Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Jahrringbreiten-Schwankungen bei Mittelland-Standorten ist vorhanden (markferne Stichprobe).

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Für die Standortsgruppen alpin und Mittelland sind die minimalen Dichten negativ mit der Frühholzbreite korreliert (Figur 8.2). In der Anfangsphase der Vegetationsperiode scheinen die Assimilate eher für eine rasche kambiale Teilung auf Kosten der späteren Zellwandausformung eingesetzt zu werden. An xerothermen Standorten treten diese Zusammenhänge nicht auf, Schwankungen des Niederschlages haben keinen Einfluss auf die Beziehung Frühholzbreite - minimale Dichte. Es liegt daher die Hypothese nahe, dass allenfalls das Frühjahres-Appositionswachstum weitgehend durch die Temperaturverhältnisse beeinflusst wird.

Im Hinblick auf Transformationen, welche den Alterstrend entfernen, ist auch zu beachten, ob nicht nur die ursprünglichen Werte altersabhängig variieren, sondern ob allenfalls auch die Abweichungen (Differenzen) zwischen dem ursprünglichen Wert und dem Erwartungswert (berechneten Alterstrendwert) einen Alterungseinfluss nachweisen. Näherungsweise lässt sich dies damit überprüfen, ob Zusammenhänge zwischen den Werten und den jährlichen Werteschwankungen (Differenzen) bestehen (Figur 4). Positive Korrelationen wurden zwischen Absolutwert und Werteschwankungen (Jahreswert minus Vorjahreswert) für die Jahrring- (Figur 8.3), Frühholz- und Spätholzbreite gefunden. Entsprechende Abhängigkeiten für die maximale und minimale Dichte bestätigen sich nicht (Figur 9).

Eine Zusammenstellung der Merkmalskorrelationen untereinander zeigt Figur 9, diejenigen zum Kambialalter Figur 10.

In jeder Standortsgruppe wurden zudem die nachstehend genannten Stichproben-Auswahlen getroffen.

Warm-/Kaltphasen

Die jährlichen Temperatur-Monatsmittel seit 1900 im Vergleich mit den langjährigen entsprechenden Mitteln geben Hinweise auf Jahre mit wärmeren oder kälteren Vegetationsperioden. Je eine Stichprobe wurde zusammengestellt für eine überdurchschnittlich warme Periode von 1942 bis 1953 und für eine kühlere von 1908 bis 1916 (Tabelle 3).

Tabelle 3: Temperaturwerte Zürich MZA II.

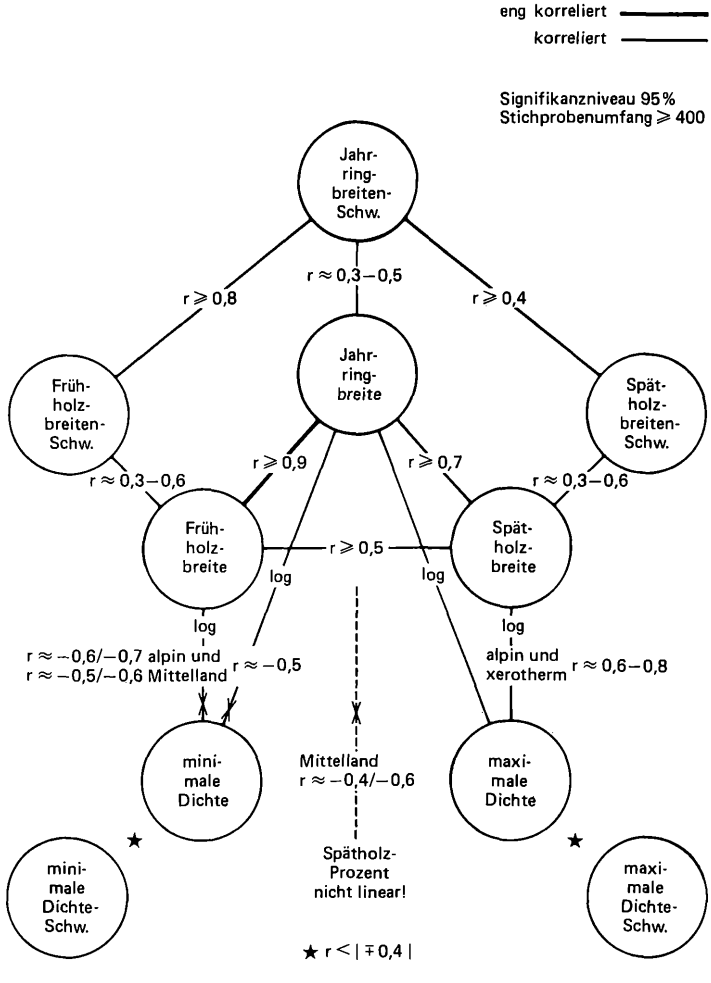
Periode	Monatsmittel												JM.
	Jan.	Feb.	März *	Apr. *	Mai *	Juni *	Juli *	Aug. *	Sep. *	Okt. *	Nov. *	Dez.	
1908-1916 (9)	-1.5	0.7	4.0	7.5	12.3	15.1	16.1	15.8	11.8	8.1	2.8	1.5	7.9
1901-1940	-1.0	0.2	4.2	8.0	12.5	15.5	17.5	16.6	13.5	8.4	3.3	0.2	8.2
1942-1953 (11)	-1.6	0.5	5.4	10.6	14.7	17.5	19.9	19.5	15.7	10.1	3.9	0.2	9.7

* Monate, in denen folgende Klassierung zutrifft:

1908-1916 kalt 1901-1940 normal 1942-1953 warm

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Alle signifikanten Zusammenhänge zwischen den Messgrössen zeigen sich klarer in wärmeren Vegetationsperioden. Die gleiche Aussage gilt auch für die Abhängigkeiten von Messgrösse zu Kambialalter, mit Ausnahme der alpinen Standorte, deren Korrelationen in Kälteperioden erhöht sind (Tabelle 4).



