

**FORSTLICHE  
FORSCHUNGSBERICHTE  
MÜNCHEN**

**Radiodensitometrische Untersuchung  
der Variation von Jahrringbreite und Holzdichte  
in südafrikanischen Pinus radiata-Beständen  
unter dem Einfluß des Klimas und verschiedener  
Durchforstungsmaßnahmen**

von  
**Claus-Thomas Bues**

SCHRIFTENREIHE DER FORSTWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN UND DER  
BAYER. FORSTLICHEN VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT

**59**  

---

**1984**

Forstliche Forschungsberichte München

Nr. 59

1984

---

Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität München  
und der  
Bayerischen Forstlichen Versuchs-  
und Forschungsanstalt

RADIODENSITOMETRISCHE UNTERSUCHUNG  
DER VARIATION VON JAHRINGBREITE UND HOLZDICHTE  
IN SÜDAFRIKANISCHEN PINUS RADIATA-BESTÄNDEN  
UNTER DEM EINFLUSS DES KLIMAS UND VERSCHIEDENER  
DURCHFÖRSTUNGSMASSNAHMEN

von  
Claus-Thomas Bues

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde  
der Universität München

Amalienstr. 52, D-8000 M ü n c h e n 40

## INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	Einleitung und Ziele der Untersuchung	1
2	Pinus radiata	5
2.1	Pinus radiata in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet	5
2.2	Pinus radiata im südlichen Afrika	6
3	Jahrring und Wachstum	8
4	Beschreibung der radiographisch-densitometrischen Untersuchungsmethode	10
4.1	Einleitung	10
4.1.1	Messung mit $\beta$ -Strahlen	10
4.1.2	Photometrische Methode	12
4.1.3	Gravimetrische Methode	12
4.1.4	Mechanisch-optische Meßmethode zur Erfassung der Jahrringbreite	12
4.1.5	Jahrringanalyse und Rohdichtebestimmung durch Messung des Oberflächengefüges	12
4.1.6	Anwendungsgebiete der radiographisch-densitometrischen Meßmethode	13
4.2	Holzprobengewinnung mit Hilfe des Zuwachsbohrers	14
4.3	Schutz des Baumes vor Pilzinfektionen	16
4.4	Transport der Bohrkerne	16
4.5	Zwischenlagerung der gewonnenen Bohrspäne	17
4.6	Harzextraktion	17
4.7	Trocknung der Bohrzyylinder	17
4.8	Herstellung paralleleflächiger Holzproben	18
4.9	Beschriftung der Holzproben	20
4.10	Bestrahlung und Entwicklung der Filme	20
4.10.1	Feuchtegehalt der Holzproben	22
4.10.2	Holzprobenorientierung zur Röntgenquelle	23
4.10.3	Filmwahl	23
4.10.4	Belegung der Filme mit den Holzproben	25
4.10.5	Bestrahlung der Holzproben	25
4.10.6	Kalibrierung der Holzdichte	26
4.10.7	Filmentwicklung	27
4.11	Format und Größe der Lichtmeßspalte	28
4.12	Orientierung der Lichtmeßspalte zu den Jahrringen	29
4.13	Erfassung der Holzdichtewerte	29
4.14	Aufbau und Funktion der Meßeinrichtung	31
4.14.1	Der LEITZ-MPV2 Mikroskop-Photometer	32
4.14.2	Die DENS1- und DENS2-Computerprogramme	34
4.14.2.1	Das DENS1-Programm	34
4.14.2.2	Das DENS2-Programm	34
4.15	Ermittlung der reellen Holzdichte	35

	Seite
5 Genauigkeitstest	37
5.1 Zwei Skandierungen auf derselben Skandierlinie	37
5.2 Die Skandierung auf zwei verschiedenen Linien	39
6 Mathematisch-statistische Behandlung der Meßwerte	40
7 Der Einfluß des Klimas auf die Jahrringbildung	42
7.1 Die Jahrringbreite in Abhängigkeit von Temperatur und Niederschlag	42
7.1.1 Einleitung	42
7.1.2 Beschreibung des Untersuchungsbestandes im JONKERSHOEK-Forstreservat	43
7.1.3 Das Untersuchungsmaterial	46
7.1.4 Die Klimadaten	46
7.1.5 Das Computerprogramm RIBRE	49
7.1.6 Die Computerprogramme RWLIST, INDEX und SUMAC	51
7.1.6.1 Das Programm RWLIST	51
7.1.6.2 Das Programm INDEX	51
7.1.6.3 Das Programm SUMAC	52
7.1.7 Die Jahrringbreiten-Daten	52
7.1.8 Standardisierung der Jahrringbreiten-Sequenzen	56
7.1.8.1 Varianzanalyse	59
7.1.8.2 Analyse des Chronologie-Fehlers	63
7.1.9 Ermittlung von Klimaschwankungen mit Hilfe der Filtertechnik	64
7.1.10 Der Zusammenhang zwischen den Jahrringbreitenklassen und den Klimaklassen	68
7.1.11 Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer bestimmten Klimaklasse bei gegebener Jahrringbreitenklasse	74
7.1.12 Zusammenhang zwischen Temperatur und Niederschlag in den Frühjahr- und Herbstmonaten und dem Jahrringwachstum	75
7.2 Das Problem der falschen Jahrringe	79
7.2.1 Einleitung	79
7.2.2 Nachweis der Dichteschwankungen	80
7.2.2.1 Definition des Begriffs	80
7.2.2.2 Röntgendensitometrischer Nachweis	80
7.2.2.3 Okularer Nachweis	80
7.2.3 Variabilität der Dichteschwankungen innerhalb eines Baumes	81
7.2.4 Die Häufigkeit der falschen Jahrringe in Beziehung zur Jahrringbreite	81
7.2.5 Klimatische Ursachen der Dichteschwankungen: Die Beziehung zwischen den Jahrringbreiten, falschen Jahrringen und den Klimafaktoren Temperatur und Niederschlag	82

