



Analyse der Klimaauswirkung auf die Jahrringstruktur von Traubeneichen (*Quercus petraea* Liebl.) gewachsen auf Standorten mit unterschiedlicher Ertragsklasse

**Erstellt im Auftrag der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
des Landes Rheinland – Pfalz; Az.: GÖ-Nr. 6.1/01/2014**

vorgelegt von

**Malte Gille, Marian Krüger, Stefan Seegmüller, Joachim Saborowski
und František Hapla**

Projektleitung: Prof. Dr. František H a p l a

Abteilung für Holzbiologie und Holzprodukte
Burckhardt-Institut der Georg-August-Universität Göttingen

April 2015

1. Einleitung	5
2. Material und Methoden	7
2.1 Standort und Klima	7
2.2 Holzproben	13
2.3 Statistische Methoden	16
3. Die Traubeneiche	18
4. Auswertung	26
4.1 Beschreibung der Bestände	28
4.2 Beschreibung der Klimadaten	49
4.3 Sensitivität	53
4.4 Korrelationen zwischen Klimadaten und Wachstum	64
5. Diskussion	68
5.1 Bestände - Wachstum - Zusammenhang GJR,FH,SH	68
5.2 Klimadaten	73
5.3 Sensitivität	76
5.4 Korrelation Klimaparametern und Gesamtjahrringwachstum	79
6. Kritik und Forschungsbedarf	82
7. Fazit	83
8. Tabellenverzeichnis	Fehler! Textmarke nicht definiert.
9. Abbildungsverzeichnis	Fehler! Textmarke nicht definiert.
10. Literaturverzeichnis	87
11. Anhang	94
11.1 Daten der unteren Jahrringbreitenmessung	94
11.2 Daten der oberen Jahrringbreitenmessung	109
11.3 Jahrringchronologien nach dem Alter	121

Abkürzungen

Bst.	Bundsandstein
BWI	Bundeswaldinventur
FH	Frühholz
GJR	Gesamtjahrring
Hm	Höhenmeter
i. D.	im Durchschnitt
Ka.	Kronenansatz
Korr.	Korrelation
Lin. REG	lineare Regression
LK	Leistungsklasse (nach Schober)
mitt.	mittlere
o.R.	ohne Rinde
RLP	Rheinland – Pfalz
SH	Spätholz
TrEi	Traubeneiche
U.-Bst.	Unterer Bundsandstein
ü.NN	über Normal Null
vgl.	vergleiche
VZ	Vegetationszeit
z.B.	zum Beispiel
5 j. gleit. Mittel	5 jähriges gleitendes Mittel

1. Einleitung

Seit der Industrialisierung im 18. Jahrhundert beeinflusst der Mensch die Zusammensetzung der Atmosphäre. Die globale atmosphärischen Konzentrationen der treibhauswirksamen Gase steigt bis heute als Folge menschlicher Aktivitäten an (Kartschall et al. 2007). Der Begriff „Klimawandel“ wird weniger mit den bekannten Erwärmungsphasen der letzten 65 Millionen Jahren in Verbindung gebracht, sondern seit einigen Jahrzehnten als „die anthropogen verursachte Veränderung des Klimas auf der Erde“ definiert (Winter 2014). Trotz der rasanten Zunahme der globalen Erwärmung seit Anfang der Industrialisierung ist der Erwärmungstrend der letzten 50 Jahre mit 0,13 °C pro Jahrzehnt etwa doppelt so hoch wie der Erwärmungstrend seit dem 20. Jahrhundert (Differbaugh und Field 2013). Die Dekade von 2001 bis 2010 war die wärmste seit Aufzeichnungsbeginn (Maier 2010).

In Europa sind Änderungen des Niederschlages und der Temperatur im Laufe des 20. Jahrhunderts deutlich spürbar geworden (Leuschner und Schipka 2004). In Skandinavien ist eine Zunahme des Niederschlags zu verzeichnen, wohingegen er im Mittelmeergebiet abnahm. In Deutschland steht dem deutlichen Anstieg der Winterniederschläge eine Abnahme der Niederschläge im Sommer gegenüber. Vermehrte Dürren im Sommer und Hochwasser in den Wintermonaten sind die Folge (Winkler et al. 2007). Bis zum Jahre 2100 ist ein Temperaturanstieg um drei Grad Celsius mit vermehrter Sommertrockenheit und verstärktem Winterniederschlag prognostiziert (Schuchardt und Witting 2008).

Besonders klimasensitive Wirtschaftszweige, wie die Forstwirtschaft, müssen sich sowohl an die Witterung, als auch an extreme Ereignisse anpassen (Chmielewski 2008). So sind die wichtigsten Standortfaktoren für den Waldbau das Klima und der Boden. Unter diesem Aspekt stellt der Klimawandel eine der größten waldbaulichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar.

Neben der natürlichen Anpassung des Waldes an die sich verändernden Umweltbedingungen, z.B. durch die natürliche Selektion in der Baumartenzusammensetzung, muss der Waldbau unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels aktiv gesteuert werden (Brang et al. 2008). Zu fördern sind dabei anpassungsfähige und dem zukünftigen Klima gerechte Baumarten.

Mit der Toleranz gegenüber Nährstoffknappheit und Trockenstress gehört die Traubeneiche zu der Gruppe der Gewinner des Klimawandels (Kölling und Zimmermann 2007) und ist nach vielen Meinungen zu fördern (Brang et al. 2008; Horst 2012). Die natürliche Verbreitung von Traubeneichen erstreckt sich über weite Teile in Europa und ist in Deutschland eine der wichtigsten Baumarten. Hervorzuheben ist das Bundesland Rheinland-Pfalz, welches mit einem Anteil von etwa 20 % aller Eichenwälder in Deutschland und einem Vorrat von etwa 17,8 Mio. Efm. die meisten Eichenwälder in Deutschland vereint (Bücking et al. 2011).

Schon vorhandene analytische Untersuchungen zum Einfluss des Standortes und des Klimas auf das Wachstum der Traubeneiche (Muchin 2005; Thiess 1967; Schmidt 1977) geben einen Anhaltspunkt über die Wachstumseigenschaften der Eichen norddeutscher Standorte. Auch der Pfälzer Wald, als größtes zusammenhängendes Waldgebiet Deutschlands, darf die Traubeneiche neben der Buche als eine seiner Charakterarten nennen. Die teils jahrhundertealten Bestände bevorzugen die Hochflächen des mittleren Pfälzer Waldes, sowie wärmebegünstigte Hanglagen

(West- bis Südosthänge). Auch im restlichen Pfälzer Wald bildet die Traubeneiche oft gemeinsam mit der Buche Naturwaldzellen, die als Kernzone des Biosphärenreservates „Pfälzerwald-Nordvogesen“ besonders geschützt sind (Hailer 1987). Die für die Traubeneiche günstigen Hanglagen, der durch die Luveffekte vergleichsweise hohe Niederschlag sowie der anthropogen verursachte Temperaturanstieg schaffen im Pfälzer Wald einzigartige Wachstumsbedingungen. In dieser Untersuchung soll der Einfluss verschiedener Klimaparameter auf das Jahrringwachstum der Traubeneiche untersucht werden. Nebenbei sollen verschiedene Holzparameter, wie Früh- und Spätholzbreite analysiert werden und in Zusammenhang mit dem Gesamtwachstum gestellt werden.

2. Material und Methoden

Vor der Datenauswertung wurde eine kurze Literaturrecherche durchgeführt. Hierbei wurden die bisherigen Ergebnisse der Wissenschaft in Bezug auf das Wachstum von Eichen zusammengefasst und zum Teil als Hypothesen übernommen.

2.1 Standort und Klima

Der Pfälzer Wald liegt im Süden von Rheinland – Pfalz und ist als eigenes Wuchsgebiet ausgewiesen, das sich noch in verschiedene Wuchsbezirke untergliedert (Gauer und Aldinger 2005). Dieses Wuchsgebiet wird vor allem durch einen vergleichsweise mächtigen, homogenen Bundsandsteinblock charakterisiert, das in den Tälern stark zerfurcht ist. Die Höhenlagen reichen von 200 m bis zu 670 m ü. NN. Die Böden sind einheitlich anzusehen und bestehen aus nährstoffarmen, teils podsoligen Braunerden, die aus den mäßig armen Sanden der Triefels- und Rehbergsschichten hervorgegangen sind. In manchen Gebieten sind diese Bodentypen durch Lössschleier verbessert worden (Lüpke 2008). Die Beschreibung der Bestände und Bestockungen sind Primärinformationen der „Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft“ Rheinland – Pfalz (Seegmüller 2014 b; Forstamt Haardt 2014; Forstamt Bad Dürkheim 2014; Forstamt Johanniskreuz 2014).

Tab. 1: Zusammenfassung der Standortinformationen (U. Bst. = unterer Bundsandstein)

	Bäckertälchen (1. Ekl.)	Schindhübel (3. Ekl.)	Bergstein (4. Ekl.)	Bräuninger Fels (5. Ekl.)
Forstamt	Johanniskreuz	Johanniskreuz	Haardt	Bad Dürkheim
Distrikt	LXIII	XLII	XXII	XXIII
Abteilung	2b	9b	2b	1b
Grundgestein	Bst. - U. Bst.	Bst. - U. Bst.	Bst. - U. Bst.	Triefelsschichten
Exposition	Ost	Südost	Südost	Südost
Höhe ü NN [m]	380 - 420	350 - 400	260 - 400	260 - 360
Hangneigung [°]	> 10	> 10	> 10	> 10
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde
Trophie	mittel	mittel	arm	mittel bis arm
Wasserversorgung	ziemlich frisch	mäßig frisch	trocken	mäßig frisch

Die verschiedenen Probeflächen unterscheiden sich hinsichtlich des Alters, der Tiefgründigkeit der Böden und damit auch dem Wasserhaltevermögen und in der Ertragsklasse. Die Probeflächen befinden sich alle in der Reifephase. Trotz der aufgezeigten Unterschiede (vgl. Tab. 1 und Tab. 2) sind die Standorte als vergleichbar anzusehen, so dass eine Auswertung und Vergleichbarkeit in Hinblick auf Klimadaten gewährleistet ist.

Tab. 2: Zusammenfassung der Bestockungsinformationen

	Bäckertälchen (1. Ekl.)	Schindhübel (3. Ekl.)	Bergstein (4. Ekl.)	Bräuninger Fels (5. Ekl.)
Wuchsbezirk	mitt. Pfälzer Wald	mitt. Pfälzer Wald	Haardt	Haardt
Phase	Reife	Reife	Reife	Reife
Bestandesalter [a]	146 - 146 - 146	153 - 172 - 178	128 - 131 - 134	98 - 98 - 98
Hauptbaumart	TrEi	TrEi	Kiefer	TrEi
Mischung	Laub - Misch	Laub - Misch	Laub - Nadel - Misch	Laub - Nadel - Misch
Fläche [ha]	7,3	4,5	3,5	1,5
TrEi-Anteil [%]	60	30	31	22

Aus jeder Probefläche wurden sechs Bäume (Forstamt Haardt sieben Bäume) der herrschenden und mitherrschenden Baumschicht (Kraft'sche Klasse 1 oder 2) entnommen. Von jedem Baum wurde je eine Stammscheibe in 90 cm Höhe und am Kronenansatz entnommen. Die Definition des Kronenansatzes ist hierbei die erste Teilung der Hauptachse oder der erste erkennbare, lebende Kronenast.



Abb. 1: Traubeneichenbestand Bäckertälchen (1. Ekl)



Abb. 2: Traubeneichenbestand Schindhübel (3. Ekl)



Abb. 3: Traubeneichenbestand Bergstein (4. Ekl)



Abb. 4: Traubeneichenbestand Bräuninger Fels (5. Ekl.)

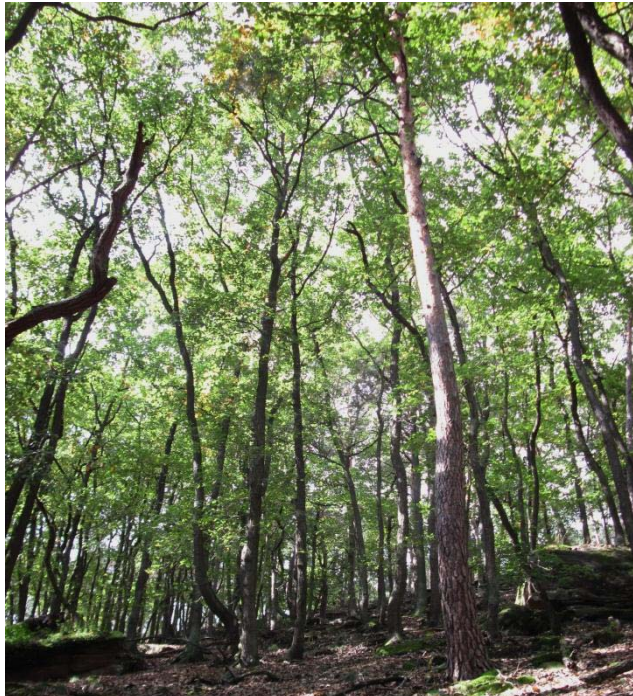


Abb. 5: Traubeneichenbestand Bräuninger Fels (5. Ekl)

Tab. 3: Messergebnisse der Probebäume

Ekl.	Baum - Nr.	Durchmesser [cm] (90 cm Höhe)	Riegelnummer (90 cm Höhe)	Durchmesser [cm] (Kronenansatz)	Riegelnummer (Kronenansatz)	Alter [a] (gemessen)	Baumhöhe [m]
1	1	43,5	46	28,0	100	137	30,0
	2	47,0	43	34,0	55	136	29,0
	3	33,0	91	22,0	109	137	26,7
	4	42,0	4	37,0	61	141	26,0
	5	35,0	88	26,0	112	138	25,0
	6	40,0	52	26,0	70	141	27,5
3	1	45,5	115	32,0	118	173	25,5
	2	43,2	121	33,8	124	173	25,7
	3	37,7	127	28,2	130	174	25,3
	4	42,5	133	30,0	136	173	25,5
	5	36,0	139	27,3	142	171	25,5
	6	40,3	145	29,1	148	174	24,8
4	1	28,0	16	20,5	82	127	7,5
	2	34,0	34	28,0	79	129	15,0
	3	28,0	85	23,0	28	129	16,0
	4	31,0	64	26,0	58	122	20,0
	5	34,0	40	29,0	37	122	25,0
	6	32,0	25	27,0	94	122	27,0
	7	40,0	49	33,0	76	120	26,0
5	1	23,0	19	19,0	31	108	14,0
	2	19,0	13	15,0	103	115	15,0
	3	21,0	10	18,0	7	141	16,0
	4	24,0	73	20,0	22	141	19,0
	5	25,0	67	19,0	106	141	16,0
	6	21,0	1	17,0	97	115	16,0

Bei einem Vergleich der Altersstruktur fällt eine Abweichung der gemessenen Alter und der Alter nach Ertragstafel auf. Diese Unterschiede sollen im ersten Teil der Diskussion erläutert werden (Abschnitt 5.1). Ein besonderes Augenmerk sollte bei der Betrachtung, Beschreibung und Ergebnisfindung auf der Ertragsklasse 4 (Bergstein) liegen. Dieser Standort zeichnet sich durch einen starken Wuchsgradienten aus. Die hier festgesetzte Ertragsklasse ist nur ein Durchschnittsergebnis über den gesamten Bestand. Betrachtet man die Baumoberhöhen (min. 7,5 m; max. 26,0 m) in Tabelle 3 wird dieser Gradient deutlich. Die Einteilung des Bestandes erstreckt sich dabei von der 2.ten bis zur 7.ten Ertragsklasse. Hervorgerufen wird diese starke Änderung durch sich ändernde Bodentieftiefe und damit durch ein sich veränderndes Wasserhaltevermögen. Bei der weiteren Interpretation sollten die Ergebnisse aus der 4. Ertragsklasse daher nicht überinterpretiert werden.

Die Klimadaten stammen von drei verschiedenen Klimastationen aus dem Pfälzer Wald. Die Stationen wurden nach Entfernung zu den Beständen ausgesucht und die erlangten Daten wurden auf

Plausibilität hin untersucht. Somit wurde für den Bestand Bäckertälchen (1. Ekl) und Schindhübel (3. Ekl.) die Klimastation der TU Kaiserslautern, für den Bestand Bergstein (4. Ekl.) die Klimastation Einbiet und für den Bräuninger Fels (5. Ekl.) die Klimastation Bad Dürkheim gewählt.

Für die Anpassung der Temperatur an die jeweiligen Bestände wurde zwischen den TV0-Linien interpoliert. Damit wird der horizontalen Abweichung zwischen Bestand und verwendeter Klimastation Rechenschaft gezollt. Die Daten wurden jeweils für den oberen und den unteren Bestandesrand berechnet. Je nach Exposition wurden für die Temperaturabnahme ein Wert zwischen 0,6 und 0,7 °C / 100 m verwendet.

Auch die Niederschläge wurden an die jeweiligen Bestände angepasst. Hierbei fand die Vegetationszeit – Niederschlagsmethode Anwendung. Dabei wird von einer Zunahme der Niederschläge von 0,25 mm / Hm ausgegangen (vgl. Häckel 2012). Die Vegetationszeit wurde hier von April bis September in Anlehnung an andere Untersuchungen gewählt (Krahl-Urban 1959; Faahsen und Lappen 2000; Lang et al. 2007).

Formel 1:

$$VZN = \text{Niederschlag [mm]} + (\text{Bestandeshöhe [m ü. NN]} - \text{Klimastationshöhe [m ü. NN]}) * 0,25$$

Für jeden Bestand wurden wieder jeweils der Vegetationszeits – Niederschlag (VZN) an der oberen, als auch an der unteren Bestandesgrenze berechnet.

Als letzter Schritt wurde die Aridität ermittelt. Die Aridität wurde in Anlehnung an die Formel von „de Martonne“ errechnet. Hierbei wird nur der Niederschlag durch die zugehörige Temperatur dividiert.

Formel 2:

$$\text{Aridität} = \text{Niederschlag} / \text{Temperatur}$$

Für die Korrelationen der Jahrringzuwächse und Klimaparameter wurde der arithmetische Mittelwert aus oberer und unterer Bestandesgrenze gewählt.

Tab. 4: Beschreibung von Klimaparametern in den Beständen

	Bäckertälchen (1. Ekl.)	Schindhübel (2. Ekl.)	Bergstein (4. Ekl.)	Bräuninger Fels (5. Ekl.)
Wärmestufe	kollin	kollin	kollin	kollin
VZ-Temperatur [°]	13,98 - 14,26	14,14 - 14,49	14,15 - 15,13	14,4 - 15,10
VZ-Niederschlag [mm]	349 - 358	342 - 353	295 - 331	295 - 321
VZ-Aridität	24,47 - 25,59	23,62 - 24,99	19,51 - 23,37	19,55 - 22,26

Nach den Berechnungen wurde für alle Klimaparameter eine Plausibilitätsprüfung über einen Mittelwertvergleich durchgeführt und zudem in Verbindung mit Literaturwerten von Gauer und Aldinger (2005) gebracht und überprüft. Die Daten weichen nur im Bereich der Niederschläge in den Gebieten Bergstein und Ludwigsbrunnen leicht ab. Diese zeichnen sich durch etwas geringere Niederschläge aus, wodurch auch die errechneten Ariditäten etwas trockener ausfallen. Trotzdem liegen alle Daten sehr nahe zusammen und können als plausibel und verwendbar angesehen werden.

2.2 Holzproben

Die entnommenen Stammscheiben wurden in Mitten- und Seitenriegel von je fünf Zentimeter Breite getrennt (vgl. Abb. 6). Die Mittenriegel geben dabei die Nord-Süd-Exposition des Baumes wieder, während die Seitenriegel in Ost-West-Richtung verlaufen. Zudem wurde auf jedem Riegel noch eine eventuelle Hanglage markiert. Die Riegel wurden in der Holzwerkstatt der Universität Göttingen durch Längsaufftrennung dupliziert und je ein Riegel konserviert.

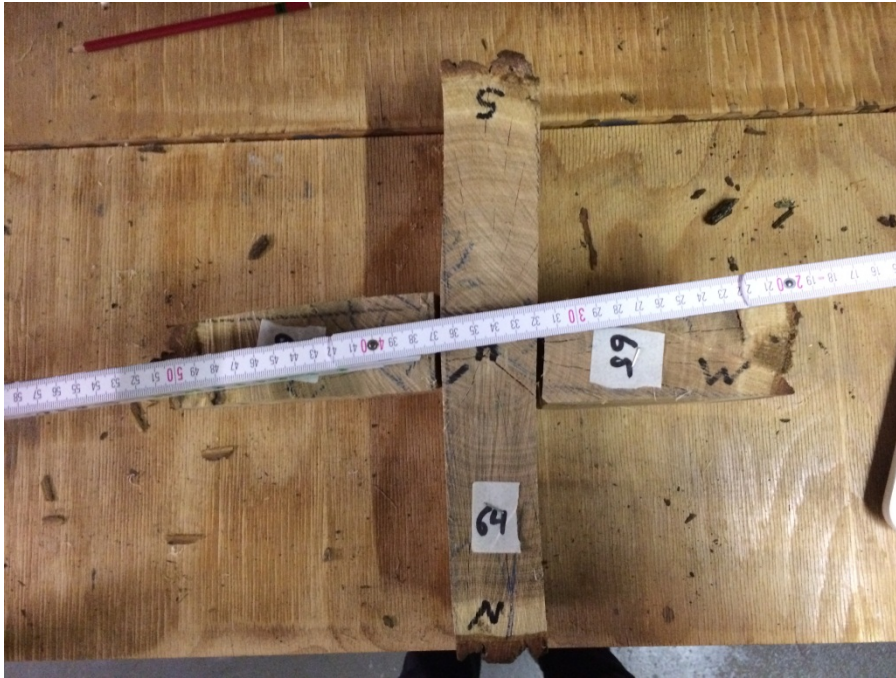


Abb. 6: Darstellung von Mitten- und Seitenriegeln

Die Jahringbreiten wurden an den Mittenriegeln ermittelt. Für die Oberflächenverbesserung wurden nach dem Schleifen ca. zwei Zentimeter breite, radiale Skalpellsschnitte entlang des Riegels gemacht, damit die Frühholzgefäße verletzt wurden und die als Kontrastmittel dienende Kreide besser in diese eindringen konnte. Dadurch wurde eine optische Trennung der einzelnen Jahringe deutlich erleichtert (vgl. Abb.7 und Abb. 8).



Abb. 7: Oberflächenbehandlung eines Mittenriegels



Abb. 8: Sichtbarmachung der Frühholzgefäße

Die Messungen wurden an einem speziellen Zeiss Auflichtmikroskop durchgeführt. Dabei wurde vom Mark zum Splint gemessen, wodurch zwei Messreihen mit gegenläufigen Radien entstanden. Nach 20 gemessenen Jahrringen wurde dies mit einer Nadel markiert (vgl. Abb. 9). Bei einer 40-fachen Vergrößerung entstand dabei eine Messgenauigkeit von 1/100 mm (vgl. Abb. 10).

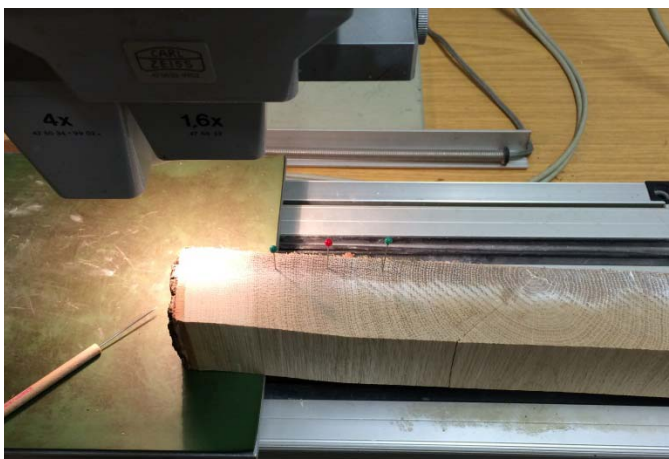


Abb. 9: Zeiss Mikroskop mit Jahrringmarkierung auf Mittenriegel

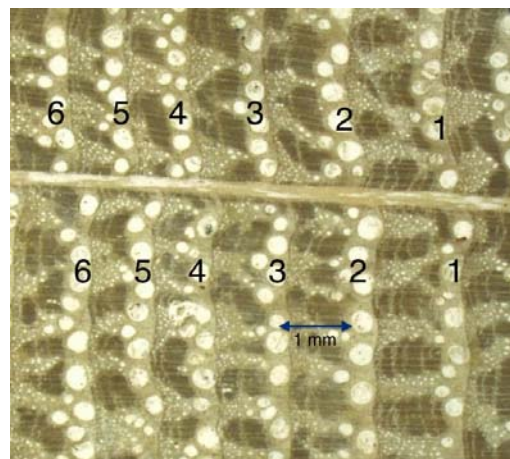


Abb. 10: Aufsicht auf einen Mittenriegel unter dem Mikroskop (Zahlen 1 – 6 markieren die Jahrringe)

Zur ersten optischen Homogenitätsprüfung untereinander wurde das Programm „TSAP-WIN™ Professional“ verwendet, welches verifizierte Alterskurven anderer Bestände als Vergleichsbasis nimmt. Zudem wurde der Gleichläufigkeitsparameter „Cross Date Index“ (Rinn 2003) verwendet, der die Qualität und Übereinstimmung zwischen zwei Zeitreihen darstellt.

$$\text{Cross Date Index (CDI)} = \frac{\left(G - 50 + 50 * \sqrt{\frac{\text{overlap}}{\text{max overlap}}} \right) * T}{10}$$

Die Daten wurden sowohl im .bmp-Format (Bilddatei), als auch im .txt-Format ausgegeben. Somit konnte der Vorteil genutzt werden diese Daten direkt in andere Programme, wie z.B. Microsoft Excel, zu importieren. Die Aufnahmen wurden in der Abteilung Palynologie und Klimadynamik der Universität Göttingen durchgeführt.

2.3 Statistische Methoden

Der einfachste Zusammenhang zwischen zwei Messgrößen wird mit der linearen Korrelation beschrieben. Der Pearson'sche Korrelationsindex gibt den dimensionslosen Zusammenhang zwischen den Messgrößen an. Er nimmt dabei Werte zwischen minus eins und eins an, wobei eins die optimale positive Korrelation bedeutet und minus eins den gegenläufigen Zusammenhang aufzeigt. Nimmt der Index die Zahl Null an beschreibt er hierbei eine Indifferenz der Messgrößen (Riemer 1994).

Da eine Korrelation auch von dem Trend einer Datenreihe beeinflusst wird, muss in diesem Fall eine Trendbereinigung vorgenommen werden. In dieser Untersuchung wurde die Trendbereinigung in allen Chronologien zum einen durch eine Ausgleichsgerade und zum anderen durch ein gleitendes Mittel über mehrere Jahre erreicht (Fahrmeir et al. 2004; Riemer 1994). Gleitende Mittelwerte wurden hier, in Anlehnung an andere Untersuchungen, von fünf und sieben Jahren erzeugt (vgl. Sohar et al. 2014; Muchin 2005).

Die Ausgleichsgerade wurde nach der Methode der kleinsten Quadrate angepasst. Die Korrelationen beruhen demnach auf einem Residuenvergleich.

Die Jahre in denen keine Werte für Niederschlag, Temperatur, Aridität oder Globalstrahlung zugänglich waren, wurden bei der Berechnung der Korrelationen herausgenommen. Als Sicherheitsniveau wurde $\alpha=0,05$ (5 %) gewählt. Die nicht vorhandenen Werte sind in den Datensätzen (Datentyp .csv) mit „NA“ gekennzeichnet.

Um Datenreihen, wie Jahrringchronologien zu beschreiben, kann die Sensitivität dienen. Sie ist im Allgemeinen eine einfache Kennzahl und im Speziellen als ein Änderungsmaß definiert. Sie gibt die durchschnittliche absolute Differenz zwischen zwei jeweils aufeinanderfolgenden Reihenwerten, bezogen auf deren Mittelwert, an. Wird bei der Betrachtung nur der vorherige Wert in Relation gesetzt, kann die Änderung als 1/100 % des vorherigen Wertes in der jeweiligen Datenreihe angesehen werden. Damit ist der Sensitivitätsindex dimensionslos. Zu beachten ist dabei, dass die Sensitivität davon ausgeht, dass interne Wachstumsfaktoren bei der Schwankung von Jahrringbreiten eine untergeordnete Rolle spielen.

Berechnet man die mittlere Sensitivität wird aufgezeigt, wie die Messreihe (in diesem Fall Jahrringchronologie) verläuft. Dabei kann ausgedrückt werden, ob sie eher schwankend oder ausgeglichen verläuft (Riemer 1994; Schweingruber 2012).

Formel 3:
$$|S_{+1i}| = \frac{(x_{i+1}-x_i)*2}{(x_{i+1}+x_i)}$$

Formel 4:
$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=2}^n S_i}{n-1}$$

Für Vergleiche zwischen den Ertragsklassen wurden verschiedene Teststatistiken verwendet. Hierfür kam der Wilcoxon - Rangsummentest und Welch - Test zur Anwendung (vgl. Riemer 1994; Siegel 1985).

Für die Aufbereitung der Daten und Formulierung der Datensätze wurde das Programm „Microsoft Excel 2010“ (Microsoft Corporation, Redmond, USA) genutzt. Die Monatswerte der Globalstrahlung, des Niederschlages, der Temperatur und der Aridität wurden über die Wachstumszeit der Traubeneiche aufsummiert. Als Wachstumszeit wurde dabei für das Frühholz die Monate April bis Juni und für das Spätholz die Monate Juli bis September verwendet (vgl. Krahl-Urban 1959).

Die Auswertungen, Korrelationen und weiteren Zusammenhänge wurden mit der Software „R“ Version i381 3.1.2 durchgeführt (R Develop Core Team, 2014).

3. Die Traubeneiche

Die Traubeneiche (*Quercus petraea*, Liebl.) gehört zu der Familie der Fagaceae (Buchengewächse) und zu der Ordnung der Fagales (Buchenartige). Sie ist, neben der Stieleiche (*Quercus robur*, L.), die vorherrschende Eichenart in Mittel- und Westeuropa (Lang et al. 2007).

Beschrieben wird die Traubeneiche als ein sommergrüner Laubbaum, der in der Jugendphase meist eine kegelförmige Krone ausbildet, die sich mit zunehmendem Alter, geringe Konkurrenz vorausgesetzt, eher zu einer breit ovalen Form entwickelt. Das Höhenwachstum wird durch die monopodiale Verzweigung bestimmt. Da die Seitentriebe vermehrt direkt an der Triebspitze gebildet werden, können die Äste wirtelartig erscheinen. Im Vergleich zu anderen mitteleuropäischen Laubbaumarten treibt die Traubeneiche sehr spät aus. Der Austrieb variiert bedingt durch die Höhenlage, die geographische Breite und vor allem durch die Witterung und liegt etwa zwischen Mitte April bis Mitte Mai (Faahsen und Lappen 2000; Lang et al. 2007).

Die Traubeneiche weist drei morphologische Besonderheiten auf:

- **Proventivtriebe:** Diese gehen aus sogenannten „Schlafenden Knospen“ hervor, dienen der Regeneration zum Teil von Schäden und ermöglichen das langanhaltende Stockausschlagvermögen. Zudem bilden sie die am Stamm vorkommenden Wasserreiser.
- **Proleptische Triebe:** Diese Triebe sind auch als Johannis- oder Sommertriebe bekannt. Sie dienen vornehmlich zur Regeneration des Blattwerkes, z.B. nach Schadereignissen wie Insektenfraß oder Spätfrost. Es sind Sprosse, die aus den Knospen von Frühjahrstrieben hervorgehen. Neben dem Austrieb nach Schadereignissen gibt es vermutlich eine genetisch fixierte Komponente, die für die Ausbildung von proleptischen Trieben verantwortlich ist.
- **Zweigabsprünge:** Bei diesem Phänomen handelt es sich um den Abwurf von jungen (meist <5 a), meist unverzweigten Ästen. Dieses Phänomen kann bei älteren Bäumen auftreten. Ziel ist die Verringerung der Blattmasse, womit der Baum auf langanhaltende Trockenperioden reagieren kann, um diese zu überstehen.

Die Baumart wird weiterhin durch einen verzögerten Laubfall charakterisiert. So bleiben die braunen Blätter bis zum Frühjahr meist fest an den Zweigen sitzen. Die Früchte sind, wie die Blätter, meist nicht oder nur wenig gestielt (Lang et al. 2007).

Die Oberhöhe der Traubeneiche im Bestand liegt bei ca. 40 m, maximal aber bei 64 m und der Stamm kann einen Brusthöhendurchmesser von zwei Metern erreichen.

Die Rinde der Eichen ist charakteristisch. Im Alter entsteht durch das Tiefenperiderm eine längsgerissene, tiefe, grau-braune Schuppenborke, während die Rinde im Jugendalter eher glatt und grau ist. Die Mächtigkeit der Borke ist vom Alter abhängig und kann von Individuum zu Individuum sehr unterschiedlich sein (Godet 2011; Lang et al. 2007).

Das Wurzelsystem spielt im Bereich der Wasser- und Nährstoffversorgung eine besonders große Rolle. Die Traubeneiche bildet zu Beginn des Jugendalters eine tiefreichende Pfahlwurzel ohne viele Seitenwurzeln aus. Mit zunehmendem Alter und Wachstum bildet sich ein weit verzweigtes System von

Seiten- und Senkerwurzeln aus. Dieses System passt sich den Bodengegebenheiten an und kann später eher einem Herzwurzelsystem, als einem Pfahlwurzelsystem gleichen (Lang et al. 2007).

Viele heute existierende Eichenwälder in Europa sind anthropogenen Ursprungs und gehen auf die vielfältigen und unverzichtbaren Nutzungsmöglichkeiten, wie z.B. im Mittelalter zurück. So wurden Eichen oft in Form von Nieder- und Mittelwäldern bewirtschaftet. Sie dienten hier primär als Brenn- und Bauholz, aber auch als Mastbäume für die Schweinemast. In den vergangenen 200 Jahren wurde ein Teil der Eichenwälder, die auf Kosten der Buche gepflegt wurden, durch Nadelholz ersetzt (Küster 1996; Röhrig et al. 2006; Lang et al. 2007).

Die heutigen Schwerpunktgebiete der Traubeneiche sind: der Spessart, der Pfälzer Wald sowie Zentral- und Westfrankreich (Krahl-Urban 1959; Lang et al. 2007).

Die Unterscheidung zwischen Stiel- und Traubeneiche ist makroskopisch am Holz nicht möglich, da beide Arten sehr nahe miteinander verwandt und die Holzeigenschaften sehr ähnlich sind (Wagenführ 2007). Im Stammholzverkauf wird meist nicht zwischen den beiden Arten differenziert. Weitere Unterscheidungsmerkmale an Blättern und Knospen sind zum Teil nicht eindeutig, da Bastardisierungen möglich sind. Kreuzungen zwischen *Quercus petraea* und *Quercus robur* wurden experimentell bestätigt, wobei die Bestäubung der Stieleiche mit Pollen der Traubeneiche als deutlich erfolgreicher beschrieben wird, als eine reziproke Kreuzung. In diesem Kontext wird auch darüber diskutiert, ob Trauben- und Stieleiche überhaupt in zwei verschiedene Arten differenziert werden können, oder ob sie nicht eher in zwei Sippen beschrieben werden sollten (Steinhoff 1998; Wagenführ 2007). Die beiden Arten unterscheiden sich aber hinsichtlich der Boden- und Wasseransprüchen und somit auch in der Größe des Verbreitungsgebietes (Röhrig et al. 2006; Lang et al. 2007).

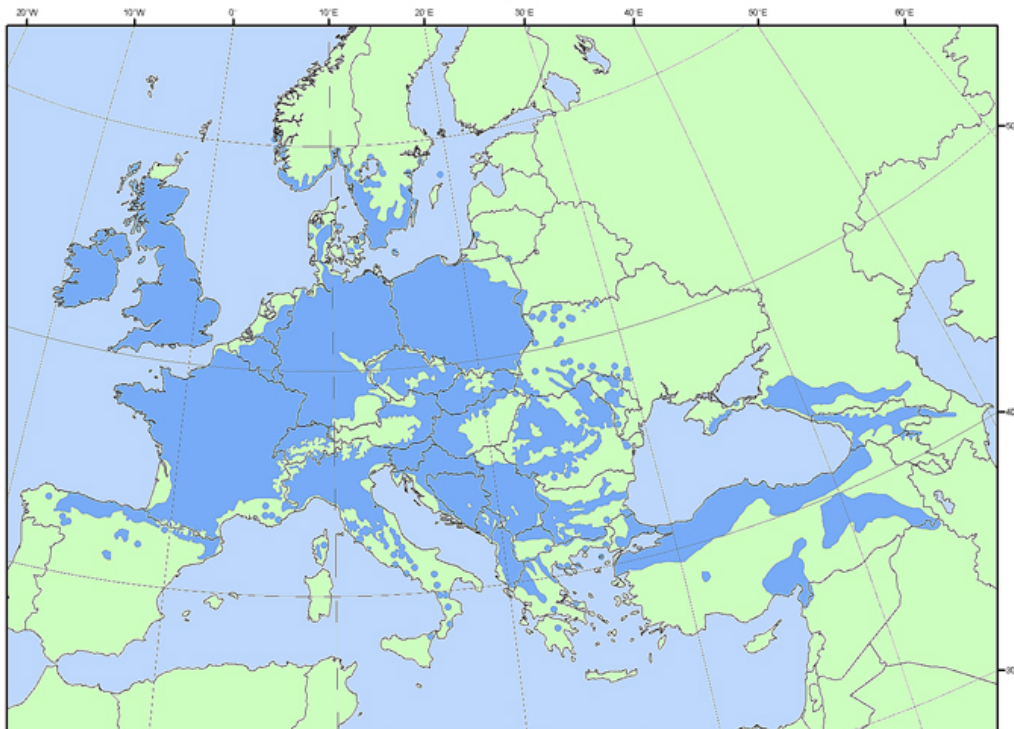


Abb. 11: Verbreitungsareal (blau) der Traubeneiche in Europa (nach EUROFGEN 2009)

Die Traubeneiche kommt auf trockenen Sandstandorten in Bereichen des atlantisch und submediterran geprägten Klimas vor. Des Weiteren bevorzugt sie wintermilde Bereiche mit geringen Spätfrösten und ausreichend luftfeuchten Lagen. Sie kommt auf den verschiedensten Bodentypen aus unterschiedlichsten Ausgangsgesteinen vor (Stinglwagner et al. 2009; Otto et al. 2014). Die Ausgangsgesteine reichen dabei von Silikat bis Sand und die mit Traubeneiche bestockten Böden werden meist als trockene bis frische, mittel- bis flachgründige Stein- und Lehm-/Sandböden beschrieben (Schütt 2002). Hier bildet die *Quercus*-Art bodensaure Eichenmischwälder und trockenwarme/wärmeliebende Eichenwälder (Hofmeister 2004; Anonymus 2006; Lang et al. 2007). Zu beachten bei dem Verbreitungsgebiet einer Baumart (vgl. X) ist, dass es sich um das tatsächliche Verbreitungsgebiet handelt und nicht um das potenzielle. Dies ist meist sehr viel größer und wird vor allem durch Konkurrenz von anderen Baumarten bestimmt (Schenk 1996; Loehle und LeBlanc 1996). Auch der lateinische Name der Traubeneiche beschreibt schon die Wuchsbereiche der Baumart. So geht der Wortstamm *petraea* auf das Wort *petraeus* zurück, welches übersetzt „...auf dem Felsen (wohnend)...“ bedeutet (Lang et al. 2007).