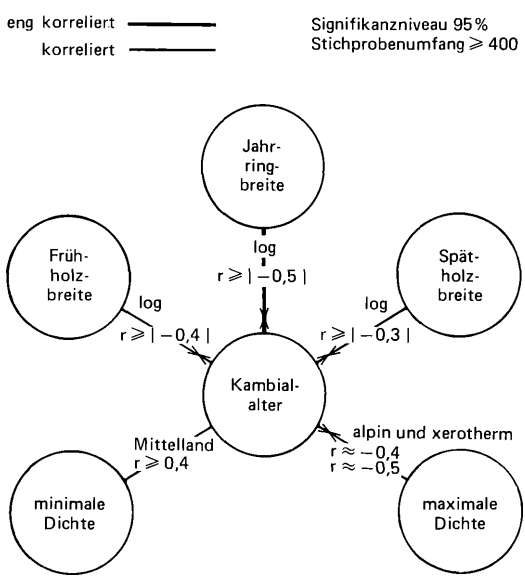
Figur 9. Merkmalskorrelationen zwischen den Messgrössen (Merkmalen) Jahrring-, Frühholz- und Spätholzbreite, minimale und maximale Dichte und dem Spätholz-Prozent, sowie zu den entsprechenden Werteschwankungen (=Schw.). Die Qualität des Zusammenhanges wird durch den Korrelationskoeffizienten r definiert.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Dieser Befund lässt vermuten, dass in warmen Perioden durch erhöhte chemische Reaktionsgeschwindigkeiten physiologische Prozesse im Baum raschere Auswirkungen und koordiniertere Zusammenhänge zwischen verschiedenen Wachstumsgrössen bewirken. Dass in alpinen Standorten Alterungsprozesse in Kaltphasen vorrangige Bedeutung haben, zeigt zusätzlich, dass die Alterung primär von entsprechenden Stress- oder Minimumfaktoren und erst sekundär vom allgemeinen Temperaturniveau beeinflusst wird.

Tabelle 4: Korrelationskoeffizienten nach Kalt/Warmphasen gegliedert.

Messgrössen, Merkmale		Korrelations-Koeffizient r Warmphase		Kaltphase
Minimaldichte- Frühholzbreite	alpin	-.62		-.43
Maximaldichte- Spätholzbreite	alpin	.77	≥	.61
	xerotherm	.81		.71
Frühholz - Spätholzbreite	alpin	.73		.66
	xerotherm	.77		.68
Kambialalter - Jahrringbreite	xerotherm	-.60	≥	-.43
- Frühholzbreite	xerotherm	-.59		-.41
- Spätholzbreite	xerotherm	-.53		-.37
Kambialalter - Jahrringbreite	alpin	-.38	≤	-.63
- Frühholzbreite	alpin	-.33		-.57
- Spätholzbreite	alpin	-.46		-.63



Figur 10. Korrelationen der Merkmale zum Kambialalter. Die Qualität des Zusammenhanges wird durch den Korrelationskoeffizienten r definiert.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

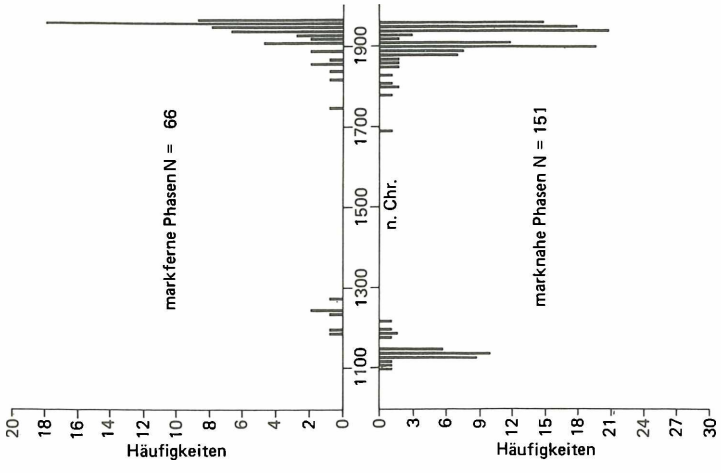
Marknähe/Markferne

Aufgrund der Kambialalter wurden zwei Stichproben für marknahe (20-40 Jahre) und markferne Jahre (≥ 80 Jahre) zusammengestellt.

Markferne Stichproben zeigen mit Ausnahme der alpinen Standorte bessere Korrelationen zwischen den Merkmalen als marknahe Proben (Tabelle 5). Mit zunehmendem Alter wird der Stoffhaushalt des Baumes grösser, physiologische Vorgänge komplexer; während in der Jugendphase und im Optimum (je nach Baumart bis zu 40 Jahre Kambialalter) die einzelnen Merkmale noch stärker variieren können, nehmen die gegenseitigen Abhängigkeiten im Alter zu. Diese Einschränkungen aufgrund ungünstiger, minimierender Temperaturbedingungen gelten für alpine Standorte offenbar schon in der Jugendphase.

Tabelle 5: Korrelationskoeffizienten nach Abstand zum Mark gegliedert.

Messgrössen, Merkmale			Korrelations-Koeffizient r marknah		markfern
Minimaldichte	- Frühholzbreite	alpin	-.70	≥	-.69
Frühholz	- Spätholzbreite	alpin	.53		.37
Frühholz	- Spätholzbreite	xerotherm	.46	≤	.70
Maximaldichte	- Spätholzbreite	xerotherm	.51		.75



Figur 11. Darstellung von Werteverteilungen.
Verteilung der markfernen (Kambialalter 80 Jahre) und der marknahen (Kambialalter 20 Jahre) Phasen von Fichtenproben in der absoluten Zeitskala.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

3.2 Alterstrends der Messgrössen und der Messwert-Schwankungen, Kurvenbilder und Interpretation

Art der Berechnung, methodische Hinweise

Wie im Abschnitt "Datenmaterial" und Figur 6 dargestellt, wurden alle Proben nach ihrem Kambialalter datiert. Das "Herausschälen" der modellhaften endogenen Alterungsprozesse wird ermöglicht, wenn sich bei genügend grossem Probenumfang standörtliche, klimatische, waldbauliche Einflüsse und andere exogen bedingte Störungen durch zeitliche Staffelung der Ereignisse in den Mittelkurven abschwächen oder ausgleichen. Endogen bedingte, kambialaltersabhängige Einflüsse dagegen treten dann klarer in Erscheinung (Figur 4, Delorme 1972). Einen Ueberblick zur zeitlichen Staffelung der Einflüsse zeigt Figur 11.

In einem ersten Schritt wurden Proben des gleichen Wuchsortes zusammengemittelt (Tabelle 1). In einem zweiten Schritt entstanden die Mittelkurven für die Standortsgruppen alpin, xerotherm, Mittelland und Deutschland (BRD). Zuletzt wurden die Mittelkurven für Fichten- und Föhrenproben über alle zur Verfügung stehenden Standorte berechnet.

Parallel zur Mittelung der Originalmesswerte wurden auch entsprechende Zeitreihen der Messwert-Schwankungen jeder Probe (Differenzen aus Messwert des laufenden Jahres minus Messwert des Vorjahres) aufgearbeitet. Auch bei diesen Mittelkurven wird ein allfälliger Alterstrend von Bedeutung sein; je nachdem wird die Transformationsart (Umwandlungsart des Originaldatensatzes) zur Entfernung des Alterseinflusses anders gewählt.