	Seite
8 Der Einfluß von Durchforstungsmaßnahmen auf die Jahrringstruktur	84
8.1 Einleitung	84
8.2 Beschreibung der Versuchsflächen in den TOKAI-Plantagen	85
8.3 Das Untersuchungsmaterial	86
8.4 Beschreibung der waldbaulichen Maßnahmen	86
8.5 Die Computerprogramme	90
8.5.1 RIBRE	90
8.5.2 LISTIG,INDEX und SUMAC	90
8.5.3 STILIG,INDEX1 und SUMAC	90
8.5.4 Die BMDP-Programme	91
8.6 Der Einfluß der Durchforstung auf Durchmesserzuwachs,Grundflächenhaltung und Bestandesvolumenentwicklung	91
8.7 Prüfung der Jahrringbreiten und deren Dichtewerte der in der Hauptwindrichtung SSE entnommenen Bohrspäne auf signifikante Unterschiede zu den gegenüberliegenden Kontrollproben	95
8.7.1 Der STUDENT-t-Test	96
8.7.2 Ergebnis der Prüfung für die Jahrringbreite	97
8.7.3 Ergebnis der Prüfung für die Holzdichte	99
8.8 Der Einfluß des Durchforstungsgrades auf die Jahrringbreite	101
8.8.1 Prüfung auf signifikante Unterschiede der Jahrringbreite zwischen den Jahren 1965 bis 1980	101
8.8.2 Korrelationsanalyse	105
8.8.3 Standardisierung der Jahrringbreiten durch Index-Bildung	107
8.8.4 Die Jahrringbreiten-Chronologien für die drei Versuchsflächen	108
8.8.5 Varianzanalyse	109
8.9 Der Einfluß der Durchforstung auf die Holzdichte	111
8.9.1 Prüfung auf signifikante Unterschiede der Holzdichte zwischen den Jahren 1965 bis 1980	111
8.9.2 Korrelationsanalyse	114
8.9.3 Standardisierung der Holzdichte durch Index-Bildung	114
8.9.4 Die Holzdichte-Chronologien für die drei Versuchsflächen A,B und C	116
8.9.5 Varianzanalyse	118
8.10 Vergleich der Jahrringbreiten- und Holzdichtewerte der Jahre 1965 bis 1980 zwischen den drei Versuchsflächen mittels F-Test	119
8.10.1 Der F-Test	119
8.10.2 Ergebnis der Prüfung mittels F-Test	120

	Seite
8.11 Der Zusammenhang zwischen Jahrring- breite und Holzdichte	121
8.12 Der Zusammenhang zwischen den Standard- variaten der Jahrringbreite und den Standardvariaten der Holzdichte	122
8.13 Zusammenfassung	123
9 Die Variabilität der Holzdichte innerhalb der Bäume	124
9.1 Einleitung	124
9.2 Beschreibung des Untersuchungsbestandes im JONKERSHOEK-Forstreservat	124
9.3 Probenentnahme und Untersuchungsmaterial	125
9.4 Die Computerprogramme	126
9.4.1 Das Programm RIBRE	126
9.4.2 Die BMDP-Programme	126
9.5 Prüfung auf signifikante Dichteunterschiede zwischen den Haupt- und Kontrollmessungen für die Meßhöhen 1.3 m und 13.0 m	126
9.6 Die Holzdichte in 1.3 m und 13.0 m Höhe	127
9.7 Korrelationsanalyse	128
9.7.1 Korrelationsanalyse der Jahreswerte untereinander in 1.3 m und 13.0 m Höhe	128
9.7.2 Korrelationsanalyse der Jahreswerte aus 1.3 m und 13.0 m Höhe mitein- ander	129
9.8 Prüfung auf signifikante Dichteunterschiede zwischen den einzelnen Jahren der Unter- suchungsperiode 1971 bis 1980 in den Meß- höhen 1.3 m und 13.0 m	130
9.9 Prüfung auf signifikante Varianzunterschiede zwischen den Messungen aus 1.3 m Höhe und denen aus 13.0 m mittels F-Test	130
9.10 Varianzanalyse	132
9.11 Der Zusammenhang zwischen den Holzdichten aus Brusthöhe und denen aus 13.0 m Höhe	133
9.12 Zusammenfassung	133
10 Schlußbetrachtung / Summary	134
11 Literaturverzeichnis	136
12 Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Übersichten	145
12.1 Verzeichnis der Abbildungen	145
12.2 Verzeichnis der Tabellen	148
12.3 Verzeichnis der Übersichten	153