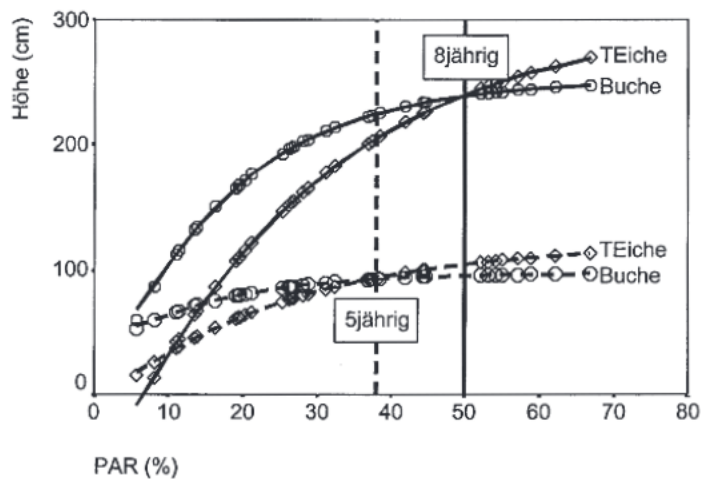


Abb. 12: Lichtbedarf von Traubeneiche und Buche in Bezug zum Alter (nach von Lüpke und Hauskeller – Bullerjahn 2004)

Die Baumart wird mit zunehmendem Alter immer lichtbedürftiger und zeichnet sich auf trockenen und sauren Böden durch hohe Konkurrenzkraft gegenüber der Buche und anderen Baumarten aus (vgl. Abb. 12 und Abb. 13). Zum Teil wird sie auf diesen Standorten mit der Kiefer (*Pinus sylvestris*) bewirtschaftet. An die Nährstoffversorgung stellt die Baumart nur sehr geringe Ansprüche, doch sollten diese gut drainiert sein und keine Staunässe aufweisen. Im Vergleich hat die Traubeneiche somit eine kleinere Standortsamplitude als die Stieleiche (Röhrig et al. 2006; Otto et al. 2014).

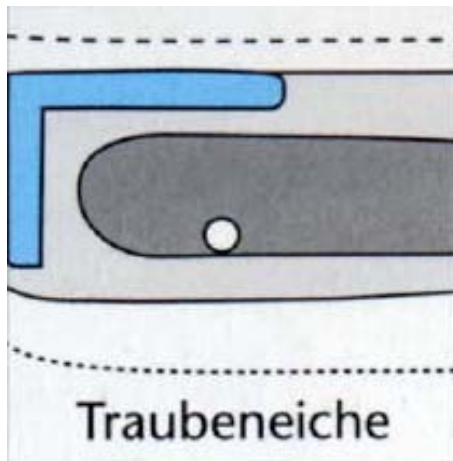


Abb. 13: Ökogramm der Traubeneiche nach Ellenberg (1986)

Das Fruktifikationsalter beginnt je nach Standort und Konkurrenz zwischen 20 Jahren im Freiland und 40 Jahren bei Bestandesbildung (Faahsen und Lappen 2000; Röhrig et al. 2006).

Dadurch, dass die Traubeneiche eine Lichtbaumart ist, kulminiert das Höhenwachstum im Vergleich mit ca. 25 bis 30 Jahren sehr früh, während der Volumenzuwachs im Alter von ca. 40 Jahren kulminiert. Dies zeigt, dass die Baumart in der Jugend die Buche (*Fagus sylvatica*) als Konkurrenten sehr schnell überwächst, aber später von ihr wieder eingeholt wird. Daher braucht die Traubeneiche, im Unterstand mit Buche, immer forstliche Pflege. Im Gegensatz dazu steht, dass alte Bestände (>200 a) noch deutliche Zuwächse aufweisen können (Röhrig et al. 2006; Schober 1987).

Neben der Buche als dienende Baumart kommen auch Winterlinde (*Tilia cordata*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) vor. Ein Vorteil gegenüber der Buche kann bei den beiden genannten Baumarten das deutlich geringere Höhenwachstum und damit eine geminderte Konkurrenzsituation sein (Hesse 1997; Röhrig et al. 2006).

Ein Großteil der Eichenbestände ist aus Saat oder Pflanzung hervorgegangen. Diese Verjüngungsarten überwiegen auch heute noch, während die Naturverjüngung große Schwierigkeiten bereiten kann. Die Probleme entstehen vor allem durch zu hohe Wilddicht und Spätfröste in einem sehr jungen Stadium.

Die Umtriebszeit liegt je nach Standort zwischen 130 Jahren für Sägestammholz und 200 Jahren für Furnierholz (Röhrig et al. 2006; Schober 1987).

Die Traubeneiche wird zum Teil sehr stark von Schädlingen befallen. Im Folgenden sollen die wichtigsten biotischen Schädlinge kurz aufgezeigt werden.

Mit die wichtigste Pilzerkrankung ist der Mehltau (*Microsphaera alphitoides*). Er befällt bevorzugt Johannistriebe und junge Pflanzen und kann zu erheblichen Ausfällen an jungen Kulturen führen. Holzfäule geht zum überwiegenden Teil auf den Eichen – Feuerschwamm (*Phellinus robustus*), den Mosaik – Schichtpilz (*Xylobolus frustulatus*) und den Schwelporling (*Laetiporus sylphureus*) zurück.

Neben den Pilzen spielen auch Insekten eine große Rolle.

Der Grüne Eichenwickler (*Tortrix viridana*) kann bei Massenvermehrungen erhebliche Schäden an Eichen verursachen. Die Raupen fressen dabei die meist noch jungen Blätter und es kann bis zu einem Kahlfraß kommen. Ein Absterben ist aber alleine durch den Eichenwickler noch nicht beobachtet worden, jedoch durch Kombination mit anderen Forstschädlingen.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich durch den Befall der Raupen des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) ab. Dieser tritt bevorzugt in trockenwarmen Gebieten auf. Er gilt als polyphager Massenwechselfschädling.

Bei den abiotischen Schäden an Eiche ist die Spätfrostempfindlichkeit zu nennen. Die Traubeneiche kann diese Schäden meist gut regenerieren, doch kommt es in diesem Falle häufig zu einem weiteren Befall durch Insekten. Durch sehr starke Frostereignisse treten bei *Q. petraea* häufig Frostleisten auf. Neben den genannten Einzelbefallsarten ist die Eichenkomplexkrankheit ein weiterer Punkt.

Diese äußert sich durch Symptome wie Kleinblättrigkeit, Nekrosen, Chlorosen, gefolgt von lichten Kronen und Kornendürre, aber auch durch Stammnekrosen, Schleimfluss, Verfärbung des Splintholzes und vermehrte Bildung von Wasserreisern. Die Wurzeln können dabei auch befallen werden und Feinwurzeln sterben meist ab. Die Komplexkrankheit ist bis heute nicht abschließend geklärt. Es wird aber davon ausgegangen, dass sie durch ein Zusammenspiel von verschiedenen Organismen verursacht wird (Knigge und Schulz 1966; Novák et al. 1989; Wagenführ 2007; Lang et al. 2007).

Eichenholz zeichnet sich durch einen im Alter schmäler werdenden Splintbereich aus. Dieser hebt sich durch eine blass gelbliche Färbung eindeutig vom braunen bis gelblich - grünen Kernholzbereich ab. Das Holz ist ringporig aufgebaut und ist charakterisiert durch gut sichtbare Früh- und Spätholzanteile (vgl. Abb. 14).



Abb. 14: Stammscheibe des Baumes Nr. 7 der 4. Ertragsklasse

Das Frühholz bildet durch die großen (150 – 350 µm), regelmäßig angeordneten Poren einen starken Kontrast zum Spätholz (Porengröße: 30 – 140 µm) (vgl. Abb. 14). Auffällig bei Eichen sind die großen, mit bloßem Auge sichtbaren Markstrahlen, die auf dem tangentialschnitt Spiegel bilden (Wagenführ 2007).

Die Dichte des Holzes ist sehr variabel und reicht von 0,38 g/cm³ bis hin zu 0,93 g/cm³. Die große Spannweite der Dichte wird dabei durch die Unterschiedlichkeit der Jahrringbreiten und damit durch die Anteile von Früh- und Spätholz hervorgerufen. Je mehr Spätholz vorhanden ist, desto schwerer wird das Holz. Das Holz wird als hart bis sehr hart klassifiziert (Wagenführ 2007; Lohmann 2010; Lohmann et al. 2010).

Der Porenanteil liegt je nach Literaturangabe um 57 % und die Volumenschwindung bei 12,6 bis 15,6 %.

Die mechanischen Eigenschaften der Eiche sind als hoch einzustufen. So liegt der E-Modul zwischen 9.200 bis 13.500 N/mm², die Druckfestigkeit zwischen 48 und 70 N/mm² und die Biegefestigkeit im Bereich von 78 bis 105 N/mm² (Wagenführ 2007; Wagenführ 2008).

Die allgemeine chemische Zusammensetzung des Holzes ist vergleichbar mit der der anderen mitteleuropäischen Laubhölzer. Der Ligningehalt liegt bei zwischen 25 und 34 % und der Celluloseanteil bei 37,6 bis 42,8 %. Auffällig bei den chemischen Eigenschaften sind der sehr niedrige pH-Wert, der bei etwa 3,9 liegt und der sehr hohe Gerbstoffanteil, der bis zu 13 % erreichen kann (Wagenführ 2007; Lohmann et al. 2010).

Die Baumart *Quercus petraea* weist eine hohe Anzahl von Wuchsmerkmalen auf.

Häufig treten bei der Eiche Wasserreiser auf. Diese entstehen bei zu starker Durchforstung oder fehlendem Unterbau und damit einhergehendem Lichteinfall. Hierbei beginnen schlafenden Knospen auszutreiben und bilden feine Äste (vgl. Proventievtriebe). In fortgeschrittenem Stadium bezeichnet man diese als Klebäste (Steuer 1990).

Viele Eichen neigen durch falsche oder unzureichende Pflege, aber auch durch die Genetik zu Krummschaftigkeit. Diese Wuchsform hat einen erblichen negativen Einfluss auf die Sägeholzausbeute und ruft Anschäler bei der Furnierherstellung auf (Röhrig et al. 2006).

Durch Hanglagen oder andere Expositionen kann die Eiche zu Exzentrizität und Ovalität neigen. Die Folgen sind die gleichen wie bei der Krummschaftigkeit (Steuer 1990; Röhrig et al. 2006).

Starkastige Bäume können durch geänderten Faserverlauf nicht in gleichen Dimensionen als Bauholz verwendet werden und weisen ein geändertes Quell- und Schwindverhalten auf.

Bei der obligatorischen Verkernung der Eiche kann es zu „Fehlverkernungen“ kommen. Optisch kann dies zum Beispiel eine Oxidation sein, die sich aber nicht weiter auf den Verwendungszweck auswirkt, aber es kann durch sehr starke Frostereignisse auch zu einer aussetzenden Verkernung kommen. Diese splintfarbenen Kreise werden als „Mondringe“ bezeichnet (Steuer 1990).

Die Verwendung der Traubeneiche ist mit der der Stieleiche nahezu identisch. In der Regel wird das Holz als Stammholz für Säge- und Furnierprodukte vermarktet (Landesforsten Rheinland-Pfalz 2014). Problematisch hierbei kann sich die Trocknung von Schnittholz erweisen, da *Q. petraea* zu Rissen und Verwerfungen neigt. Daher muss sehr schonend getrocknet werden, doch weißt die Traubeneiche danach ein gutes Stehvermögen auf (Wagenführ 2007).

Die spezielle Nutzung der Stämme hängt im Besonderen von der Qualität, also der Gleichmäßigkeit der Jahrringe, der Astfreiheit und der Geradschaftigkeit, von der Dimension (Durchmesser und Länge) und der damit verbundenen Bearbeitbarkeit ab. Für die Verwendung sind auch noch die Farbeigenschaften und die Festigkeiten ausschlaggebend (Steuer 1990; Wagenführ 2007; Wagenführ 2008; Lang et al. 2007).

Eichenholz wird oft in hartes (weiringiges) und weiches (freinringiges) Holz und somit auch gleich für die Verwendung eingeteilt. So wird weiringiges Holz mit Jahresringen von mehr als 2 mm häufig als Bau- und Sägeholz eingesetzt. Spezielle Anwendungsbereiche sind dabei der Tiefbau und Außenanwendungen. Weiches Holz hingegen ist in der Möbelindustrie und im Innenausbau gefragt und weist in der Regel Jahrringbreiten von 1 bis 2 mm auf. Hier werden die Stämme vornehmlich zu Furnier verarbeitet und bilden danach hochwertige Dekore. Weitere Anwendungsbereiche des Eichenholzes sind der Fassbau sowie der Zaun- und Gartenmöbelbau. Als Feuerholz findet die Eiche eher weniger Anwendung (Wagenführ 2007; Lohmann 2010).

Die „Pfälzer Eiche“ wird bevorzugt für den Fassbau und zur Furnierproduktion genutzt. Dabei werden die Eichen dieser Herkunft meist durch die gleichmäßigen und meist sehr schmalen und gleichmäßigen Jahrringe und den geringere Anteil an chemischen Inhaltsstoffen bevorzugt (vgl. Abbildung 15 und 16) (Wagenführ 2007; Böhm et al. 2013; Seegmüller 2014 a; Landesforsten Rheinland-Pfalz 2014).



Abb. 15: Ausschnitt einer Stammscheibe des Baumes Nr. 3 der 1. Ertragsklasse

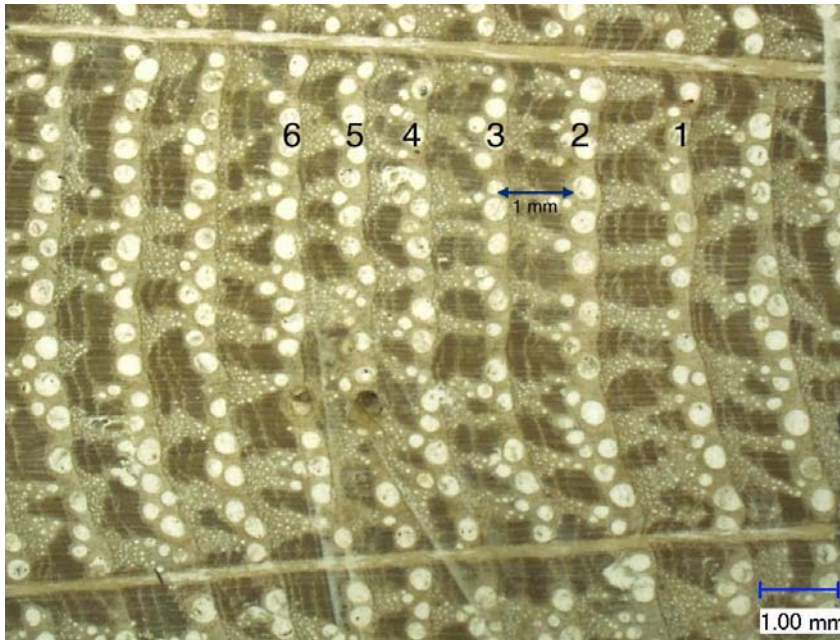


Abb. 16: Ausschnitt eines Bildes von einem Mittenriegel unter dem Mikroskop (Zahlen 1 -6 markieren die Jahrringgrenze)

In der Nebennutzung ist die Eiche heute vor allem im Bereich der zertifizierten Saatgutbestände, der Naturschutzmaßnahmen und dem Trinkwasser – Qualitätsmanagement auf trockenen sauren Böden bekannt (Hegg et al. 2004; Jedicke und Hakes 2005; Behm 2006; Billetoft et al. 2007).

Die Wichtigkeit der Eichenarten wird durch die Daten der Bundeswaldinventur 3 (BWI 3) deutlich. 1,1 Mio. Hektar sind in Deutschland mit Eiche bestockt, was 10 % der Gesamtholzbodenfläche ausmacht. Zudem weisen sie einen Holzvorrat von 361.231.000 m³ auf. Im Vergleich zur Bundeswaldinventur ist der Vorrat damit um über 50.000 m³ angestiegen. Der Zuwachs liegt im Mittel bei 8,3 m³*ha⁻¹*a⁻¹ (Anonymus 2006, 2014).

Speziell das Bundesland Rheinland – Pfalz (RLP) weist einen Eichenanteil von 18 % mit überwiegend Traubeneiche auf. Die Gesamtfläche der mit Eichen bestockten Fläche beläuft sich auf ca. 158.00 ha und liegt zum großen Teil im Süden des Landes. Der Eicheneinschlag aus RLP macht mit über 17,8 Mio. Efm über 20 % des Bundeseinschlages aus (Bücking et al. 2011). Dem Eichenholz kommt somit eine hohe Bedeutung für die Region bei (vgl. Phan Hoang 2007).

Bei einem Vergleich der Eichenholzpreise lässt sich im Bundesdurchschnitt ein steigender Trend erkennen. Dies zeigt die gute Vermarktbarkeit des Eichenholzes, welche auch in naher Zukunft nicht rückläufig sein wird (vgl. Trimborn 2012; Zimmer und Grosser 1989).

4. Auswertung

Die Auswertung der gesammelten und aufgenommenen Daten soll in verschiedene Bereiche strukturiert werden. Zu Beginn sollen die Jahrringzuwächse analysiert und graphisch dargestellt werden. Die Verläufe der Klimadaten werden anhand von sogenannten Chronologien dargestellt. Als dritter Punkt der Auswertung folgt die Untersuchung der Sensitivität mit Darstellung der Weißerjähre. Zum Schluss sollen über Korrelationen die Beziehungen zwischen Gesamtjahrringwachstum und Klimaparametern aufgezeigt werden.

Für die Darstellungen der Wuchsdynamik wurde der gesamte Wuchszeitraum des jeweiligen Bestandes betrachtet. Zusätzlich wurde ein Abschnitt der letzten 61 Jahre (ab 1952) gesondert betrachtet, um hier die Unterschiedlichkeit der Wuchsdynamik zwischen den Beständen zu analysieren. Die Analyse der Klimadaten und die Beziehungen zwischen diesen und dem Jahrringzuwachs soll ab dem Jahre 1952 beginnen. Dieser Zeitpunkt wird durch zwei wesentliche Faktoren bestimmt. Zum einen ist dies bedingt durch die Wuchsdynamik der Traubeneiche (vgl. Abb. 17 und Abb. 18) und zum anderen bezogen auf die Tatsache, dass erst ab dem Jahr 1952 Klimadaten von allen drei Klimastationen zur Verfügung standen.

Eine frühere Betrachtung der Daten wäre auch nicht als sinnvoll zu erachten. Wie in der allgemeinen Forstliteratur beschrieben, wird das Wachstum von jungen Beständen vor allem durch Konkurrenz und Lichtbedarf geprägt, während in einem höheren Alter Faktoren wie Niederschlag, Temperatur und Kalamitäten detektiert werden können. Ab dem Zeitpunkt 1952 liegt das Durchschnittsalter der Bestände bei 80 Jahren. Durch die Wahl dieses Zeitpunktes kann der Einfluss der Konkurrenz gemindert werden und zudem wurden nur Bäume der herrschenden oder mitherrschenden Klasse entnommen.

Setzt man nun das Durchschnittsalter der Bäume in Bezug zur Ertragstafel für Eiche (Schober 1987), dann erkennt man, dass das Höhenwachstum der Eiche im Alter von 80 Jahren beginnt abzuflachen und dass auch der Grundflächenzuwachs schon den Kulminationspunkt überschritten hat (vgl. Abb. 17 und Abb. 18).

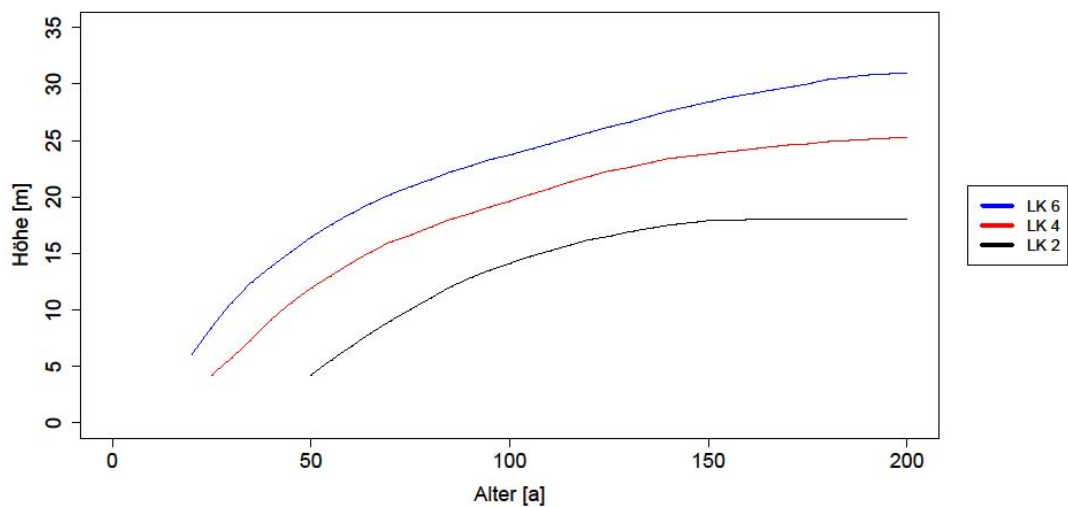


Abb. 17: Höhenwachstum bei Eiche über die Zeit (nach Schober 1987)

In Abbildung 17 ist das Höhenwachstum von Eichen nach Alter und Oberhöhe aufgetragen. Eindeutig sind eine Abnahme und eine frühere Kulmination im Höhenwachstum mit schlechter werdender Ertragsklasse zu erkennen.

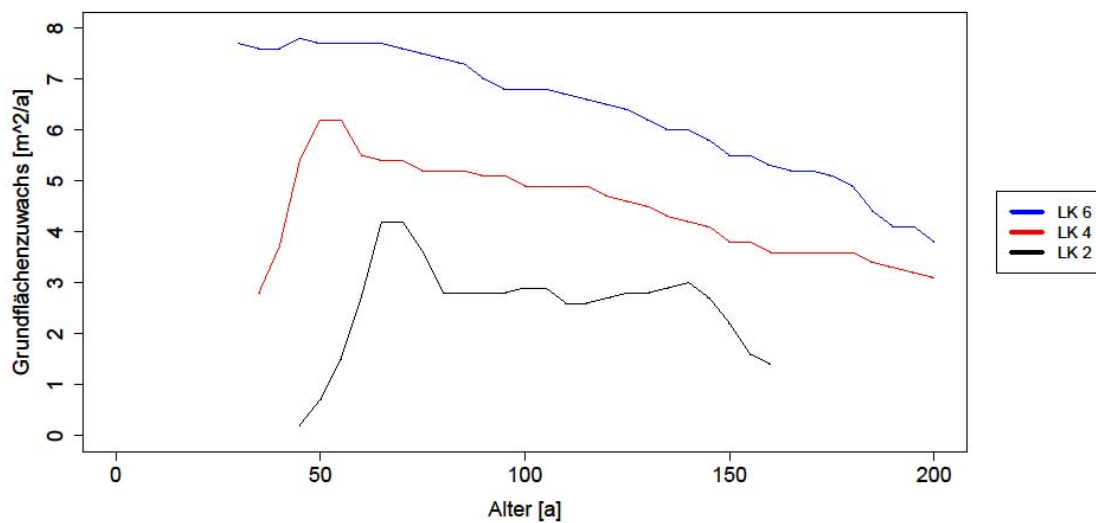


Abb. 18: Grundflächenzuwachs der Eiche über die Zeit (nach Schober 1987)

Abbildung 18 zeigt den Grundflächenzuwachs bei Eiche nach dem Alter. Zu erkennen ist hier, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse der Grundflächenzuwachs abnimmt und dass der Grundflächenzuwachs später kulminiert.

4.1 Beschreibung der Bestände

Für eine schnellere und bessere Erfassung sind in allen Graphiken für die einzelnen Ertragsklassen die gleichen Farben verwendet worden.

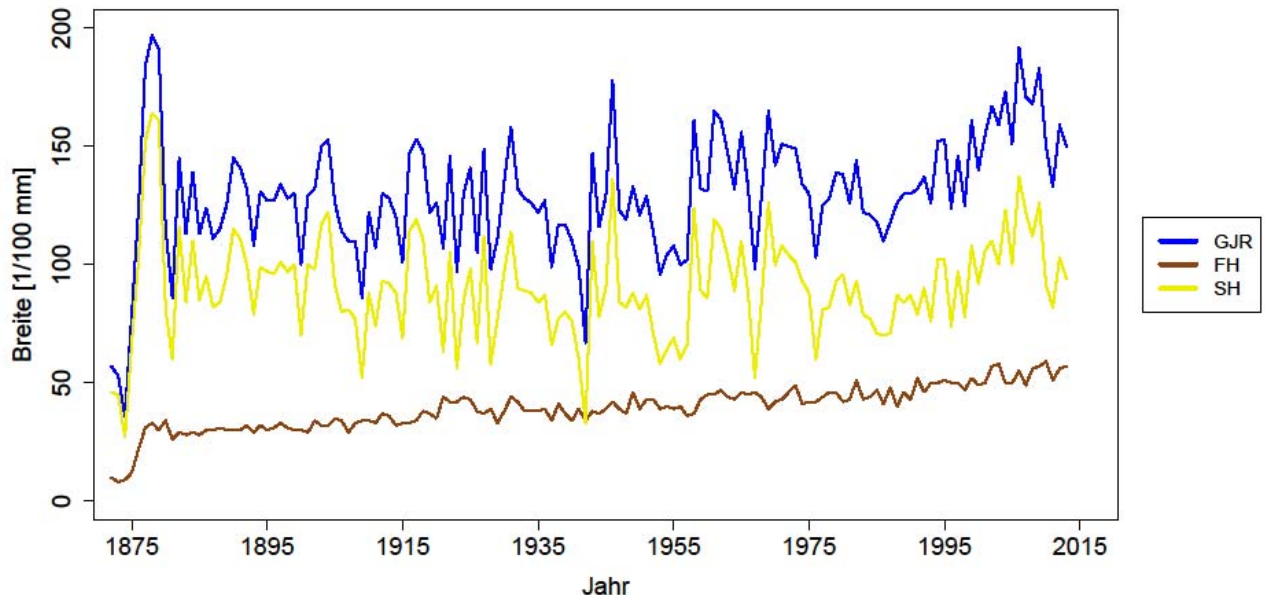


Abb. 19: Jahringaufteilung des Bestandes Bäckertälchen (1. Ekl.)

Der Jahringverlauf des Bestandes Bäckertälchen (1. Ekl.) ist in Abbildung 19 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das Wachstum im Jugendalter eine starke Zunahme verzeichnet, die nach wenigen Jahren wieder rasch einbricht. Das Niveau der Gesamtjahringbreite bleibt über einen langen Zeitraum sehr konstant, scheint aber am zum Ende der Zeitreihe, ab ca. 1975, wieder leicht anzusteigen.

Das Frühholz weist eine sehr geringe Variabilität auf und steigt mit dem Alter kontinuierlich an.

Das Spätholz verzeichnet deutlich mehr und größere Schwankungen als das Frühholz, liegt aber im Gesamten Bereich immer oberhalb der Frühholzbreite.

Der Gesamtjahringverlauf gleicht optisch sehr dem Verlauf des Spätholzes. Starke Einbrüche im Jahringbreitenverlauf gab es in den Jahren 1881, 1929/1930, 1933-1938, 1948, 1953, 1957, 1967/1968, 1976, 1985, 1987-1990 sowie 2006-2009 und eine starke Zunahme im Jahr 1948.

Im Folgenden sollen zur besseren Beurteilung der Verteilung der Gesamtjahring-, der Früh- und Spätholzbreiten durch Boxplots dargestellt werden. Bei einem direkten Vergleich ist hierbei auch wieder auf die unterschiedliche Skalierung zu achten. Für die genauen Werte der beschreibenden Statistik siehe Abschnitt 5.1.

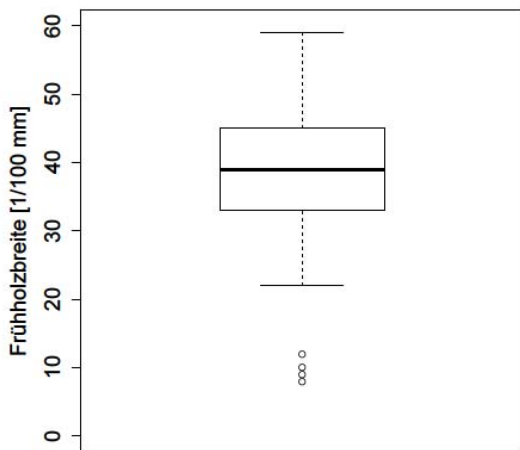


Abb. 20: Boxplot für die Frühholzbreite der 1. Ekl.

Die Abbildung 20 zeigt als Boxplot die Verteilung der Messungen der Frühholzbreite der 1. Ertragsklasse. Auffällig bei der Betrachtung ist, dass es vier eindeutige Ausreißer nach unten gibt, während kein Ausreißer im positiven Bereich zu finden ist.

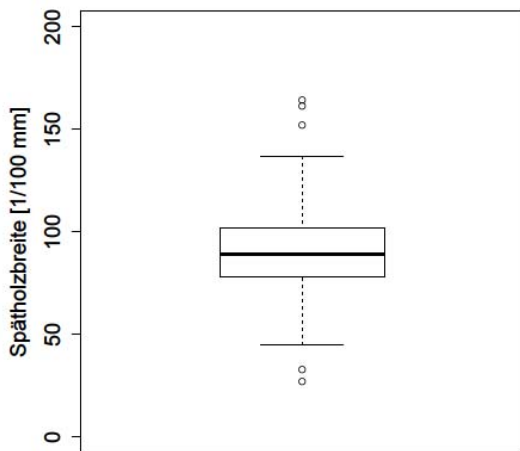


Abb. 21: Boxplot für die Spätholzbreite der 1. Ekl.

Die Verteilung der Spätholzbreite der 1. Ertragsklasse ist als Boxplot in Abbildung 21 dargestellt. Die Verteilung der Spätholzbreite weist drei Ausreißer nach oben und zwei Ausreißer nach unten auf.

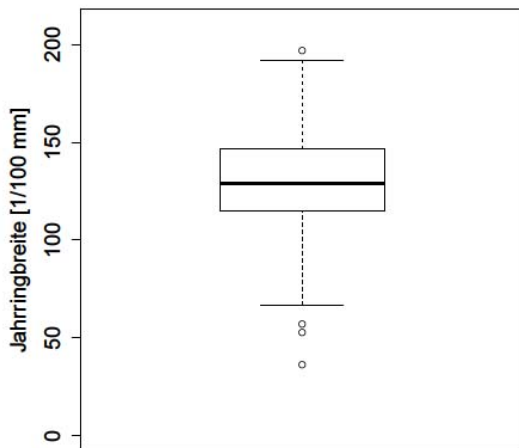


Abb. 22: Boxplot für die Gesamtjahrringbreite der 1. Ekl.

Die Abbildung 22 zeigt die Verteilung der Gesamtjahrringbreite der 1. Ertragsklasse. Die Gesamtjahrringbreite weist einen Ausreißer nach oben und drei Ausreißer nach unten auf.

Für die 1. Ertragsklasse lässt sich für die Jahrringstruktur zusammenfassen, dass die Verteilung sehr homogen ist.

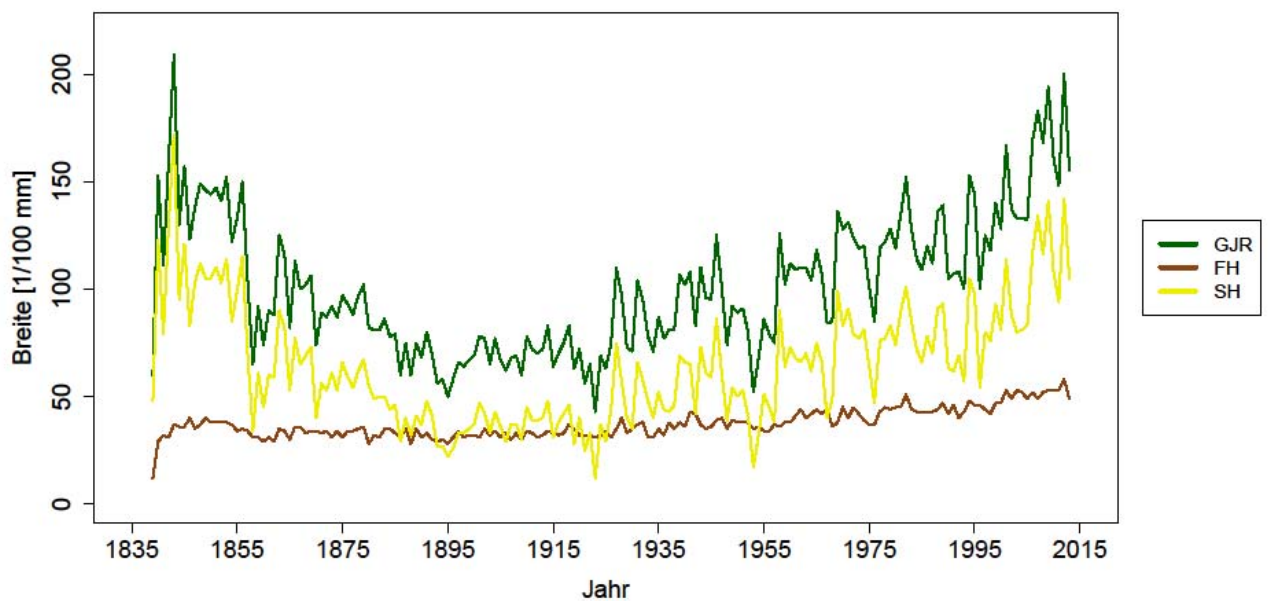


Abb. 23: Jahrringaufteilung der 3. Ekl.

Der Jahrringverlauf des Bestandes Schindhübel (3. Ekl.) wird durch die Abbildung 23 dargestellt.

Auch hier kann ein deutlicher Anstieg des Zuwachses in der Jugendphase verzeichnet werden, der relativ schnell wieder abflacht. Ab dem Jahre 1925 ist ein deutlicher Anstieg der Jahrringbreite mit dem Alter zu erkennen, der bis zum Ende der Zeitreihe anhält.

Der Verlauf des Frühholzes weist wieder nur sehr geringe Variabilität auf und steigt kontinuierlich ab 1865 an.

Das Spätholz dominiert auch in dieser Ertragsklasse den Verlauf des Gesamtjahrringes. Dies lässt starke positive Korrelationen erwarten. Die Spätholzbreite steigt zu Beginn des Jugendalters stark an, fällt bis in das Jahr 1930 kontinuierlich ab, um im weiteren Verlauf wieder stark anzusteigen. Auffällig in diesem Verlauf ist, dass die Spätholzbreite mehrfach unter die Breite des Frühholzes fällt.

Der Gesamtjahrring verhält sich im Verlauf entsprechend des Spätholzes. Starke Wuchseinbußen sind in den Jahren 1858, 1860, 1934, 1953/1954, 1956/1957, 1967/1968, 1976, 1985, 1987-1990, 2007-2009 zu erkennen. Der positive Wachstumstrend mit dem Alter ist auch hier deutlich zu erkennen.

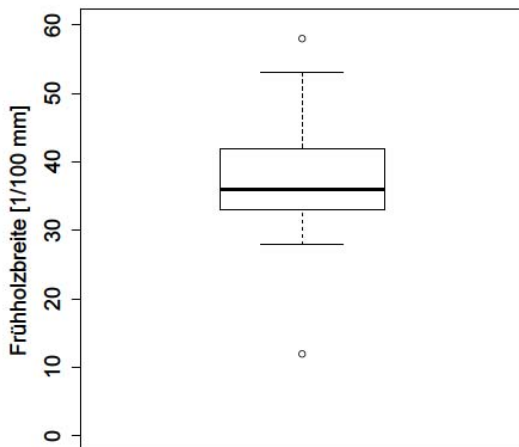


Abb. 24: Boxplot für die Frühholzbreite der 3. Ekl

Die Abbildung 24 zeigt als Boxplot die Verteilung der Frühholzbreite der 3. Ertragsklasse. Die Verteilung weist einen Ausreißer nach oben und einen extremen Ausreißer nach unten auf. Auffällig bei der Betrachtung ist, dass der untere Whisker sehr kurz ist. Hieraus ist zu schließen, dass die Frühholzbreite nach oben größere Schwankungen aufweist, als nach unten. In diesem Punkt unterscheidet sich der Boxplot von der Verteilung der 1. Ertragsklasse.

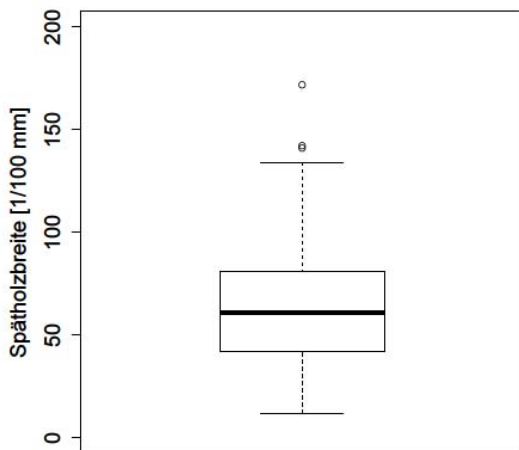


Abb. 25: Boxplot für die Spätholzbreite der 3. Ekl.

Die Spätholzbreite der 3. Ertragsklasse ist in Abbildung 25 dargestellt. Es zeigt sich, dass es drei Ausreißer nach oben gibt. Bei einem Vergleich zur Verteilung des Spätholzes der 1. Ertragsklasse zeigt sich, dass auch hier der untere Whisker deutlich kürzer ist.

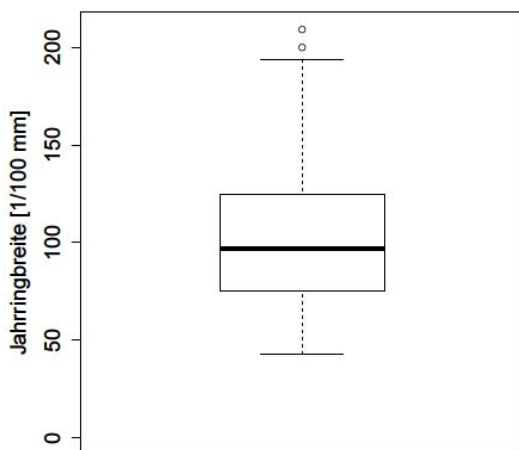


Abb. 26: Boxplot für die Gesamtjahrringbreite der 3. Ekl.

Der Boxplot (Abb. 26) zeigt die Verteilung der Gesamtjahrringbreite der 3. Ertragsklasse. Die Verteilung weist zwei Ausreißer nach oben und keinen nach unten auf. Auffällig bei der Betrachtung ist, dass der untere Whisker deutlich kürzer ist. Auch hier liegt nahe, dass die Schwankungen nach oben deutlich größer sind, als nach unten. Hier unterscheidet sich die 3. Ertragsklasse in ihrer Verteilung deutlich von der 1. Ertragsklasse.

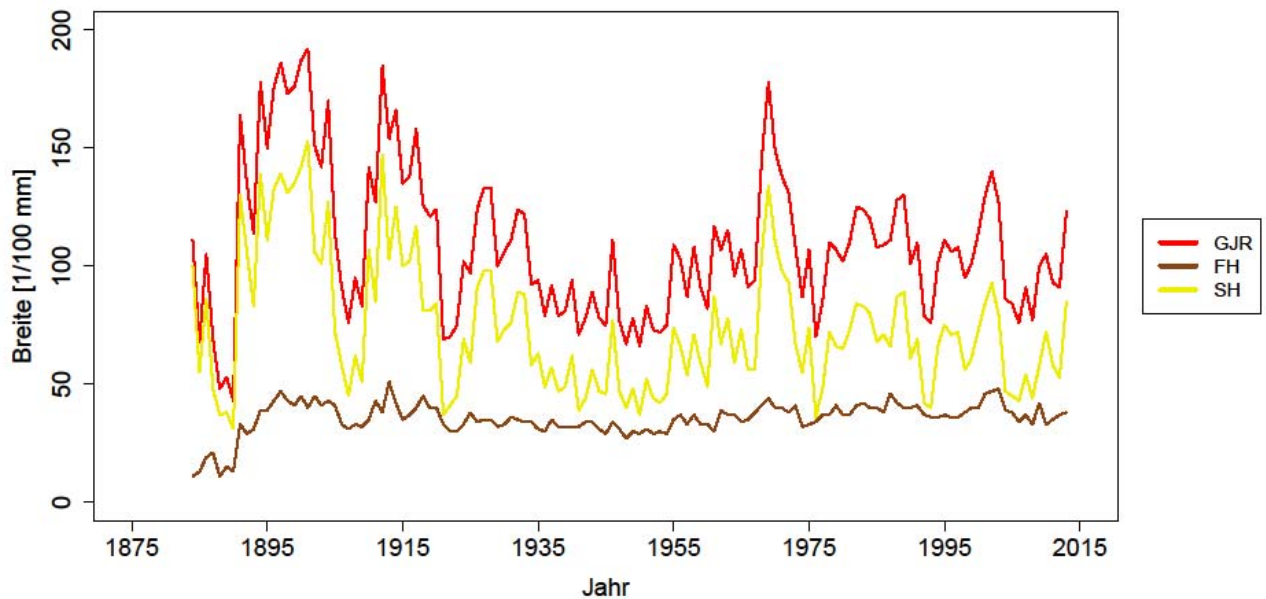


Abb. 27: Jahringaufteilung der 4. Ekl.