Die oben beschriebene Mittelung von Werten und Werteschwankungen zur modellhaften Erfassung von Alterungsprozessen ist an gewisse Einschränkungen gebunden. Eine Mittelkurve muss nicht modellhaft den gleichen Trend aufweisen wie die zur Mittelung verwendeten Einzelkurven. Werden Einzelkurven mit unterschiedlichen Trends linearer oder exponentieller Art gemittelt, so weist die Mittelkurve in jenem Zeitbereich der allen Einzelkurven gemeinsam ist einen analogen Trend auf. Diese Aussage gilt jedoch nicht für Kurven mit den Charakteristiken eines Polynom- oder Hugershofftrend. Zeitlich unterschiedliche Positionen von relativen und absoluten Extremen können ganz andere Kurvencharakteristiken produzieren. Aufgrund von Ergebnissen aus der forstlichen Ertragskunde kann jedoch gesagt werden, dass für eine bestimmte Baumart auf vergleichbaren Standorten oder vergleichbarer Bonität die Zuwachskurven ähnliche Charakteristiken aufweisen. Ihre Mittelung ist daher näherungsweise statthaft. Eine Ueberprüfung an Datenmaterial hat ergeben, dass die Kulminationspunkte für die Jahrringbreiten immer vor dem 35. Kambialjahr, für die maximale Dichte vor dem 40. Kambialjahr liegen.

Die in der Dendrochronologie üblichen Werte wie Sensitivität und Gleichläufigkeit werden von den jährlichen Werteschwankungen hergeleitet. Daher wurde in dieser Untersuchung auch das Alterungsverhalten der Werteschwankungen untersucht. Die Wahl der Transformationsart zur Eliminierung des Alterstrends hängt jedoch nicht von dem Altersverhalten dieser jährlichen Werteschwankungen ab, sondern ist exakter verknüpft mit den Absolutwerten der Abweichungen zwischen ursprünglichem Wert und dem Erwartungswert (Ausgleichswert ermittelt z.B. durch Einpassen der richtigen Alterstrendkurve oder einfachheitshalber durch Glätten der Kurve mit einem Low-Pass-Filter). Eine nachträgliche Ueberprüfung mit der exakten Methode ergab gleichwertige Alterstrend-Ergebnisse zu denjenigen aufgrund jährlicher Werteschwankungen.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Sowohl die Standortsgruppen- (Figur 12) als auch die Baumartenmittelkurven der Originalmesswerte (Figur 13) und der Werteschwankungen (Figur 14) sprechen eine klare Sprache. Die Alterstrends sind gut von den verbleibenden kleinen Schwankungen (Noise) abzugrenzen. Je nach Grösse dieser Schwankungen wird auch deutlich, in welchen Bereichen der Probenumfang für unsere Fragestellung noch ungenügend ist.

Der Kurvenverlauf aller Breitenwerte lässt sich in zwei wesentliche Abschnitte gliedern: die ansteigende Jugendphase vor der Kulmination und die Erwachsenen- und Altersphase nach der Kulmination. Diese Zweiteilung hat auch für Dichtewerte eine Bedeutung.

Für die Jahrringbreite, Frühholzbreite und Spätholzbreite trifft die verallgemeinerte Zuwachskurve von Hugershoff zu ($y= a*e^{-bt}*t^{c}$). Wird die kurze Jugendphase mit ansteigendem Kurventeil weggelassen, lässt sich die verbleibende Kurve gut mit einer Negativ-Exponentialkurve ($y= a*e^{-bt}$) beschreiben. Für die Spätholzbreite mag ohne Jugendphase näherungsweise auch eine Ausgleichung mit einer rechtssinkenden Geraden ($y= a_0 -a_1*t$) genügen.

Minimale und maximale Dichtekurven lassen sich ohne Jugendphase ebenfalls mit einer Geraden ausgleichen. Beim Spätholzprozent liegen jedoch keine linearen Alterstrends mehr vor. Eine Ausgleichung erfordert mindestens eine Kurve 2. Ordnung (Quadratische Gleichung, Parabel $y= a_0 + a_1*t+ a_2*t^2$).

Wie die Breitenmessgrössen zeigen die Breiten-Schwankungen einen ähnlichen Trend. Wie Figur 9 bereits zeigte, sind beide Reihen linear korreliert: In der Jugendphase hohe Breitenwerte mit grossen Schwankungen, gegen die Altersphase zu abnehmende Werte mit kleineren Schwankungen.

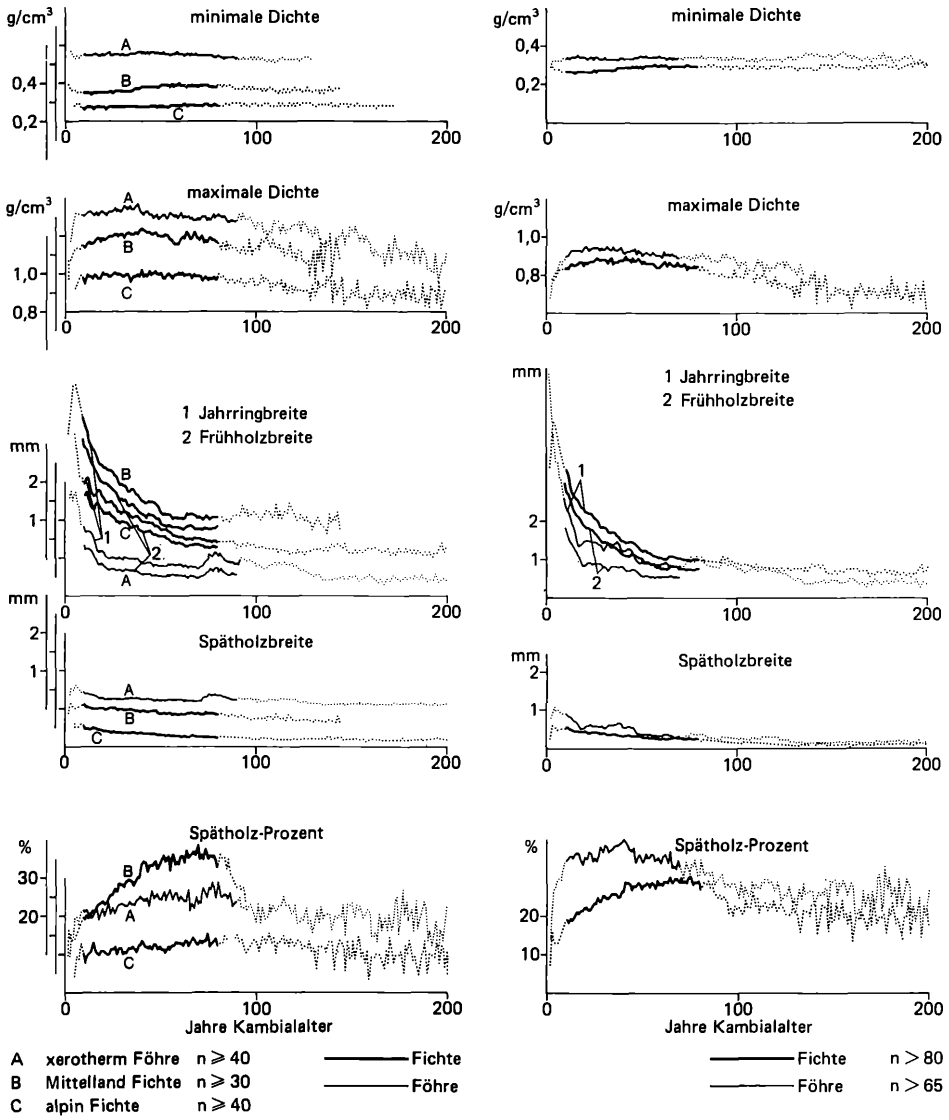
Für die Dichte- und Spätholzprozent-Schwankungen können keine Alterstrends gefunden werden, ihre Kurven verlaufen horizontal, parallel zur Abszisse.