Der Jahringverlauf der 4. Ertragsklasse (Bergstein) wird durch die Abbildung 27 abgebildet.

Zu erkennen ist auch hier die geringe Variabilität des Frühholzes, die jedoch in einem Vergleich zur 1. und 3. Ertragsklasse zuzunehmen scheint. Im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Beständen ist hier jedoch kein deutlicher Alterstrend zu erkennen.

Das Spätholz weist den typischen Jugendverlauf auf, der auch schon durch die anderen Ertragsklassen dargestellt wurde. Im Vergleich zur 1. und 3. Ertragsklasse ist aber auch hier kein Alterstrend zu erkennen. Die Holzbreite bleibt auf einem annähernd ähnlichen Level. Die Spätholzbreite fällt nicht unter den Verlauf der Frühholzbreite.

Der Gesamtjahring weist in seiner Breite wieder einige Extremjahre auf. Hervorzuheben sind hier vor allem die Jahre 1987-1990, 1907-1909, 1921-1923, 1925, 1936, 1938, 1941, 1976/1977, 1992/1993, 1998 und 2004-2008, die durch starke Einbußen verzeichnet sind und das Jahr 1969 in dem es besonders viel Zuwachs gab.

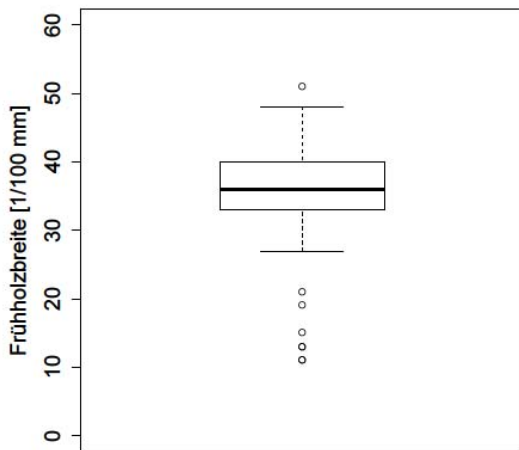


Abb. 28: Boxplot für die Frühholzbreite der 4. Ekl.

Die Abbildung 28 zeigt die Verteilung der Frühholzbreiten der 4. Ertragsklasse in Form eines Boxplots. Die Verteilung weist einen Ausreißer nach oben und fünf deutliche Ausreißer nach unten auf. Im Vergleich zur 1. und 3. Ertragsklasse ist dies deutlich mehr. Auch hier zeigt sich an dem unteren Whisker, dass die Verteilung nach unten nicht so streut, wie nach oben.

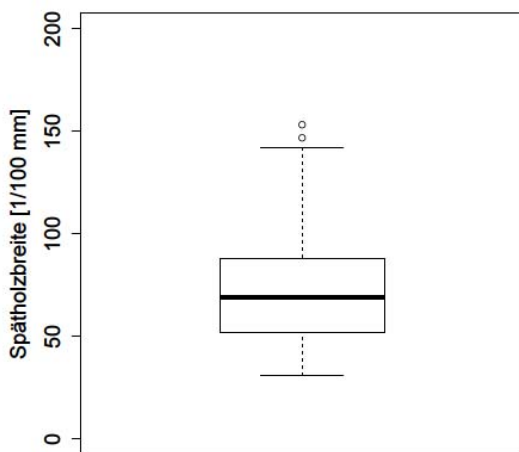


Abb. 29: Boxplot für die Spätholzbreite der 4. Ekl.

Der obere Boxplot (Abb. 29) zeigt die Verteilung der Spätholzbreite der 4. Ertragsklasse. Hier sind im oberen Bereich zwei Ausreißer zu erkennen. Wie die 3. Ertragsklasse weist der Boxplot auch hier keine Ausreißer nach unten auf und zeigt somit ein anderes Bild als die 1. Ertragsklasse.

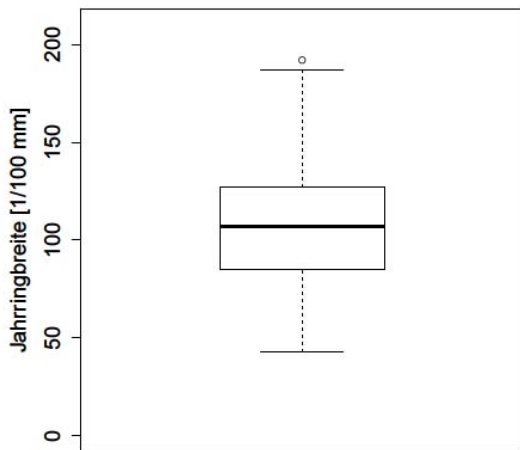


Abb. 30: Boxplot für die Gesamtjahringbreite der 4. Ekl.

Die Abbildung 30 zeigt die Verteilung der Gesamtjahringbreite der 4. Ertragsklasse. Hier ist im oberen Bereich nur ein Ausreißer zu erkennen, während im unteren Bereich keiner auftritt. Der untere Whisker ist auch hier wieder kürzer, als der obere. Im Vergleich zu den Ertragsklassen 1 und 3 treten hier weniger Ausreißer in der Gesamtjahringbreite auf. Für die Verteilung der 4. Ertragsklasse ist aber zu bedenken, dass es sich um einen Durchschnitt aus Ertragsklassen 2 bis 7 handelt.

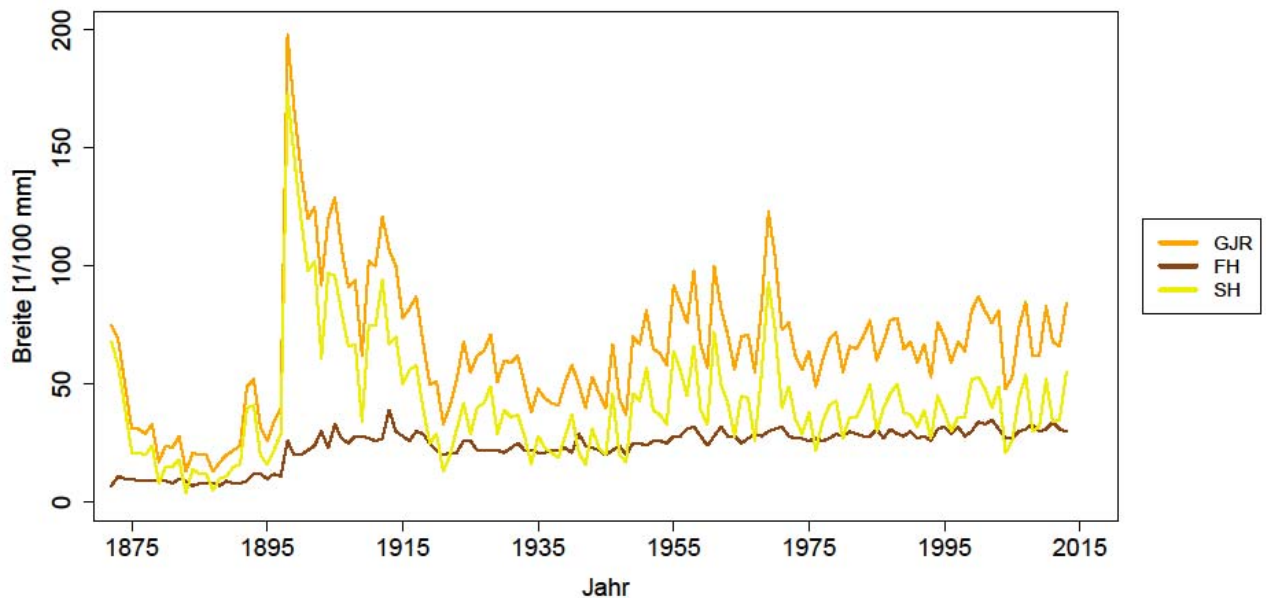


Abb. 31: Jahringaufteilung der 5. Ekl.

Die Abbildung 31 zeigt den Jahringverlauf des Bestandes Bräuninger Fels (5. Ertragsklasse). Das Frühholz weist den gleichen Verlauf auf wie bei den anderen, untersuchten Bestände. Erkennbar ist wieder der positive Alterstrend mit der Zunahme in der Frühholzbreite.

Der Verlauf des Spätholzes und des Gesamtjehrrings brechen ab dem Jahr 1876 stark ein. Dieser Verlauf hält bis zum Jahre 1899 an. Danach steigt der Zuwachs sehr steil an, um danach allmählich wieder abzufallen. Ab dem Jahr 1920 scheint der Verlauf nahezu parallel zur X-Achse zu verlaufen. Der Vergleich von Spätholz und Gesamtjahrringbreite lässt auch hier wieder eine starke Korrelation erwarten. Auffällig sind in diesem Verlauf die Jahre 1909, 1921 und 2005, da hier die Jahrringbreite stark einbricht. Hingegen steigt sie im Jahre 1969 sehr stark an.

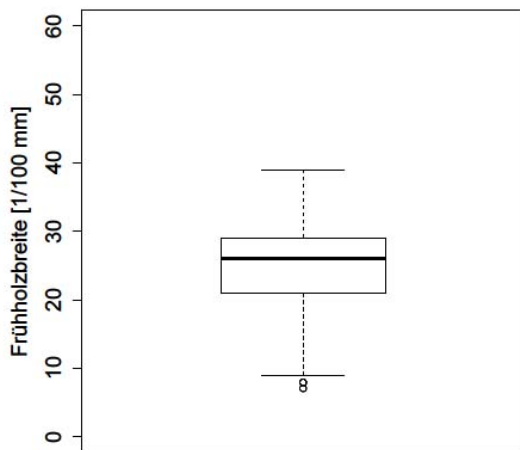


Abb. 32: Boxplot für die Frühholzbreite der 5. Ekl.

Die Abbildung 32 stellt die Frühholzbreite der 5. Ertragsklasse in Form eines Boxplots dar. Auffällig hierbei ist, dass es nur zwei knappe Ausreißer nach unten gibt, während die Verteilung keinen nach oben Aufweist. Im Vergleich zu den anderen Ertragsklassen ist hier zu erkennen, dass die Frühholzbreite deutlich abgenommen hat. Auch ist hier der untere Whisker länger als der obere und nicht umgekehrt wie in den drei vorherigen Ertragsklassen.

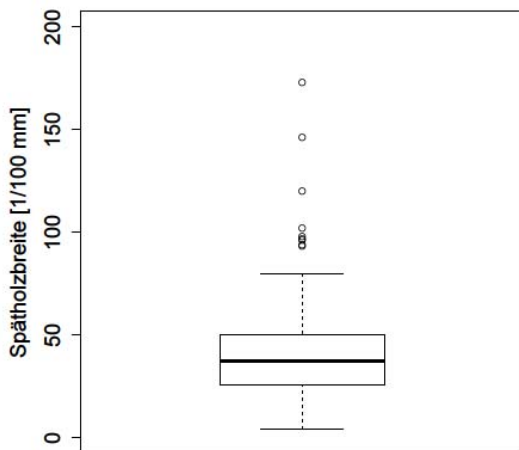


Abb. 33: Boxplot für die Spätholzbreite der 5. Ekl.

Der Boxplot (Abb. 33) zeigt die Verteilung der Spätholzbreite der 5. Ertragsklasse. In der Abbildung sind acht Ausreißer im oberen Bereich zu erkennen und keiner im unteren Bereich. Dies ist ein ähnliches Bild, wie in der 4. Ertragsklasse, nur dass der Boxplot wieder nach unten verschoben ist. Hier zeigt sich wieder, wie auch in der 4. Ertragsklasse, dass der untere Whisker deutlich kürzer ist als der obere.

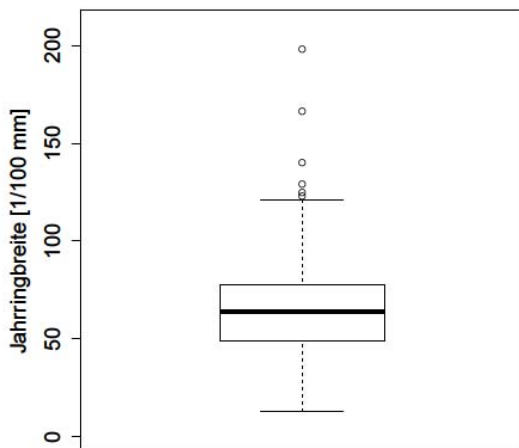


Abb. 34: Boxplot für die Gesamtjahrringbreite der 5. Ekl.

Die Abbildung 34 zeigt die Verteilung der Gesamtjahrringbreite der 5. Ertragsklasse in Form eines Boxplots. Hier sind im oberen Bereich sechs Ausreißer zu erkennen, aber vier deutliche im unteren Bereich. Zudem unterscheiden sich die Whisker kaum in ihrer Länge.

Zusammenfassend kann nach der Beschreibung der verschiedenen untersuchten Standorte gesagt werden, dass das Frühholz einen deutlich positiven Alterstrend aufweist. Der Gesamtjahrring weist in den letzten ca. 40-50 Jahren je nach Ertragsklasse einen Trend auf und das Spätholz schwankt deutlich stärker, als das Frühholz. Der Trend für den Gesamtjahrring soll daher ab dem Jahre 1952 berechnet werden, der Trend für das Frühholz ab dem Wuchsbeginn.

Im Folgenden sind die Verläufe des Früh-, Spätholzes und der Gesamtjahrring im Vergleich der verschiedenen Untersuchungsflächen noch einmal dargestellt.

Für die Betrachtung der Boxplots lässt sich sagen, dass die Jahrringbreiten, sowohl Früh-, Spät-, als auch Gesamtjahrringbreite mit schlechter werdender Ertragsklasse geringer werden. Zudem scheinen die Frühholzbereiche geringere Schwankungen nach unten aufzuweisen, als nach oben. Mit schlechter werdender Ertragsklasse scheinen auch mehr Ausreißer aufzutreten.

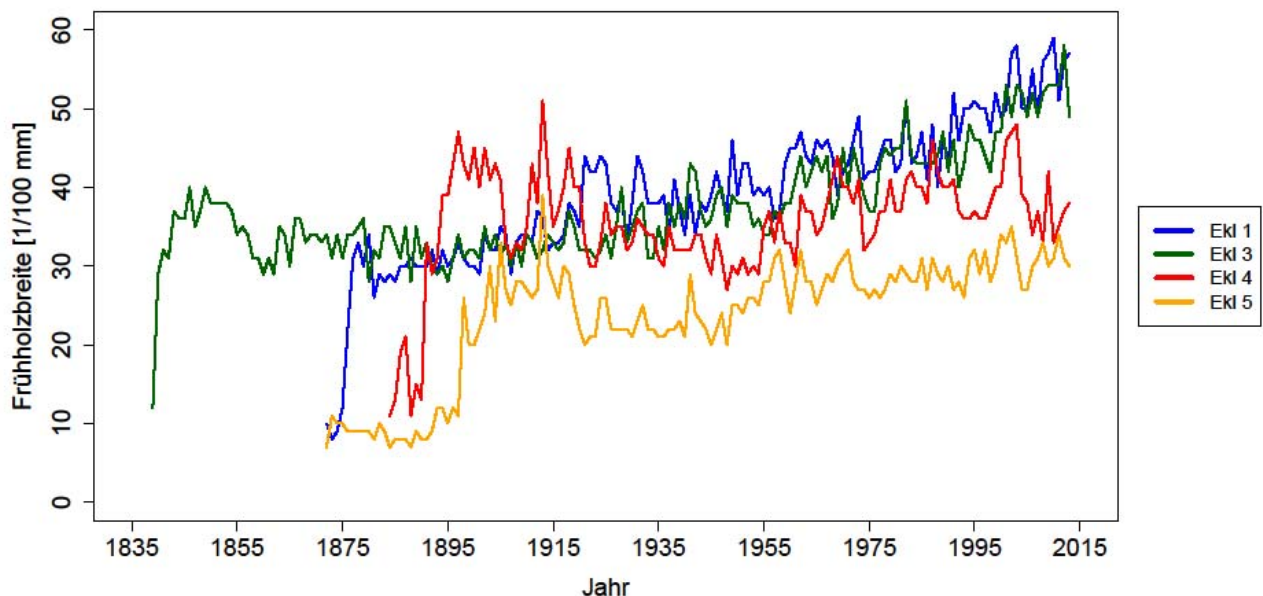


Abb. 35: Masterchronologien der Frühholzbreite

Die Abbildung 35 stellt die Frühholzbreiten aller vier untersuchten Bestände nach Jahren gegenüber. In dieser Abbildung, wie auch in den Folgenden, ist das jeweils unterschiedliche Alter der Bestände zu erkennen. Am deutlichsten sticht der Bestand der 3. Ertragsklasse (Schindhübel) hervor (grüner Verlauf). Nachdem die Jugendphase des Wachstums abgeschlossen ist, ist gut zu erkennen, dass sich die Breiten sehr deutlich differenzieren und die Breite mit schlechter werdender Ertragsklasse abnimmt. Auch in dieser Abbildung ist wieder der positive Alterstrend der Frühholzbreite zu erkennen.

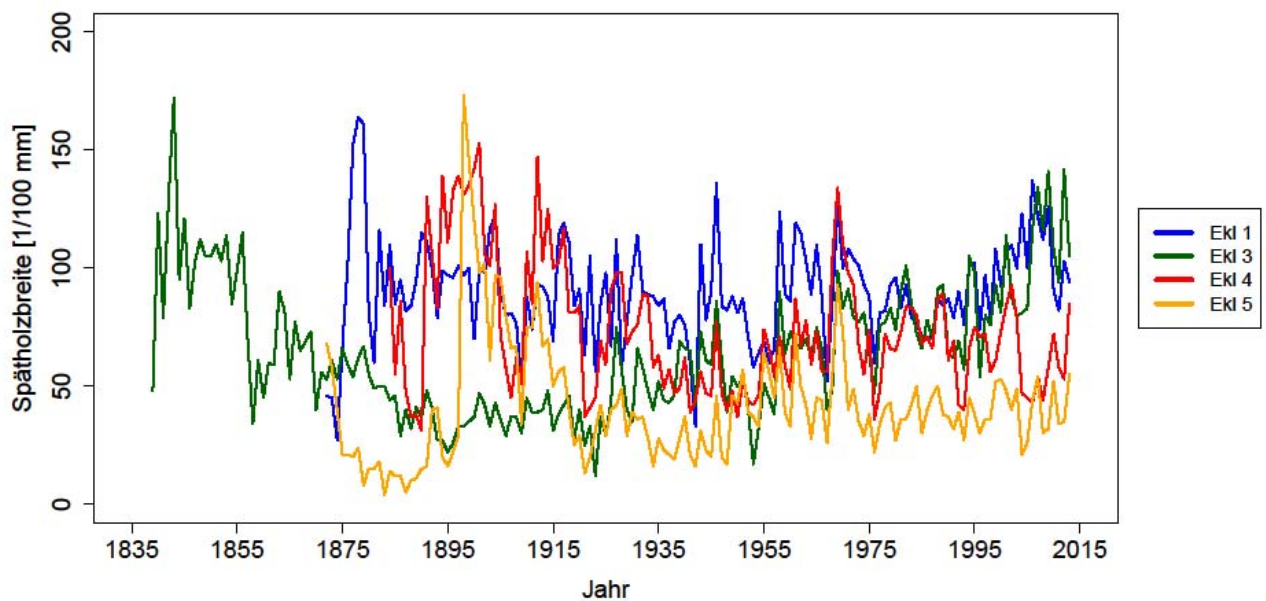


Abb. 36: Masterchronologien der Spätholzbreite

Die Spätholzbreiten der Untersuchungsbestände sind in Abbildung 36 dargestellt. Die Altersunterschiede sind ebenso zu erkennen wie in Abbildung 35. Auch in dieser Chronologie ist die Differenzierung zu erkennen, jedoch weniger deutlich. Eine Differenzierung zwischen der 4. und 5. Ertragsklasse ist eindeutig, während die 1. und 3. Ertragsklasse sich mehrfach im Verlauf schneiden.

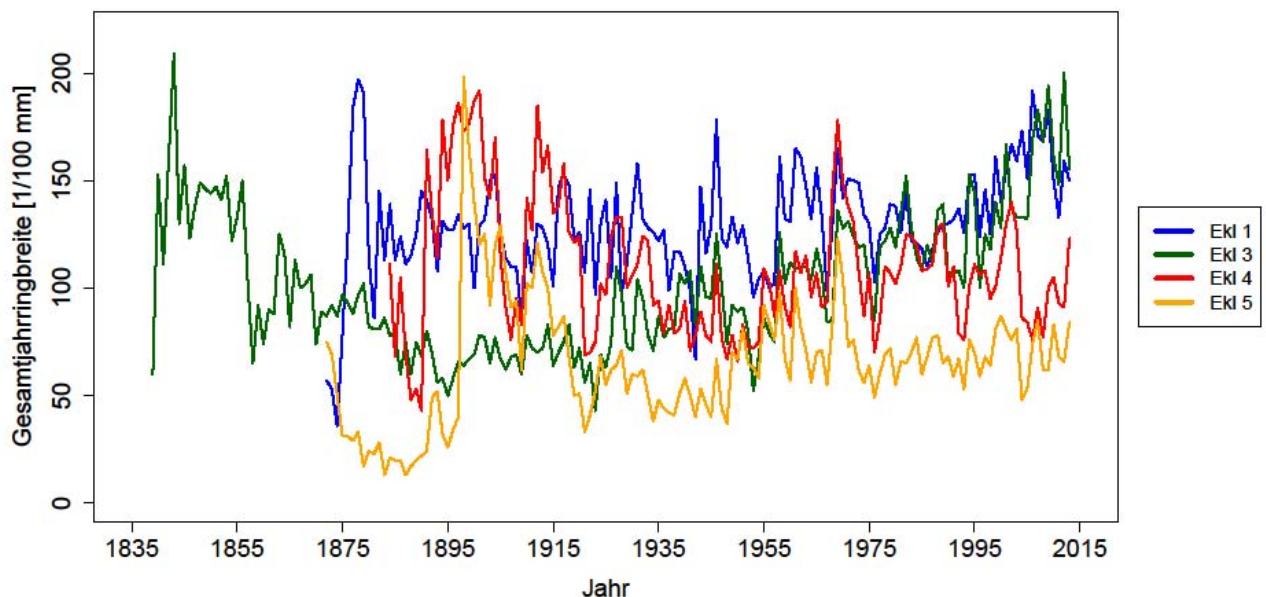


Abb. 37: Masterchronologien der Gesamtjahrringbreite

Die Abbildung 37 zeigt den Verlauf der Gesamtjahrringbreite nach verschiedenen Ertragsklassen. Der schon mehrfach beschrieben Trend ist auch in dieser Graphik zu erkennen. Jedoch fällt auch hier die Differenzierung zwischen der 1. und der 3. Ertragsklasse nicht so einfach, da sich beide Kurven

mehrfach schneiden. Die Differenzierung zur 4. Ertragsklasse und zur 5. Ertragsklasse ist hingegen eindeutig.

Da alle Bestände ein unterschiedliches Alter aufweisen, wird in Abbildung 38 der Gesamtjahrringverlauf noch einmal nach dem Alter dargestellt.

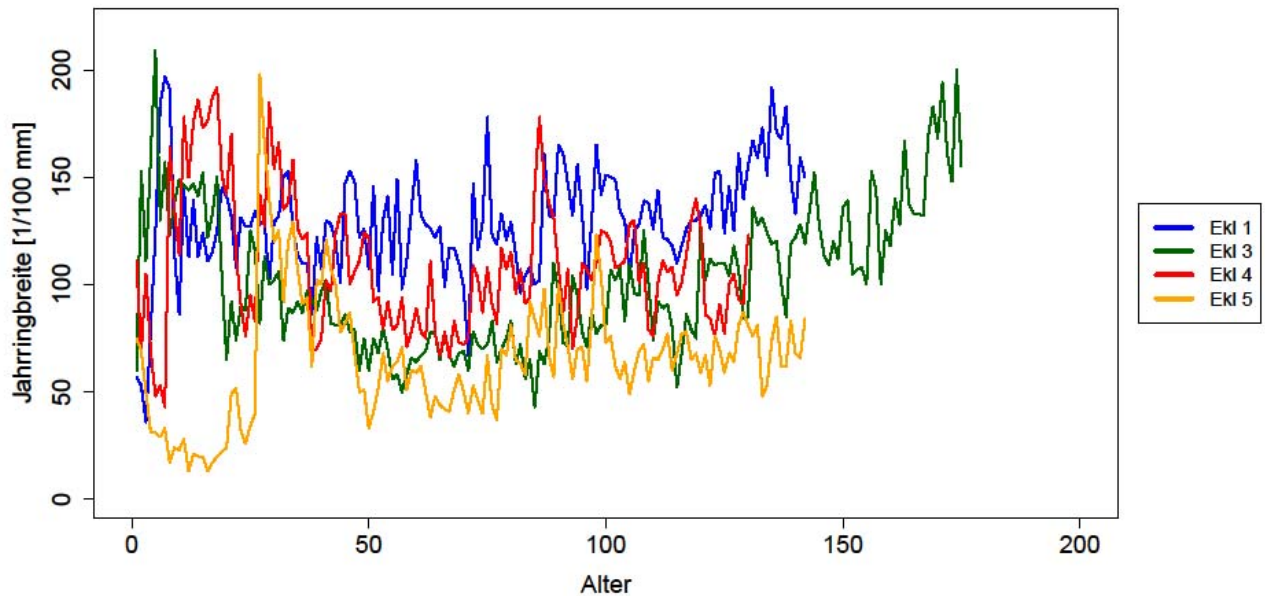


Abb. 38: Masterchronologien nach dem Alter

Diese Abbildung verdeutlicht noch einmal den Wachstumstrend mit zunehmendem Alter. Am besten ist dieser bei der 3. und 1. Ertragsklasse zu erkennen. Der Trend und die Korrelationen zwischen Spätholz und Gesamtjahrring sollen im Folgenden quantifiziert werden. Für einen Vergleich des Früh- und des Spätholzes nach dem Alter können aus den Abbildungen im Anhang entnommen werden (Abschnitt 11.3).

Tab. 5: Korrelationstabelle Gesamtjahrring-, Frühholz- und Spätholzbreite der 1. Ekl.
(**= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$)

	Gesamtjahrringbreite [1/100 mm]	Frühholzbreite [1/100 mm]	Spätholzbreite [1/100 mm]
Gesamtjahrringbreite [1/100 mm]	1	0,553***	0,937***
Frühholzbreite [1/100 mm]	0,553 ***	1	0,229**
Spätholzbreite [1/100 mm]	0,937***	0,229**	1

Die 1. Ertragsklasse weist eine sehr starke Korrelation zwischen der Spätholzbreite und der Gesamtjahrringbreite auf (vgl. Tab. 5). Die positive Korrelation liegt hier bei 93,7 %. Damit wird die Breite des Gesamtjahrringes sehr stark von der Breite des Spätholzes beeinflusst.

Neben dieser Korrelation gibt es noch eine weitere Korrelation zwischen Frühholzbreite und Gesamtjahrringbreite. Dieser Zusammenhang ist aber deutlich schwächer und beziffert sich nur auf 55,3 %.

Spätholz- und Frühholzbreite korrelieren nur sehr schwach miteinander. Der positive Zusammenhang kann hier nur mit 22,9 % beschrieben werden.

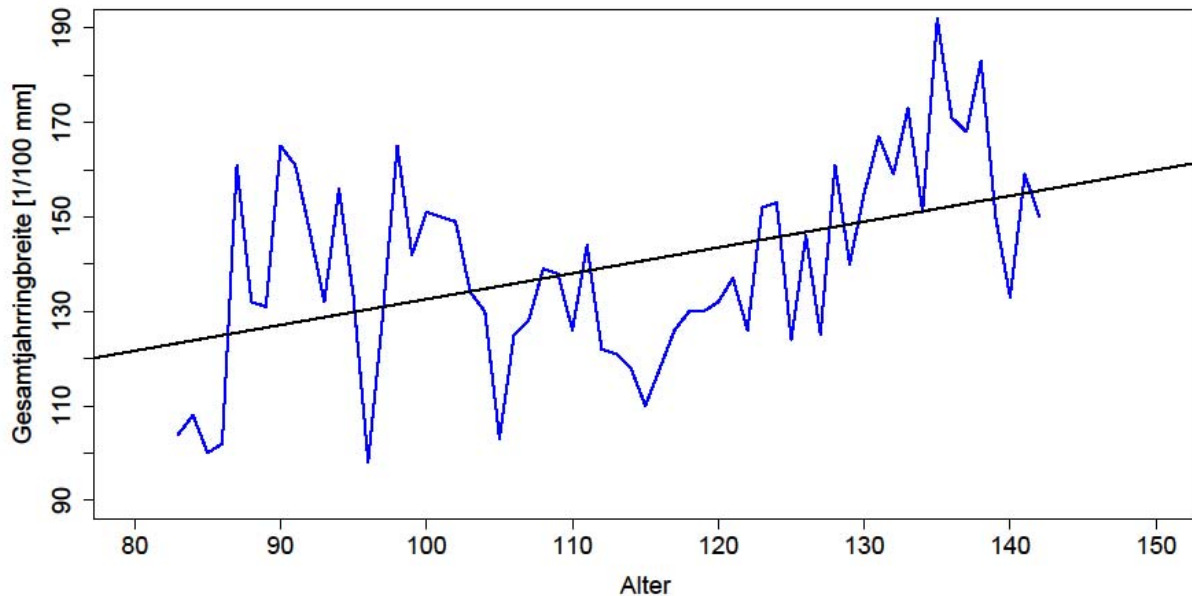


Abb. 39: Trendfunktion Gesamtjahrringbreite der 1. Ekl.

Die Zunahme des Gesamtjahrringes mit dem Alter wird in der 1. Ertragsklasse durch eine Gerade beschrieben (Abb. 39). Die Gerade weist eine Steigung von 0,547 auf und ein R^2 von 0,205 ($p < 0,01$). Damit erklärt die Gerade den Verlauf nur sehr bedingt, zeigt aber, dass die Jahrringbreite signifikant mit dem Alter ansteigt.

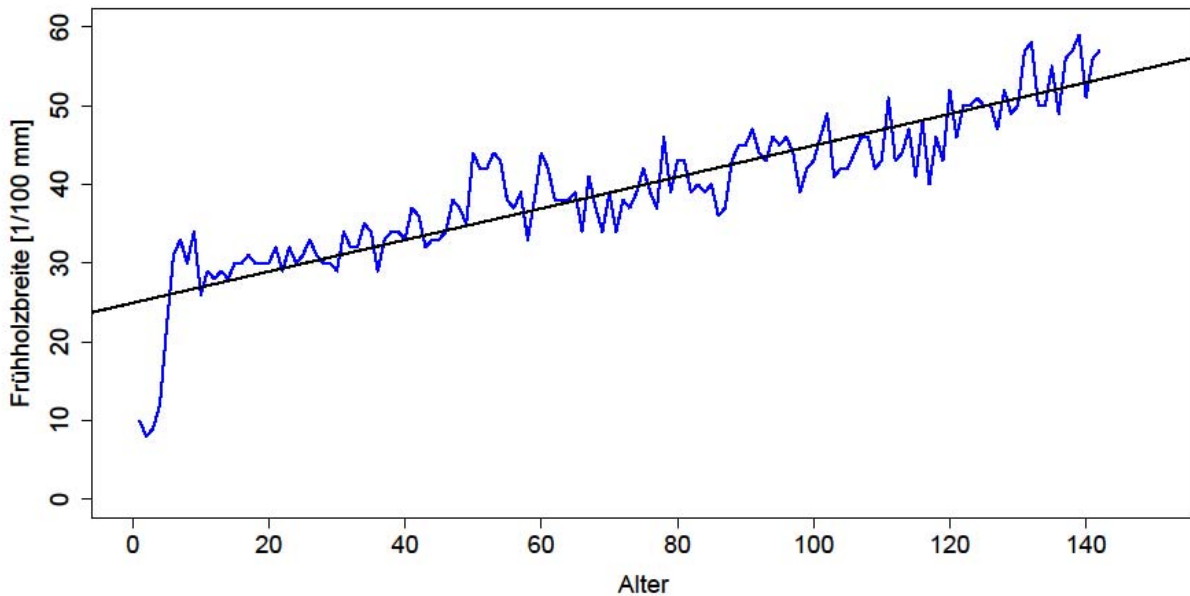


Abb. 40: Trendfunktion Frühholzbreite der 1. Ekl.

Die Trendfunktion für die Frühholzentwicklung über der Zeit zeigt einen eindeutigen Anstieg in der 1. Ertragsklasse (Abb. 40). Das R^2 liegt in dieser Abbildung bei 0,790 und kann daher die Entwicklung sehr gut nachbilden ($p < 0,01$).

Tab. 6: Korrelationstabelle Gesamtjährrings-, Frühholz- und Spätholzbreite der 3. Ekl. (**= $p < 0,001$)

	Gesamtjährringbreite [1/100 mm]	Frühholzbreite [1/100 mm]	Spätholzbreite [1/100 mm]
Gesamtjährringbreite [1/100 mm]	1	0,714***	0,986***
Frühholzbreite [1/100 mm]	0,714***	1	0,590***
Spätholzbreite [1/100 mm]	0,986***	0,590***	1

Die Tabelle 6 zeigt die Korrelationen zwischen Frühholz, Spätholz und Gesamtjährringbreite der 3. Ertragsklasse (Schindhübel).

Die positive Korrelation des Spätholzes und der Gesamtjährringbreite liegt in dieser Fläche bei 98,6 %. Damit wird die Gesamtjährringbreite sehr stark von der Entwicklung des Spätholzanteils beeinflusst.

Deutlich stärker als in der 1. Ertragsklasse korreliert hier auch die Frühholzbreite mit der Gesamtjährringbreite. Der Zusammenhang wird hier mit 71,4 % beziffert.

Markant ist hierbei die deutliche Korrelation zwischen Frühholzbreite und Spätholzbreite, die hier bei 59 % liegt.

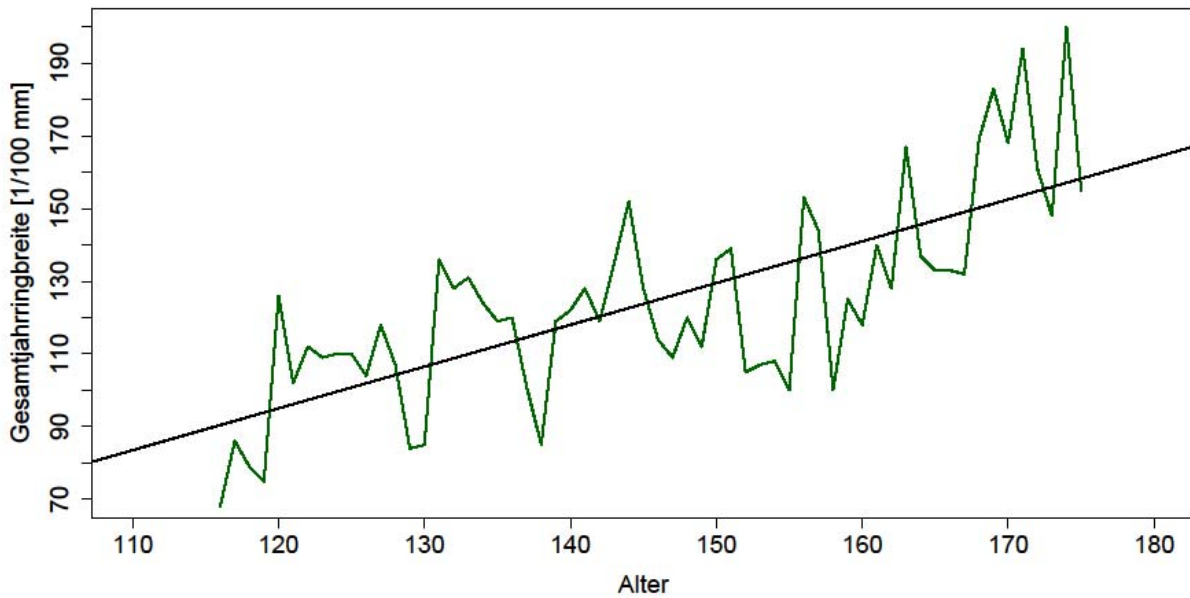


Abb. 41: Trendfunktion Gesamtjahringbreite der 3. Ekl.

Die Abbildung 41 verdeutlicht den positiven Zusammenhang der Jahringbreitenentwicklung mit dem Alter. Die Gerade wird hierbei mit einer Steigung von 0,188 beschrieben und weist ein R^2 von 0,527 auf ($p < 0,05$). Damit kann die Gerade den Verlauf der Jahringentwicklung gut beschreiben und zeigt die signifikante Zunahme der Jahringbreite mit dem Alter.

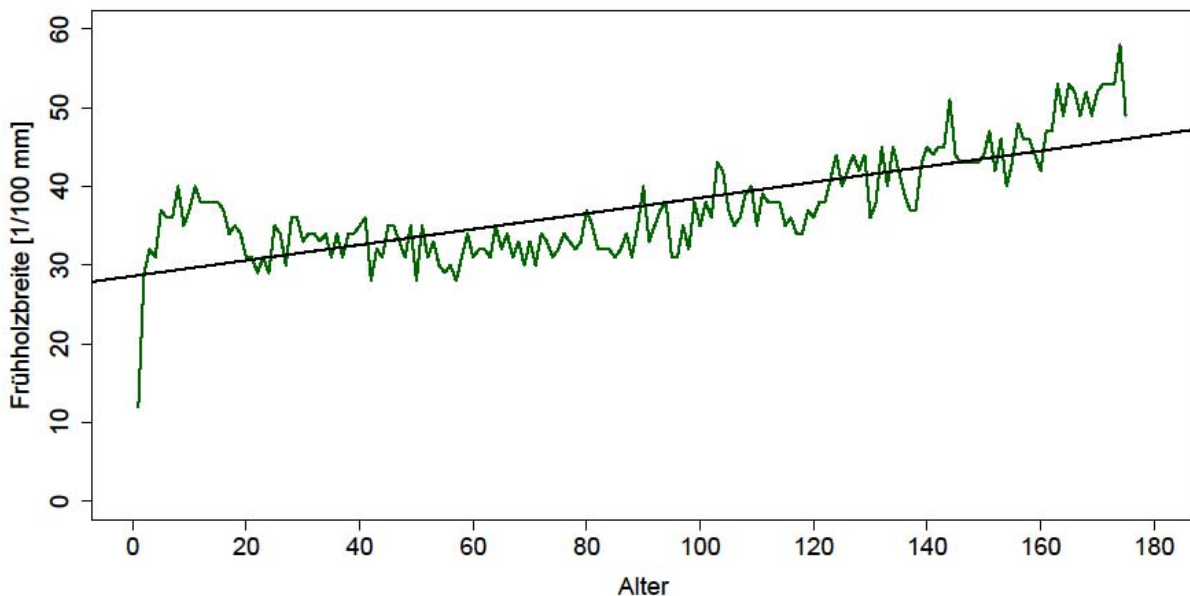


Abb. 42: Trendfunktion Frühholzbreite der 3. Ekl.

Die Grafik 42 zeigt den Verlauf der Frühholzentwicklung mit Trendgerade der 3. Ertragsklasse. Die Gerade steigt deutlich im Verlauf des Alters an und wird mit einem R^2 von 0,575 quantifiziert ($p < 0,01$). Damit bildet sie die Frühholzentwicklung sehr gut nach.

Tab. 7: Korrelationstabelle Gesamtjahring-, Frühholz- und Spätholzbreite der 4. Ekl. (**= $p < 0,001$)

	Gesamtjahringbreite [1/100 mm]	Frühholzbreite [1/100 mm]	Spätholzbreite [1/100 mm]
Gesamtjahringbreite [1/100 mm]	1	0,634***	0,982***
Frühholzbreite [1/100 mm]	0,634***	1	0,229***
Spätholzbreite [1/100 mm]	0,982***	0,229***	1

Die Tabelle 7 fasst die Zusammenhänge der Jahringentwicklung der 4. Ertragsklasse (Bergstein) zusammen. Die Zusammenhänge sind sehr vergleichbar mit den Ergebnissen aus der 1. Ertragsklasse. Es gibt eine sehr starke positive Korrelation zwischen der Spätholzbreite und der Gesamtjahringbreite (98,2 %) und eine weniger starke zwischen der Frühholzbreite und der Gesamtjahringbreite (63,4 %). Der Zusammenhang zwischen Spätholzentwicklung und Frühholzentwicklung ist nur schwach zu erkennen (22,9 %).