Zwischen den Alterstrends von Fichte und Föhre sind keine nennenswerten Unterschiede sichtbar. Zwischen den Trends der verschiedenen Standortsgruppen entsprechen die Unterschiede den Erwartungen, welche sich bereits aus den Merkmalskorrelationen herleiten lassen.

Die Standorte mit Tannenproben (Tabelle 1) haben sich für die Alterstrend-Studie nicht geeignet. Die ausgewerteten Proben stammen aus Plenterwäldern; die waldbauliche Pflege, der Wechsel von Freistellungs- und Unterdrückungsphasen bedingen starke Schwankungen der Zuwachskurven. Diese Schwankungen überdecken den allgemeinen Alterstrend. Sie erschweren in der Jugendphase zusätzlich eine korrekte Bestimmung des Kambialalters; die Extrapolation des Zentralmarks wird durch diese Unstetigkeiten verunmöglicht. Die 10 Tannenproben sind daher eine ungenügende Datenbasis.

Eine nachträgliche Klassierung der Alterstrends der ausgewerteten Einzelproben ergab die in Tabelle 6 angegebenen Häufigkeiten. Die Tabelle belegt eindeutig, dass gegenläufige, nicht altersbedingte Trends meistens unter 10 % liegen und exogene Ursachen dafür verantwortlich sind. Flache Jahrringkurven bedingen ebenfalls flache Früh- und Spätholzkurven oder ungenügende Merkmalskorrelationen zu Dichtewerten. Daher sind Dichtekurven oft ohne Trend.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at



Figur 12 (linke Spalte). Alterstrends für die Standortsgruppen xerotherm (A, Föhre), Mittelland (B, Fichte) und alpin (C, Fichte). Zur besseren Trennung der Kurven wurden die Ordinatenskalen jeweils versetzt. Gut belegte Kurvenabschnitte sind in ausgezogener Linie dargestellt. Abschnitte mit starken Schwankungen (Noise) sind punktiert.

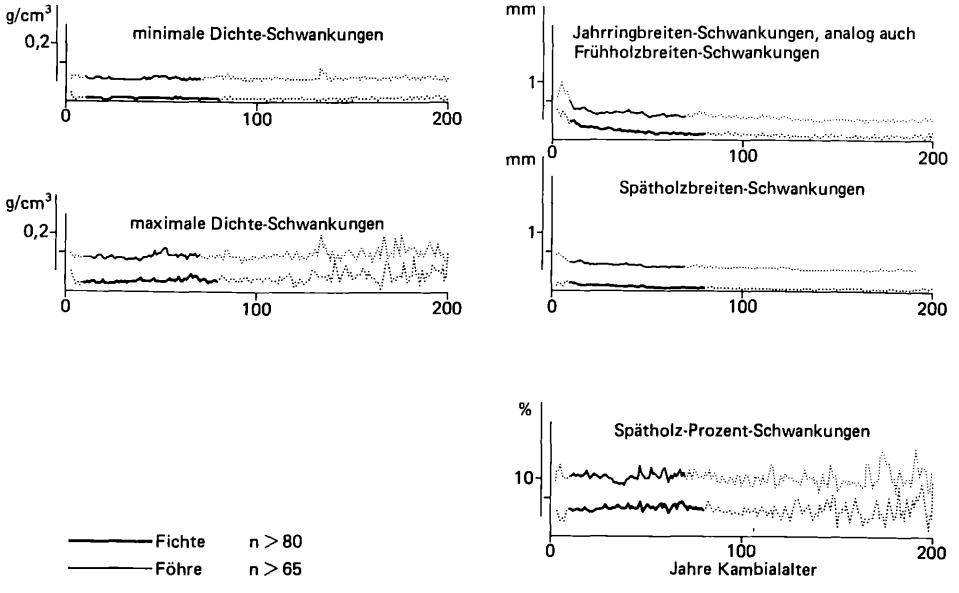
Figur 13 (rechte Spalte). Alterstrends für die Baumarten Fichte und Föhre, Mittelkurven aus den Originalwerten (analoge Darstellung wie Fig. 12).

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Tabelle 6: Nachträgliche Klassierung der Alterstrende von Einzelkurven.

Messgrösse und Art des Trends		Häufigkeitswert alpin	Mittelland	xerotherm
generell flache Breitentrends, insbesondere für Spätholzbreite		46 %	47 %	48 %
Jahrringbreite	normaler Trend*	87	96	100
	ohne Trend	11	1	-
	gegenläufig	2	3	
Frühholzbreite	normaler Trend	87	96	100
	ohne Trend	11	1	-
	gegenläufig	2	3	
Spätholzbreite	normaler Trend	87 %	69 %	98 %
	ohne Trend	11	19	2
	gegenläufig	2	12	-
Minimale Dichte	normaler Trend	43	41	-
	ohne Trend	50	56	94
	gegenläufig	7	3	6
Maximale Dichte	normaler Trend	42	20	46
	ohne Trend	54	51	49
	gegenläufig	4	29	5
Spätholzprozent	normaler Trend	53	80	59
	ohne Trend	43	19	38
	gegenläufig	4	1	3