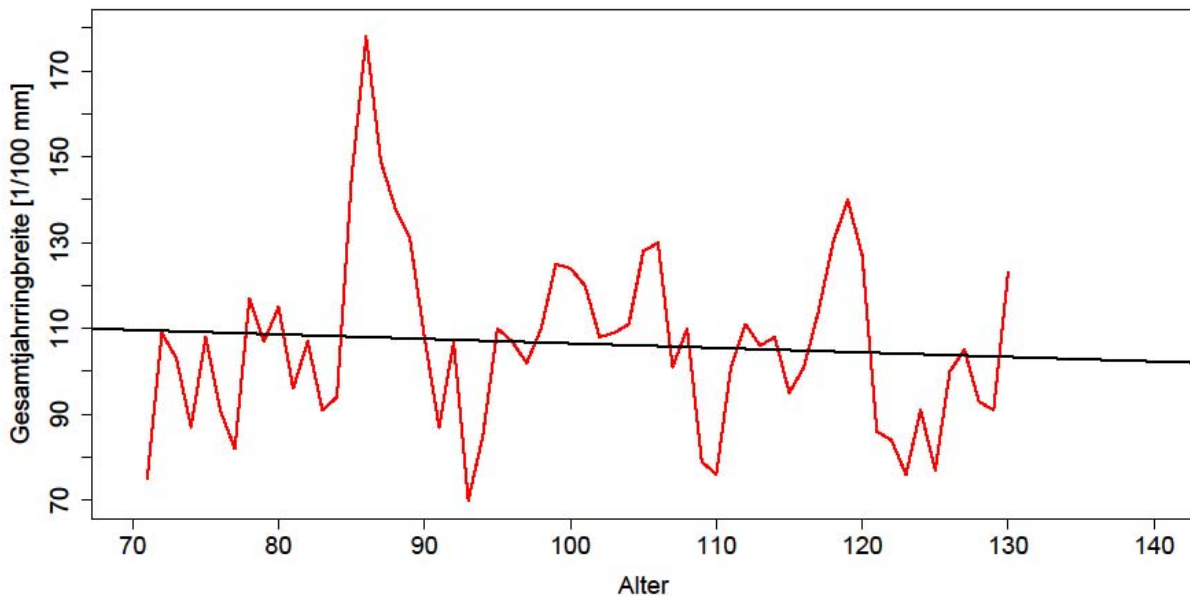


Abb. 43: Trendfunktion Gesamtjahringbreite der 4. Ekl.

Der Zusammenhang des Alters mit der Jahringbreitenentwicklung wird hier in Abbildung 43 beschrieben. Dabei ist zu erkennen, dass die Jahringbreite enormen Schwankungen unterworfen ist und dass die Gerade häufig durch diese Ausschläge geschnitten wird. Das R^2 kann auf 0,008 quantifiziert werden ($p < 0,05$). Hier ist zu erkennen, dass die Gerade den Verlauf nicht beschreiben kann, aber dennoch die Tendenz der Jahringbreitenentwicklung aufzeigt. Die Ertragsklasse 4 unterscheidet sich also hierbei von den beiden vorangegangenen, da die Gerade leicht abfällt.

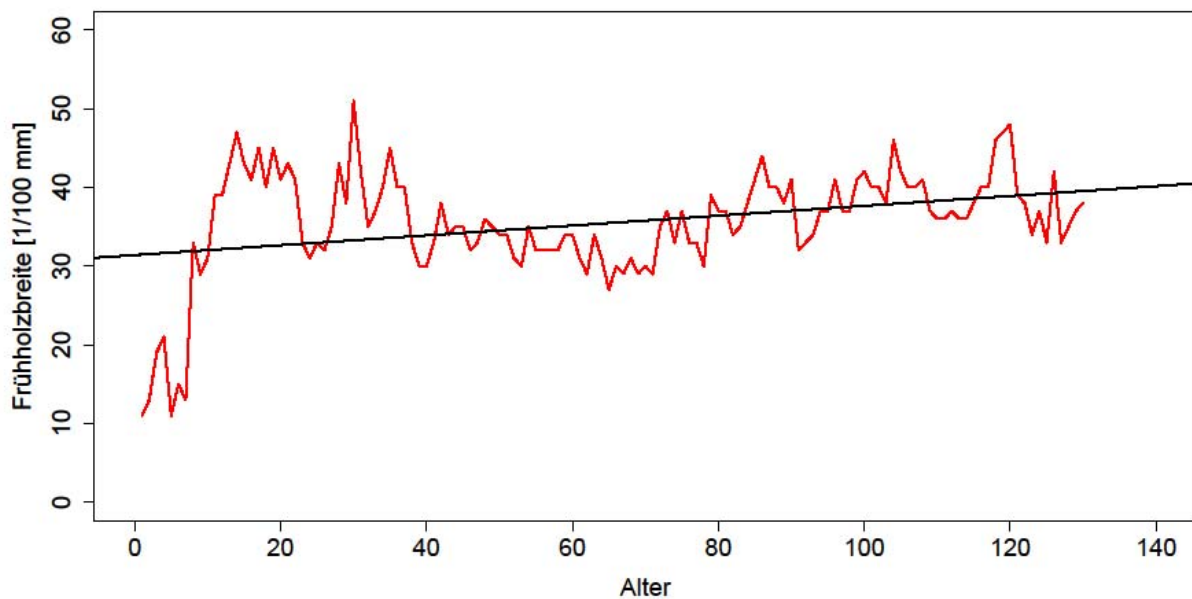


Abb. 44: Trendfunktion Frühholzbreite der 4. Ekl.

Die Abbildung 44 beschreibt den linearen Verlauf der Frühholzbreite in der 4. Ertragsklasse. Die Geradenfunktion kann den Verlauf nicht gut beschreiben ($R^2 = 0,117$; $p < 0,01$), zeigt aber dennoch die Tendenz auf. Auch hier kann gesagt werden, dass die Frühholzbreite mit dem Alter ansteigt.

Tab. 8: Korrelationstabelle Gesamtjahring-, Frühholz und Spätholzbreite der 5. Ekl. (**= $p > 0,001$)

	Gesamtjahringbreite [1/100 mm]	Frühholzbreite [1/100 mm]	Spätholzbreite [1/100 mm]
Gesamtjahringbreite [1/100 mm]	1	0,584***	0,969***
Frühholzbreite [1/100 mm]	0,584***	1	0,365***
Spätholzbreite [1/100 mm]	0,969***	0,365***	1

Die Korrelation zwischen Spätholzbreite und Gesamtjahringbreite sind auch im Bestand Bräuninger Fels (5. Ertragsklasse) sehr hoch (Tab. 8). Sie liegt hier bei 0,969. Auch der Zusammenhang zwischen Frühholzbreite und Gesamtjahringbreite ist mit 0,584 noch relativ hoch. Zudem ist wieder zu erkennen, dass die Korrelation zwischen Frühholzbreite und Spätholzbreite deutlich geringer ist (0,365).

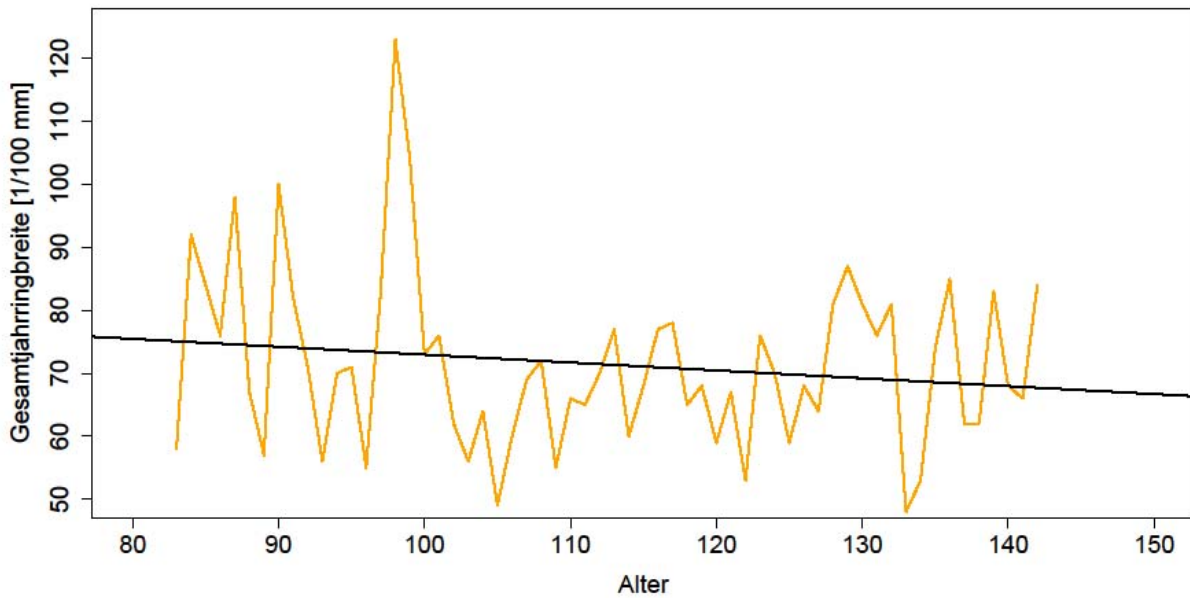


Abb. 45: Trendfunktion Gesamtjahrringbreite der 5. Ekl.

Die Gesamtjahrringbreite variiert in diesem Bestand sehr erkennbar (vgl. Abb. 45). Das beschreibende R^2 liegt hier nur bei 0,024 ($p < 0,05$). Die Gerade fällt mit -0,12 und schneidet mehrfach die Jahrringbreite. Hier ist also ein ähnlicher Zusammenhang wie in der Ertragsklasse 4 zu sehen.

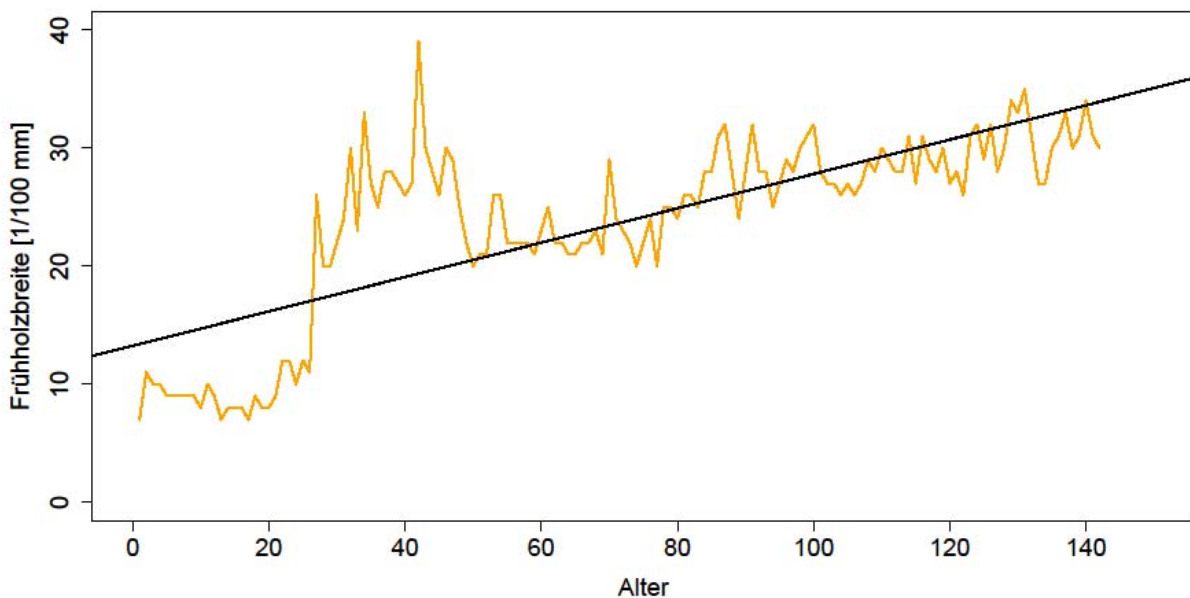


Abb. 46: Trendfunktion Frühholzbreite der 5. Ekl.

Die Trendfunktion des Frühholzes (Abb. 46) steigt mit dem Alter stark an und beschreibt den Verlauf mit steigendem Alter immer besser, besonders ab dem Jahre 1930 ($p < 0,01$). Das R^2 liegt hier bei 0,599.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es eine deutliche Korrelation zwischen Spätholzbreite und Gesamtjahrringbreite gibt. Die Korrelation für diesen Zusammenhang liegen bei allen Untersuchungsflächen deutlich über 90 %. Des Weiteren ist ein Zusammenhang zwischen Frühholzbreitenentwicklung und Gesamtjahresbreite zu verzeichnen, der aber deutlich weniger ausgeprägt ist (Korrelationen zwischen 53 und 71 %).

Eine Korrelation zwischen Spätholzbereite und Frühholzbereite ist noch undeutlicher als die vorangegangenen Korrelationen. Daraus kann geschlossen werden, dass das Frühholz nur einen geringen Einfluss auf den Gesamtwuchs hat.

Die Ausgleichsgeraden durch die Gesamtjahrringbreite zeigen ein zweigeteiltes Bild. Die Ertragsklassen 1 und 3 weisen erkennbar steigende Jahrringbreiten mit dem Alter auf, während die beiden Ertragsklassen 4 und 5 leicht fallende Geraden aufweisen. Hier ist ein erster Unterschied zur Ertragstafel „Eiche“ zu erkennen (vgl. Abb. 17 und Abb. 18). Dargestellt ist der Verlauf aller Ausgleichsgeraden noch einmal in Abb. 47.

Die Frühholzbreiten nehmen in allen Ertragsklassen mit dem Alter eindeutig zu.

Eine Untersuchung, die sich bezüglich unterer (ca. BHD) und die oberer Messung (Kronenansatz) unterscheidet, ist nicht nötig, da es keine signifikanten Unterschiede bezüglich dieser beiden Durchmesser gibt ($p > 0,1$).

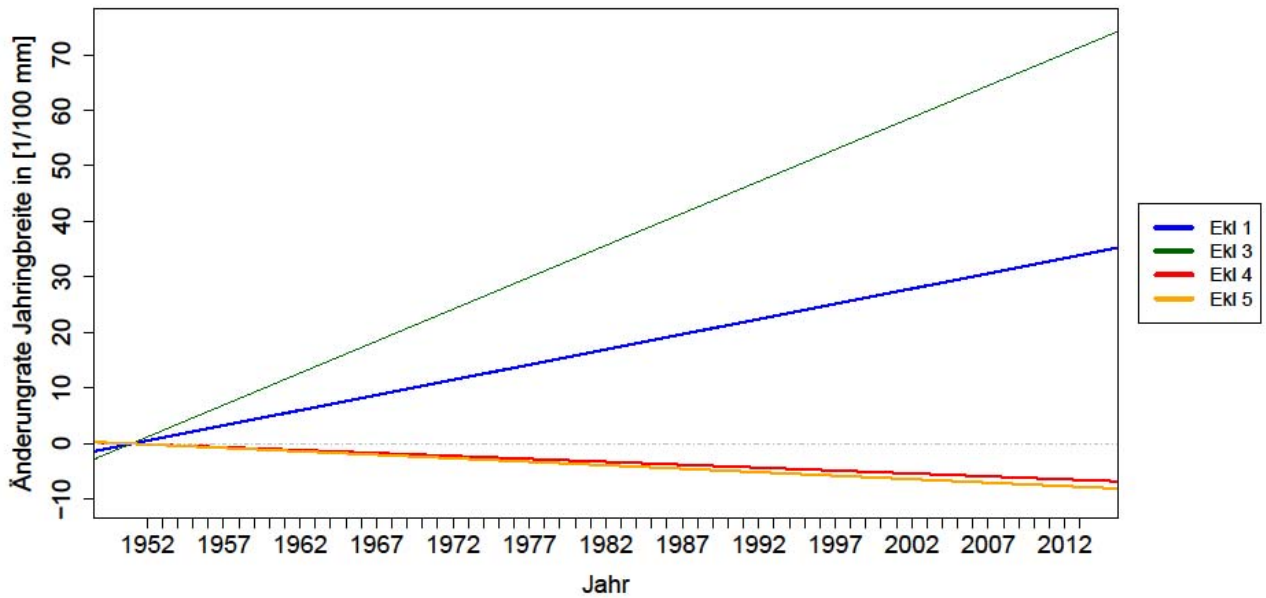


Abb. 47: Lineare Ausgleichsgeraden des Gesamtjahringwachstums ab 1952

In der Abbildung 47 sind alle Ausgleichsgeraden des Gesamtjahringwachstums ab dem Jahre 1952 aufgezeigt. Sehr deutlich wird hier noch einmal der Unterschied zwischen dem Kollektiv der 1. und 3. Ertragsklasse und dem der 4. und 5. Ertragsklasse aufgezeigt.

4.2 Beschreibung der Klimadaten

In diesem Abschnitt der Auswertung sollen die Verläufe der verschiedenen Klimaparameter nach Ertragsklassen geordnet dargestellt werden. Diese Abbildungen sollen die Unterschiede zwischen den Beständen verdeutlichen.

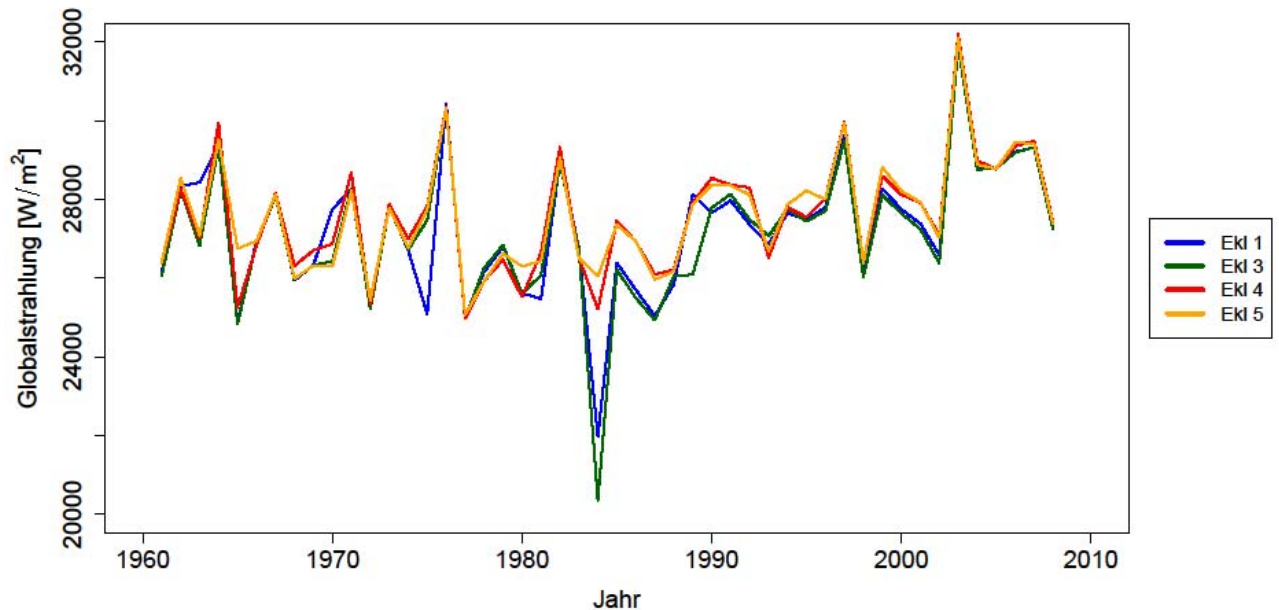


Abb. 48: Chronologien der Vegetationsglobalstrahlung

Die Abbildung 48 zeigt den Verlauf der Globalstrahlung über den Zeitraum der Vegetationszeit (April – September) gestaffelt nach den vier Versuchsf lächen. Da die Versuchsf lächen und die verwendeten Klimastationen sehr dicht zusammenliegen, ist es nicht verwunderlich, dass die Verläufe der einzelnen Bestände sehr dicht verlaufen und sich häufig schneiden. Im Ganzen betrachtet, schwanken die Kurven sehr einheitlich auf einem Niveau von ca. 27.000 W/m², bis zum Jahre 1995, danach scheinen diese leicht anzusteigen. Dieser Trend wird zur Berechnung der Korrelationen zu den Jahrringen eliminiert und die Korrelationsbildung basiert auf dem Vergleich von Residuen (vgl. Abschnitt 2.3). Auffällig sind bei den Kurven die Jahre 1977, 1984 und das Jahr 2003. Diese markanten Jahre sollen bei der Betrachtung der Sensitivität noch näher untersucht werden.

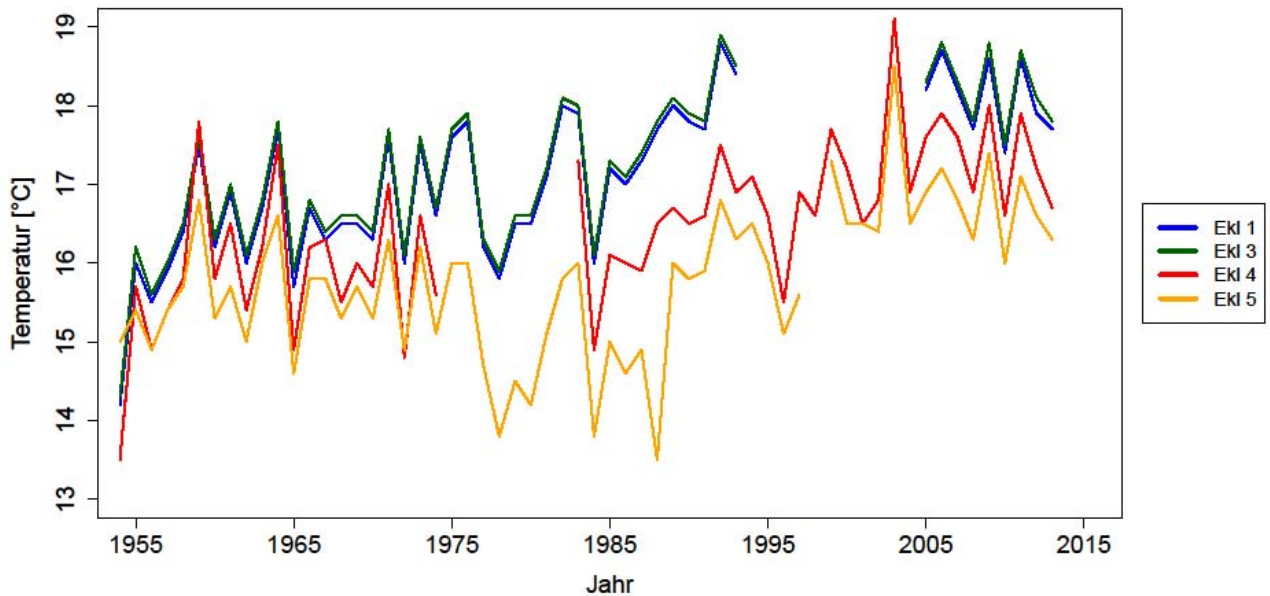


Abb. 49: Chronologien der Vegetationszeittemperatur

Der Verlauf der Temperatur über die Vegetationszeit (Abb. 49) verläuft ebenfalls sehr homogen. Zu beachten sind hierbei die „Brüche“ im Zeitverlauf. Diese sind dadurch entstanden, da für diese Zeiträume keine Temperaturmonatsdaten vorlagen. Wie im Teil „Material und Methoden“ schon beschrieben, wurden die Werte über TV0-Linien angepasst und die Werte auf Plausibilität überprüft. Der sehr homogene Verlauf ist auch hier wieder gut zu erkennen. Die Temperatur der Ertragsklasse 1 und 3 laufen hierbei annähernd gleich, da hier auf die gleichen Daten einer Klimastation Bezug genommen wurde. Der Verlauf der Temperatur steigt ab dem Jahre 1980 leicht an und weist somit auch einen Trend auf, der bei der Korrelation gegenüber dem Wachstum bereinigt werden muss. Auch in diesem Verlauf über den Zeitstrahl sind markante Jahre zu erkennen, die im Folgenden in einer Tabelle, wie von den übrigen Klimaparameter auch, dargestellt und im Abschluss mit den Zuwächsen verglichen werden sollen. Die markanten Jahre werden mit Hilfe der Sensitivität berechnet (vgl. Abschnitt 2.3).

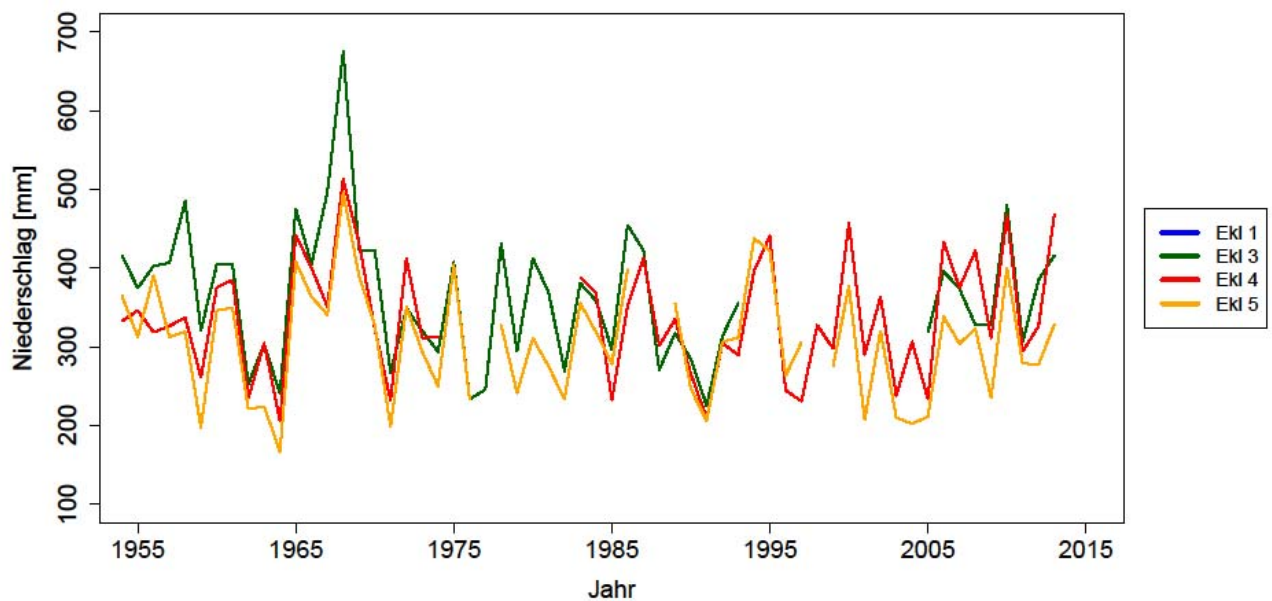


Abb. 50: Chronologien des Vegetationszeitniederschlages

Der Vegetationszeitniederschlag ist ein weiteres wichtiges Kriterium für die Korrelationsbildung mit der Jahrringbreite. Die Abbildung 50 zeigt den Verlauf des Niederschlages von April bis einschließlich September der verschiedenen Ertragsklassen. Auch hierbei ist der nahezu identische Verlauf der 1. und 3. Ertragsklasse auf die Verwendung der gleichen Klimastation zurückzuführen. Vergleicht man den Verlauf des Niederschlages zwischen den Ertragsklassen, so ist auch hier ein gleichförmiger Verlauf der Graphen zu erkennen. Der Vegetationszeitniederschlag scheint keinen großen Trend mit den Jahren aufzuweisen. Um aber eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wird auch hier im Folgenden die Korrelation über Residuen gebildet. Eindeutige Schwankungen im Niederschlag sind auch hier zu erkennen, die aber über die Berechnung der Sensitivität bestimmt werden sollen. Der Unterschied im Vegetationszeitniederschlag ist zwischen der 1. und 3. Ertragsklasse so gering, dass hier der Verlauf der 1. Ertragsklasse (blau) durch den Verlauf der 3. Ertragsklasse (grün) verdeckt wird.

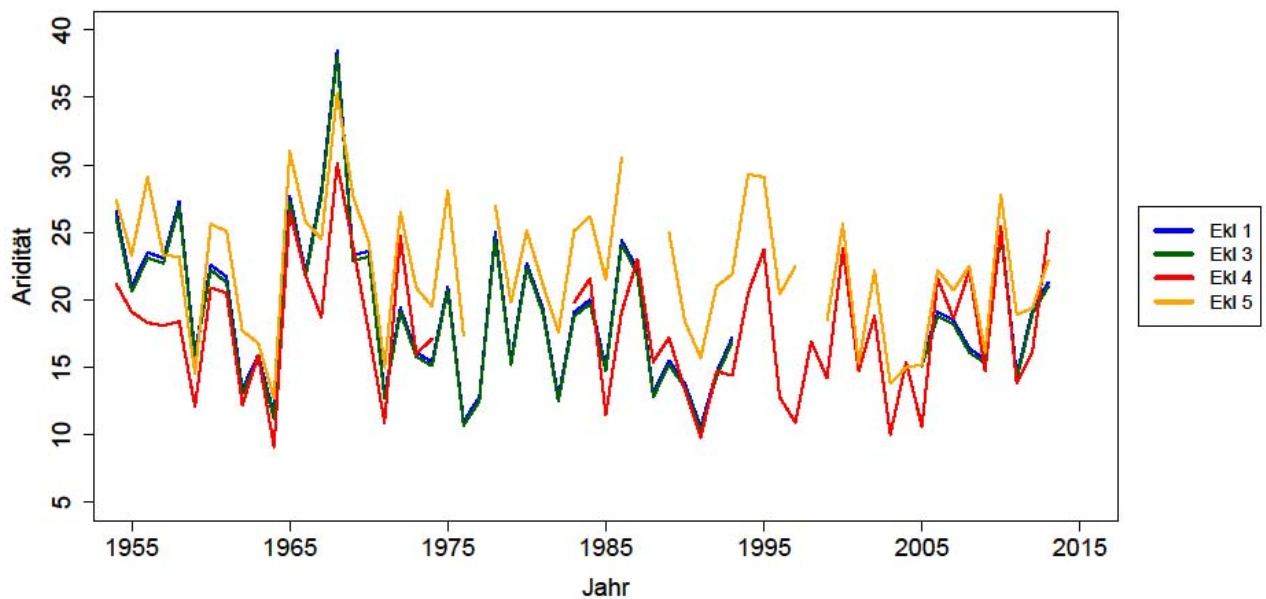


Abb. 51: Chronologien der Vegetationszeitaridität

Die Aridität ist der Quotient aus Niederschlag und Temperatur. Der Verlauf, gegliedert nach Ertragsklassen, ist in Abbildung 51 dargestellt. Auch dieser Verlauf gleicht im Grunde den vorher beschriebenen Klimaverläufen. Die Brüche in den Kurven entstanden ebenfalls durch nicht vorhandene Daten in den zugehörigen Monaten und Jahren. Diese Brüche sind in den hinterlegten Datenblättern mit „NA“ gekennzeichnet und werden bei der Korrelationsbildung nicht mit ausgewertet. Der homogene Verlauf weist auch wieder einige Extremwerte auf, die durch eine Tabelle im Folgenden dargestellt werden. Die Korrelationen zu den Jahrringen basieren auch hier auf einem Vergleich von Residuen.

4.3 Sensitivität

Die Sensitivität dient dazu, um extreme Werte eines Verlaufes zu detektieren. Dazu werden die jeweiligen Werte in Bezug zum Vorjahr gesetzt (vgl. Abschnitt 2.3). Im Folgenden sollen in Tabellen die jeweiligen Weißerjahre nach Ertragsklassen und Klimaparametern geordnet dargestellt und später in Graphiken zueinander in Verbindung gebracht werden. Für eine Auswahl als Weißerjahr gilt in diesen Untersuchungen für die Jahrringbreite eine Änderungsrate >20%, für die Globalstrahlung >10%, für die Temperatur >10%, für den Niederschlag >40% und für die Aridität >50%. Angelehnt sind diese Werte an andere Untersuchungen (vgl. z.B. Husmann und Hinrichs, K., Rademacher, P., Saborowski, J., Hapla, F. 2013).

Tab. 9: Tabellendarstellung der sensitiven Jahre der Gesamtjahrringbreite bei einer Änderungsrate von >20 %

	1. Ertragsklasse	3. Ertragsklasse	4. Ertragsklasse	5. Ertragsklasse
		1955	1955	1955
	1958	1958	1958	1958
		1959		1959
	1961		1961	1961
				1964
				1965
		1967		1967
	1968		1968	1968
	1969	1969	1969	1969
				1971
				1973
			1974	
			1975	
			1976	1976
		1977		1977
			1978	
				1980
				1985
		1990	1990	
			1992	
				1993
		1994	1994	1994
	1996	1996		
		1997		
	1999			1999
			2004	2004
	2006	2006		2006
				2008
			2009	
				2010
		2012		
		2013	2013	2013
Anzahl	7	13	15	23
mitt. Sensitivität	0,614	1,369	0,840	0,612

Die Tabelle 9 zeigt, nach der Sensitivität berechneten Jahre, die Gesamtjahrringbreite in den Jahren 1952 bis 2013. Das Maß für ein Weißerjahr wurde hier auf eine Änderung in der Sensitivität gegenüber des Vorjahres auf >20 % festgelegt. Diese Tabelle und die Folgenden sind so angeordnet, dass zusammengehörige Jahre, zur besseren Vergleichbarkeit, in einer Zeile stehen. Auffällig hierbei sind die Jahre 1958 und 1969, da sie ein Weißerjahr in allen Ertragsklassen markieren. Weitere auffällige Jahre sind 1955, 1961, 1968, 1994 und 2006. Hier weisen noch drei der vier Ertragsklassen diese Jahre als Weißerjahr aus.

Neben der vergleichenden Jahresbetrachtung fällt bei einem Vergleich der Ertragsklassen untereinander noch auf, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse die Anzahl der Weißerjahre steigt. Zusätzlich ist auch die durchschnittliche Sensitivität angegeben. Die 3. Ertragsklasse weist hierbei den höchsten Wert (1,369) auf und fällt bei einem Vergleich der Sensitivitäten gegenüber den anderen Ertragsklassen deutlich heraus. Hier wird deutlich, dass die Jahrringe der 3. Ertragsklasse am sensitivsten reagieren.

Tab. 10: Tabellendarstellung der als sensitiv ausgewiesenen Jahre der Vegetationsglobalstrahlung bei einer Änderungsrate von >10%

	1. Ertragsklasse	3. Ertragsklasse	4. Ertragsklasse	5. Ertragsklasse
	1965	1965	1965	
	1972	1972	1972	1972
	1976	1976		
	1977	1977	1977	1977
	1982	1982		
			1983	1998
	1984	1984		
	1985	1985		
	1998	1998	1998	
	2003	2003	2003	2003
	2004	2004	2004	2004
Anzahl	10	10	8	5
mitt. Sensitivität	0,085	0,096	0,080	0,083

Die Weißerjahre der Vegetationsglobalstrahlung sind in Tabelle 10 dargestellt. Hierbei sind die Jahre 1972, 1977, 2003 und 2004 besonders auffällig. Diese Jahre werden durch die Berechnung der Sensitivität bei einer Änderungsrate von >10 % als Weißerjahre in allen untersuchten Beständen definiert. Weitere Jahre, die durch drei Bestände als Weißerjahre ausgewiesen werden, sind 1965 und 1998. Die Anzahl der Weißerjahre für den Betrachtungszeitraum 1962 bis 2008 nimmt mit der Güte der Ertragsklasse ab. Die mittlere Sensitivität der vier Untersuchungsflächen liegt sehr nah an Null und schwankt nur zwischen 0,096 und 0,080. Die Globalstrahlung verläuft damit sehr ausgeglichen. Diese sehr ähnlichen Ergebnisse zeigen sich auch noch in der Korrelation zwischen Zuwachs und Globalstrahlung in Tabelle 14 bis 18.

Tab. 11: Tabellendarstellung der sensitiven Jahre der Vegetationszeittemperatur bei einer Änderungsrate von >10 %

	1. Ertragsklasse	3. Ertragsklasse	4. Ertragsklasse	5. Ertragsklasse
	1959	1959		
	1960	1960	1960	1960
		1964		
	1965	1965	1965	1965
		1968		
	1972	1972	1972	
	1973	1973	1973	1973
	1974	1974	1974	1974
	1984	1984	1984	1984
	1993			
		1996		
	1997	1997	1997	
			1999	
	2003	2003	2003	2003
	2004	2004	2004	2004
	2007		2007	
		2010		
Anzahl	12	14	11	7
mitt. Sensitivität	0,518	0,516	0,073	0,044

Die Tabelle 11 stellt die sensitiven Jahre der Vegetationszeittemperatur und die mittlere Sensitivität dar. Die Jahre wurden als Weißerjahre ausgewiesen, sobald die Änderungsrate > als 10 % betrug. Bei der Betrachtung der Einzeljahre fallen die Jahre 1960, 1965, 1973, 1974, 1984, 2003 und 2004 ins Auge. Diese Jahre werden in allen Untersuchungsbeständen als Weißerjahre ausgewiesen. Durch drei Bestände werden die beiden Jahre 1972 und 1997 ausgegeben. Die Anzahl der Weißerjahre lässt keine Tendenz zwischen den Ertragsklassen erkennen. Die mittlere Sensitivität zeigt, bei gesonderter Betrachtung der 4. Ertragsklasse (siehe Material und Methoden), eine fallende Tendenz mit schlechter werdender Ertragsklasse. Die Ertragsklassen 1 und 3 weisen einen Wert um 0,52 auf, während die beiden Ertragsklassen 4 und 5 Werte deutlich geringere Werte abbilden.

Tab. 12: Tabellendarstellung der sensitiven Jahre des Vegetationszeitniederschlags bei einer Änderungsrate von >40 %

	1. Ertragsklasse	3. Ertragsklasse	4. Ertragsklasse	5. Ertragsklasse
	1959	1959		1959
				1960
	1962	1962	1962	1962
	1965	1965	1965	1965
	1969	1969		
	1971	1971		1971
			1972	1972
				1975
	1976	1976		1976
	1978	1978		
				1983
			1985	
	1986	1986	1986	
	1988	1988		
			1996	1996
			2000	
			2001	2001
				2002
			2003	2003
			2006	2006
			2010	2010
	2011	2011	2011	
Anzahl	10	10	12	15
mitt. Sensitivität	0,240	0,240	0,324	0,511

Die mittlere Sensitivität und die durch die Änderungsrate (>40 %) der Sensitivität ausgewiesenen Weißerjahre sind in Tabelle 12 dargestellt. Die mittlere Sensitivität zeigt eine steigende Tendenz mit schlechter werdender Ertragsklasse. Weißerjahre, die durch alle vier Bestände ausgegeben werden, sind die beiden Jahre 1962 und 1965. Durch drei Bestände werden die Jahre 1959, 1971, 1976, 1986 und das Jahr 2001 charakterisiert.

Die Anzahl der Weißerjahre pro Bestand nimmt auch mit schlechter werdender Ertragsklasse zu, genauso wie die mittlere Sensitivität. Bei einem Vergleich mit der Korrelation zwischen Vegetationszeitniederschlag und Gesamtjahrringzuwachs kann dieses Ergebnis ebenfalls bestätigt werden (vgl. Tab. 14 – 18).

Tab. 13: Tabellendarstellung der sensitiven Jahre der Vegetationszeitaridität bei einer Änderungsrate von >50 %

	1. Ertragsklasse	3. Ertragsklasse	4. Ertragsklasse	5. Ertragsklasse
	1959	1959		
			1960	1960
			1962	
			1964	
	1965	1965	1965	1965
	1971	1971		
			1972	1972
	1976	1976		
	1978	1978		
			1985	2001
	1988	1988		
			1996	
			2000	
			2003	
			2006	
			2010	2010
	2011	2011	2011	
Anzahl	7	7	12	5
mitt. Sensitivität	0,256	0,251	1,471	0,509

Die Verbindung von Temperatur und Niederschlag wird durch die Aridität beschrieben. Die durch die Sensitivität definierten Weißerjahre sind hier in Tabelle 13 dargestellt. Die Änderungsrate von 50 % musste hierbei überschritten werden, damit ein Jahr als Weißerjahr definiert wurde.

Auffällig ist das Jahr 1965. Hier wird durch alle Ertragsklassen ein Weißerjahr definiert. Ein weiteres wird durch drei Bestände im Jahre 2011 ausgegeben. Die anderen Jahre liegen doch sehr verschieden verteilt. Auch die Anzahl der definierten Weißerjahre hilft in dieser Betrachtung nicht weiter. Die mittlere Sensitivität zwischen der 1. und der 3. Ertragsklasse ist sehr ähnlich. Auffällig in dieser Tabelle ist die 4. Ertragsklasse. Die Ergebnisse sind aber mit Vorsicht zu interpretieren, da die Ertragsklasse einen Durchschnitt von 2. bis 7. Ertragsklasse zeigt. Auch die 5. Ertragsklasse weist eine höhere mittlere Sensitivität auf, als die 1. und die 3. Ertragsklasse.

Im Folgenden sollen diese Weißerjahre nun nach Ertragsklassen und Jahren verglichen werden (Abb. 14 – 18). Zuwachsweißerjahre wurden als Änderung >20% ausgewiesen, für die Globalstrahlung gilt Änderung >10%, Temperatur >10%, Niederschlag >40%, Aridität >50% und für die Untersuchung wurde der Frost ab Temperaturen <-8°C gewählt, da hier das Wasser in den Lumen gefroren ist. Für Bäume wird allgemein eine Temperatur ab -5 °C angegeben, die aber im allgemeinen noch keine Schäden verursacht (vgl. Schopfer et al. 2006; Larcher 1994).

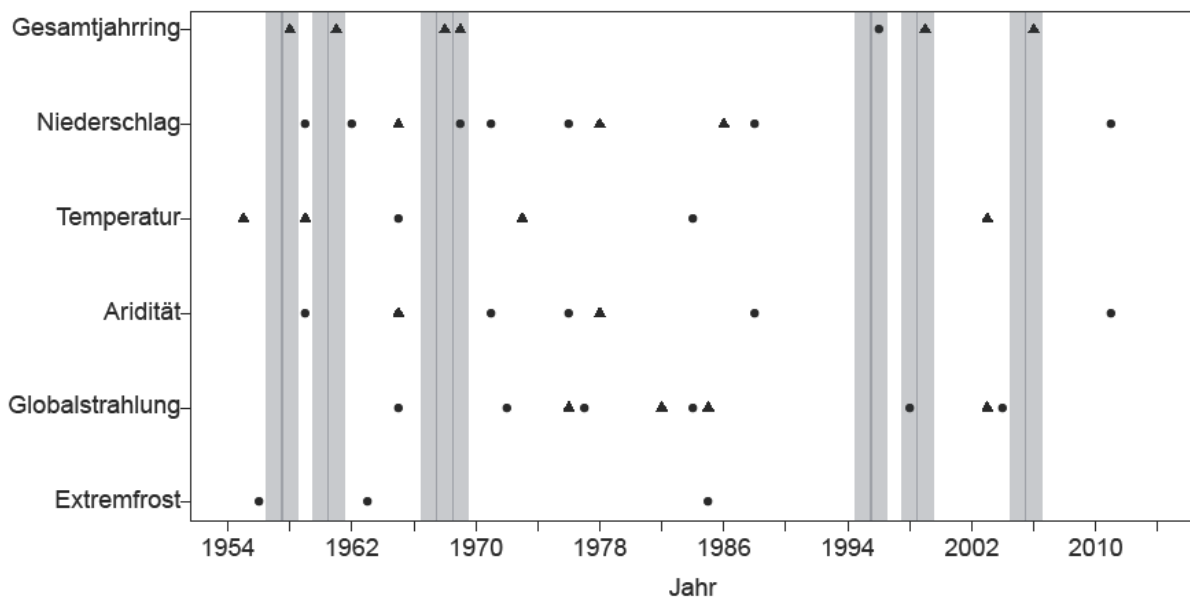


Abb. 52: Weißerjahre der Gesamtjahrringbreite und Klimafaktoren der 1. Ertragsklasse (Δ zeigt signifikant Positive Werte; • zeigt signifikant negative Werte; graue Balken markieren das jeweilige Zuwachsweißerjahr und das Vorjahr)

In Abbildung 52 sind die, über die Sensitivität berechneten Weißerjahre der 1. Ertragsklasse dargestellt. Diese Ertragsklasse weist im direkten Vergleich zu den anderen Ertragsklassen weniger sensitive Jahre auf (vgl. Tab. 46). Hier konnten nur sechs positive Weißerjahre und ein negatives detektiert werden.

In dieser Graphik zeigt sich, dass es nur eine Überlappung zwischen Zuwachsweißerjahr und Klimafaktor gibt. Im Jahre 1999 weist das Gesamtjahrringwachstum ein positives Weißerjahr aus, während es im Jahre 1998 ein negatives in der Globalstrahlung gibt. Sonst liegen die Jahre sehr Verteilt und weisen keine Übereinstimmungen auf. Auffällig ist in dieser Abbildung noch, dass es im Wachstum sechs positive Zuwächse gibt und nur einen negativen.

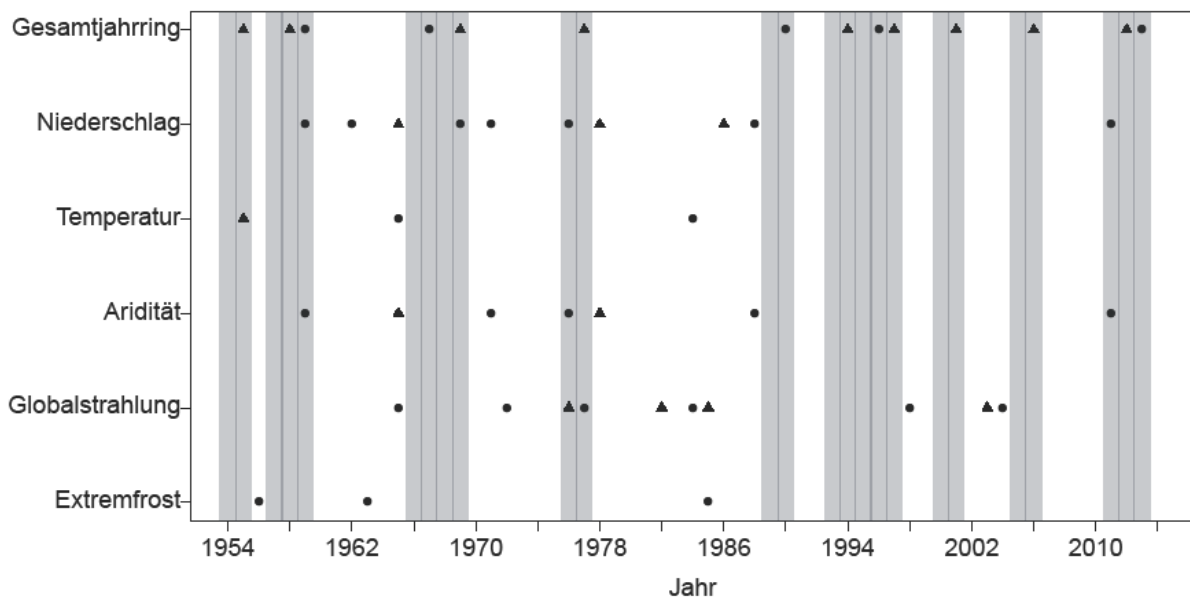


Abb. 53: Weißerjahre der Gesamtjahrringbreite und Klimafaktoren der 3. Ertragsklasse (Δ zeigt signifikant positive Werte; • zeigt signifikant negative Werte; graue Balken markieren das jeweilige Zuwachsweißerjahr und das Vorjahr)

Die Abbildung 53 zeigt eine Übersicht über die Weißerjahre der 3. Ertragsklasse. Auffällig hierbei ist, dass es mehr Weißerjahre gibt, als in der 1. Ertragsklasse. Es zeigt sich, dass neun positive Weißerjahre zu verzeichnen sind und fünf negative.

Das Jahr 1955 zeigt einen positiven Zuwachs im Gesamtjahrring und einen signifikant höhere Temperatur. Das Jahr 1959 weist eine negative Sensitivität für den Gesamtjahrring, für den Niederschlag und die Aridität aus. Im Gegensatz dazu gibt es im Jahre 1969 ein positives Weißerjahr im Zuwachs, aber ein negatives im Niederschlag. Im Jahre 1976 zeigt das Jahrringwachstum einen signifikant positiven Zuwachs und im gleichen Jahr eine negative Globalstrahlung. Im Vorjahr zeigt sich hingegen ein negatives Weißerjahr für den Niederschlag und die Aridität, wohingegen die Globalstrahlung ein positives aufweist. Das letzte Weißerjahr des Zuwachses, welches mit einem Klimaparameter in Einklang gebracht werden kann, ist das Jahr 2012. Hier zeigt sich ein positiver Zuwachs im Gegensatz zum Vorjahr und Niederschlag und Aridität weisen im Jahr 2011 Einbrüche im Jahresvergleich auf.

Zusammenfassend für die diese Graphik kann gesagt werden, dass in der 3. Ertragsklasse mehrere Weißerjahre des Zuwachses in Verbindung mit verschiedenen Klimaparametern gebracht werden konnten.

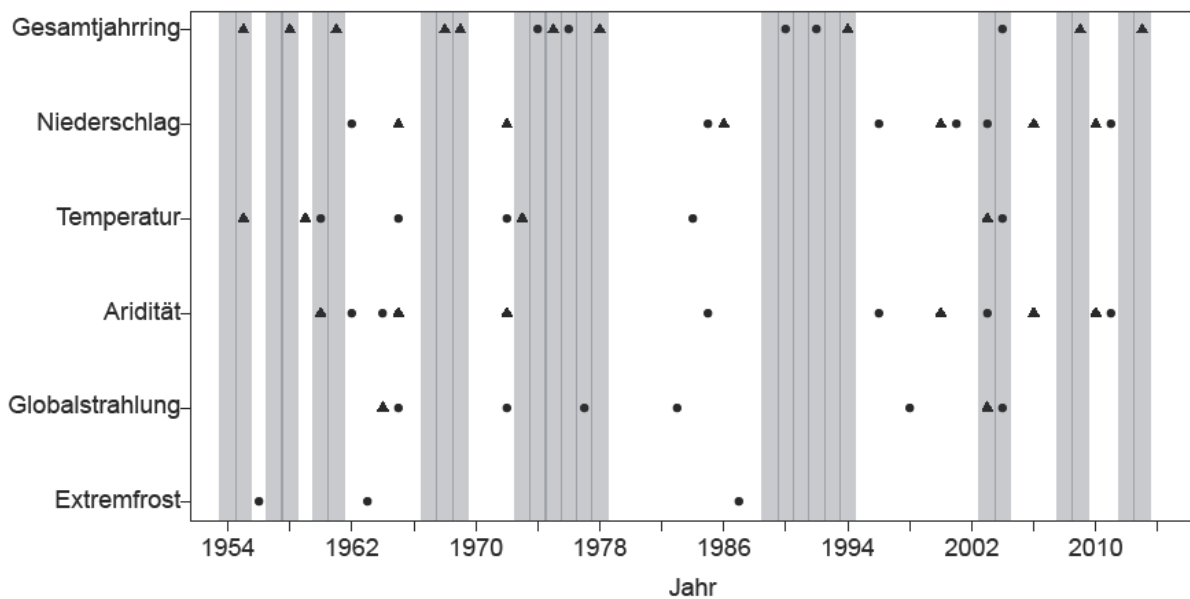


Abb. 54: Weißerjahre der Gesamtjahrringbreite und Klimafaktoren der 4. Ertragsklasse (Δ zeigt signifikant positive Werte; • zeigt signifikant negative Werte; graue Balken markieren das jeweilige Zuwachsweißerjahr und das Vorjahr)

In der Abbildung 54 sind die Weißerjahre des Gesamtjahrringwachstums und die Klimaeinflüsse für die Vegetationszeit dargestellt. Auffällig in dieser Graphik ist, dass die Jahrringzuwächse doppelt so viele positive Weißerjahre (10 Stück) wie negative aufweisen. Im Vergleich ist dies ein Jahr mehr als in der 3. Ertragsklasse, wobei das Verhältnis von negativen und positiven Zuwächsen nahezu gleich bleibt. Auch hier ist wieder auf die sehr hohe Spannweite der Ertragsklassen (2. bis 7. Ertragsklasse) in diesem Untersuchungsbestand hinzuweisen. Das erste positive Weißerjahr im Zuwachs gibt es im Jahre 1955. Hier zeigt sich zum positiven Zuwachs eine erhöhte Temperatur. Das nächste positive Weißerjahr, das mit einem Klimaparameter in Einklang gebracht werden kann, ist das Jahr 1961. Hier ist für die Jahrringbreite ein positiver Wert vorhanden und im Vorjahr weist die Temperatur ein negatives und die Aridität ein positives Weißerjahr aus. Im Jahr 1987 zeigt der Zuwachs einen positiven Wert und die Globalstrahlung im Vorjahr einen Einbruch. Das interessanteste und letzte Weißerjahr mit Überlappung von Klimaeinflüssen ist das Jahr 2004. Hier zeigt das Wachstum einen Einbruch, während im gleichen Jahr Temperatur und Globalstrahlung auch einen Einbruch aufweisen. Unter Einbeziehung des Vorjahres weist der Niederschlag und die Aridität geringere Werte auf, während die Temperatur und die Globalstrahlung höhere Werte aufweisen. Auffällig für diese Ertragsklasse ist die insgesamt hohe Anzahl an Weißerjahren, die aber nur zu einem geringen Teil mit dem Zuwachs in Einklang gebracht werden können.

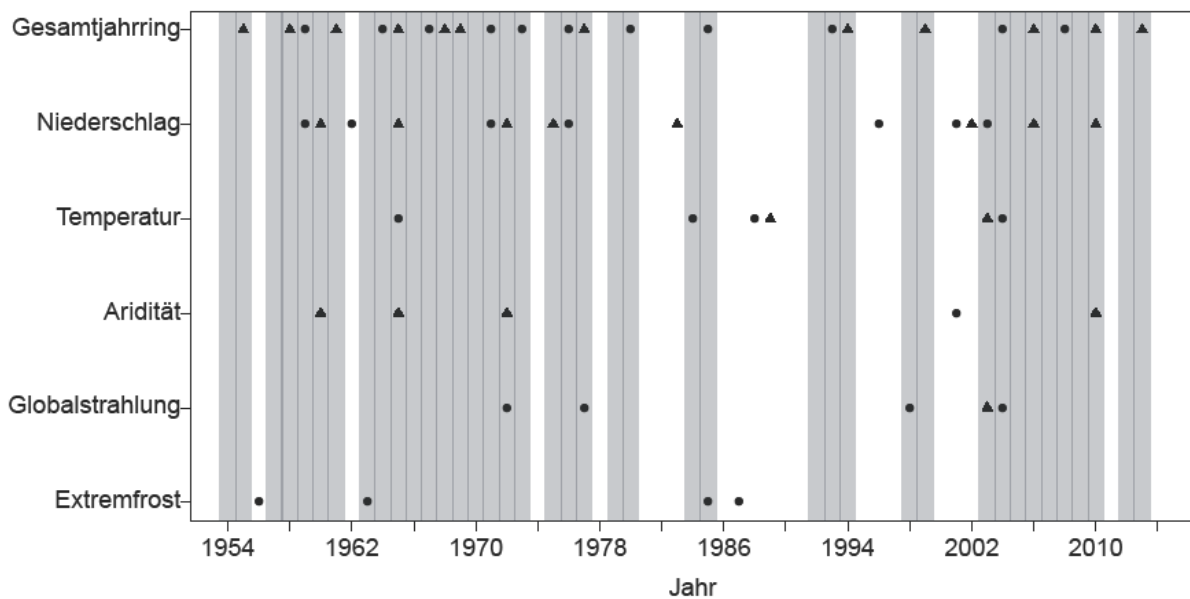


Abb. 55: Weißerjahre der Gesamtjahrringbreite und Klimafaktoren der 5. Ertragsklasse (Δ zeigt signifikant positive Werte; • zeigt signifikant negative Werte; graue Balken markieren das jeweilige Zuwachsweißerjahr und das Vorjahr)

Die Abbildung 55 zeigt die Weißerjahre der 5. Ertragsklasse. Es zeigt sich, dass es in dieser Untersuchungsfläche zwölf positive und elf negative Zuwächse gibt. Im Vergleich ist dies deutlich mehr als in den anderen Ertragsklassen und es treten vermehrt Zuwachseinbußen auf. Das erste negative Weißerjahr, das eine Verbindung mit einem Klimaparameter zeigt, ist das Jahr 1959. In diesem Jahr weist auch der Niederschlag ein signifikant geringeres Niveau auf, als im Vorjahr. Das nächste positive Weißerjahr korreliert mit einem erhöhtem Niederschlag und einer erhöhten Aridität aus dem Vorjahr (1961). Im Jahr 1964 kommt es zum ersten Mal in der Betrachtung der Sensitivitäten zu einem Einfluss des Extremfrostes. Hier zeigt sich, dass dem negativen Zuwachs in 1964 ein sehr kalter Winter im Jahre 1963/1964 vorausgegangen ist. Starke Einfluss auf das Wachstum zeigt das Jahr 1965. Hier weist die Messung der Gesamtjahrringbreite eine signifikante Zunahme auf. In diesem Jahr zeigen der Niederschlag und die Aridität auch eine Zunahme, während die Temperatur geringere Werte als im Vorjahr zeigt. Das negative Weißerjahr 1971 zeigt eine Korrelation mit einem negativen Niederschlag. Das gleiche Bild zeigt sich im Jahr 1976. Im Folgejahr (1977) weist die Jahrringbreite eine positive Sensitivität auf und eine negative Globalstrahlung im selben Jahr. Das Weißerjahr 1985 zeigt einen negativen Wert, dem eine signifikant niedrigere Temperatur im Vorjahr vorausging. Im Jahr 1999 weist die Jahrringbreite einen positiven Zuwachs aus und die Globalstrahlung eine starke Einbuße im Vorjahr. Das Jahr 2004 zeigt, ähnlich wie in der 4. Ertragsklasse eine deutliche Beeinflussung durch verschiedene Klimaparameter auf, wie im Vorjahr. Hier ist für das Wachstum ein Einbruch zu verzeichnen. Im gleichen Jahr gibt es auch einen Einbruch in der Temperatur und der Globalstrahlung. Das Vorjahr hingegen zeichnet sich durch geringeren Niederschlag, aber höhere Temperatur und Aridität aus. Die beiden Jahre 2006 und 2010 sind sehr ähnlich. Hier weist die

Sensitivität der Jahringbreitenmessung ein positives Weißerjahr aus, während gleichzeitig signifikant mehr Niederschlag in dieser Vegetationsperiode gefallen ist.

Abschließend lässt sich für die Sensitivitätsuntersuchung sagen, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse die Anzahl der Weißerjahre steigt und es zudem vermehrt zu Zuwachseinbußen kommt. Mit schlechterer Bonität zeigt sich zudem, dass die Weißerjahre deutlich besser zu den verschiedenen Klimaparametern in Verbindung gebracht werden können. Hier weisen der Niederschlag und die Aridität vermehrt Einfluss auf, während der Einfluss der Globalstrahlung und der Temperatur nicht eindeutig zu detektieren ist. Frost lässt sich nur in der 5. Ertragsklasse mit den Zuwächsen verbinden und dies auch nicht ohne Einfluss von anderen Klimaparametern.

4.4 Korrelationen zwischen Klimadaten und Wachstum

Im letzten Abschnitt der Ergebnispräsentation sollen die Korrelationen zwischen Gesamtjahrringbreite und verschiedenen Klimaparametern in Tabellenform dargestellt werden. Um die Trends von Zuwachs und Klimaparametern zu eliminieren, sind hier gleitende Mittelwerte über fünf und sieben Jahre und eine lineare Regression gebildet worden (vgl. Abschnitt 2.3).

Tab. 14: Zusammenfassung der Korrelationen der 1. Ertragsklasse (Ergebnisse nicht signifikant; $p > 0,05$)

	Gesamtjahrringbreite (5 j. gleit. Mittel)	Gesamtjahrringbreite (7 j. gleit. Mittel)	Gesamtjahrringbreite (lineare Regression)
Temperatur (lineare Reg.)	-0,0189	0,0319	0,1232
Temperatur (5 j. gleit. Mittel)	-0,1069	-0,0678	-0,0448
Temperatur (7 j. gleit. Mittel)	-0,1552	-0,0838	-0,0868
Niederschlag (lineare Reg.)	0,0341	-0,0380	0,0305
Niederschlag (5 j. gleit. Mittel)	0,0988	0,0120	0,0129
Niederschlag (7 j. gleit. Mittel)	0,0633	-0,0527	0,0678
Aridität (lineare Reg.)	0,0281	-0,0459	0,0016
Aridität (5 j. gleit. Mittel)	0,1016	0,0177	0,0140
Aridität (7 j. gleit. Mittel)	0,0808	-0,0376	-0,0519
Globalstrahlung (lineare Reg.)	-0,1174	-0,0707	0,2457
Globalstrahlung (5 j. gleit. Mittel)	-0,2007	-0,1608	-0,0707
Globalstrahlung (7 j. gleit. Mittel)	-0,2089	-0,1725	-0,0815

Die Tabelle 14 zeigt die Korrelationen der Gesamtjahrringbreiten gegenüber den verschiedenen Klimaparametern der 1. Ertragsklasse. Die Ergebnisse sind alle nicht signifikant (für $\alpha = 0,05$). Der Niederschlag und die Aridität sind in den Korrelationswerten sehr indifferent, während hingegen die Temperatur und die Globalstrahlung einen negativen Einfluss vermuten lassen, auch wenn dieser nicht statistisch abgesichert werden kann.

Tab. 15: Zusammenfassung der Korrelationen der 3. Ertragsklasse (Ergebnisse nicht signifikant; $p > 0,05$)

	Gesamtjahrringbreite (5 j. gleit. Mittel)	Gesamtjahrringbreite (7 j. gleit. Mittel)	Gesamtjahrringbreite (lineare Regression)
Temperatur (lineare Reg.)	0,0258	0,0467	-0,0013
Temperatur (5 j. gleit. Mittel)	0,0310	0,1004	0,1765
Temperatur (7 j. gleit. Mittel)	-0,0237	0,1054	0,1755
Niederschlag (lineare Reg.)	-0,0943	-0,1300	0,0116
Niederschlag (5 j. gleit. Mittel)	-0,1063	-0,1705	-0,0771
Niederschlag (7 j. gleit. Mittel)	-0,1673	-0,2697	-0,1700
Aridität (lineare Reg.)	-0,0976	-0,1329	0,0018
Aridität (5 j. gleit. Mittel)	-0,1130	-0,1806	-0,1119
Aridität (7 j. gleit. Mittel)	-0,1531	-0,2666	-0,1953
Globalstrahlung (lineare Reg.)	-0,0555	-0,0714	-0,0074
Globalstrahlung (5 j. gleit. Mittel)	-0,0695	-0,0687	-0,0558
Globalstrahlung (7 j. gleit. Mittel)	-0,0914	-0,0900	-0,0774

Die Korrelationsergebnisse der 3. Ertragsklasse werden in Tabelle 15 dargestellt. Wie in der 1. Ertragsklasse sind die Ergebnisse hier nicht signifikant. In dieser Betrachtung lässt sich erkennen, dass der Niederschlag, die Aridität und die Globalstrahlung einen negativen Zusammenhang aufzeigen, während die Temperatur ein sehr indifferentes Bild zeigt. Erstaunlich ist hier der negative Einfluss des Niederschlages, der bei allen anderen Untersuchungsflächen eher eine positive Korrelation vermuten lässt.

Tab. 16: Zusammenfassung der Korrelationen der 4. Ertragsklasse (Ergebnisse nicht signifikant; $p > 0,05$)

	Gesamtjahrringbreite (5 j. gleit. Mittel)	Gesamtjahrringbreite (7 j. gleit. Mittel)	Gesamtjahrringbreite (lineare Regression)
Temperatur (lineare Reg.)	-0,1098	-0,1081	-0,1310
Temperatur (5 j. gleit. Mittel)	-0,0207	-0,0143	0,0580
Temperatur (7 j. gleit. Mittel)	-0,0424	-0,0326	0,0916
Niederschlag (lineare Reg.)	0,2126	0,1355	0,1934
Niederschlag (5 j. gleit. Mittel)	0,2812	0,1679	0,1789
Niederschlag (7 j. gleit. Mittel)	0,1802	0,0833	0,1170
Aridität (lineare Reg.)	0,2091	0,1353	0,1961
Aridität (5 j. gleit. Mittel)	0,2687	0,1599	0,1495
Aridität (7 j. gleit. Mittel)	0,1833	0,0872	0,0876
Globalstrahlung (lineare Reg.)	-0,0952	-0,0786	-0,1128
Globalstrahlung (5 j. gleit. Mittel)	-0,1384	-0,1016	-0,0887
Globalstrahlung (7 j. gleit. Mittel)	-0,1130	-0,0774	-0,0866

Die Tabelle 16 zeigt die Korrelationen der Klimaparameter gegenüber dem Jahrringwachstum der 4. Ertragsklasse. Auch hier sind die Ergebnisse zum Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ nicht statistisch abgesichert. Die Klimaparameter zeigen hier zum Teil ein anderes Bild, als in den beiden vorangegangenen Ertragsklassen. Die Temperatur und die Globalstrahlung zeigen wie vorher einen negativen Einfluss auf das Jahrringbreitenwachstum, während der Niederschlag und die Aridität einen positiven Korrelationskoeffizienten aufweisen.

Tab. 17: Zusammenfassung der Korrelationen der 5. Ertragsklasse (*= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$)

	Gesamtjahrringbreite (5 j. gleit. Mittel)	Gesamtjahrringbreite (7 j. gleit. Mittel)	Gesamtjahrringbreite (lineare Regression)
Temperatur (lineare Reg.)	-0,0718	-0,0767	0,0583
Temperatur (5 j. gleit. Mittel)	-0,1021	-0,1081	-0,0992
Temperatur (7 j. gleit. Mittel)	-0,1187	-0,1303	-0,1104
Niederschlag (lineare Reg.)	0,3387*	0,3226*	0,3328*
Niederschlag (5 j. gleit. Mittel)	0,4218**	0,3863*	0,3377*
Niederschlag (7 j. gleit. Mittel)	0,3742*	0,3496*	0,3239
Aridität (lineare Reg.)	0,3127*	0,2948*	0,2828*
Aridität (5 j. gleit. Mittel)	0,3792*	0,3396*	0,2968
Aridität (7 j. gleit. Mittel)	0,3341*	0,3067*	0,2950
Globalstrahlung (lineare Reg.)	-0,1085	-0,1666	-0,1382
Globalstrahlung (5 j. gleit. Mittel)	-0,1218	-0,1477	-0,1289
Globalstrahlung (7 j. gleit. Mittel)	-0,1824	-0,2159	-0,2006

Die Tabelle 17 zeigt die Korrelationskoeffizienten der 5. Ertragsklasse in Bezug auf den Einfluss der Klimaparameter auf das Jahrringbreitenwachstum. In dieser Ertragsklasse zeigen der Niederschlag und die Aridität einen signifikant positiven Einfluss auf das Jahrringbreitenwachstum. Der Niederschlag weist dabei Korrelationswerte zwischen 0,3226 und 0,4218 auf, wohingegen die Aridität Korrelationswerte zwischen 0,2828 und 0,3792 zeigt. Die Temperatur und die Globalstrahlung zeigen einen negativen Einfluss, der aber nicht signifikant ist.

Abschließend lässt sich für die Betrachtung der Korrelationen zwischen Jahrringbreitenwachstum und Klimaparametern sagen, dass nur in der 5. Ertragsklasse der Niederschlag und die Aridität einen signifikanten Einfluss auf das Wachstum zeigen. Alle anderen Betrachtungen konnten nicht abgesichert werden. Trotzdem scheint die Temperatur und die Globalstrahlung einen negativen Einfluss auf das Wachstum auszuüben. Bei einem Vergleich zwischen gleitenden Mittelwerten und linearer Ausgleichsgerade wird deutlich, dass eine Gerade den Verlauf nicht so gut abbilden kann, wie ein gleitendes Mittel. Die Ergebnisse bei dem linearen Ausgleich weichen zum Teil stark vom restlichen Gesamtbild ab.

5. Diskussion

5.1 Bestände - Wachstum - Zusammenhang GJR,FH,SH

Zu Beginn sollen die wichtigsten Werte der beschreibenden Statistik (vgl. Abb. 20 – 34 (Boxplots der Ertragsklassen)) noch einmal sortiert nach Ertragsklassen aufgezeigt werden.

Tab. 18: Beschreibende Statistik für die Jahrringbreite der 1. Ertragsklasse

	Jahrringbreite	Frühholzbreite	Spätholzbreite	Alter
Mittelwert	139,4	46,8	92,6	112,5
Std. Abw.	21,09	5,50	18,47	17,46
Median	137,5	46,0	91,5	112,5
Minimum	98	36	52	83
Maximum	192	59	137	142
1. Quantil	126,00	43,00	80,50	97,75
3. Quantil	153,50	50,00	103,25	127,25

Tab. 19: Beschreibende Statistik für die Jahrringbreite der 3. Ertragsklasse

	Jahrringbreite	Frühholzbreite	Spätholzbreite	Alter
Mittelwert	124,3	44,3	80,1	145,5
Std. Abw.	27,65	5,45	23,39	17,46
Median	121,0	44,0	78,5	145,5
Minimum	68	34	32	116
Maximum	200	58	142	175
1. Quantil	107,8	40,75	66	130,8
3. Quantil	136,2	47,25	91,5	160,2

Tab. 20: Beschreibende Statistik für die Jahrringbreite der 4. Ertragsklasse

	Jahrringbreite	Frühholzbreite	Spätholzbreite	Alter
Mittelwert	106,5	37,9	68,7	100,5
Std. Abw.	20,51	3,92	18,40	17,46
Median	107,0	37,0	67,5	100,5
Minimum	70	29	36	71
Maximum	178	48	134	130
1. Quantil	91,00	35,75	56,00	85,75
3. Quantil	115,50	40,00	78,25	115,25

Tab. 21: Beschreibende Statistik für die Jahrringbreite der 5. Ertragsklasse

	Jahrringbreite	Frühholzbreite	Spätholzbreite	Alter
Mittelwert	71,4	29,2	42,3	112,5
Std. Abw.	14,01	2,39	13,23	17,46
Median	69,5	29,0	40,0	112,5
Minimum	48	24	21	83
Maximum	123	35	93	142
1. Quantil	62,00	27,75	33,75	97,75
3. Quantil	78,75	31,00	49,25	127,25

Bei der Betrachtung der Tabellen 18 bis 21 zeigt sich, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse die mittlere Jahrringbreite signifikant abnimmt ($p < 0,05$), während die Standardabweichung ein indifferentes Bild zeigt. Um hier einen besseren Vergleich über die Variabilität zu bekommen, könnte zusätzlich der Variationskoeffizient gebildet werden. Bei der Einzelbetrachtung von Früh- und Spätholz zeigt sich das gleiche Bild wie für den Gesamtjahrring. Mit schlechterer Ertragsklasse sinkt das Wachstum. Das Alter der Bestände weicht zum Teil deutlich von den Angaben der Bestandeslagerbücher ab. Eine kleine Unterschätzung des Alters durch die Messung ist wahrscheinlich, da die Stammschreiben erst in Brusthöhe oder 90 cm Höhe entnommen wurden (Siehe Material und Methoden). Die 1. Ertragsklasse wird in den Daten der Forstämter mit 146 Jahren angegeben, weist aber nach Jahrringzählung ein Durchschnittsalter von 112,5 Jahren auf. Dies ist im Mittel eine Abweichung von 33,5 Jahren, die nicht vollständig durch die Probenentnahme zu erklären ist. Die 3. Ertragsklasse wird mit einer Altersspanne von 153 bis 178 Jahren angegeben und einem Durchschnittsalter von 172 Jahren. Die Jahrringanalyse zeigte ein Durchschnittsalter von 145,5 Jahren und somit eine Abweichung von 26,5 Jahren. In der 4. Ertragsklasse geben die Bestandesdaten die Zeitspanne 128 – 131 – 134 Jahre an. Die Messungen an den Mittenriegeln zeigt ein Durchschnittsalter von 100,5 Jahren und somit eine Abweichung von 32,5 Jahren. In der 5. Ertragsklasse wird das Alter auf 98 Jahre festgelegt. Die Messungen zeigen hier aber, anders als in den vorherigen Ertragsklassen ein höheres Alter von 112,5 Jahren und somit eine mittlere Abweichung von 14,5 Jahren. Die Bestandesdaten sollten somit in Bezug auf die genauen Alter vorsichtig interpretiert werden, da es nach den Messungen an Jahrringbreiten zu deutlich anderen Ergebnissen bei unterschiedlichem Alter kommt. Die Alter der Bäume durch die Jahrringzählung sollten nicht als wahre Alter angenommen werden, da es auch hier zu Fehlern kommen kann. Denn die Alter sind in einer bestimmten Höhe festgestellt worden und nicht direkt am Stammfuß. Zudem können auch hier Fehler bei der Interpretation und Bestimmung eines Jahringes entstehen und nicht zuletzt sind Datenfehler nicht auszuschließen. Ein weiterer Unterschied könnte die Tatsache sein, dass die Alter der Bestandeslagerbücher nur Durchschnittswerte des gesamten Bestandes sind und hier eine nicht zufällige Auswahl der Probanden stattgefunden hat. Das wahre Alter der jeweiligen Bäume ist somit vermutlich in der Mitte zu suchen.

Bei der Beschreibung der Jahrringchronologien ist jeweils ein eindeutiger Unterschied zwischen Spät- und Frühholzwachstum zu erkennen. Die Zusammenhänge zwischen Gesamtjahrringbreite, Früh- und Spätholzanteil soll im Folgenden noch diskutiert werden. Bei der Betrachtung der Verteilung der Daten (Boxplots) ist zu sehen, dass die Daten eine große Anzahl an Ausreißern aufweisen.

Bei einem Vergleich der Ertragsklassen untereinander ist hervorzuheben, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse der Abstand zwischen Frühholz- und Spätholzbreite immer geringer wird und zum Teil der Spätholzanteil unter das Niveau des Frühholzes fällt.

Die Untersuchungsbestände zeigen im Jugendwachstum ein sehr ähnliches Bild. Das Wachstum beginnt hier stark anzusteigen und im Verlauf wieder abzufallen. Dieser Kulminationszeitpunkt des Wachstums in der Jugendphase wird bei Eiche in der allgemeinen Forstliteratur beschrieben (vgl. Kramer et al. 1988; Krahl-Urban 1959; Röhrig et al. 2006; Schober 1987). Der Kulminationszeitpunkt ist von der Bodengüte abhängig. Mit schlechter werdenden Bodeneigenschaften verschiebt sich dieses Zuwachsmaximum immer weiter in ein höheres Alter (vgl. dazu auch Abb. 17/18). Diese Verschiebung ist auch bei der Betrachtung der einzelnen Ertragsklassen in der Masterchronologie nach dem Alter (vgl. Abb. 38) zu erkennen.

Im Gegensatz zum Jugendwachstum unterscheiden sich die Bestände aber im Alterszuwachs. Laut Eichenertragstafel und Forstliteratur nimmt das Wachstum der Jahringbreite mit dem Alter in der Reifephase kontinuierlich ab, um im hohen Alter (Abhängig von Konkurrent und Bodengüte) auf einem sehr niedrigen Level zu stagnieren (Schober 1987; Kramer et al. 1988; Bachmann 2013). In diesem Punkt weicht die 1. und die 3. Ertragsklasse im Wachstum ab. Eindeutig konnte hier durch eine lineare Trendfunktion gezeigt werden, dass das Jahringbreitenwachstum ab dem Jahre 1952 signifikant zugenommen hat. Ein Unterschied hierbei besteht aber in der Zunahme. So zeigt die Abbildung 47 (Vergleich der linearen Ausgleichsgeraden), dass die 3. Ertragsklasse einen deutlich stärkeren Zuwachs erfahren hat, als die 1. Ertragsklasse. Die 5. Ertragsklasse fällt hingegen in der Graphik deutlich stärker ab, als die 4. Ertragsklasse. Dies zeigt, dass sich das Wachstum der beiden besseren Ertragsklassen deutlich von dem allgemein postulierten Wachstum abhebt.

Aus diesen Ergebnissen zeigt sich, dass sich limitierende Faktoren für das Wachstum in den Ertragsklassen 1 und 3 in den Jahren seit 1952 verändert haben müssen, während in der 4. und 5. Ertragsklasse andere Faktoren das Wachstum bestimmen.

Limitierende Faktoren für das Pflanzenwachstum gibt es viele. Diese Wachstumsfaktoren können entweder direkt auf das Wachstum einer Pflanze wirken, wie Nährstoffmangel oder hoher Konkurrenzdruck oder indirekt über die Photosynthese (Sauermost 2006).

Eine Veränderung, der die Bäume ausgesetzt sind, ist die Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (Lange 2001). Bäume benötigen für die Aufrechterhaltung der Photosynthese Kohlenstoffdioxid und Wasser. Bei erhöhter CO₂-Konzentration ist nachgewiesen worden, dass Pflanzen bis zu einer bestimmten, artspezifischen Grenze mit gesteigertem Wachstum reagieren. Dies ist vor allem bei Jungpflanzen und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen nachgewiesen worden. Neben diesem Effekt der CO₂-Düngung kommt es auch zu einer verbesserten Nutzung des verfügbaren Wassers. Bei erhöhter Kohlenstoffdioxidkonzentration verbraucht die Pflanzen somit für eine gleiche Menge an Energie weniger Wasser (Becker 2014; Koerner 2012; von Thünen Institut 2013; Weigel 2005).

Neben der erläuterten CO₂-Düngung gibt es auch eine erhöhte Deposition und Eintrag von Stickstoff in Wälder (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt 2014; Baumgarten 2003). Stickstoff kann ein limitierender Faktor für das Pflanzenwachstum sein. Die Auswirkungen der Stickstoffverfügbarkeit hängen neben den Bodeneigenschaften auch von der Pflanzenart ab (Braun et al. 2012). Die erhöhte

Kohlenstoffdioxidmenge in der Luft und die erhöhten Einträge von Stickstoff könnten also Faktoren für das gesteigerte Wachstum in den Ertragsklassen 1 und 4 sein.

Neben diesen beiden eindeutigen Faktoren gibt es noch weitere, die Einfluss auf das Wachstum haben können. Für die Entwicklung bei Bäumen spielt das Angebot an Nährstoffen, die Konkurrenz, die Feldkapazität (pflanzennutzbares Wasser) und die Bodenart eine erhebliche Rolle. Der Einfluss der einzelnen Faktoren kann sich während des Alters ändern. So spielt Konkurrenz im Jugendalter die übergeordnete Rolle, während im Reifealter Klimaparameter einen Einfluss erkennen lassen (Keng 1999; Nagel 2007). Der Einfluss der Klimafaktoren soll im Punkt 5.4 ausführlicher behandelt werden.

Für eine genauere Analyse der Einflussfaktoren sollten noch weitere Daten über Bodeneigenschaften und Konkurrenzdruck erhoben werden.

Neben dem Gesamtjahrringzuwachs zeigte auch der Frühholzanteil eine stetige Zunahme mit dem Alter. Auffällig bei der Betrachtung war, dass das Frühholz nur sehr geringen Schwankungen unterliegt und nahezu linear ansteigt. Diese Beobachtung ist schon häufiger beschrieben worden (Knigge und Schulz 1966; Peters 1996). Zu der geringen Variabilität des Frühholzes ist von Peters eine These der Notwendigkeit formuliert worden. Er geht in seinen Untersuchungen an Stieleichen in Nordwest-Deutschland davon aus, dass das Frühholz notwendig für die Wasserleitung im Baum ist und damit dieser Teil des Jahrrings unverzichtbar sei (Peters 1996). Die Variabilität in der Frühholzbreite kann z.B. durch Spätfrostereignisse zustande kommen. Wenn es zu Forstereignissen während der Bildung von Gefäßen kommt, können einzelne Zellen geschädigt werden und die Gefäße nehmen eine veränderte Form an (vgl. Abb. 56). Diese Veränderung kann zur erhöhter Variabilität im Frühholzanteil führen und zu einem geringeren Wachstum im Gesamtjahrring (Leuschner und Schweingruber 1996). Durch die vorhandenen Klimadaten konnten keine Spätfröste (ab April) detektiert werden und somit auch nicht in Verbindung mit der Sensitivitätsuntersuchung der Weißerjahre gebracht werden. Die Aufnahme der Abbildung 56 ist in einem Jahrring vor Beginn der Klimadatenaufzeichnung, die hier zur Verfügung stand.