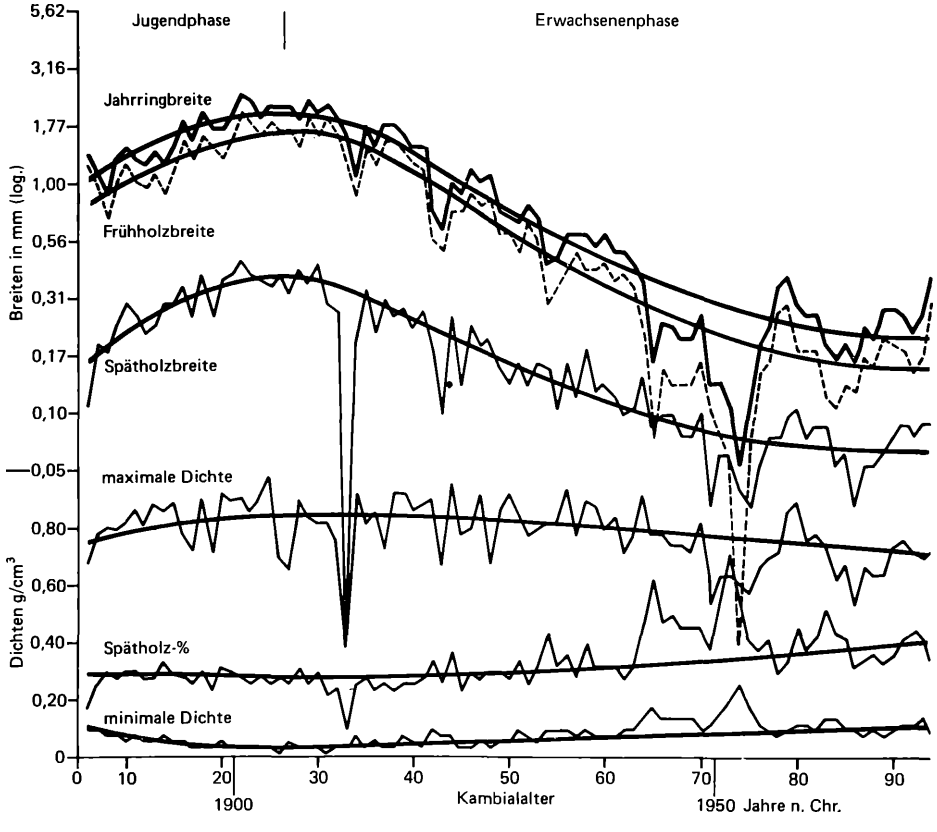
* normal: siehe Figur 12 und 13.



Figur 14. Alterstrends der Werteschwankungen für Fichte und Föhre (analoge Darstellung wie Figur 13).

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Die konkrete Ueberprüfung der Alterstrends im Bohrkernbeispiel aus Figur 2 zeigt Figur 15. Die dargestellten Alterstrends entsprechen den Erwartungen aus den Merkmalskorrelationen. Sie belegen, dass die Trends aus den Fichten-Mittelkurven auch im Einzelfalle zutreffen.



Figur 15. Analoge Darstellung wie Figur 2, jedoch mit überlagertem Alterstrend für alle sechs Messgrössen (hier graphischer Ausgleich).

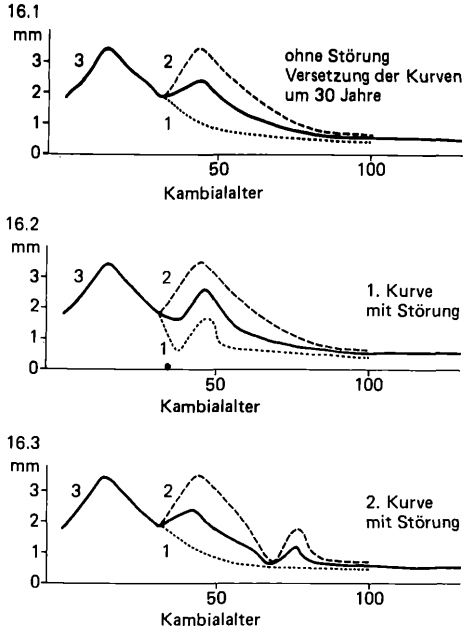
©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

4. DAS AUSGLEICHEN DES ALTERSTRENDS

4.1 Methodische Ueberlegungen

Bei der dendrochronologischen Arbeit stört der alterungsabhängige Kurvenabfall, Vergleiche zwischen verschiedenen Kurven werden erschwert. Dendrochronologen setzen daher für die Arbeit graphische Korrekturmethoden ein. In semiariden Standorten Amerikas entwickelte Douglass den "Skeleton plot", welcher weitgehend nur die Störungen akzentuiert. In Europa führte Huber die Darstellung der Kurven auf halblogarithmischem Papier ein, eine Methode, welche den altersbedingten Abfall der Kurven abschwächt und Störungen als "Signaturen" besser erkennen lässt (Figur 2, 15). Für die rechnerische Bearbeitung von Einzelkurven, zur Bildung von Mittelkurven oder gar zur Herleitung von Beziehungen zu Einflussfaktoren eignen sich diese Methoden nicht, wie Figur 16 anschaulich darlegt:

Je nach Zusammensetzung von Jugend- und Altersphasen in der Mittelkurve werden künstlich Schwankungen hervorge-



Figur 16. Mittelkurve von Jahrringbreiten berechnet aus zwei Einzelkurven.
16.1: Aufgrund des Alterstrends werden bei unterschiedlicher Mischung von Jugend- und Altersphasen in der Mittelkurve Schwankungen verursacht.
16.2: Diese Schwankungen können gesuchte exogen verursachte Schwankungen oder Störungen überdecken, oder
16.3: diese Schwankungen können von den exogenen Störungen nicht mehr unterschieden werden.
1/2 = Einzelkurve 1 und 2, 3 = Mittelkurve aus Einzelkurve 1+2.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

rufen (Figur 16.1), welche typische Störungen durch exogene Einflüsse verwischen (Figur 16.2) oder welche sich von diesen schwer unterscheiden lassen (Figur 16.3).

Das Ausschalten des Alterstrends in den Einzelproben mit Transformationen ist daher der erste Schritt zur besseren Erfassung der anderen Einflüsse. Die Messreihen müssen so verändert werden, dass sie unabhängig vom jeweiligen Baumalter sind.

Wird der Alterstrend aus einer Zeitreihe entfernt, spricht man von einer "stationären Reihe". Aus beliebigen Ausschnitten einer Zeitreihe können Werteverteilungen und dazugehörende Kenngrössen, sogenannte "Momente" berechnet werden. Als Momente einer Verteilung werden definiert: Mittelwert als 1. Moment, Varianz/Streuung als 2. Moment, Schiefe der Verteilung als 3. Moment. Innerhalb dieser stationären Zeitreihe sind dann alle Kenngrössen oder Momente der Werteverteilungen von der Zeit unabhängig.

Die Messwerte des vorliegenden Datenmaterials sind näherungsweise normal verteilt, wie Stichprobenuntersuchungen gezeigt haben. Die Wahl der Transformationen hängt daher nur mit dem 1. und 2. Moment (Mittelwert und Varianz) der Reihen zusammen.

In Figur 17.1 sind zwei Zeitreihen mit unterschiedlichem Kurvenverlauf Typ A und B dargestellt. Anfangs- und Endphasen sind bei den Originalwerten nicht vergleichbar, sie müssen transformiert werden.