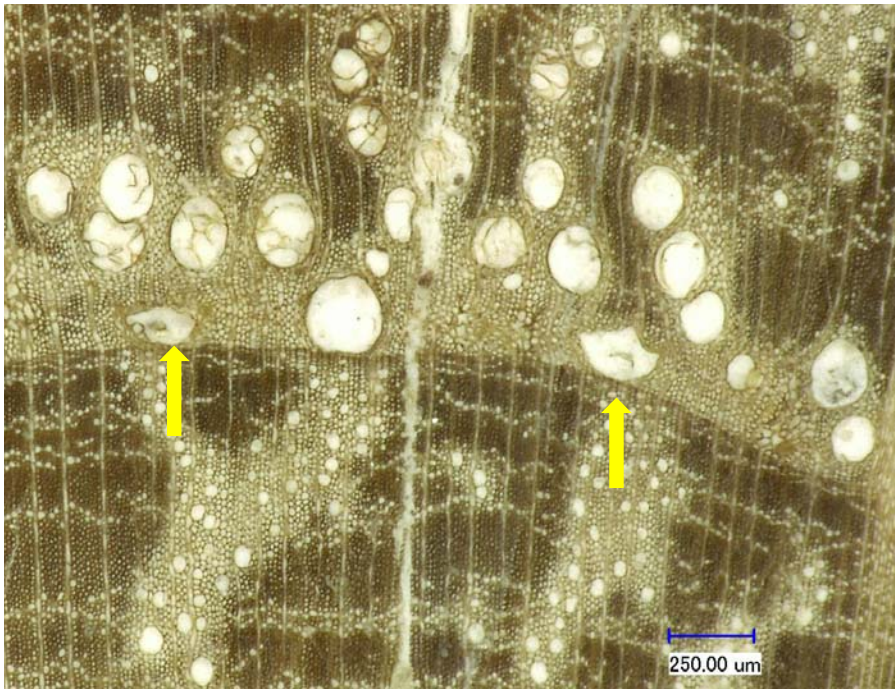


Abb. 56: deformierte Frühholzgefäße (gelbe Markierung), hervorgerufen durch Spätfrost

Bei der Untersuchung der Jahrringchronologien fiel der sehr ähnliche Verlauf zwischen Spätholz- und Gesamtjahrringbreite auf. In den Tabellen 5 bis 9 ist der Zusammenhang zwischen Frühholz-, Spätholz- und Gesamtjahrringbreite aufgezeigt. Eindeutig ist der hoch signifikante Zusammenhang zwischen Spätholzbreite und Gesamtjahrringbreite in allen Untersuchungsbeständen zu erkennen. Dieser Zusammenhang ist auch schon häufig, ebenso wie der Anstieg der Frühholzbreite mit dem Alter, in der Forstliteratur beschrieben worden (Peters 1996; Knigge und Schulz 1966). Neben dieser Erkenntnis ist häufig der Einfluss des Spätholzes auf den Gesamtjahrring deutlich gemacht worden. Das Spätholz hat somit auf die Variabilität der Gesamtjahrringbreite deutlich größeren Einfluss. Der Spätholzanteil und somit die Gesamtjahrringbreite kann durch waldbauliche Maßnahmen reguliert werden. Dieser hängt zum großen Teil mit dem Faktor der Kronengröße und somit mit der inter- und intraspezifischen Konkurrenz zusammen (Röhrig et al. 2006; Kramer 1958; Kramer et al. 1988; Gille 2013).

Neben dieser Beobachtung konnte auch der Einfluss der Frühholzbreite auf den Gesamtjahrring detektiert werden. Dieses, ebenso wie der Zusammenhang zwischen Frühholz- und Spätholzbreite, lässt sich durch die These der Notwendigkeit des Frühholzanteils von Peters erklären (siehe vorheriger Abschnitt).

Durch die Beschreibung der Untersuchungsflächen durch Jahrringchronologien ist deutlich geworden, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den Ertragsklassen bezüglich des Wachstums gibt. Die Ertragsklassen 1 und 3 unterscheiden sich in ihrem Wachstum von der 4. und 5. Ertragsklasse und von der allgemeinen Forstliteratur. Dies ist eine neue Erkenntnis für den Pfälzer Wald.

Die Ertragsklassen unterscheiden sich hingegen nicht im allgemeinen Jugendwachstum und der Korrelation bezüglich des Jahrringaufbaus.

5.2 Klimadaten

Bei einem Vergleich zwischen den Untersuchungsflächen ist zu beachten, dass die Klimadaten der 1. und 3. Ertragsklasse von der gleichen Klimastation (TU Kaiserslautern) stammen. Durch unterschiedliche Höhenlagen der Versuchsflächen sind die Verläufe nur in der Höhe verschoben. In den Tabellen 22 – 26 sind noch einmal die wichtigsten Kennzahlen der Klimaparameter nach Ertragsklassen zusammengefasst.

Tab. 22: Kennzahlen der Klimaparameter der 1. Ertragsklasse

	Globalstrahlung	Temperatur	Niederschlag	Aridität
Mittelwert	27.235	17,1	363,9	19,2
Std. Abw.	1.705,3	0,98	83,72	5,47
Median	27.275	371,4	19,2	112,5
Minimum	21.967	14,2	225,5	10,6
Maximum	31.925	18,8	675,0	28,5
1. Quantil	26.127	16,32	303,80	15,40
3. Quantil	28.252	17,77	411,20	22,68

Tab. 23: Kennzahlen der Klimaparameter der 3. Ertragsklasse

	Globalstrahlung	Temperatur	Niederschlag	Aridität
Mittelwert	27.144	17,2	363,9	18,9
Std. Abw.	1.782,4	0,98	83,72	5,43
Median	27.157	17,4	371,4	18,9
Minimum	20.359	14,3	225,5	10,3
Maximum	31.901	18,9	675,0	38,1
1. Quantil	26.086	16,43	303,80	15,10
3. Quantil	28.115	17,88	411,20	22,35

Tab. 24: Kennzahlen der Klimaparameter der 4. Ertragsklasse

	Globalstrahlung	Temperatur	Niederschlag	Aridität
Mittelwert	27.571	16,5	337,3	17,8
Std. Abw.	1.497,1	1,01	75,12	4,89
Median	27.502	16,6	326,9	17,9
Minimum	24.968	13,5	205,5	9,1
Maximum	32.192	19,1	513,1	30,1
1. Quantil	26.505	15,80	293,20	14,35
3. Quantil	28.411	17,20	390,30	21,30

Tab. 25: Kennzahlen der Klimaparameter der 5. Ertragsklasse

	Globalstrahlung	Temperatur	Niederschlag	Aridität
Mittelwert	27.593	15,8	306,2	22,3
Std. Abw.	1.409,4	0,96	71,75	5,03
Median	27.565	15,8	312,1	22,4
Minimum	25.068	13,5	166,7	12,7
Maximum	32.105	18,5	496,1	35,3
1. Quantil	26.422	15,10	245,30	18,48
3. Quantil	28.356	16,45	351,60	25,65

Der Verlauf der Vegetationszeitglobalstrahlung zeigt einen sehr homogenen Verlauf. Dies ist nicht ungewöhnlich, da die Klimastationen sehr dicht zusammen liegen und sich die Globalstrahlung in längeren Perioden (Jahres-, oder Vegetationszeitglobalstrahlung) nicht stark von benachbarten Flächen unterscheidet. Bei einem Mittelwertvergleich über die Tabellen 22 bis 25 ist zu erkennen, dass die maximale Abweichung zwischen den Flächen nur 449 W/m^2 (1,64 %) beträgt. Die Globalstrahlung setzt sich aus der direkten und indirekten Strahlung zusammen (Häckel 2012). Die Graphik zeigt einen starken Einbruch im Jahre 1984. Die Globalstrahlung wird in ihren Schwankungen vor allem durch Aerosole beeinflusst. Dies ist durch Messungen an Solarzellen nachgewiesen worden (Lohmann 2006). Aerosole werden bei Vulkanausbrüchen in erhöhter Konzentration in die Atmosphäre abgegeben und können so die Intensität der Strahlung beeinflussen (Lohmann 2006; Häckel 2012). Lohmann konnte in der Dissertation nachweisen, dass der Ausbruch des Mount Pinatubo (Luzon, Philippinen) im Jahre 1991 Auswirkungen in großen Teilen der Welt auf die Globalstrahlung hatte. Im Jahre 1984 brach auf Hawaii der Vulkan Mauna Loa aus. Dieser gilt als der größte und aktivste Vulkan der Erde (Pichler und Pichler 2007). Beide Ausbrüche lassen sich durch Einbrüche in den jeweiligen Jahren im Verlauf der Chronologie wiederfinden.

Bei der Betrachtung der Vegetationszeittemperatur ist auch der sehr homogene Verlauf auffällig. Auch könnte der Grund hierfür in der Nähe der Untersuchungsbestände zueinander zu finden sein. Die Temperaturen der 1. und 3. Ertragsklasse liegen sehr dicht zusammen und unterscheiden sich nur durch die Höhenlage der Bestände ($0,1^\circ\text{C}$). Die 4. Ertragsklasse weist eine geringere Temperatur auf, als die beiden anderen und die Vegetationszeittemperatur der 5. Ertragsklasse weist die niedrigsten Werte auf. Die maximale Differenz (zwischen 3. und 5. Ertragsklasse) beträgt $1,4^\circ\text{C}$. Der sehr homogene Verlauf ließe sich in weiteren Untersuchungen dazu nutzen, die fehlenden Temperaturdaten näherungsweise über Interpolation zu bestimmen. Für eine Untersuchung der Gleichläufigkeit könnte hier der Gleichläufigkeitsindex nach Rinn Verwendung finden (vgl. Rinn 2003 und Abschnitt 3.3).

Der Chronologieverlauf des Vegetationsniederschlages unterscheidet sich in einiger Hinsicht von den Daten der Temperatur und der Globalstrahlung. Während bei den beiden Klimaparametern Temperatur und Globalstrahlung noch eine sehr hohe Ähnlichkeit und eine eindeutige Staffelung in den Ertragsklassen zu erkennen war, gehen die Daten des Vegetationszeitniederschlages durcheinander. Auch hier ist durch die Nähe der Untersuchungsflächen ein ähnlicher Verlauf zu erkennen, der jedoch häufiger gestört wird. Zudem gibt es in den Chronologien keine eindeutige Aufteilung. Die Kurven schneiden sich sehr häufig. Bei einem Mittelwertvergleich zeigt sich (Tab. 22-

25), dass die Ertragsklassen 1 und 3 gleiche Werte aufweisen und der Vegetationszeitniederschlag mit schlechter werdender Ertragsklasse fällt. Auffällig in der Chronologie sind die großen Datenlücken. Bei weiteren Auswertungen könnte, wie bei der Temperatur, versucht werden über den Gleichläufigkeitsindex die fehlenden Daten zu schätzen.

Die Vegetationszeitaridität weist in ihrer Chronologie einen homogenen Verlauf auf. Dieser ist durch die Nähe der Klimastationen begründet und sowie durch die Verbindung aus Temperatur und Niederschlag. Wobei die Temperatur einen sehr homogenen Verlauf aufwies und dieser sich somit auf die Aridität zum Teil überträgt. Die Daten der Ertragsklassen 1 bis 4 laufen sehr dicht zusammen und die Kurven schneiden sich häufig. Im Gegensatz dazu liegt der Ariditätsverlauf der 5. Ertragsklasse fast immer oberhalb der restlichen Untersuchungsflächen. Dies könnte schon einen Einfluss auf das Wachstum zeigen (vgl. Abschnitt 5.4). Das gleiche Bild zeigt sich auch bei einem Mittelwertvergleich (Tab. 22-25). Die Untersuchungsflächen der 1., 3. und 4. Ertragsklasse liegen zwischen den Werten 17,8 (4. Ekl.) und 19,2 (1. Ekl) und weisen damit eine Spannweite von 1,4 auf. Die 5. Ertragsklasse zeigt einen Mittelwert von 22,3 und liegt damit 3,1 Einheiten oberhalb der 1. Ertragsklasse und 4,5 Einheiten oberhalb der 4. Ertragsklasse.

5.3 Sensitivität

Die Sensitivität als ein Änderungsmaß kann in Bezug auf die Analyse von Jahrringchronologien sehr gute Aufschlüsse über das Wachstum geben (Schweingruber 2012; Muchin 2005; Riemer 1994). Die dadurch erkennbaren Weißerjahre wurden schon häufiger mit Klimaeinflüssen in Verbindung gebracht (Leuschner und Schweingruber 1996). Verschiedene Eichenarten werden zum Teil dazu genutzt, um fortlaufende Jahrringchronologien zu entwickeln, um hieraus Klimaschwankungen aus der Vergangenheit abzubilden (Thiess 1967; Schmidt 1977; Kolář et al. 2012). Die Sensitivitätsuntersuchungen in diesen Untersuchungsbeständen haben gezeigt, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse eine erhöhte Anzahl an Weißjahren zu finden ist und es einen Trend von positiven zu negativen Extremzuwächsen gibt. In Verbindung der Jahrringweißerjahre mit Klimaparametern hat sich ein ähnliches Bild abgezeichnet, wie in der Korrelationsuntersuchung (vgl. Abschnitt 5.4). Je schlechter die Ertragsklasse wird, desto mehr Jahrringweißerjahre überlappen sich mit extremen Klimaeinflüssen. Diese Erkenntnis wird durch die These von Willuhn gestützt (siehe auch Abschnitt 5.4), der für Nadelbäume (Lärche, Fichte, Kiefer) zeigen konnte, dass je vitaler ein Baum, desto geringer sind die Einflüsse des Klimas auf das Wachstum (Willuhn 1998).

In der 5. Ertragsklasse zeigt auch der Frost ($<-8^{\circ}\text{C}$) einen Einfluss auf das Wachstum im Folgejahr. In anderen Ertragsklassen konnte dies nicht detektiert werden. Für verschiedene Baumarten ist dieser Einfluss schon nachgewiesen worden. So ist bekannt, dass starker Frost und Spätfrost die Photosyntheseorgane schädigen kann und es somit im Folgejahr zu Wachstumseinbußen bis zu 30 % kommen kann (Kozolowski et al. 1996; Lindner und Flower-Ellis 1992). Der Einfluss des Frostes ist aber nicht nur von der Baumart, sondern auch von der Provenienz und der bis dahin fortgeschrittenen Anpassung an das Klima abhängig (Kramer 1994; Murray et al. 1989).

Auffällig bei diesen Ergebnissen ist der deutlich zunehmende Einfluss des Niederschlages und der Aridität mit schlechter werdender Bonität. Dies zeigt sich in einem Sprung von der 3. zur 4. Ertragsklasse und vor allem in der 5. Ertragsklasse.

Der Einfluss der Temperatur und der Globalstrahlung ist immer wieder bei einzelnen Jahren zu erkennen, zeigt jedoch keine eindeutige Tendenz.

Die Jahre 1958, 1969 und 1994 sind in allen Untersuchungsflächen als positive Weißerjahre ausgewiesen worden. Bei einem genaueren Vergleich hat sich hier gezeigt, dass aber kein Jahr mit einem Klimaparameter (Ausnahme Jahr 1969, 1. Ertragsklasse; negativer Niederschlag) im selben, noch im Vorjahr damit in Verbindung gebracht werden kann. Ein ähnliches Bild zeichnet sich auch in den Jahren 1955 und 1968 ab. Hier weisen drei der vier Untersuchungsbestände positive Weißerjahre auf, zeigen aber keine eindeutige Übereinstimmung mit Klimaparametern.

Im Gegensatz hierzu steht das negative Zuwachsjahr 2004 in der 4. und der 5. Ertragsklasse. Im selben Jahr zeigen Globalstrahlung und Temperatur einen Einbruch, während das Vorjahr geringere Niederschläge und eine erhöhte Globalstrahlung und erhöhte Temperatur zeigt. Im Jahr 2003 war der Sommer durch hohe Temperaturen und geringe Niederschläge geprägt (Schär und Fischer 2008).

Die Einbußen in Temperatur und Globalstrahlung in 2004 sind dadurch zu erklären, dass es im Jahre 2003 zu deutlich höheren Werten kam und sich die Berechnung der Sensitivität nur auf das Vorjahr

bezieht (vgl. Formel 3). Der Einfluss für den Einbruch im Wachstum ist eher in den Werten des Vorjahres (2003) zu erkennen. Hier zeigen die Globalstrahlung und die Temperatur erhöhte und der Niederschlag geringere Werte. In diesem Jahr ist also eher mit Trockenstress für die Bäumen zu rechnen (Hopkin 2005; Xia et al. 2014). Ähnliche Ergebnisse konnten auch in der Korrelation zwischen Zuwachs und Klimaparametern gezeigt werden (vgl. Abschnitt 4.4 und 5.4).

Dieses Weißerjahr zeigt, wie genau die Ergebnisse betrachtet werden müssen, um keine Fehlinterpretation zu machen. Ein weiterer Faktor, der Beachtung finden sollte, ist der Wechsel von negativen zu positiven Weißerjahren oder umgekehrt. Hier sollte bedacht werden, dass sich, wie schon im Vorherigen genannt, die Sensitivität immer nur auf den Wert des Vorjahres bezieht und dies damit eben so viel Einfluss hat, wie das wirkliche Bezugsjahr. Für stabilere Werte könnte die Sensitivität eventuell über einen längeren Zeitraum (zwei Jahre bis 5 Jahre), ähnlich wie der gleitende Mittelwert, berechnet werden.

Bei der Betrachtung der mittleren Sensitivität (Tab. 10-13) zeigt sich für die Weißerjahre des Wachstums, dass die drei Ertragsklassen 1, 4 und 5 sehr dicht beieinander liegen und die 3. Ertragsklasse einen deutlich höheren Wert aufweist. Dies bedeutet, dass die Jahringbreite im Verlauf zwischen den drei Ertragsklassen ähnlich sensitiv reagiert, während der Verlauf der 3. Ertragsklasse deutlich größere Schwankungen aufweist.

Die mittlere Sensitivität der Globalstrahlung zeigt für alle Flächen einen sehr niedrigen Wert (0,080 bis 0,096) und ist sehr vergleichbar. Die Anzahl der Sensitiven Jahre nimmt mit der Ertragsklasse ab. Dies ist bemerkenswert, da die Untersuchungsflächen sehr dicht zusammen liegen und sich die Globalstrahlung über eine längere Periode, wie die Wachstumsphase, nicht erheblich unterscheiden sollte.

Für die Untersuchung der mittleren Sensitivität der Temperatur zeigt sich im Verlauf ein ähnliches Bild, wie für die Globalstrahlung. Hier nimmt die Anzahl der sensitiven Jahre mit der Ertragsklasse ab. Zudem weisen die Ertragsklassen 4 und 5 deutlich geringere Werte auf, als die anderen beiden Untersuchungsflächen. Die Temperaturbedingungen der Bestände sind also somit in den Bonitäten 4 und 5 stabiler und unterliegen geringeren Schwankungen. Dies zeigt aber nicht, ob die Temperatur einen Einfluss auf das Wachstum hat, sondern nur den Verlauf der Chronologie. Die Temperatur wird direkt von der Globalstrahlung beeinflusst und zeigt daher ein vergleichbares Bild.

Die mittlere Sensitivität des Niederschlages nimmt eindeutig mit schlechter werdender Ertragsklasse zu, genauso wie die Anzahl der durch die Sensitivität ausgewiesenen Jahre. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen der Korrelationen und den Abbildungen der Sensitivitäten in Bezug auf die Klimaparameter. Es zeigt sich, dass die Chronologie des Niederschlages mit schlechter werdender Bonität immer größere Schwankungen aufweist, die der Baum ausgleichen muss. Stephenson (1990) bezeichnete die Verfügbarkeit von Wasser als das wichtigste Kriterium für das Wachstum und die Verbreitung. In direktem Bezug zur Sensitivität stehen auch Ergebnisse aus Deutschland zur Verfügung. So konnte für Eichen im nordwestdeutschen Tiefland und in Sachsen Einflüsse des Niederschlages des jeweiligen und des Vorjahres mit Hilfe der Sensitivität nachgewiesen werden (Schröder 2008).

Die Aridität als eine Verbindung aus Niederschlag und Temperatur zeigt für die 4. Ertragsklasse den höchsten mittleren Sensitivitätswert (1,471). Absteigend folgen hierauf die 5. Ertragsklasse (0,509)

und die 1. und 3. Ertragsklasse (0,256 bzw. 0,251). Bei einer Interpretation der Ergebnisse der 4. Ertragsklasse ist immer darauf zu achten, dass dies nur ein Durchschnittswert ist.

Abschließend lässt sich für die Betrachtung der mittleren Sensitivität sagen, dass die Ergebnisse ein ähnliches Bild widerspiegeln, wie die Korrelationsuntersuchungen (Abschnitt 4.4) und dass mit zunehmend schlechterer Ertragsklasse auch die mittlere Sensitivität für die Jahrringbreite, den Niederschlag und die Aridität steigen, wenn man die 4. Ertragsklasse als Durchschnittswert ausklammert. Zudem konnten durch andere Untersuchungen diese Ergebnisse unterstützt werden.

5.4 Korrelation Klimaparametern und Gesamtjahrringwachstum

Die Ergebnisse der Korrelationen zwischen Gesamtjahrringwachstum und Klimaparametern haben zum Teil interessante Bereiche aufgezeigt. Die Temperatur und die Globalstrahlung sollten bei ihrem Einfluss auf das Wachstum nicht getrennt voneinander betrachtet werden, da die Globalstrahlung einen direkten Einfluss auf die Luft- und Bodentemperatur aufweist (Hasenfratz 2006). Beide Klimaparameter weisen einen, wenn auch nicht statistisch abgesicherten, negativen Einfluss auf das Wachstum auf. Trotzdem soll der Einfluss im Folgenden diskutiert werden.

Die Produktivität von Blättern wird zum Teil über den Austausch von CO₂ und über das Wachstum (Massenzunahme/Durchmesserzuwachs, Höhenzuwachs) gemessen (vgl. Jarvis 2002). Nach dem überdurchschnittlich warmen Sommer in Europa im Jahre 2003 konnte festgestellt werden, dass Pflanzen ihr Wachstum um bis zu 30 % reduziert hatten (Hopkin 2005) und dass die CO₂-Aufnahme in Wälder bei erhöhter Temperatur deutlich reduziert wird (Xia et al. 2014). Dies zeigt eindeutig einen negativen Einfluss der Temperatur auf das Wachstum im direkten Sinne oder indirekt über Verdunstung. Bis zu einer bestimmten Temperatur (pflanzenarten- und wasserversorgungsabhängig) ist eine Steigerung der Temperatur positiv für das Wachstum, doch ab einer bestimmten, artspezifischen Grenze fällt das Pflanzenwachstum wieder ab (Campbell et al. 2009). Das Optimum wird für Laubbäume der gemäßigten Zone mit 15°C bis 25°C beschrieben (Larcher 1984). Die Stomata der Blätter sind für den Gasaustausch und somit für einen Teil der Photosynthese verantwortlich. Durch diese Spaltöffnungen wird ein hoher Transpirationsdruck erzeugt. Bei sehr hohen Temperaturen und hoher Verdunstung (Trockenstress) bleiben die Stomata geschlossen, um einen Wasserverlust zu vermeiden (Groh 2011; Jarvis 2002). Ein wesentlicher Faktor für das Wachstum ist also auch die Verfügbarkeit von Wasser (Campbell et al. 2009; Beyel 2003; Jarvis 2002). Der hier erkennbare negative Einfluss der Temperatur und der Globalstrahlung ist also durch biologische Mechanismen zu erklären und wurde schon in verschiedenen Untersuchungen detektiert (Jarvis 2002; Beyel 2003; Hopkin 2005). Bei einer Betrachtung der Sensitivitätsuntersuchung zeigt sich für die Globalstrahlung und die Temperatur ein ähnliches Bild. Der negative Einfluss dieser beiden Parameter zeigt sich in der 4. und der 5. Ertragsklasse. Hier sind einige Jahre zu erkennen, die ein positives Weißerjahr aufweisen und eine negative Sensitivität für Temperatur oder Globalstrahlung oder umgekehrt.

In der 5. Ertragsklasse zeigte der Niederschlag einen signifikanten positiven Einfluss auf das Wachstum. Dieser Einfluss ist auch noch in der 4. Ertragsklasse zu erkennen. In den beiden Ertragsklassen 3 und 1 ist der Einfluss hingegen nicht mehr so eindeutig zu detektieren. Dies verdeutlicht, dass der Einfluss des verfügbaren Wassers einen Einfluss auf das Wachstum hat und ein limitierender Faktor hierfür sein kann (Campbell et al. 2009; Kozolowski et al. 1996; Stephenson 1990). Speziell für Bäume konnte dies in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen werden (Bréda et al. 1993; Cochard et al. 1996). Bei Betrachtung der Wasserverfügbarkeit der verschiedenen Untersuchungsbestände zeigt sich, dass die 1. und die 3. Ertragsklasse die gleichen Niederschlagswerte aufweisen. Mit schlechter werdender Ertragsklasse fällt der mittlere Vegetationsniederschlag aber ab. Auch dieses Ergebnis lässt sich eindeutig in der Betrachtung der

Sensitivität wiederfinden. Hier gibt es keine Überlappung des Niederschlages und Weißerjahren in der 1. Ertragsklasse. Die 3. Ertragsklasse weist hingegen noch ein indifferentes Bild bezüglich des Einflusses des Niederschlages auf. In der 4. Ertragsklasse ist ein positiver Einfluss des Niederschlages zu erkennen und in der 5. Ertragsklasse ist dieser Einfluss eindeutig zu detektieren. Somit zeigt auch die Sensitivität eindeutig den steigenden Einfluss des Niederschlages auf das Wachstum mit schlechter werdender Ertragsklasse. Stephenson (1990) bezeichnete die Wasserverfügbarkeit für das wichtigste Kriterium des Wachstums und der Verbreitung einer Baumart. Er stellte den Niederschlag damit auch in den Fokus der Untersuchungen zwischen Klimadaten und Zuwachs. Hier zeigt sich noch einmal, dass dem Niederschlag eine immer größer werdende Rolle zukommt, je weiter sich das Untersuchungsgebiet vom Optimum entfernt (vgl. auch Walter 1968; Walter und Breckle 1999). Bei Untersuchungen an Stieleichen in Estland konnte z.B. gezeigt werden, dass der Sommerniederschlag (Juli/August) den größten Einfluss auf das Wachstum von Bäumen auf schlechten Standorten hat (Sohar et al. 2014).

Die Aridität als Verbindung aus Niederschlag und Temperatur kann als ein Maß für Bodentrockenheit oder auch Trockenstress gedeutet werden. Mit zunehmender Aridität steigt auch der Trockenstressfaktor des Bodens. Die Aridität könnte also mit dem pflanzenverfügbaren Wasser in Einklang gebracht werden. Hier spielt neben der Temperatur und dem Niederschlag auch die Tiefgründigkeit der Böden, die Bodentypen und die Hanglage eine Rolle. Dass das Pflanzenwachstum von Trockenstress beeinflusst wird, konnte schon an verschiedenen Untersuchungen gezeigt werden (vgl. Zahner 1968). Bei einem Vergleich zwischen den Untersuchungsbeständen hat sich gezeigt, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse der Niederschlag, aber auch die Temperatur abnimmt. Die 1. Ertragsklasse weist eine Hanglage nach Osten auf, während die anderen drei Untersuchungsflächen eine Hanglage nach Südosten aufweisen und somit hier mit erhöhten Strahlungswerten und einer erhöhten Evapotranspiration zu rechnen ist. Des Weiteren zeigt sich, dass die Untersuchungsbestände sich in der Wasserverfügbarkeit unterscheiden. So weist die 1. Ertragsklasse noch einen ziemlich frischen Boden auf, während die 3. und die 5. Ertragsklasse nur noch einen mäßig frischen Boden aufweisen und die 4. Ertragsklasse auf einem trockenen Standort stockt (Forstamt Bad Dürkheim 2014; Forstamt Johanniskreuz 2014; Forstamt Haardt 2014). Dies zeigt sich auch in den Ergebnissen der Korrelationen zwischen Klimaparameter und Jahrringbreitenwachstum. Die Ertragsklassen 1 und 3 weisen ein indifferentes Bild für die Aridität auf, während bei der 4. Ertragsklasse ein Trend zu erkennen ist, der aber noch nicht abgesichert werden kann. In der 5. Ertragsklasse zeigt die Aridität hingegen einen signifikant negativen Einfluss auf das Wachstum. Auch für die Aridität in Bezug auf die Sensitivitätsanalyse zeichnet sich das gleiche Bild ab, wie für den Niederschlag. Hier steigt mit schlechter werdender Ertragsklasse der negative Einfluss der Aridität und es können mehr Weißerjahre hiermit in Einklang gebracht werden.

Abschließen kann für die Korrelationen zwischen Klimaparametern und Jahrringbreitenwachstum festgehalten werden, dass es für die 1. und die 3. Ertragsklasse keine signifikanten Einflüsse des Klimas auf das Wachstum gibt. Erkennen lassen sich aber negative Trends von Temperatur und Globalstrahlung auf das Wachstum. Die 4. Ertragsklasse weist schon eindeutigere Korrelationen zwischen Temperatur/Globalstrahlung und Jahrringbreitenwachstum auf und zusätzlich einen positiven Einfluss von Niederschlag und Aridität. Aber auch hier konnten die Ergebnisse nicht

abgesichert werden. In der 5. Ertragsklasse hingegen zeigten Niederschlag und Aridität einen signifikant positiven Einfluss auf das Wachstum, während der negative Einfluss von Temperatur und Globalstrahlung nicht abgesichert werden konnte.

Zusammengefasst kann angedeutet werden, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse die Klimafaktoren Temperatur, Niederschlag, Aridität und Globalstrahlung immer mehr Einfluss auf das Wachstum nehmen. Wenn man diese Beobachtung in Zusammenhang mit anderen Untersuchungen bringt, so stößt man auf die These von Willuhn, der durch Untersuchungen an Nadelbäumen (Lärche, Kiefer, Fichte) zeigen konnte, dass je vitaler ein Baum ist, desto geringer der Einfluss von Klimaparametern ist (Willuhn 1998). Wenn man in diesem Zuge das jährliche Jahrringbreitenwachstum als Maß für die Vitalität nimmt, so stimmen die Ergebnisse überein, da die Gesamtjahrringbreite sich signifikant voneinander unterscheiden. Die gefundenen Ergebnisse der Korrelationen lassen sich auch in der Sensitivitätsuntersuchung wiederfinden.

Stellt man diese Ergebnisse nun den Folgen des Klimawandels, so wie er allgemein prognostiziert wird (höhere Temperaturen und geringere Niederschläge in der Wachstumsperiode), gegenüber, so kommt man zu dem Schluss, dass er auf die verschiedenen Ertragsklassen unterschiedlichste Auswirkungen zeigen wird. Für die 1. und die 3. Ertragsklasse sind zur Folge dieser Ergebnisse keine negativen Wachstumsergebnisse zu erwarten, da hier die verschiedenen Klimaparameter keinen Einfluss gezeigt haben. Geht man nun aber von einer Steigerung der Temperatur und einer Verringerung der Niederschläge in der Vegetationszeit aus, so könnte dies Wachstumseinbußen in der 4. und der 5. Ertragsklasse bedeuten. Hier kann es zu vermehrtem Trockenstress kommen (Umweltbundesamt 2008). Bei einer näheren Betrachtung des Bundeslandes Rheinland – Pfalz sind ähnliche Veränderungen für die Baumarten Fichte und Buche prognostiziert worden. Hier wurde unter der Annahme verschiedener Szenarien gezeigt, dass es auf schlechten Standorten vermehrt zu Schäden und Einbußen kommen kann (Vasconcelos und Konold 2014). Neben diesen Veränderungen kann es zusätzlich zu einer erhöhten Belastung durch Fraßgesellschaften kommen, die von Wärme und Trockenheit profitieren. Viele Insekten profitieren dabei durch verringerte Niederschläge und erhöhte Temperaturen und reagieren hierauf mit verkürzten Generationszyklen oder größeren Bruten (vgl. Grace 1991; Volney 1996; Cammel und Knight 1992). Dies wurde sowohl für viele verschiedene Gebiete prognostiziert (vgl. Rösli und Landolt-Parolini 2013; Roost 2006; Rigling et al. 2012; Dolos und Reineking 2011), als auch direkt für das Bundesland Rheinland – Pfalz (Vasconcelos und Konold 2014). Die Ergebnisse und Diskussion konnten zeigen, dass auch die Eiche, vor allem auf schlechteren Standorten, vom Klimawandel in Zukunft negativ beeinflusst sein wird.

6. Kritik und Forschungsbedarf

Das Wuchsgebiet Pfälzer Wald eignet sich durch seine Homogenität des Bodens und die Nähe von sehr unterschiedlichen Bonitäten zueinander sehr gut für Analysen des Einflusses von Klimaparametern auf das Wachstum. Die hier ausgesuchten Bestände sind daher entsprechend gut vergleichbar. Das Gebiet weist zudem verschiedene Höhen und Hanglagen in absoluter Nähe zueinander auf. Zudem gründet sich ein weiterer Vorteil des Untersuchungsgebietes in der relativen Nähe der Klimastationen zu den Untersuchungsbeständen. Daher kann auch hier von sehr genauen Daten ausgegangen werden.

Der Stichprobenumfang von sechs Bäumen pro Probefläche könnte für eine genauere Analyse noch größer sein. Hier würde es sich anbieten bei den nächsten Durchforstungen oder Erntemaßnahmen noch weitere Stammscheiben zu entnehmen, zu analysieren und dem Datensatz hinzuzufügen.

Weitere Faktoren, die mit in die Analyse einfließen sollten, sind die Eigenschaften des Bodens. Hier könnten Daten über die Tiefgründigkeit, die genaue Nährstoffversorgung, die Durchwurzelungstiefe und die genaue Substratzusammensetzung jeweilige Einflüsse detektieren und helfen das Wachstum unter verschiedenen Klimaeinflüssen besser zu verstehen. Weiterhin spielt auch im höheren Alter eines Baumes die Konkurrenzsituation noch eine Rolle. Dieser Einfluss ist zwar deutlich geringer, als im Jugendwachstum, aber dennoch vorhanden. Hier könnten die Durchforstungsintensitäten und Durchforstungszeitpunkte weiteren Aufschluss über das Jahrringwachstum geben. Wenn für all diese Faktoren Datensätze vorhanden sind, dann könnte durch eine Multivariantenanalyse eventuell genauer bestimmt werden, welche Faktoren in welchen Bonitäten die größten Einflüsse ausüben.

Bei den Untersuchungen der Korrelationen bezüglich des Klimaeinflusses auf das Wachstum hat sich gezeigt, dass nur in der 5. Ertragsklasse ein signifikanter Einfluss aufzufinden war. Bei weiteren Analysen könnte versucht werden das Wachstum weiter zu unterteilen und mit Monatsklimadaten in Verbindung zu bringen. In Estland konnte so z.B. gezeigt werden, dass Stieleichen im Wachstum auf schlechten Standorten vor allem durch den Niederschlag im Juli und August und auf guten Standorten durch die Temperatur im Juni beeinflusst werden. Neben einer genaueren Unterteilung könnten auch Korrelationen aus Verbindungen des jeweiligen Jahres und des Vorjahres genauere Ergebnisse bringen. Während der Sensitivitätsuntersuchung hat sich gezeigt, dass es häufig Überlappungen von Weißerjahren des Wachstums mit sensitiven Klimadaten des Vorjahres gab. Auch hier könnte ein mehrfaktorielles Modell Aufschluss geben.

Bei der Untersuchung der Sensitivität von Klimajahren ist vor allem im Jahre 2004 aufgefallen, dass durch den kurzen Berechnungszeitraum falsche Schlüsse gezogen werden können. In diesem speziellen Fall war die Ursache nicht in den Extremwerten des gleichen, sondern in den Extremwerten des Vorjahres zu suchen. Hier könnte durch eine Betrachtung eines längeren Zeitraumes (>1 Jahr) Abhilfe geschaffen werden.

Als letzten weiteren Forschungsansatz könnte hier die 4. Ertragsklasse dienen. Da sich dieser Bestand von der 2. bis zur 7. Ertragsklasse erstreckt und an diesem Gradienten Bäume entnommen wurden, könnte hier eine Einzelbaumanalyse durchgeführt werden. Daher könnte hier detektiert werden, wie sich die Klimaeinflüsse mit der Bonitätenänderung verschieben.

7. Fazit

Zusammenfassend lässt sich für die Analyse von Jahrringwachstum und Einfluss von verschiedenen Klimaparametern feststellen, dass es signifikante Unterschiede im Wachstum gibt und dass die Einflüsse von Klimaparametern mit schlechter werdender Ertragsklasse steigen.

Für das Wachstum konnte gezeigt werden, dass mit schlechter werdender Ertragsklasse die Gesamtjahrringbreite signifikant abnimmt. Gleiches gilt auch für die Früh- und Spätholzbreite. Des Weiteren konnte für die Frühholzbreite ein Anstieg in der Breite mit Zunahme des Alters detektiert werden.

Für das Wachstum in den letzten 60 Jahren wurden in der 1. und 3. Ertragsklasse Zunahmen in der mittleren Jahrringbreite nachgewiesen. Somit widerspricht dieser Verlauf der allgemeinen Forstliteratur. In der 4. und 5. Ertragsklasse zeigte der lineare Ausgleich fallende Jahrringbreiten mit dem Alter. Die Abnahme der Jahrringbreite war in der 5. Ertragsklasse größer, als in der 4. Ertragsklasse.

Für alle Ertragsklassen konnte ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen Gesamtjahrring- und Spätholzbreite nachgewiesen werden. Ein hoher Zusammenhang war auch zwischen Gesamtjahrringbreite und Frühholzanteil zu erkennen. Der geringste Zusammenhang besteht somit zwischen Frühholz- und Spätholzbreite.

Bei den Sensitivitätsuntersuchungen wurde deutlich, dass vermehrt Weißerjahren mit zunehmender Ertragsklasse auftreten und dass es eine Entwicklung zu negativen Weißerjahren mit schlechter werdender Ertragsklasse gibt. Bei Vergleichen der Weißerjahren mit sensitiven Klimajahren wurde deutlich, dass sich mit schlechter werdender Ertragsklasse vermehrt Übereinstimmungen finden lassen. Hier wurde der Einfluss des Niederschlages desselben Jahres oder Vorjahres deutlich sowie der Einfluss der Aridität. Die Sensitivitätswerte der 4. Ertragsklasse müssen gesondert betrachtet werden, da hier nur eine Durchschnittsertragsklasse angegeben wurde.

Bei direkten Zusammenhängen zwischen Klimaparametern und Gesamtjahrringwachstum wurde nachgewiesen, dass nur in der 5. Ertragsklasse signifikant positive Einflüsse des Niederschlages und der Aridität detektiert werden konnten. Erkennbar war jedoch auch hier der steigende Einfluss von Klimaparametern auf das Wachstum, je schlechter die Ertragsklasse wurde. Ein negativer Trend, der nicht statistisch abgesichert werden konnte, war bei der Temperatur und der Globalstrahlung in allen Ertragsklassen zu erkennen.

In Bezug auf den Klimawandel sind somit keine Einbußen auf besseren Eichenstandorten zu erwarten. Je schlechter die Standorte jedoch werden, desto größer werden auch die negativen Einflüsse des Klimawandels sein.

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Traubeneichenbestand Bäckertälchen (1. Ekl.) (M. Gille)	5
Abb. 2: Traubeneichenbestand Schindhübel (3. Ekl.) (M. Gille)	5
Abb. 3: Traubeneichenbestand Bergstein (4. Ekl.) (M. Gille)	5
Abb. 4: Traubeneichenbestand Bräuninger Fels (5. Ekl.) (M. Gille)	6
Abb. 5: Traubeneichenbestand Bräuninger Fels (5. Ekl.) (M. Gille)	6
Abb. 6: Darstellung von Mitten- und Seitenriegeln (M. Krüger)	6
Abb. 7: Oberflächenbehandlung eines Mittenriegels (M. Krüger)	10
Abb. 8: Sichtbarmachung der Frühholzgefäße (M. Krüger)	11
Abb. 9: Zeissmikroskop mit Jahrringmarkierung auf Mittenriegel (M. Krüger)	11
Abb. 10: Aufsicht auf einen Mittelriegel unter dem Mikroskop (M. Krüger)	11
Abb. 11: Verbreitungsareal (blau) der Traubeneiche in Europa (nach EUROFGEN 2009)	16
Abb. 12: Lichtbedarf von Traubeneiche und Buche in Bezug zum Alter (nach von Lüpke und Hauskeller-Bullerjahn 2004)	17
Abb. 13: Ökogramm der Traubeneiche (nach Ellenberg 1986)	18
Abb. 14: Stammschreibe des Baumes Nr. 7 der 4. Ekl. (M. Krüger)	19
Abb. 15: Ausschnitt einer Stammscheibe des Baumes Nr. 3 der 1. Ekl. (M. Krüger)	21
Abb. 16: Ausschnitt eines Bildes von einem Mittenriegel unter dem Mikroskop (M. Krüger)	22
Abb. 17: Höhenwachstum der Eiche über der Zeit (nach Schober 1987)	24
Abb. 18: Grundflächenzuwachs der Eiche über der Zeit (nach Schober 1987)	24
Abb. 19: Jahrringaufteilung des Bestandes Bäckertälchen (1. Ekl.)	25
Abb. 20: Boxplot für die Frühholzbreite der 1. Ekl.	26
Abb. 21: Boxplot für die Spätholzbreite der 1. Ekl.	26
Abb. 22: Boxplot für die Gesamtjahrringbreite der 1. Ekl.	27
Abb. 23: Jahrringaufteilung des Bestandes Bäckertälchen (3. Ekl.)	27
Abb. 24: Boxplot für die Frühholzbreite der 3. Ekl.	28
Abb. 25: Boxplot für die Spätholzbreite der 3. Ekl.	29
Abb. 26: Boxplot für die Gesamtjahrringbreite der 3. Ekl.	29
Abb. 27: Jahrringaufteilung des Bestandes Bäckertälchen (4. Ekl.)	30
Abb. 28: Boxplot für die Frühholzbreite der 4. Ekl.	31
Abb. 29: Boxplot für die Spätholzbreite der 4. Ekl.	31
Abb. 30: Boxplot für die Gesamtjahrringbreite der 4. Ekl.	32
Abb. 31: Jahrringaufteilung des Bestandes Bäckertälchen (5. Ekl.)	32
Abb. 32: Boxplot für die Frühholzbreite der 5. Ekl.	33
Abb. 33: Boxplot für die Spätholzbreite der 5. Ekl.	34
Abb. 34: Boxplot für die Gesamtjahrringbreite der 5. Ekl.	34
Abb. 35: Masterchronolgien der Frühholzbreite	35
Abb. 36: Masterchronolgien der Spätholzbreite	36
Abb. 37: Masterchronolgien der Gesamtjahrringbreite	36

Abb. 38: Masterchronologien nach dem Alter	37
Abb. 39: Trendfunktion Gesamtjahrringbreite der 1. Ekl.	38
Abb. 40: Trendfunktion Frühholzbreite der 1. Ekl.	39
Abb. 41: Trendfunktion Gesamtjahrringbreite der 3. Ekl.	40
Abb. 42: Trendfunktion Frühholzbreite der 3. Ekl.	40
Abb. 43: Trendfunktion Gesamtjahrringbreite der 4. Ekl.	41
Abb. 44: Trendfunktion Frühholzbreite der 4. Ekl.	42
Abb. 45: Trendfunktion Gesamtjahrringbreite der 5. Ekl.	43
Abb. 46: Trendfunktion Frühholzbreite der 5. Ekl.	43
Abb. 47: Lineare Ausgleichsgeraden des Gesamtjahrringwachstums ab 1952	45
Abb. 48: Chronologien der Vegetationszeitglobalstrahlung	46
Abb. 49: Chronologien der Vegetationszeittemperatur	47
Abb. 50: Chronologien des Vegetationszeitniederschlages	48
Abb. 51: Chronologien der Vegetationszeitaridität	49
Abb. 52: Weißerjahre der Gesamtjahrringbreite und Klimafaktoren der 1. Ekl.	56
Abb. 53: Weißerjahre der Gesamtjahrringbreite und Klimafaktoren der 3. Ekl.	57
Abb. 54: Weißerjahre der Gesamtjahrringbreite und Klimafaktoren der 4. Ekl.	58
Abb. 55: Weißerjahre der Gesamtjahrringbreite und Klimafaktoren der 5. Ekl.	59
Abb. 56: Deformierte Frühholzgefäße, hervorgerufen durch Spätfrost (M. Krüger)	68

9. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zusammenfassung der Standortinformationen	4
Tab. 2: Zusammenfassung der Bestockungsinformationen	5
Tab. 3: Messergebnisse der Probebäume	7
Tab. 4: Beschreibung der Klimaparameter in den Beständen	9
Tab. 5: Korrelationstabelle Gesamtjährrings-, Frühholz- und Spätholzbreite der 1. Ekl.	37
Tab. 6: Korrelationstabelle Gesamtjährrings-, Frühholz- und Spätholzbreite der 3. Ekl.	39
Tab. 7: Korrelationstabelle Gesamtjährrings-, Frühholz- und Spätholzbreite der 4. Ekl.	41
Tab. 8: Korrelationstabelle Gesamtjährrings-, Frühholz- und Spätholzbreite der 5. Ekl.	42
Tab. 9: Tabellendarstellung der Sensitiven Jahre der Gesamtjahrringbreite	51
Tab. 10: Tabellendarstellung der Sensitiven Jahre der Vegetationszeitglobalstrahlung	52
Tab. 11: Tabellendarstellung der Sensitiven Jahre der Vegetationszeittemperatur	53
Tab. 12: Tabellendarstellung der Sensitiven Jahre des Vegetationszeitniederschlages	54
Tab. 13: Tabellendarstellung der Sensitiven Jahre der Vegetationszeitaridität	55
Tab. 14: Zusammenfassung der Korrelationen der 1. Ekl.	61
Tab. 15: Zusammenfassung der Korrelationen der 3. Ekl.	62
Tab. 16: Zusammenfassung der Korrelationen der 4. Ekl.	63
Tab. 17: Zusammenfassung der Korrelationen der 5. Ekl.	64
Tab. 18: Beschreibende Statistik für die Jahrringbreite der 1. Ekl.	65
Tab. 19: Beschreibende Statistik für die Jahrringbreite der 3. Ekl.	65
Tab. 20: Beschreibende Statistik für die Jahrringbreite der 4. Ekl.	65
Tab. 21: Beschreibende Statistik für die Jahrringbreite der 5. Ekl.	66
Tab. 22: Kennzahlen der Klimaparameter der 1. Ekl.	70
Tab. 23: Kennzahlen der Klimaparameter der 3. Ekl.	70
Tab. 24: Kennzahlen der Klimaparameter der 4. Ekl.	70
Tab. 25: Kennzahlen der Klimaparameter der 5. Ekl.	71

10. Literaturverzeichnis

Anonymus (2006): Aktuelle Ergebnisse und Fragen zur Situation der Eiche und ihrer Bewirtschaftung in Brandenburg. 1. Aufl. Potsdam (Forst, Bd. 25).

Anonymus (2014): Ergebnisse der Bundeswaldinventur 3. von Thünen Institut. Online verfügbar unter <http://www.wald.de/ergebnisse-der-bundeswaldinventur-3/>, zuletzt geprüft am 30.11.2014.

Bachmann, P. (2013): Wachstum des einzelnen Baumes. Hg. v. Abteilung Forsteinrichtung und Waldwachstum ETH Zürich. ETH Zürich. Zürich.

Baumgarten, M. (2003): Belastung der Umwelt mit gasförmigen Luftschadstoffen. Studie zur Beurteilung der Luftqualität an Waldstandorten des forstlichen Umweltmonitorings in den Jahren 2002 und 2003. Unter Mitarbeit von B. Beudert, H.-P. Dietrich, P. Einert, B. Köller, Krause, G. H. M. und W. Lux. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Becker, V. K. (2014): Einfluss von erhöhter atmosphärischer CO₂-Konzentration und Trockenstress auf die Photosynthese von *Aronia melanocarpa* und *Ulmus glabra*. Auswirkungen physiologischer Prozesse auf die Baumentwicklung. Dissertation. Universität Hamburg, Hamburg. Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften.

Behm, A. (2006): Saatgutbestände liefern zusätzliches Einkommen. In: *LWF-aktuell* 2006 (55), S. 16–18.

Beyel, V. (2003): Wirkung von Trockenstress auf unterschiedliche Kultivare von *Sorghum bicolor*. Dissertation. Johann Wolfgang von Goethe - Universität, Frankfurt am Main. Biologie und Informatik.

Billetoft, B.; Winter-Huneck, B.; Peterson, J.; Schmidt, W. (2007): Alte bodensaure Eichenwälder auf Sandebenen mit *Quercus robur*, zuletzt geprüft am 02.01.2015.

Böhm, S.; Große, S.; Jochum, M.; Letzel, T.; Müller-Schick, Ch.; Schmarr, H.-G.; Seegmüller, S. (2013): Fassholz aus Rheinland-Pfalz. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland – Pfalz.

Brang, P.; Bugmann, H.; Bürgi, A.; Mühletaler, U.; Rigling, A.; Schwitter, R. (2008): Klimawandel als waldbauliche Herausforderung. In: *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 159, S. 362–373.

Braun, S.; Rihm, B.; Flückiger, W. (2012): Stickstoffeinträge in den Schweizer Wald: Ausmaß und Auswirkungen. In: *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 163 (9), S. 355–362. DOI: 10.3188/szf.2012.0355.

Bréda, N.; Cochard, H.; Dreyer, E.; Granier, A. (1993): Field comparison of transpiration, stomatal conductance and vulnerability to cavitation of *Quercus petraea* and *Quercus robur* under water stress. In: *Annals of Forest Science* 50, S. 571–582, zuletzt geprüft am 04.02.2015.

Bücking, M.; Jochum, M.; Schuh, W.; Vogt, W. (2011): 3. Regionaler Waldbericht Rheinland-Pfalz. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz. Trippstadt.

Cammel, M. E.; Knight, J.D (1992): Effects of climatic change on the population dynamics of crop pests. In: *Advances in Ecological Research* 22, S. 117–162.

Campbell, N. A.; Kratochwil, A.; Lazar, T.; Reece, J. B. (2009): Biologie. 8., aktualisierte Aufl. [der engl. Orig.-Ausg., 3. Aufl. der dt. Übers.]. München [u.a.]: Pearson Studium (Pearson Studium - Biologie).

- Chmielewski, F. M. (2008): Folgen des Klimawandels für Land- und Forstwirtschaft. HU-Berlin. Berlin. Online verfügbar unter <http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel-28044/75/PDF/75.pdf>, zuletzt geprüft am 21.02.2015.
- Cochard, H.; Bréda, N.; Granier, A. (1996): Whole tree hydraulic conductance and water loss regulation in *Quercus* during drought: evidence for stomatal control of embolism? In: *Annals of Forest Science* 53, S. 197–206, zuletzt geprüft am 04.02.2015.
- Diffenbaugh, N. S.; Field, C. B. (2013): Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. In: *Science (New York, N.Y.)* 341 (6145), S. 486–492. DOI: 10.1126/science.1237123.
- Dolos, K.; Reineking, B. (2011): Walddynamik im Klimawandel. In: *LWF aktuell* 85, S. 22–25.
- Faahsen, W.; Lappen, D. (2000): Flora. Dendrologischer Fotoatlas. 2. Auflage. Nettetal-Kaldenkirchen: Baumschulen Lappen.
- Fahrmeir, L.; Künstler, R.; Pigeot, I.; Tutz, G. (2004): Statistik. Der Weg zur Datenanalyse ; mit 25 Tabellen. 5., verb. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Forstamt Bad Dürkheim (2014): Bestandesinformationen Traubeneiche. Trippstadt, 22.09.2014. Bestandeslagerbuch an Malte Gille. Exceldatenliste.
- Forstamt Haardt (2014): Bestandesinformationen Traubeneiche. Trippstadt, 22.09.2014. Bestandeslagerbuch an Malte Gille. Exceldatenliste.
- Forstamt Johanniskreuz (2014): Bestandesinformationen Traubeneiche. Trippstadt, 22.09.2014. Bestandeslagerbuch an Malte Gille. Exceldatenblatt.
- Fränzle, O.; Hörmann, G. (2014): Ökohydrologie mitteleuropäischer Wald- und Agrarökosysteme. In: Winfried Schröder, Felix Müller und Otto Fränzle (Hg.): Handbuch der Umweltwissenschaften. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, S. 1–32.
- Gauer, J.; Aldinger, E. (2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands - Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke : Digitale topographische Grundlagen - Neubearbeitung Stand 2011. In: *Sonderhefte vTi* 2005 (359), zuletzt geprüft am 30.11.2014.
- Gille, M. (2013): Zum Zusammenhang von Kronenparametern und Grundflächenzuwachs bei der Buche (*Fagus sylvatica* L.). Bachelorarbeit. Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen. Waldbau der gemäßigten Zone.
- Godet, J.-D. (2011): Baumrinden. Vergleichen und bestimmen. Stuttgart: Ulmer, E (Godet Naturführer).
- Grace, J. (1991): Vegetation and Climate: a tenuous link. In: *Modern Ecology. Basic and applied aspects.*, S. 711–722.
- Groh, J. (2011): Modellierung des Bodenwasserhaushalts und Analyse des Trockenstresses für zwei Waldstandorte im Odenwald. Masterarbeit. Albert Ludwig Universität Freiburg, Freiburg. Institut für Hydrologie, zuletzt geprüft am 08.02.2015.
- Häckel, H. (2012): Meteorologie. 7., überarb. Aufl. Stuttgart, Stuttgart: UTB; Ulmer, E (UTB, 1338 : Geowissenschaften, Agrarwissenschaften).
- HAILER, N. (1987): Naturwaldzellen, Urwald der Zukunft. In: *Pfälzische Landeskunde*, S. 127–132.

- Hasenfratz, E. (2006): Die Rolle der Globalstrahlung im Klimasystem Südwestdeutschlands - Vergleichende statistische Untersuchungen zu ihrer raumzeitlichen Variabilität. Dissertation. Johannes Gutenberg Universität, Mainz. Chemie, Pharmazie und Geowissenschaften.
- Hegg, Ch.; Jeisy, M.; Waldner, P. (2004): Wald und Trinkwasser. Eine Literaturstudie. Birmensdorf: Bibliothek WSL.
- Hesse, S. (1997): Die Eiche im Münsterland. Hg. v. Forstamt Schwerte. Forstamt Schwerte. Schwerte. Online verfügbar unter https://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/_recycler_/Eiche_im_Muensterland.pdf, zuletzt geprüft am 30.11.2014.
- Hofmeister, H. (2004): Lebensraum Wald. Pflanzengesellschaften und ihre Ökologie ; mit 8 Tabellen. Reprint der 4., neubearb. Aufl. Remagen-Oberwinter: Kessel.
- Hopkin, M. (2005): Heatwaves spell bad news for carbon sinks. In: *nature* 437, S. 529–533. DOI: 10.1038/news050919-5.
- Horst, D. (2012): Eichenschädlinge im Klimawandel in Südwestdeutschland. In: *FVA-Einblick*, S. 11–14.
- Husmann, K., Saborowski, J., Hapla, F. (2013): Untersuchung der Ringschäle bei der Edelkastanie (*Castanea sativa* [Mill.]). In: *Forstarchiv* 2013 (84), S. 107–118.
- Jarvis, P. G. (2002): The Interpretation of of the Variations in Leaf Water Potential and Stomatal Conductens found in Canopies in the field. In: *Philiosophical Transection of the Royal Society of London ; Biological Science* 273 (927), S. 593–610, zuletzt geprüft am 04.02.2015.
- Jedicke, E.; Hakes, W. (2005): Management von Eichenwäldern im Rahmen der FFH-Richtlinie. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 37 (2). Online verfügbar unter <http://www.jedicke.de/media/files/Jedicke-Hakes.pdf>, zuletzt geprüft am 30.11.2014.
- Johann Heinrich von Thünen Institut (2009): Mehr CO₂ in der Atmosphäre: Kulturpflanzen brauchen weniger Wasser. Braunschweig. Welling, M., pressestelle@vti.bund.de.
- Kartschall, K.; Mäder, C.; Tambke J. (2007): Klimaänderungen, deren Auswirkungen und was für den Klimaschutz zu tun ist. Hg. v. Umweltbundesamt.
- Keng, G. (Hg.) (1999): Entwicklung von Dimensionsgrößen der Buche unter dem Einfluss von Standort, Behandlung und Konkurrenz. Unter Mitarbeit von H. Utschig. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde. Volpriehausen, 19. - 21.05.1999. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Freiburg.
- Knigge, W.; Schulz, H. (Hg.) (1966): Grundriss der Forstbenutzung. Entstehung, Eigenschaften, Verwertung und Verwendung des Holzes und anderer Forstprodukte. Unter Mitarbeit von W. Knigge und H. Schulz. München und Berlin: Paul Parey.
- Koerner, C. (2012): Was steuert das Pflanzenwachstum? In: *Biologie in unserer Zeit* 42 (4), S. 238–243. DOI: 10.1002/biuz.201210484.
- Kolář, T.; Kyncl, T.; Rybníček, M. (2012): Oak chronology development in the Czech Republic and its teleconnection on a European scale. In: *Dendrochronologia* 30 (3), S. 243–248.
- Kölling, C.; Zimmermann, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. In: *Gefahrenstoffe und Reinhaltung der Luft* 67 (6), S. 259–268.

- Kozolowski, T. T.; Kramer, P. J.; Pallardy, S. G. (1996): The physiological ecology of woody plants. San Diego: Academic Press.
- Krahl-Urban, J. (1959): Die Eichen. Singhofen: Paul Parey.
- Kramer, H. (1958): Forstwirtschaftliche Betrachtung von Wegebreite und Randwirkung. In: *Forstw Cbl* 77 (9-10), S. 295–310. DOI: 10.1007/BF01821999.
- Kramer, H.; Gussone, A. H.; Schober, R. (1988): Waldwachstumslehre. Oxford: Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- Kramer, K. (1994): A modelling analysis of the effects of climatic warming on the probability of spring frost damage to tree species in The Netherlands and Germany. In: *Plant, Cell Env.* 17, S. 367–377.
- Krüger, M. (2014): Jahrringstrukturanalyse der Pfälzer Eiche. Bachelorarbeit. Geoarg-August-Universität, Göttingen. Forstwissenschaften.
- Küster, H. (1996): Auswirkungen von Klimaschwankungen und menschlicher Landschaftsnutzung auf die Arealverschiebung von Pflanzen und die Ausbildung mitteleuropäischer Wälder. In: *Forstw Cbl* 115 (1), S. 301–320. DOI: 10.1007/BF02738611.
- Landesforsten Rheinland-Pfalz (2014): Vermarktung Eichenstammholz. Hg. v. U. Höfken. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten. Mainz.
- Lang, U. M.; Roloff, A.; Schütt, P.; Stimm, B.; Weisgerber, H. (2007): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie /begründet von Peter Schütt. Andreas Roloff; Horst Weisgerber; Ulla M. Lang; Bernd Stimm. Weinheim: Wiley-VCH.
- Lange, M. (2001): Modellstudien zum CO₂-Anstieg und O₃-Abbau in der mittleren Atmosphäre und Einfluss des Polarwirbels auf die zonale Symmetrie des Windfeldes in der Mesopausenregion. Dissertation. Universität Leipzig, Universität Leipzig. Physik und Geowissenschaften.
- Larcher, W. (1984): Ökologie der Pflanzen auf physiologischer Grundlage. Stuttgart: Ulmer.
- Larcher, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. Leben, Leistung und Streßbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt : 78 Tabellen. 5., völlig neubearb. Aufl. Stuttgart: Ulmer (UTB, 8074).
- Leuschner, C.; Schipka, F. (2004): Klimawandel und Naturschutz in Deutschland. Hg. v. Bundesamt für Naturschutz. Bonn.
- Leuschner, H. H.; Schweingruber, F. H. (1996): Dendroökologische Klassifizierung und Auswertung häufig auftretender intraanueller holzanatomischer Merkmale bei Eichen und Kiefern. In: *Dendrochronologia* 14, S. 273–285.
- Lindner, S.; Flower-Ellis, J. (1992): Environmental and physiological constraints to forest yield. In: *Elsevier Applied Science*, S. 149–164.
- Loehle, C.; LeBlanc, D. (1996): Model-based assessments of climate change effects on forests. In: *Ecological Modelling* 90, S. 1–31.
- Lohmann, S. (2006): Langzeitvariabilität der globalen und direkten Solarstrahlung für Solarenergieanwendungen. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München. Physik.
- Lohmann, U. (2010): Holzlexikon. 15.700 Stichwörter. 4. Aufl., Lizenzausg. Hamburg: Nikol Verl.-Ges.
- Lohmann, U.; Annies, T.; Ermschel, D. (2010): Holz-Handbuch. 7., völlig überarb. Aufl. Stuttgart: DRW-Verl.

- Lüpke, von B. (2008): [***] Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Naturverjüngung eines Traubeneichen-Buchen-Mischbestandes. In: *Forstarchiv* 2008 (79), S. 4–15.
- Maier, F. (2010): WMO-Bericht zum Zustand des globalen Klimas 2010. Hg. v. World Meteorological Organization, zuletzt geprüft am 21.02.2015.
- Muchin, A. (2005): Analytische Untersuchungen zum Einfluss des Standorts auf das Wachstum von Stiel- und Traubeneiche im nordostdeutschen Tiefland. Stuttgart: Ulmer (Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, H. 24).
- Murray, M. B.; Cannell, M.G.R.; Smith, R. I. (1989): Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. In: *Journal of Applied Ecology* 26, S. 693–700.
- Nagel, J. (Hg.) (2007): Beiträge zur Jahrestagung (Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde). Unter Mitarbeit von Jürgen Nagel. Jahrestagung Sektion Ertragskunde. Alsfeld-Euendorf, 21.-23.05.2007. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt. Göttingen.
- Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hg.) (2014): Waldzustandsbericht 2014. Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein. Kassel: Printec Offset.
- Novák; V. J. A; Hrozinka, F.; Starý, B. (1989): Atlas schädlicher Forstinsekten. 4., durch. Aufl. Stuttgart: Enke.
- Otto, H. J.; Wagner, S.; Schüler, G. (Hg.) (2014): Standortansprüche der wichtigsten Waldbaumarten. AID-Infodienst. 10. Aufl. Bonn: AID (AID, 1095).
- Peters, S. (1996): Untersuchungen über die Holzeigenschaften der Stieleiche (*Quercus robur* L.) und ihre Beeinflussung durch die Bestandesdichte. Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger.
- Phan Hoang, D. (2007): Eiche im Pfälzer Wald. In: *Mitteilungsblatt der Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz* 2007 (63).
- Pichler, H.; Pichler, T. (2007): Vulkangebiete der Erde. 1. Aufl. Heidelberg: Elsevier, Spektrum Akad. Verl.
- Riemer, T. (1994): Über die Varianz von Jahrringbreiten. Statistische Methoden für die Auswertung der jährlichen Dickenzuwächse von Bäumen unter sich ändernden Lebensbedingungen. Göttingen: Forschungszentrum Waldökosysteme.
- Rigling, A.; Forster, B.; Meier, F.; Wermelinger, B. (2012): Insekten als Schlüsselfaktoren der zukünftigen Waldentwicklung? In: *Naturforschende Gesellschaft Zürich* 157 ((1/2)), S. 53–56.
- Rinn, F. (2003): Benutzerhandbuch für TSAP-WIN Professional. Zeitreihenanalyse und Präsentation für Dendro-chronologie und verwandte Anwendungen Version 0.55 für Microsoft Windows.
- Röhrig, E.; Lüpke, B. von; Dengler, A.; Bartsch, N. (2006): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 91 Tabellen. 7., vollst. aktualisierte Aufl. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer (UTB, 8310).
- Röösli, B.; Landolt-Parolini, D. (2013): Nachhaltige Waldentwicklung – Herausforderungen aus Sicht des Bundes (Essay). In: *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 164 (8), S. 216–219. DOI: 10.3188/szf.2013.0216.
- Roost, J. (Hg.) (2006): Wald und Klimawandel. Wald und Klimawandel. Birmsdorf. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Birmsdorf: Gasmann AG, Biel.

- Sauermost, R. (Hg.) (2006): Lexikon der Biologie. In vierzehn Bänden. Studienausg. Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- Schär, C.; Fischer, E. M. (2008): Der Einfluss des Klimawandels auf Hitzewellen und das Sommerklima. In: *Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken - Gefahren für Pflanzen, Tiere & Menschen*, S. 50–55, zuletzt geprüft am 10.02.2015.
- Schenk, H. J. (1996): Modeling the effects of temperature on growth and persistence of tree species. In: *Ecological Modelling* 92, S. 1–32.
- Schmidt, B. (1977): Dendroklimatologische Untersuchungen an Eichen nordwestdeutscher Standorte. Hamburg: Fachbereich Biologie, Universität Hamburg.
- Schober, R. (1987): Ertragstabellen wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. 3., neubearb. u. erw. Aufl. Frankfurt am Main: Sauerländer.
- Schopfer, P.; Brennicke, A.; Mohr, H. (2006): Pflanzenphysiologie. 6. Aufl. München: Elsevier, Spektrum Akad. Verl.
- Schröder, J.: Wachstum von Traubeneiche und Kiefer in Mischbeständen des nordostdeutschen Tiefland. In: DVFFA - Sektion Ertragskunde, S. 53–62.
- Schuchardt, B.; Witting, S. (2008): Deutschland im Klimawandel. Anpassung ist notwendig. Hg. v. Umweltbundesamt. Klimaschutz. Dessau-Roßlau, zuletzt geprüft am 21.02.1015.
- Schütt, P. (2002): Lexikon der Baum- und Straucharten. Das Standardwerk der Forstbotanik. Morphologie, Pathologie, Ökologie und Systematik wichtiger Baum- und Straucharten. Sonderausg. Hamburg: Nikol Verl.-Ges.
- Schweingruber, F. H. (2012): Der Jahrring. Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. Repr. der Ausg. von 1983 (Verl. Haupt). Remagen: Kessel.
- Seegmüller, S. (2014 b): Traubeneiche - Pflege, Nutzung und ökonomische Wertschätzung. Mölschbach, 2014 b. mündlich an Malte Gille.
- Seegmüller, S. (2014 a): Traubeneiche im Pfälzer Wald - Geschichte, Entwicklung, Bewirtschaftung. Trippstadt, 2014 a. mündliche an Malte Gille. Excel.
- Siegel, S. (1985): Nichtparametrische statistische Methoden. 2., durchges. Aufl. Eschborn bei Frankfurt am Main: Fachbuchhandlung für Psychologie, Verl.-Abt.
- Sohar, K.; Läänelaid, A.; Eckstein, D.; Helama, S.; Jaagus, J. (2014): Dendroclimatic signals of pendunculate oak (*Quercus robur* L.) in Estonia. In: *European Journal of Forest Research* 133, S. 535–549.
- Steinhoff, S. (1998): Controlled crosses between pendunculate and sessile oak - results and conclusion. In: *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 169 (9), S. 163–168.
- Stephenson, N. L. (1990): Climatic control of vegetation distribution: the role of the water balance. In: *The American Naturalist* 135, S. 649–670.
- Steuer, W. (1990): Vom Baum zum Holz. Nutzholzarten - Holzschäden - Ausformung - Holzernte - Rundholzsartierung - Verkauf. 2., überarb. Aufl. Stuttgart: DRW-Verl.
- Stinglwagner, G.; Haseder, I.; Erlbeck, R. (2009): Das Kosmos Wald- und Forst-Lexikon. 4. Aufl. Stuttgart: Kosmos.

- Thiess, A. (1967): Über die dendrochronologische Datierbarkeit von Eichenholz norddeutscher Standorte. Hamburg: Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg.
- Trimborn, C. (2012): Holzmarkbericht. Abschlussergebnisse für die Forst- und Holzwirtschaft des Wirtschaftsjahres 2012. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV).
- Umweltbundesamt (2008): Klimaanpassungen und Auswirkungen für Deutschland. Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Dessau. Marenholz, P.
- Vasconcelos, C. A.; Konold, W. (2014): Klimawandel: Zukunft rheinland-pfälzischer Wälder. In: *Holz-Zentralblatt* (38).
- Volney, W.J.A. (1996): Climate change and management of insect defoliators in boreal forest ecosystems. In: *Forest ecosystems, forest management and the global carbon cycle*, S. 79–87.
- von Thünen Institut (2013): Bodenphysikalische Eigenschaften des Bodenskeletts und Einfluss auf den Wasserhaushalt von Waldböden. Eberswalde.
- Wagenführ, A. (2008): Taschenbuch der Holztechnik. Mit 84 Tabellen. München [u.a.]: Hanser.
- Wagenführ, R. (2007): Holzatlas. 6., neu bearb. und erw. Aufl. Leipzig: Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag.
- Walter, H. (1968): Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. Jena: Gustav-Fischer-Verlag (82).
- Walter, H.; Breckle, S. W. (1999): Vegetation und Klimazonen. Grundriss der globalen Ökologie. 7., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Stuttgart: Ulmer (UTB, 14).
- Weigel, H. J. (2005): Gesunde Pflanzen unter zukünftigem Klima. In: *Gesunde Pflanzen* 57 (1), S. 6–17. DOI: 10.1007/s10343-004-0060-9.
- Willuhn, J. (1998): Dendrochronologische Betrachtung der Jahresringe verschiedener Nadelbäume auf den Marburger Lahnbergen. 1. Aufl. s.l.: Diplomica.
- Winkler, P.; Berz, G.; Schönwiese, D.; Jacob, D. (2007): Stellungnahme der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zur Klimaproblematik. Hg. v. Deutsche Meteorologische Gesellschaft. DMG.
- Winter, E. (2014): Gabler Wirtschafts-Lexikon. Unter Mitarbeit von S. Brich. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Xia, J.; Chen, J.; Piao, S.; Ciais, P.; Luo, Y.; Wan, S. (2014): Terrestrial carbon cycle affected by non-uniform climate warming. In: *Nature Geoscience* 7 (3), S. 173–180. DOI: 10.1038/ngeo2093.
- Zahner, R. (1968): Water deficits and growth of trees. In: *Academic Press*, S. 85–107.
- Zimmer, B.; Grosser, D. (1989): Einheimische Nutzhölzer und ihre Verwendung. Hg. v. DGfH- Informations- und Service GmbH. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der DGFH e.V. München, zuletzt geprüft am 30.11.2014.

11. Anhang

11.1 Daten der unteren Jahrringbreitenmessung

Im Folgenden werden die Originaldaten der Messungen am unteren Stammende aufgeführt. Die Tabellen zeigen die Mittelwerte aus der Nord-Süd-Ausrichtung der Mittenriegel.

Tab. 1 Anhang: Originalmessdaten am unteren Stammende der 1. Ertragsklasse

Jahr	Baum 1			Baum 2			Baum 3			Baum 4			Baum 5			Baum 6		
	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH
1872	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173	23	151	0	0	0	167	39	128
1873	0	0	0	0	0	0	0	0	0	197	30	168	0	0	0	123	21	102
1874	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	25	101	0	0	0	90	27	63
1875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220	29	191	150	22	129	106	23	84
1876	196	28	168	0	0	0	50	12	38	207	26	181	196	43	153	95	23	72
1877	216	32	184	142	28	115	156	29	128	239	39	201	212	39	173	137	22	115
1878	222	30	193	190	34	156	165	30	135	229	44	185	201	31	170	176	28	148
1879	238	38	200	160	29	131	124	26	98	200	24	177	234	38	197	192	28	164
1880	152	54	98	76	35	42	114	33	82	97	28	69	172	29	144	77	27	50
1881	146	27	119	59	27	33	71	25	46	70	28	43	82	26	56	90	26	64
1882	227	41	187	147	27	120	82	20	62	151	34	117	119	27	93	145	27	118
1883	160	32	128	85	24	61	110	32	79	106	26	80	113	32	81	103	24	79
1884	241	32	210	120	30	90	90	26	64	155	35	120	113	27	86	116	24	93
1885	192	30	162	96	27	69	82	27	56	89	27	62	113	33	80	109	27	83
1886	186	32	154	170	39	132	108	24	85	87	29	59	106	27	79	90	28	62
1887	128	24	104	81	31	50	140	36	104	101	31	70	109	23	86	111	33	78
1888	144	32	113	118	31	88	112	37	75	107	32	76	120	31	89	87	23	64
1889	165	35	131	127	32	96	88	27	61	160	38	122	100	24	77	112	26	86
1890	189	31	158	132	33	99	136	28	109	182	31	151	114	27	87	116	30	86
1891	183	32	151	149	33	116	109	24	86	156	34	122	129	28	101	120	31	89
1892	171	38	134	148	38	110	107	29	79	148	37	111	119	28	91	101	26	76
1893	145	30	115	110	29	81	112	26	87	94	34	61	99	29	70	87	27	61
1894	151	30	122	100	26	74	140	42	99	167	36	132	99	27	72	130	34	97
1895	169	36	134	143	33	110	129	36	93	105	26	79	119	24	95	95	25	70
1896	143	29	115	133	35	98	142	37	105	117	30	87	118	26	92	108	28	81
1897	170	36	134	135	47	89	152	33	120	129	31	98	122	29	93	96	23	73
1898	162	32	130	138	35	103	120	31	89	143	33	111	126	31	96	82	26	57
1899	175	30	145	130	37	94	127	31	96	119	25	94	145	25	121	84	32	53
1900	163	41	122	106	37	69	99	32	68	76	27	49	112	21	91	46	23	23
1901	217	29	188	177	38	139	117	31	86	82	24	58	106	28	78	78	27	52
1902	212	44	168	138	39	100	173	41	132	107	23	85	107	36	71	57	22	35
1903	263	34	229	164	38	126	158	38	120	111	24	87	120	36	84	82	25	58
1904	217	35	182	169	41	128	192	40	152	125	25	100	127	30	97	91	20	72
1905	179	38	141	125	48	77	151	44	107	111	26	85	126	32	94	68	24	44
1906	169	39	130	125	49	76	104	38	66	97	25	72	101	28	74	88	29	60

1907	196	35	161	82	36	47	110	31	79	104	28	76	95	25	70	77	23	54
1908	167	37	130	100	41	59	102	30	73	104	27	77	102	35	67	88	30	58
1909	106	47	59	99	41	59	81	32	49	85	27	59	79	31	48	66	29	37
1910	173	36	137	158	51	107	92	32	60	130	32	98	78	29	49	103	26	77
1911	159	41	119	113	38	75	97	26	71	90	31	60	90	38	52	94	27	67
1912	170	34	137	169	55	114	103	33	71	146	41	105	74	28	47	118	31	87
1913	172	49	123	167	46	121	107	32	75	145	33	113	72	28	45	107	30	77
1914	146	29	117	159	44	115	106	32	74	147	33	115	66	29	37	95	26	69
1915	118	33	85	134	46	88	85	32	53	126	30	96	61	27	34	86	29	57
1916	153	35	119	226	45	181	112	38	74	202	32	170	79	26	53	111	23	88
1917	224	36	189	189	47	142	130	32	98	185	38	148	81	25	56	111	28	83
1918	186	32	154	205	66	139	148	35	113	168	38	131	88	27	61	97	30	67
1919	132	35	97	146	46	101	138	40	98	137	44	94	84	27	57	94	32	62
1920	137	35	102	178	53	126	123	33	90	126	28	99	89	34	56	103	28	75
1921	86	31	55	137	79	58	128	45	84	123	39	84	79	32	47	90	41	50
1922	183	35	149	170	70	100	147	45	102	186	38	148	82	30	52	112	35	77
1923	97	40	57	151	67	84	149	49	101	59	32	27	73	29	45	56	33	23
1924	115	36	80	154	60	94	115	43	73	174	45	129	77	33	44	143	49	94
1925	117	41	77	155	53	102	142	43	100	194	50	145	112	35	78	126	37	89
1926	87	34	53	111	44	67	98	39	60	160	46	114	88	34	54	89	35	54
1927	128	35	93	182	51	131	127	35	92	237	32	205	99	31	68	124	38	86
1928	86	32	55	109	59	50	100	38	62	131	39	92	82	31	51	80	38	42
1929	122	29	93	156	54	102	76	31	45	152	37	115	63	25	39	96	26	70
1930	113	35	79	176	54	122	102	38	64	201	42	159	96	31	66	124	32	92
1931	151	39	112	201	70	132	117	31	86	230	48	182	104	33	72	145	42	103
1932	107	39	68	135	67	69	137	37	100	194	44	150	110	29	82	111	39	72
1933	119	34	85	146	72	74	122	32	90	180	26	155	95	30	65	105	38	68
1934	136	37	99	168	59	109	112	32	80	140	33	107	82	33	49	119	35	84
1935	126	33	93	153	60	93	99	34	65	128	33	95	87	26	61	139	43	96
1936	121	32	89	153	65	88	100	36	64	143	34	110	110	37	73	134	34	100
1937	80	32	48	123	53	71	87	34	53	130	32	99	86	24	63	90	28	62
1938	109	33	76	152	68	85	78	32	46	162	40	123	86	34	52	119	40	79
1939	108	29	79	153	57	96	85	39	46	150	29	121	88	31	57	122	38	84
1940	127	34	94	140	55	85	64	27	37	105	32	74	98	27	71	124	31	93
1941	73	30	43	136	62	74	81	28	54	108	40	68	98	35	63	102	40	62
1942	48	33	15	102	54	48	43	25	18	85	33	53	54	26	28	71	36	36
1943	152	30	122	170	48	122	91	40	52	203	33	170	121	46	75	149	31	118
1944	94	37	57	170	63	107	73	27	46	164	32	132	70	32	38	124	35	89
1945	109	33	76	178	64	115	94	33	61	161	42	119	105	29	77	131	37	94
1946	201	43	158	175	62	113	138	26	112	211	38	173	127	34	93	217	52	165
1947	125	41	84	154	56	98	108	29	79	112	33	79	84	25	59	156	51	105
1948	136	36	100	120	49	71	100	30	70	115	41	74	90	31	60	156	38	118
1949	140	37	103	141	80	62	124	41	84	128	41	87	102	30	72	165	46	119
1950	96	36	60	113	58	55	117	34	83	115	34	81	101	34	67	184	41	143
1951	102	34	69	152	63	89	117	40	78	141	43	98	110	39	71	155	39	116
1952	111	37	74	138	67	71	102	34	68	112	45	68	76	27	49	144	46	98
1953	110	35	75	89	60	30	90	36	54	75	33	42	57	29	28	158	41	117

1954	106	35	71	100	55	45	94	39	55	109	34	75	62	26	36	155	51	104
1955	82	36	46	132	50	82	102	38	64	109	32	77	69	31	38	154	46	109
1956	103	35	69	142	69	73	81	32	50	91	36	55	60	24	37	123	44	79
1957	106	35	71	131	71	60	82	34	48	111	30	82	39	19	20	145	27	118
1958	151	32	119	204	58	146	96	33	63	231	38	193	74	24	50	211	37	174
1959	133	41	93	189	89	100	79	36	43	188	35	153	54	23	31	150	37	114
1960	153	41	112	160	75	85	100	45	56	119	33	87	74	32	43	180	49	132
1961	193	38	155	228	85	143	121	39	82	194	38	156	83	27	56	170	46	125
1962	170	42	129	225	90	136	134	37	97	155	37	118	89	33	56	197	45	153
1963	161	37	124	225	70	155	137	43	94	116	32	84	86	32	54	157	49	108
1964	146	36	110	178	69	110	112	41	71	117	33	84	88	30	58	151	48	103
1965	142	37	105	199	80	119	137	43	94	175	38	137	103	34	70	183	45	138
1966	96	38	59	211	83	128	96	36	60	145	34	111	94	36	58	156	46	110
1967	103	42	62	113	79	34	78	36	42	80	36	44	85	39	46	129	44	85
1968	126	37	89	217	78	139	93	36	57	131	46	85	76	28	49	131	41	90
1969	169	37	132	255	67	188	106	26	80	164	41	124	107	29	79	189	37	152
1970	175	39	136	206	75	131	115	42	73	115	31	84	89	23	67	155	42	113
1971	164	42	122	216	72	144	121	37	84	134	32	102	126	34	92	148	44	105
1972	122	33	89	226	76	150	111	39	72	112	34	78	126	44	82	203	50	153
1973	150	36	114	215	96	119	91	37	54	137	44	93	136	41	95	169	40	130
1974	114	37	78	193	71	123	95	39	56	134	36	99	125	29	96	143	37	107
1975	147	38	109	160	59	102	92	38	54	110	30	81	124	46	78	146	41	106
1976	90	36	55	155	88	67	88	32	56	87	33	54	88	28	60	110	38	72
1977	117	38	79	155	73	82	89	37	52	120	38	82	119	39	81	152	40	112
1978	79	38	41	200	87	113	80	40	40	113	28	85	144	42	102	153	40	113
1979	114	38	77	193	74	119	71	29	42	146	48	99	130	42	89	179	45	134
1980	107	42	65	167	56	111	81	37	44	150	30	120	156	43	113	167	45	122
1981	77	36	42	214	67	147	74	34	40	140	33	107	119	40	79	135	48	87
1982	112	41	72	225	80	146	83	32	52	147	51	96	133	43	90	164	63	102
1983	109	39	70	198	69	129	91	35	56	86	29	58	98	35	63	149	52	97
1984	87	33	54	181	72	110	82	33	49	129	34	96	103	38	65	146	56	90
1985	88	39	49	188	67	122	71	35	36	122	40	82	102	35	67	138	66	72
1986	92	36	56	154	58	97	83	35	49	129	41	88	96	31	65	109	44	65
1987	124	39	85	170	81	89	72	33	39	96	35	62	112	38	74	135	60	76
1988	154	38	116	141	60	81	58	32	27	139	41	98	120	30	90	146	37	109
1989	107	41	66	164	71	93	88	44	44	126	37	89	139	34	105	157	49	108
1990	133	35	99	126	63	64	96	34	62	111	42	69	131	32	99	184	52	132
1991	119	34	85	136	79	57	98	52	47	111	37	74	147	50	97	181	64	117
1992	117	42	75	133	70	63	118	37	81	121	34	87	146	41	105	186	54	132
1993	130	41	90	145	79	66	106	42	65	91	31	60	132	38	95	154	70	84
1994	156	41	115	154	61	93	141	56	85	125	41	84	138	33	105	200	67	133
1995	190	46	144	181	76	105	115	40	75	125	37	88	153	43	110	158	65	93
1996	165	50	115	172	74	98	66	34	32	79	39	40	131	43	88	130	61	69
1997	180	37	143	166	77	89	81	36	46	143	49	94	148	36	112	162	65	97
1998	142	39	103	137	61	76	90	34	56	96	40	56	118	43	76	168	69	99
1999	183	32	151	189	84	105	103	43	61	145	38	108	155	53	102	190	65	125
2000	137	34	103	174	71	104	92	43	50	127	40	87	147	47	101	166	58	108