4.1.1 Beobachten von alterungsabhängigen Unterschieden in Zeitreihen bei Mittelwert und Streuung von Werteverteilungen

Um die charakteristischen Eigenheiten der Modellkurven zu erfassen, werden jeweils für kurze Abschnitte der Kurven die Werteverteilungen untersucht, d.h. es wird das Mittel (1. Moment) und die Streuung (2. Moment) der entsprechenden Einzelwerte berechnet. Dies wurde schematisch für je eine Anfangs- (jung) und End-Phase (alt) in beiden Kurven getan und in Figur 17.2 dargestellt. Die Veränderung des Mittelwertes dieser Verteilungen entspricht dem Alterstrend der Kurven, er sinkt mit zunehmendem Alter für beide Kurven.

4.1.2 Ausgleich der Mittelwerte zwischen den Werteverteilungen (Differenzbildung)

Die einfachste Art, den Alterstrend auszuschalten und Anfangs- und Endphasen vergleichbar zu machen, besteht darin, anstelle der Originalwerte nur noch deren Abweichungen vom Alterstrend (Ausgleichswert) zu beachten. Diese Abweichungen sind in Figur 17.3 und 17.4 dargestellt. Sie berechnen sich auf folgende Art:

Der originalen Wertereihe wird eine Ausgleichskurve (Alterstrendkurve) eingepasst. Je nach Untersuchungsziel kann diese Ausgleichskurve für jede einzelne Probe speziell berechnet werden oder für die Gesamtheit eines Standortes gemeinsam. Für kubische Lösungen eignet sich ein Programm nach Kimball 1975, für Lösungen mit der

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Hugershoff-Funktion hat Pollanschütz 1966 Methoden angegeben. Diese Ausgleichskurve ist im günstigsten Falle eine Gerade. Die Abweichungen berechnen sich als die Differenz zwischen dem Originalwert Y(t) der Messreihe und dem Ausgleichswert y(t) des Alterstrends für jeden Kurvenpunkt t. Die neue Wertereihe z(t) = Y(t)-y(t) für t=1,2,..n ist nun stationär bezogen auf die Mittelwerte.

Aus Figur 17.4 ist ersichtlich, dass für Kurventyp B die transformierte Reihe nun für alle Teile vergleichbar in Mittelwert und Streuung der neuen Werte geworden ist. Die neue stationäre Reihe ist in Figur 17.5 dargestellt.

4.1.3 Ausgleich der Streuungen zwischen den Werteverteilungen (Quotientenbildung, Indexierung)

Für den Kurventyp A zeigt sich (Figur 17.4), dass nach dem Ausgleich des Alterstrends auch in den verbleibenden Abweichungswerten noch ein Alterstrend vorhanden ist. Die Abweichungen werden von der Anfangs- zur Endphase ständig kleiner. Figur 17.2 belegt dies schon in den Werteverteilungen: Die Streuungen der Anfangs- und Endphasen sind verschieden gross. Für den Kurventyp A ist auch eine Transformation der Abweichungen notwendig. Die Abweichungen sind im Beispiel linear zur Ausgleichskurve des Alterstrends korreliert. Fritts hat dazu die Indexierung der Originalwerte eingeführt, beide Trendausgleichungen (für Mittelwert und Streuung) werden in einem Arbeitsgang verknüpft. Er berechnet:

Indexwert Z(t) = Originalwert Y(t) geteilt durch Ausgleichswert y(t) für jeden Kurvenpunkt t. Die neue Wertereihe ist nun stationär bezogen auf die Mittelwerte und Streuungen der Einzelwerte.

Die transformierte Reihe des Typs A entspricht jener des Typs B in Figur 17.4, ihre Kurve ergibt ein analoges Resultat wie Figur 17.5.

Figur 17. Schematische Schritte zur Transformation einer beliebigen Zeitreihe.

17.1: Kurven der Originalwerte mit zugehörigem Alterstrend (Ausgleichskurve, dünne Linie). Anfangs- und Endphasen sind aufgrund endogener Einflüsse (Alterung) nicht vergleichbar.

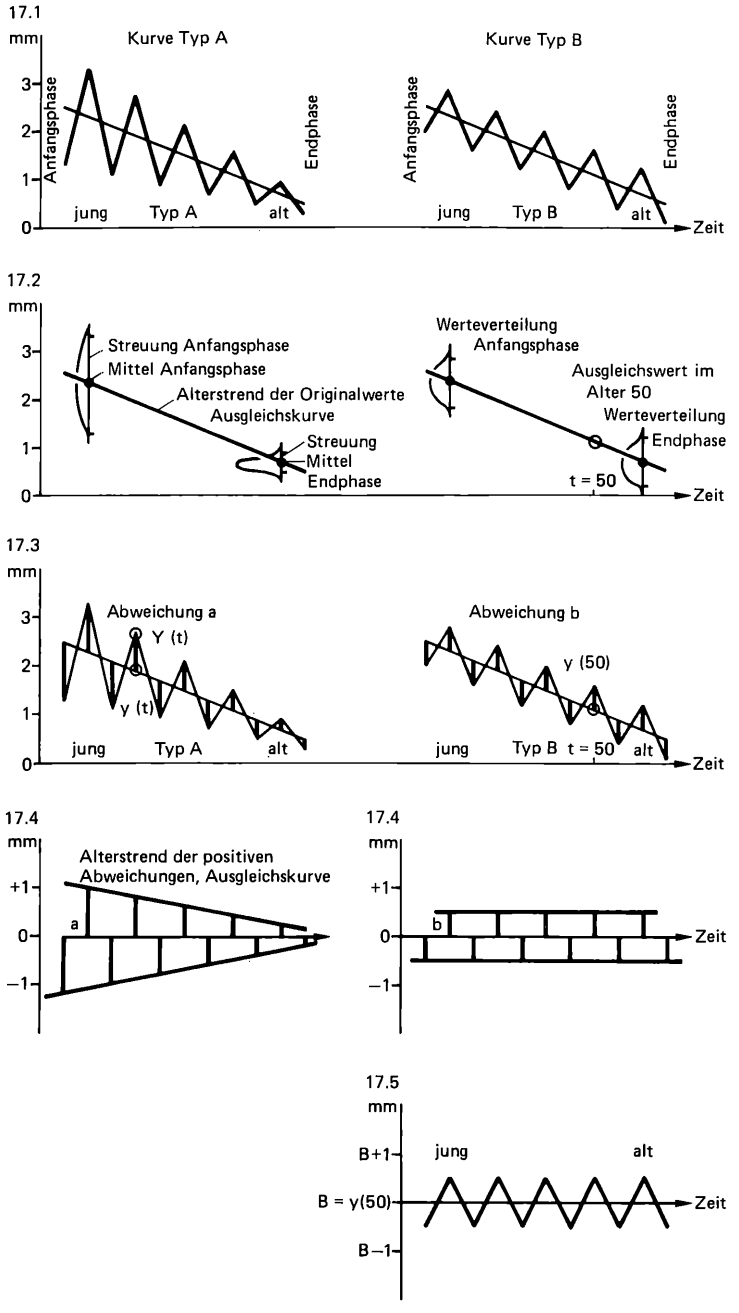
17.2: Schematische Darstellung des Alterstrends; Werteverteilungen in einem jungen und alten Kurvenabschnitt mit Mittelwert und Streuung. Beim Kurventyp A sind für Anfangs- und Endphase Mittelwert und Streuung verschieden, bei Typ B sind es nur die Mittelwerte.

17.3: Schematische Darstellung der Werteabweichungen von der Ausgleichskurve (Alterstrend). Die Originalkurve von 17.1 ist mit dünner Linie eingezeichnet.

17.4: Darstellung der Werteabweichungen aus 17.3 (Differenz Originalwert-Ausgleichswert). Alterstrends der positiven und negativen Abweichungen mit dicker Linie; Typ B zeigt keinen Alterstrend mehr, die Reihe ist stationär.

17.5: Kurve der alters-unabhängigen, transformierten Werte; stationäre Reihe. Weitere Erklärungen im Text.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at



Figur 17. Abbildungstext siehe nebenstehende Seite.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

4.2 Wertniveau und "Bonitierung nach der Transformation

Bei beiden Transformationsmethoden geht das standortsbedingte Wuchsverhalten, das absolute Wertniveau oder Vitalitätsmass der Einzelprobe verloren. Die stationäre Reihe Typ B schwankt um den Mittelwert 0, diejenige des Typs A um den Mittelwert 1. Unterschiede zwischen Proben einzelner Standorte oder langfristige Klimaänderungen zwischen aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten aus mehreren Einzelproben können mit diesen Reihen nicht erfasst werden. Die Einzelproben könnten jedoch nach Ausgleich des Alterstrends wieder auf ein standortscharakteristisches, einheitlich definiertes, vergleichbares Wertniveau angehoben werden. Die notwendigen Verfahren dazu sind in Bearbeitung, sie entsprechen einer ertragskundlichen Bonitierung. Als Vitalitätsmass oder Wertniveau kann beispielsweise der Ausgleichwert (Trendwert) im 50. Kambialaltersjahr definiert werden; dieser heisst für eine bestimmte Baumart und eine Standortseinheit "Bonität" B= y(50). In Figur 17.5 ist die stationäre Zeitreihe auf dieses Niveau bereits zurückgeführt worden. Die Berechnung erfolgt für Typ B mit der Formel:

neue Reihe B(t) = z(t) + y(50); für den Typ A mit:
neue Reihe B(t) = Z(t) * y(50).

4.3 Transformationen der sechs Messgrössen

Aufgrund der Alterstrends und der Altersentwicklungen der Werteschwankungen (Figur 13, 14) können die Transformationen der sechs Messgrössen nach folgender Aufteilung durchgeführt werden (siehe auch Zusammenstellung Tabelle 7):

Breiten-Messgrössen: Transformation durch Indexierung, Quotientenbildung zwischen Original- und Ausgleichswert.

Dichten-Messgrössen und Spätholzprozent: Transformation durch Differenzbildung zwischen Original- und Ausgleichswert.

Je nach Zielsetzung einer Untersuchung empfiehlt sich eine "Bonitierung" der transformierten Werte, wie sie oben beschrieben ist. Während der Berechnung der Ausgleichskurve und der transformierten Werte kann die "Bonitierung" am einfachsten ausgeführt werden, sie lässt sich jedoch auch später anfügen.

Anmerkungen zu nebenstehender Tabelle 7:

Kurven 2. Grades: Maximale Dichte und Spätholzprozent sind konvex nach unten gekrümmt. Minimale Dichte ist konkav nach unten gekrümmt.

Eine Ueberprüfung der Ausgleichsfunktionen mit der Originalmesswertkurve ist empfehlenswert. Insbesondere sollten die Lage der Wendepunkte, Scheitelpunkte oder Abweichungen in den Randphasen kontrolliert werden.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Tabelle 7: Ueberblick über Alterstrends und Transformationsarten

Vorausgesetzt wird, dass die Merkmalskorrelationen für entsprechende Proben oder Standorte bekannt sind. Von den aufgeführten Trends abweichende Formen können nicht mehr ausschliesslich dem Baumalter oder Kambialalter zugeordnet werden.

	1	2	3
	vollständige Kurve mit allen Phasen, Jugend-Absterbephase	Kurve ohne Jugendphase bis zur Kulmination der Jahrringbreite	Kurve mit sehr flachem Alterstrend in der Jahrringbreite
1. Jahrring-, Frühholz- und Spätholzbreite:			
Alterstrend:			
Transformation:	Zuwachskurve von Hugershoff, Alterstrende der Originalwerte und der Werteschwankungen müssen korrigiert werden; Quotientenbildung, Indexierung	Negativ-Exponentialkurve. Indexierung	näherungsweise Gerade. Indexierung, näherungsweise auch Differenzbildung
2. Spätholzprozent:			
Alterstrend:			
Transformation:	Kubische oder quadratische Gleichung (Kurve 3./2. Grades) Nur Alterstrend der Originalwerte muss korrigiert werden; Differenzbildung	Quadratische Gleichung oder näherungsweise Gerade Differenzbildung	Quadratische Gleichung oder näherungsweise Gerade Differenzbildung
3. Minimale Dichte/maximale Dichte:			
a) ohne Korrelation zur Frühholzbreite/resp. Spätholzbreite			
Alterstrend:			
Transformation:	kein Alterstrend evtl. Werte zentrieren, d.h. Differenzbildung zum Mittelwert der Reihe.	kein Alterstrend evtl. zentrieren	kein Alterstrend evtl. zentrieren
b) mit Korrelation zur Frühholzbreite/resp. Spätholzbreite			
Alterstrend:			
Transformation:	Kubische oder quadratische Gleichung (Kurve 3./2. Grades) Differenzbildung	Quadratische Gleichung oder näherungsweise Gerade Differenzbildung	näherungsweise Gerade oder kein Alterstrend Differenzbildung oder zentrieren

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

ZUSAMMENFASSUNG

Frühholz-, Spätholz- und Jahrringbreiten zeigen eine charakteristische Veränderung mit zunehmendem Baumalter. Diese Veränderungen können allgemein mit einer Alterstrendkurve beschrieben werden. Abweichungen von diesem Trend sind weitgehend durch exogene Wachstumfaktoren bestimmt.

Aufgrund von Merkmalskorrelationen für einen Standort (Figur 9, 10) lassen sich die Formen des Alterstrends bestimmen. Für alle Breitenwerte sind nach der Jugendphase Negativ-Exponentialkurven gute Näherungen zum Alterstrend. Zeitreihen mit Breitenwerten zeigen auch in den Werteschwankungen einen Alterstrend. Die Indexierung nach Fritts (1976) ist eine gute Transformationsform für Breitenwerte. Je weniger die Spätholzbreite zur Jahrring- oder Frühholzbreite korreliert ist, umso stärker ist im Spätholzprozent ein Alterstrend zu erwarten (invers zum Breitentrend, näherungsweise leicht steigend mit zunehmendem Kambialalter).

Je stärker Dichtewerte zu Breitenwerten korreliert sind, umso stärker weisen sie einen Alterstrend nach. Maximaldichten nehmen analog zur Spätholzbreite mit zunehmendem Alter ab (Standortsgruppen xerotherm und alpin, extreme Standorte). Minimaldichten werden invers zu Frühholzbreiten allenfalls mit dem Alter leicht zunehmen (Standorte Mittelland und evtl. alpin). Der Alterstrend der Dichten lässt sich meistens durch eine Gerade annähern. Die Dichteschwankungen folgen keinem Alterstrend. Für beide Dichte-Zeitreihen sind lineare Transformationen mit Differenzbildung zum Trendausgleich daher genügend angepasst.

Einen Ueberblick über die Alterstrende und Transformationsarten für Fichten und Föhren schweizerischer Standorte für sechs Messgrössen bietet Tabelle 7.

SUMMARY

Age trends in growth ring width and density in conifers, and their elimination

As trees grow older, characteristic changes in the widths of early-wood, late-wood and annual rings become evident. These changes can be generally described by means of an age-trend curve. Deviations from this trend are, to a large extent, determined by exogenous growth factors.

Age-trend curves can be determined for a site by examining the relationship between the various parameters and time. Negative exponential curves are a good approximation to age trends in width parameters, excluding the youth phase. Deviations in width parameters also show a similar trend. Fritts' (1976) method of indexing is appropriate for widths. The

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

greater the correlation between ring width and late-wood width, the more strongly late-wood percentage shows an age trend, this being inverse to the width trend.

The greater the correlation between widths and densities, the more markedly the latter display age-trends. Maximum density shows a similar trend to that of late-wood width, (extreme sites, xerothermic and alpine) while minimum density shows a trend inverse to that of early-wood width (alpine sites and plains). Density trends can usually be approximated by straight lines. Density deviations show no age-trend and can therefore be used as transformation values.

A summary of age-trends and transformation methods for various parameters of pine and spruce from Swiss sites is given in Table 7.

Translation: Margaret Sieber

VERDANKUNG

Die vorliegenden Untersuchungen wurden durch den schweizerischen Nationalfonds unterstützt. Zum Gelingen der Arbeit haben beigetragen: Dr. F.H. Schweingruber, Dr. P. Schmid-Haas, Prof. Dr. J.-Ph. Schütz (krit. Durchsicht des Manuskriptes), Fräulein M. Novotna (graphische Arbeiten) und B. Ruoff (Reinschrift Manuskript). Prof. Dr. W. Tranquillini und die Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien ermöglichten die Veröffentlichung des gesamten Manuskriptes. Ihnen allen sei hiermit herzlich gedankt.

LITERATURVERZEICHNIS

Bosshard, H.H., 1966: Aspekte der Alterung in Waldbäumen. Schweiz. Ztschr.f.Forstwesen, Bd. 117, S. 168 - 175.

Cown, D.J., 1976: Densitometric studies on the wood of young coastal Douglas-Fir (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco). Dissertation Universität British Columbia.

Delorme, A., 1972: Dendrochronologische Untersuchungen an Eichen des südlichen Weser- und Leineberglandes. Dissertation Göttingen. S. 82 ff.

Douglass, A.E., 1946: Precision of ring dating in tree-ring chronologies. University of Arizona Bulletin No. 3, Vol. XVII, p. 17.

Elliott, G.K., 1970: Wood density in Conifers. Commonwealth Agricultural Bureaux, Oxford, Technical Communication No. 8.

Fritts, H.C., 1976: Tree-Rings and Climate. Academic Press, London.

©Bundesforschungszentrum für Wald, Wien, download unter www.zobodat.at

Huber, B., 1970: Dendrochronologie. In H. Freund: Handbuch der Mikroskopie in der Technik, Bd. V, Teil 1, Umschau-Verlag, Frankfurt, S. 177 ff.

Kimball, B.A., 1975: Cubic Spline Smoothing. United States Water Conservation Laboratory, WCL Report 9, Phoenix, Arizona.

Leibundgut, H., 1966: Die Waldpflege. Paul Haupt, Bern, S. 42.

Lenz, O. et al., 1976: Methodische Probleme bei der ratiographisch-densitometrischen Bestimmung der Dichte und der Jahrringbreiten von Holz. Holzforschung 30/4, S. 114 - 123.

Parker, M.L. und Henoch, W.E.S., 1971: The use of Engelmann spruce late-wood density for dendrochronological purposes. Can.J.For. Res., 1, p. 90 - 98.

Pollanschütz, J., 1966: Verfahren zur objektiven "Abschätzung" (Messung) verminderter Zuwachsleistung von Einzelbäumen und Beständen. Mitt. der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, Bd. 73, S. 129 - 163.

Prodan, M., 1961: Forstliche Biometrie. BLV, München.

Reck, S., 1965: Die Variation und Kovariation einiger anatomischer Holzmerkmale und ihre Beziehung zur Raumdichte bei Fichtenholz. Mitt. der Bundesforschungsanstalt f. Forst- und Holzwirtschaft Reinbeck, Nr. 60. S. 2 ff.

Sachs, L., 1978: Angewandte Statistik, Springer, Berlin.

Schütz, J.-Ph., 1969: Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin et de l'épicéa dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge. Dissertation ETHZ, Bühler, Zürich, p. 32 ff.

Schulz, H., 1959: Untersuchungen über Bewertung und Gütemerkmale des Eichenholzes aus verschiedenen Wuchsgebieten. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Univ. Göttingen, Bd. 23. S. 29.

Trendelenburg, R., 1955: Das Holz als Rohstoff. C. Hanser, München.

Weitland, J., 1960: Jahrringchronologische Untersuchungen an Laubbaumarten Norddeutschlands. Mitt. der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Reinbeck, Nr. 48.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: 142_1_1981

Autor(en)/Author(s): Bräker Otto U.

Artikel/Article: Der Alterstrend bei Jahresringdichten und Jahresringbreiten von Nagdelhölzern und sein Ausgleich 75-102