2001	144	34	111	191	77	114	112	38	74	126	39	87	158	48	110	200	62	138
2002	162	38	124	210	85	125	143	41	103	123	38	86	193	65	128	173	78	96
2003	148	46	103	177	87	91	110	47	63	131	47	84	172	45	127	215	80	136
2004	192	39	153	163	73	91	139	47	92	115	36	79	214	57	158	217	52	165
2005	158	38	120	180	83	98	116	40	76	100	35	65	178	46	132	173	61	112
2006	225	40	185	223	90	133	140	37	104	142	45	98	211	52	159	215	70	146
2007	243	34	209	191	71	120	118	41	77	103	30	73	199	49	151	174	72	102
2008	182	41	141	203	96	107	119	37	82	124	37	88	193	59	134	186	67	119
2009	220	52	168	215	88	128	127	56	71	149	36	113	197	45	152	191	66	125
2010	128	41	87	201	103	98	102	44	59	126	43	83	155	41	114	191	83	108
2011	135	38	98	196	89	107	74	33	41	116	37	79	126	36	90	152	74	78
2012	132	38	95	258	87	171	85	40	45	105	44	61	167	51	116	211	79	132
2013	135	46	89	299	106	193	74	41	33	109	39	71	103	44	59	185	65	120

Tab. 2 Anhang: Originalmessdaten am unteren Stammende der 3. Ertragsklasse

Jahr	Baum 1			Baum 2			Baum 3			Baum 4			Baum 5			Baum 6		
	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH
1839	0	0	0	0	0	0	212	30	182	0	0	0	0	0	0	145	41	104
1840	192	50	142	158	35	123	320	39	281	132	27	105	0	0	0	116	25	91
1841	121	38	83	102	39	63	189	44	146	177	43	134	0	0	0	77	27	51
1842	145	30	115	130	37	93	222	33	189	141	24	118	231	37	194	94	23	71
1843	212	35	177	219	38	182	216	47	169	242	40	202	264	40	225	101	25	76
1844	148	31	117	132	37	96	164	43	121	119	45	74	109	29	80	111	29	82
1845	171	37	134	161	40	121	169	43	126	150	34	116	125	32	94	165	32	134
1846	114	35	79	103	40	63	141	46	95	118	39	79	85	34	51	180	46	134
1847	154	38	117	91	37	55	149	39	111	140	35	105	89	25	65	203	37	166
1848	186	38	148	153	40	113	144	44	101	139	36	103	69	26	44	203	41	163
1849	186	48	138	132	44	89	139	36	103	127	38	89	61	28	34	230	49	181
1850	171	42	129	138	43	96	139	41	98	135	40	96	68	24	44	212	41	171
1851	178	45	133	152	40	113	113	31	82	162	36	126	84	32	52	197	44	154
1852	199	41	158	131	39	93	130	40	90	137	41	96	62	28	35	190	40	151
1853	247	43	204	127	34	93	151	44	107	162	40	123	60	24	36	169	45	124
1854	159	64	96	130	37	93	118	36	82	114	31	84	57	23	34	156	33	124
1855	211	42	169	142	38	104	100	33	68	133	38	96	64	26	39	148	31	118
1856	212	46	167	160	40	120	112	26	87	154	36	119	92	22	71	171	41	130
1857	121	45	77	103	34	69	84	29	56	126	39	87	76	26	50	114	31	83
1858	77	40	37	60	30	30	63	32	31	75	33	43	43	23	20	73	31	42
1859	98	36	62	102	31	71	68	31	37	125	34	91	54	21	33	108	36	72
1860	95	33	63	85	29	56	42	27	16	99	35	64	44	18	27	80	32	49
1861	105	27	79	103	39	65	53	25	28	125	37	89	53	22	31	103	35	68
1862	112	35	77	94	28	67	50	24	27	117	35	83	58	22	36	98	31	67
1863	146	41	106	113	33	80	69	25	44	178	39	139	95	27	68	149	44	105
1864	121	36	85	123	38	85	61	27	34	156	38	118	101	25	76	136	40	96
1865	91	26	65	100	38	62	55	27	29	92	36	56	60	19	42	97	33	64
1866	115	36	79	138	41	97	56	30	26	144	44	100	98	23	76	127	43	84
1867	89	33	56	119	44	75	55	24	31	149	50	99	87	32	55	106	33	73
1868	98	33	65	105	36	69	70	25	45	123	42	82	80	25	56	134	37	97
1869	159	41	118	105	37	68	55	28	27	120	36	85	83	26	58	116	36	80
1870	84	40	44	75	39	36	50	28	23	84	37	47	60	25	36	92	37	55
1871	106	39	68	96	37	60	49	21	28	116	38	78	78	32	46	91	34	57
1872	112	41	71	93	37	56	61	24	37	103	37	66	81	35	46	76	31	45
1873	99	37	63	128	38	90	58	21	37	109	34	75	88	30	58	73	29	44
1874	96	43	53	96	39	57	68	28	40	96	37	60	79	27	52	85	30	55
1875	111	34	77	132	34	98	59	27	32	112	32	80	75	26	49	94	34	61
1876	85	40	46	116	36	80	72	29	43	120	35	85	85	28	57	81	38	43
1877	77	29	48	125	42	83	71	33	39	114	36	78	79	32	47	63	32	31
1878	87	34	53	110	42	68	88	32	56	116	40	77	95	28	68	86	36	51
1879	92	34	58	153	46	108	79	30	49	120	42	78	85	30	56	87	33	54

1880	94	31	63	110	31	79	63	31	33	84	30	54	70	21	50	74	24	51
1881	80	32	48	105	38	67	48	22	26	97	42	55	73	25	48	84	36	48
1882	88	30	58	114	32	83	44	24	21	88	34	54	67	26	42	88	44	44
1883	87	38	49	104	38	67	61	30	32	105	41	65	60	23	38	98	44	54
1884	77	39	38	94	37	58	44	25	20	98	39	59	65	26	39	92	44	48
1885	79	36	44	99	38	61	57	28	29	89	31	58	54	28	27	99	42	57
1886	70	34	36	59	32	28	40	26	14	73	36	38	48	28	21	73	35	38
1887	85	42	44	83	33	51	57	34	23	92	42	51	48	25	23	87	37	50
1888	70	28	43	75	30	45	32	20	12	70	35	36	43	24	19	72	35	37
1889	75	40	35	84	33	51	54	26	29	101	42	60	49	28	22	90	41	49
1890	79	31	49	90	41	49	44	24	20	79	35	44	33	19	14	88	38	50
1891	86	30	57	82	34	49	58	30	28	96	38	58	66	30	36	94	35	59
1892	77	33	44	81	34	48	47	23	25	75	32	43	56	26	30	88	32	56
1893	55	30	25	68	34	34	39	23	16	67	35	32	47	21	26	61	32	30
1894	78	37	41	71	32	40	30	17	13	70	34	37	39	26	13	59	37	23
1895	62	30	32	63	32	32	38	26	12	60	29	31	31	22	9	48	29	19
1896	67	32	35	73	37	36	31	20	12	79	49	30	39	22	17	59	29	30
1897	75	41	34	79	34	45	42	24	18	84	38	46	59	33	26	61	34	27
1898	71	37	35	82	35	48	41	23	18	80	32	49	44	26	19	64	33	31
1899	65	31	35	91	37	54	41	21	21	84	39	45	50	26	24	72	37	35
1900	69	36	33	80	35	45	37	19	18	97	43	54	51	25	27	83	36	47
1901	75	30	46	96	30	66	47	23	24	100	41	59	52	27	25	99	35	64
1902	84	29	55	97	39	58	60	36	25	90	42	48	50	30	21	82	34	48
1903	70	30	40	83	40	43	46	26	20	79	37	43	39	22	17	75	40	36
1904	85	37	48	94	37	57	50	22	28	100	41	59	45	26	20	92	44	49
1905	73	32	41	86	40	47	46	25	22	89	29	61	40	25	16	69	38	31
1906	71	32	39	69	36	34	45	27	19	81	38	43	33	26	7	73	37	36
1907	84	34	50	83	37	46	42	20	22	82	35	47	45	27	18	71	30	41
1908	80	39	41	76	32	44	54	28	27	95	37	58	41	24	18	71	37	34
1909	89	32	57	57	27	30	46	27	19	73	40	33	37	22	15	59	31	28
1910	105	39	67	75	31	45	51	28	23	121	49	73	48	24	24	72	34	38
1911	85	39	47	72	39	33	54	27	27	91	36	55	47	25	23	82	35	47
1912	94	36	58	77	33	45	52	27	25	93	39	55	42	25	17	62	29	33
1913	88	33	55	86	36	51	51	31	21	92	42	50	39	21	18	76	33	44
1914	111	38	73	100	44	56	52	29	24	103	40	64	48	27	22	83	31	52
1915	66	41	26	76	39	37	44	25	19	73	39	34	44	24	21	81	29	52
1916	107	44	63	79	35	44	48	26	22	70	29	41	44	25	19	73	33	41
1917	73	35	39	97	37	60	64	30	34	81	38	43	49	27	23	85	32	53
1918	94	46	48	101	35	67	66	33	33	99	43	56	49	27	22	89	37	52
1919	81	41	40	75	39	37	51	31	20	70	37	33	40	26	14	65	39	27
1920	82	37	46	97	37	60	58	30	28	85	35	50	34	18	17	76	38	39
1921	62	36	26	58	32	26	44	22	22	60	32	29	47	31	16	69	38	31
1922	65	35	30	74	33	41	46	25	21	84	41	43	47	27	20	77	33	45
1923	52	36	16	53	35	18	31	23	9	41	31	10	22	18	4	58	42	16
1924	78	35	43	81	35	46	57	27	31	80	36	44	43	23	20	76	36	40
1925	86	51	35	76	40	36	40	22	18	69	30	40	41	28	13	66	36	30
1926	103	36	67	85	42	44	51	24	27	91	33	58	40	18	22	79	34	46

1927	150	46	105	153	44	109	67	28	39	120	36	85	67	21	46	104	40	65
1928	133	56	78	119	44	76	66	29	37	115	33	82	56	31	25	94	46	48
1929	94	41	53	98	42	56	54	27	27	81	33	48	38	21	17	74	37	37
1930	80	38	42	88	43	46	57	30	27	78	34	44	52	30	22	72	38	34
1931	120	42	78	125	47	78	97	35	62	120	37	84	59	27	33	101	38	63
1932	106	41	65	95	45	50	84	28	56	112	40	72	65	28	37	110	44	66
1933	80	31	49	84	38	46	81	26	56	85	31	55	41	24	17	100	35	66
1934	75	26	49	79	37	42	66	34	32	65	28	37	42	27	16	100	36	64
1935	90	42	48	105	37	69	79	33	46	86	32	54	54	25	29	108	43	65
1936	90	42	48	84	38	47	75	32	43	76	26	50	43	18	25	93	38	55
1937	83	45	39	91	39	52	68	39	29	96	37	60	45	25	20	104	47	57
1938	95	40	55	89	37	52	68	34	34	107	36	71	42	26	17	84	38	46
1939	146	42	104	94	33	61	98	38	61	104	43	61	71	27	44	132	49	83
1940	151	43	108	101	36	65	95	32	63	102	37	65	62	29	34	102	43	59
1941	156	51	105	109	43	66	92	35	57	115	37	78	71	32	39	103	61	43
1942	91	53	39	100	50	50	79	35	44	105	39	66	45	22	23	82	53	30
1943	138	41	97	101	33	68	121	37	84	121	47	75	71	24	47	109	42	67
1944	123	40	83	92	35	58	80	35	46	120	41	79	74	28	46	88	35	53
1945	124	39	85	66	31	36	99	35	64	112	43	69	80	36	44	93	36	58
1946	171	45	126	110	36	74	120	41	80	108	37	71	111	30	81	131	48	83
1947	137	57	81	101	38	63	100	38	62	80	37	44	83	30	54	104	39	65
1948	96	40	57	70	38	32	70	31	39	77	40	37	55	26	29	74	33	41
1949	111	47	64	94	44	50	93	36	57	85	37	49	79	29	50	92	40	53
1950	113	56	57	91	32	60	82	37	45	80	32	48	80	30	50	87	43	44
1951	92	39	53	106	43	63	88	36	52	83	33	51	93	36	57	87	41	46
1952	87	36	52	89	43	47	86	41	45	71	39	33	71	30	41	75	44	32
1953	62	47	16	46	34	12	42	31	11	59	39	21	46	28	18	55	32	23
1954	71	41	30	67	39	29	67	37	30	68	28	40	61	28	33	74	44	30
1955	99	43	56	89	34	55	74	26	48	75	32	43	97	32	65	82	40	42
1956	103	43	60	89	37	52	84	34	51	53	30	23	69	24	45	79	37	42
1957	77	47	30	80	41	39	86	34	52	75	36	39	70	33	37	64	31	33
1958	117	39	78	150	35	115	141	34	107	115	40	75	138	25	113	97	43	54
1959	89	47	42	102	38	65	132	35	97	109	40	69	101	32	70	79	37	42
1960	137	51	86	121	37	84	122	37	85	122	41	81	93	35	58	78	31	47
1961	111	46	65	110	46	64	147	46	101	112	40	73	88	31	57	90	40	50
1962	105	50	55	111	49	62	142	43	100	116	53	63	98	33	66	92	38	54
1963	95	47	48	117	40	77	135	38	98	119	44	75	97	37	60	99	35	64
1964	96	56	40	117	40	77	123	40	83	102	42	60	81	34	47	105	42	63
1965	119	48	71	142	43	99	133	48	85	129	50	80	80	32	48	107	41	66
1966	97	53	44	110	44	66	140	40	101	107	38	69	92	35	57	99	42	57
1967	52	40	12	87	41	46	94	43	52	113	54	59	73	38	35	85	49	36
1968	75	42	34	76	34	42	108	28	80	88	41	48	92	34	59	71	36	35
1969	128	37	91	142	39	103	160	41	120	154	42	112	120	30	90	114	37	77
1970	109	48	61	137	48	89	128	38	91	167	53	115	117	37	80	113	47	66
1971	128	48	80	124	43	81	134	38	96	141	45	97	153	31	122	105	36	69
1972	107	48	59	148	50	99	125	39	86	146	50	96	114	36	78	107	49	59
1973	96	41	55	115	41	74	143	45	99	124	40	85	128	46	83	109	40	69

1974	94	37	57	106	40	66	148	43	105	137	45	92	130	32	98	106	40	67
1975	63	31	32	87	42	46	123	38	85	123	40	83	113	35	79	97	40	58
1976	63	31	32	75	36	39	101	34	67	92	44	48	91	35	57	86	44	42
1977	99	45	55	112	37	75	128	54	74	115	42	73	160	46	115	102	37	66
1978	126	47	79	97	45	52	143	46	98	120	43	78	142	41	101	102	47	55
1979	101	43	58	111	48	64	152	40	112	155	47	108	145	44	102	102	46	57
1980	94	43	51	93	42	51	156	49	107	112	56	56	165	38	127	96	43	53
1981	114	45	70	114	47	67	207	36	171	152	51	102	129	45	84	97	46	51
1982	114	50	64	146	49	97	202	56	146	140	57	83	178	44	134	133	53	81
1983	103	45	59	138	47	91	151	41	111	133	49	84	150	40	110	95	41	54
1984	108	45	63	107	42	66	109	43	67	102	41	61	148	44	104	114	44	71
1985	114	48	66	110	46	64	116	41	75	112	49	63	120	35	85	81	38	43
1986	88	45	43	128	42	86	110	32	78	122	48	75	157	42	115	117	48	69
1987	110	55	55	130	44	86	123	34	89	91	41	50	133	43	91	87	40	47
1988	109	48	61	120	46	75	155	38	118	122	41	81	184	46	138	126	49	77
1989	122	47	75	146	46	100	141	49	92	109	44	65	204	51	153	116	43	74
1990	112	53	60	130	43	87	69	31	39	83	43	41	167	42	126	69	41	28
1991	115	64	52	122	53	69	103	37	67	94	36	58	131	43	89	80	43	37
1992	113	52	61	109	43	67	121	30	91	87	43	45	131	38	93	91	34	58
1993	108	53	55	101	51	50	106	44	63	91	36	56	99	42	57	97	35	62
1994	163	52	111	170	62	108	140	41	99	143	41	102	173	45	128	130	44	86
1995	149	55	94	150	51	100	137	47	91	114	41	73	177	43	135	139	41	99
1996	121	59	62	92	46	46	92	34	58	97	49	49	103	51	53	97	40	57
1997	162	53	109	126	49	77	137	36	101	123	44	79	109	41	68	93	44	49
1998	147	52	95	110	42	68	131	42	89	100	40	60	119	39	80	100	38	62
1999	161	55	107	148	51	97	118	45	73	135	44	91	162	42	120	117	49	69
2000	128	51	77	140	56	84	120	47	73	119	44	75	150	44	107	112	43	69
2001	166	61	105	186	57	129	161	48	113	140	41	99	203	60	143	148	50	99
2002	134	56	78	129	48	81	124	42	83	109	44	65	205	57	148	125	49	76
2003	133	59	74	134	58	76	139	55	84	118	54	65	175	48	127	101	43	58
2004	162	58	104	126	54	72	141	62	79	111	45	66	168	50	118	94	47	47
2005	138	51	87	108	48	61	125	50	76	134	46	88	201	55	147	87	44	43
2006	198	54	144	175	64	111	138	49	89	140	45	95	207	51	156	155	48	107
2007	214	56	158	204	61	143	109	41	69	131	35	97	279	51	228	162	51	111
2008	177	59	118	143	51	92	146	45	101	141	51	90	237	58	179	167	48	119
2009	245	59	186	148	55	93	159	50	110	146	54	93	293	50	244	172	53	119
2010	183	51	132	132	60	72	152	43	110	145	53	92	206	64	142	150	52	99
2011	164	66	98	99	57	42	129	45	84	130	51	79	212	53	159	153	48	105
2012	203	52	152	139	55	84	172	56	116	176	71	105	313	66	248	201	51	151
2013	155	40	116	137	47	90	147	42	105	157	63	94	196	48	149	138	58	81

Tab. 3 Anhang: Originalmessdaten am unteren Stammende der 1. Ertragsklasse

Jahr	Baum 1			Baum 2			Baum 3			Baum 4			Baum 5			Baum 6			Baum 7		
	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH
1884	0	0	0	440	50	390	338	27	312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1885	0	0	0	284	50	234	194	43	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1886	163	9	155	293	54	239	278	70	208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1887	210	33	178	130	44	87	144	70	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1888	176	22	154	101	33	69	59	25	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1889	205	31	174	91	38	54	75	33	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1890	170	32	139	93	40	54	41	17	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1891	131	26	105	102	39	64	91	35	56	129	41	88	306	62	245	386	30	356	0	0	0
1892	102	28	74	77	29	48	55	18	37	167	33	134	234	51	183	314	48	266	0	0	0
1893	78	28	50	64	33	31	38	20	18	181	34	147	153	59	95	287	46	242	0	0	0
1894	93	34	59	102	28	74	47	18	29	217	40	178	322	51	271	296	66	230	170	37	133
1895	52	26	26	100	27	73	58	26	32	172	37	136	290	66	224	217	44	173	160	48	112
1896	55	31	24	140	40	100	52	19	33	177	46	131	380	69	311	209	65	144	223	33	190
1897	67	25	42	164	46	118	65	25	40	211	52	159	426	89	337	167	50	117	207	44	164
1898	76	25	51	172	45	127	67	24	43	237	47	190	314	84	230	205	43	162	144	30	114
1899	81	26	55	144	47	97	79	26	53	259	44	215	233	58	176	216	43	174	221	42	179
1900	80	25	55	111	41	70	96	32	64	229	48	181	303	75	228	237	52	185	258	46	212
1901	128	22	106	117	38	79	117	37	81	188	47	142	273	53	220	211	39	172	315	42	273
1902	92	28	65	92	43	49	91	37	54	172	47	125	203	58	145	142	52	90	266	51	215
1903	87	26	62	104	35	70	83	28	55	178	50	128	180	57	124	149	39	110	215	55	160
1904	79	28	51	164	43	121	124	35	90	217	48	169	260	55	205	153	36	117	192	59	133
1905	64	25	39	112	44	68	72	31	41	139	42	97	161	56	106	101	37	65	150	57	93
1906	70	26	45	111	35	76	42	22	20	89	37	52	151	45	106	44	26	18	134	44	91
1907	89	30	60	71	22	49	44	21	23	81	39	42	127	42	86	57	31	26	65	33	32
1908	56	26	30	107	31	76	57	27	30	99	37	62	184	40	144	62	35	27	102	35	68
1909	43	24	19	73	31	42	55	27	28	82	36	47	183	36	147	59	29	30	86	40	46
1910	49	25	25	154	36	118	87	28	59	153	39	114	269	56	213	80	27	53	201	36	165
1911	43	25	19	145	50	96	99	38	61	169	47	122	191	71	121	60	25	35	186	44	142
1912	80	29	51	163	39	124	95	27	68	190	39	152	406	50	357	119	33	86	241	50	192
1913	126	26	100	198	53	145	118	55	63	145	49	96	230	75	155	98	46	52	167	57	111
1914	103	31	72	219	45	175	156	44	113	208	46	162	194	48	147	109	32	77	177	47	130
1915	97	32	65	167	39	128	120	39	81	163	36	127	151	34	117	119	29	90	130	37	94
1916	125	37	88	163	36	127	119	28	91	161	43	119	179	40	139	123	34	89	100	40	61
1917	104	38	66	204	39	165	140	44	96	204	51	153	185	45	140	136	39	97	133	30	104
1918	67	27	40	158	59	100	115	55	60	146	47	99	149	46	103	133	46	88	117	37	80
1919	89	29	60	123	42	81	109	45	65	125	51	75	163	45	118	103	33	70	138	35	103
1920	98	33	65	105	45	60	112	51	61	145	51	95	132	35	97	81	36	45	198	32	167
1921	75	31	44	77	36	41	60	35	25	70	35	35	54	26	28	43	29	14	109	38	72
1922	66	25	41	70	36	34	53	27	26	76	32	45	65	23	42	54	28	26	108	38	71
1923	66	36	30	86	33	53	68	27	41	64	30	35	74	22	53	55	28	27	114	34	80
1924	47	28	19	125	42	83	115	34	81	100	36	64	84	30	54	75	31	44	170	33	137
1925	52	35	18	110	42	68	88	43	45	90	43	47	68	28	40	77	38	40	197	41	157

1926	71	33	38	157	39	118	116	33	84	113	31	82	72	26	46	80	30	51	263	46	217
1927	71	31	40	144	27	118	141	48	94	125	31	94	91	33	58	74	30	44	287	47	241
1928	91	31	60	149	45	105	130	39	91	130	34	96	90	31	59	83	28	55	260	38	222
1929	116	33	83	90	30	60	92	36	56	92	30	62	61	28	33	70	29	42	182	38	145
1930	106	36	70	87	32	55	93	36	57	103	29	75	74	30	44	84	29	55	198	41	157
1931	77	32	45	141	35	106	115	43	73	126	47	79	78	31	47	85	32	54	158	31	127
1932	52	23	29	165	29	137	154	47	107	128	50	79	89	30	59	101	31	71	182	39	143
1933	63	23	40	156	39	117	148	48	100	119	33	86	73	26	47	59	29	30	235	38	198
1934	88	35	53	87	36	51	88	34	54	91	41	50	72	26	47	66	31	36	152	37	115
1935	76	29	47	100	29	72	99	34	65	94	34	60	81	27	55	70	26	44	142	40	102
1936	46	25	21	96	33	63	70	30	41	88	36	52	69	24	45	77	31	47	111	33	78
1937	51	24	27	106	40	66	106	35	71	123	44	80	69	33	36	78	30	48	111	39	72
1938	50	22	28	79	40	40	75	31	44	93	39	54	64	28	36	81	30	51	115	37	78
1939	52	21	31	106	39	68	100	34	66	89	37	52	60	29	31	67	30	37	98	36	62
1940	49	29	20	130	33	97	126	33	93	117	35	82	73	30	43	64	29	36	100	37	63
1941	58	22	36	75	35	41	81	42	40	98	40	59	65	29	36	56	28	29	68	30	38
1942	75	32	43	105	41	64	119	47	72	62	28	34	51	29	23	40	26	14	94	34	61
1943	62	31	31	114	45	70	115	44	71	95	38	58	88	27	61	60	24	36	93	30	64
1944	62	30	32	99	35	64	86	35	51	76	32	44	71	28	43	50	24	26	105	33	73
1945	48	25	23	81	29	52	69	28	41	84	32	53	72	31	41	56	24	32	120	36	84
1946	48	27	22	154	39	115	126	37	90	137	45	93	97	24	73	90	32	58	126	36	90
1947	39	22	17	88	30	58	54	27	27	73	32	41	111	37	74	83	31	52	96	36	60
1948	76	21	55	64	35	29	48	19	29	70	28	42	75	27	48	51	28	23	89	34	55
1949	58	27	31	85	26	59	70	29	41	85	36	49	93	36	57	56	25	32	97	29	68
1950	35	23	12	54	22	32	53	28	26	86	38	48	87	34	54	54	24	31	95	39	56
1951	45	29	16	89	30	59	95	31	64	102	34	68	91	32	59	66	33	33	96	26	70
1952	37	24	13	91	37	54	75	31	44	86	29	57	82	33	50	51	24	27	88	27	61
1953	44	19	25	74	29	46	77	34	43	78	39	39	78	30	49	64	30	34	89	32	57
1954	51	24	27	85	29	57	90	29	61	83	40	44	79	30	50	56	25	31	85	30	55
1955	54	24	31	123	37	86	152	38	114	119	43	76	101	35	66	90	32	58	123	37	87
1956	54	32	22	141	35	106	148	38	110	90	41	49	84	36	48	86	34	53	119	42	77
1957	81	31	50	87	33	55	114	40	75	99	33	66	59	24	35	64	33	31	104	35	69
1958	85	32	53	117	38	79	135	43	92	104	48	56	117	35	82	69	28	42	132	40	93
1959	68	30	39	101	34	67	88	32	56	75	41	35	108	32	77	75	28	47	125	33	92
1960	84	41	43	63	26	37	79	34	46	53	28	25	118	43	75	65	25	40	115	34	82
1961	81	30	51	102	28	74	152	27	125	117	32	85	124	34	90	92	31	61	153	31	123
1962	48	25	23	110	38	72	107	48	59	119	43	76	137	44	93	86	31	55	142	48	94
1963	139	26	113	96	36	61	92	39	53	81	42	39	131	40	91	103	39	64	161	37	125
1964	110	39	71	71	32	40	69	30	39	61	32	30	123	35	88	118	53	65	123	38	85
1965	80	34	46	88	32	57	71	22	49	97	42	56	153	39	114	111	32	79	153	41	112
1966	58	32	26	90	30	60	90	32	58	101	47	54	121	36	85	85	34	51	97	37	61
1967	82	31	51	54	31	24	91	43	48	95	47	48	158	40	119	77	32	45	101	41	61
1968	113	31	83	132	40	92	118	37	81	178	62	117	178	40	138	121	36	85	176	40	136
1969	117	34	83	191	40	151	165	37	128	193	57	136	212	47	166	189	43	146	180	52	128
1970	192	38	154	150	42	108	118	36	83	119	42	78	138	47	91	146	43	103	184	31	153
1971	228	33	195	123	42	81	103	42	62	86	31	55	129	45	84	150	45	105	146	43	103
1972	163	40	123	110	40	70	95	32	63	112	43	69	107	33	74	170	45	125	160	34	126

1973	99	36	63	99	42	57	84	37	48	111	52	60	103	38	65	125	49	77	138	34	104
1974	51	28	24	86	32	54	64	24	41	87	36	51	86	33	53	115	40	75	119	34	85
1975	48	25	23	97	29	68	94	31	63	104	31	73	112	34	78	154	46	108	144	35	109
1976	50	28	23	59	28	31	62	36	26	68	40	29	69	34	35	78	35	44	107	41	66
1977	52	18	34	87	43	44	82	35	48	85	41	44	57	38	20	104	50	54	129	35	95
1978	41	24	18	108	35	73	140	52	89	128	38	90	84	31	53	139	44	95	129	38	91
1979	64	34	30	114	47	68	103	44	59	106	42	64	80	33	47	136	44	92	148	43	106
1980	92	27	65	97	39	58	119	44	75	101	43	59	71	33	39	128	42	86	109	36	73
1981	103	30	73	96	37	59	123	34	90	119	39	80	91	39	52	122	43	80	119	37	82
1982	133	31	102	112	47	65	116	38	79	135	50	85	85	37	49	148	45	104	146	43	103
1983	94	36	58	135	59	77	128	41	87	137	45	92	99	37	63	122	43	80	156	33	123
1984	104	36	68	122	52	70	114	40	74	129	43	86	95	32	64	126	41	85	152	38	115
1985	143	39	104	117	45	72	84	34	50	99	47	52	88	39	49	88	35	53	142	45	97
1986	135	35	100	86	39	48	96	35	61	94	39	55	84	31	53	124	42	83	142	47	95
1987	93	48	45	101	49	52	114	36	78	100	49	51	94	52	43	141	45	96	137	43	95
1988	84	30	54	153	55	99	105	34	71	123	40	83	115	46	70	161	50	112	159	39	120
1989	113	34	80	120	37	83	109	37	72	109	38	71	114	45	69	182	55	128	162	39	123
1990	84	31	54	91	40	51	81	33	48	107	51	56	84	47	38	130	42	88	132	37	95
1991	63	26	38	89	43	46	83	39	44	102	46	56	103	38	66	154	50	104	180	48	132
1992	51	27	24	60	36	25	60	32	28	70	31	39	73	33	41	107	56	51	132	44	88
1993	63	35	28	68	28	41	53	33	20	69	33	36	63	30	33	80	47	33	140	49	91
1994	54	28	26	87	33	54	89	30	59	113	39	74	85	32	54	114	39	75	168	50	118
1995	55	24	31	96	35	61	88	23	66	124	39	85	83	35	48	171	55	116	165	47	118
1996	128	33	96	78	30	49	72	27	45	66	32	34	97	43	54	127	39	88	177	47	130
1997	186	43	143	94	36	58	86	36	50	74	29	45	64	40	25	114	37	78	139	35	104
1998	95	54	41	72	32	40	72	35	37	80	42	38	83	32	52	99	37	63	163	40	124
1999	96	50	47	89	37	52	79	37	43	89	37	52	93	33	60	112	42	70	151	48	104
2000	71	35	36	95	41	54	104	41	63	109	38	71	106	39	68	160	43	117	152	47	105
2001	154	37	117	104	54	51	84	40	44	118	36	82	132	51	81	154	57	97	166	49	117
2002	225	46	179	80	42	38	84	37	47	119	47	72	94	43	52	186	53	133	194	59	135
2003	228	81	148	93	40	54	68	38	31	89	35	55	88	33	56	170	55	116	154	60	95
2004	165	62	104	47	30	17	46	32	15	47	27	20	75	36	39	91	42	49	130	44	86
2005	151	59	93	58	29	29	46	21	25	55	27	28	57	29	28	87	47	40	134	59	75
2006	88	41	47	59	21	38	35	23	13	49	27	22	67	32	35	101	46	55	137	48	90
2007	54	29	26	63	32	31	69	29	40	59	36	24	79	35	44	142	52	90	171	47	124
2008	71	26	45	56	25	31	51	23	28	49	26	23	61	33	29	104	49	55	152	54	98
2009	93	59	35	73	32	41	54	30	24	82	30	52	82	45	38	132	48	84	187	51	136
2010	111	31	80	59	27	32	65	25	40	99	32	68	92	33	60	150	48	102	164	38	126
2011	106	28	78	55	30	26	46	24	22	75	36	39	76	36	40	142	53	89	151	40	112
2012	81	37	44	63	34	29	43	25	18	63	27	37	84	44	40	137	59	78	165	38	128
2013	244	33	212	81	26	55	56	29	27	86	32	54	91	34	57	166	67	99	138	46	92

Tab. 4 Anhang: Originalmessdaten am unteren Stammende der 5. Ertragsklasse

Jahr	Baum 1			Baum 2			Baum 3			Baum 4			Baum 5			Baum 6		
	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH
1872	0	0	0	0	0	0	112	6	106	220	22	198	117	11	106	0	0	0
1873	0	0	0	0	0	0	164	13	151	148	27	121	103	27	76	0	0	0
1874	0	0	0	0	0	0	144	21	123	73	24	49	84	18	66	0	0	0
1875	0	0	0	0	0	0	83	22	62	45	21	25	56	17	39	0	0	0
1876	0	0	0	0	0	0	60	21	39	72	20	52	54	16	38	0	0	0
1877	0	0	0	0	0	0	52	20	32	76	18	58	45	14	32	0	0	0
1878	0	0	0	0	0	0	48	19	29	120	21	99	32	13	19	0	0	0
1879	0	0	0	0	0	0	39	16	23	42	23	19	22	13	9	0	0	0
1880	0	0	0	0	0	0	35	18	17	77	23	55	33	14	20	0	0	0
1881	0	0	0	0	0	0	31	18	13	52	16	36	57	16	42	0	0	0
1882	0	0	0	0	0	0	22	13	10	97	25	72	47	20	27	0	0	0
1883	0	0	0	0	0	0	20	14	6	33	24	9	27	16	11	0	0	0
1884	0	0	0	0	0	0	19	13	6	59	19	40	49	13	36	0	0	0
1885	0	0	0	0	0	0	18	12	7	45	20	25	56	17	40	0	0	0
1886	0	0	0	0	0	0	16	13	3	62	18	44	43	18	26	0	0	0
1887	0	0	0	0	0	0	14	11	3	34	20	14	34	19	15	0	0	0
1888	0	0	0	0	0	0	19	13	6	47	14	34	36	17	19	0	0	0
1889	0	0	0	0	0	0	18	13	5	60	24	36	45	19	27	0	0	0
1890	0	0	0	0	0	0	12	9	3	82	20	62	41	17	24	0	0	0
1891	0	0	0	0	0	0	17	10	7	61	23	38	67	18	49	0	0	0
1892	0	0	0	0	0	0	45	16	29	78	17	61	170	23	147	0	0	0
1893	0	0	0	0	0	0	38	18	21	48	19	29	228	34	194	0	0	0
1894	0	0	0	0	0	0	27	18	9	53	22	31	113	34	79	0	0	0
1895	0	0	0	0	0	0	33	14	19	45	17	28	80	28	52	0	0	0
1896	0	0	0	0	0	0	52	23	29	61	20	41	92	30	62	0	0	0
1897	0	0	0	0	0	0	55	20	35	85	19	67	102	30	72	0	0	0
1898	0	0	0	400	26	374	59	20	40	81	19	62	126	31	95	526	58	468
1899	0	0	0	263	20	243	60	21	39	72	23	50	152	34	119	448	22	426
1900	0	0	0	242	26	217	73	22	51	65	19	47	148	34	114	312	22	290
1901	0	0	0	196	29	167	97	24	73	71	21	50	159	29	130	196	29	168
1902	0	0	0	231	35	196	112	24	89	64	19	45	178	34	144	168	31	137
1903	0	0	0	164	56	108	105	31	75	51	21	30	116	40	76	115	35	80
1904	0	0	0	164	32	132	163	30	133	85	24	61	184	32	152	127	23	104
1905	282	46	236	117	40	77	114	32	83	53	15	38	107	34	73	101	30	71
1906	195	31	164	102	24	78	110	27	83	56	21	35	109	35	74	73	24	49
1907	142	27	115	103	25	78	109	32	78	38	18	20	98	28	70	59	22	37
1908	146	28	118	111	39	72	120	30	90	46	17	29	84	29	55	61	25	37
1909	92	29	64	64	34	31	72	30	43	33	20	13	64	29	36	45	26	19
1910	157	26	132	89	34	55	140	39	101	51	18	33	125	27	98	49	16	33
1911	145	29	116	96	32	64	106	24	83	44	20	24	157	29	128	56	22	34
1912	179	28	151	98	33	65	140	34	107	55	18	37	181	29	152	74	22	52

1913	108	46	62	86	49	38	111	36	75	61	20	41	201	50	151	74	37	37
1914	136	34	102	70	27	44	109	31	78	44	24	20	175	38	137	69	27	43
1915	101	33	68	56	29	27	85	28	57	32	20	13	134	34	100	63	25	38
1916	93	27	66	63	24	40	85	26	59	48	22	26	150	36	114	53	23	31
1917	104	37	67	66	27	40	112	30	83	48	22	26	134	37	97	61	26	35
1918	93	38	55	55	29	26	91	29	63	28	20	8	98	34	64	46	22	24
1919	63	27	37	49	28	21	70	30	40	24	18	7	54	27	27	41	25	16
1920	53	21	32	55	22	33	62	25	37	29	19	10	68	26	43	41	22	20
1921	28	15	13	37	24	13	47	24	24	28	19	9	33	18	15	27	21	7
1922	42	16	26	41	19	22	63	26	37	27	15	12	47	27	20	29	21	8
1923	63	20	43	52	17	35	71	25	46	57	23	34	44	26	18	29	17	12
1924	67	25	43	66	25	41	95	25	70	62	28	35	70	28	42	50	24	26
1925	57	25	33	51	27	24	75	27	48	60	28	32	42	24	18	46	23	23
1926	63	19	44	58	20	38	85	27	58	73	23	50	51	24	27	44	22	23
1927	66	22	44	62	22	41	91	29	62	74	21	53	46	18	28	49	22	27
1928	81	22	60	70	23	47	94	24	71	75	22	53	52	26	26	57	18	39
1929	52	21	32	44	23	21	65	23	43	66	23	43	39	23	16	39	19	20
1930	68	18	50	52	23	29	76	25	51	69	20	50	47	20	28	46	19	27
1931	67	23	44	44	18	26	84	29	56	63	24	39	47	27	21	52	21	31
1932	54	18	36	46	26	20	81	28	54	65	25	40	64	32	32	66	23	43
1933	34	20	15	34	23	11	64	22	42	70	26	44	53	25	28	46	17	29
1934	31	20	11	23	16	8	51	28	23	38	19	19	52	27	25	32	21	11
1935	38	15	23	32	18	14	60	26	34	66	20	46	50	26	24	46	20	26
1936	44	20	24	32	18	14	43	21	22	57	25	32	47	23	24	45	21	25
1937	48	21	27	25	16	9	40	23	17	51	30	22	42	19	24	48	22	26
1938	41	20	21	25	18	7	38	24	14	47	20	27	50	26	24	46	25	21
1939	61	22	39	28	17	11	46	27	19	43	25	18	63	28	36	66	19	47
1940	76	18	59	33	16	17	56	21	35	55	25	30	65	27	38	64	22	42
1941	55	27	28	47	33	14	53	27	26	44	28	17	44	34	10	57	27	30
1942	46	25	21	34	23	12	51	32	19	39	21	18	32	24	8	41	20	21
1943	45	19	26	29	18	11	52	25	27	60	23	37	70	26	44	65	26	40
1944	34	17	17	36	19	18	44	21	23	58	24	34	57	30	27	47	23	24
1945	46	18	28	27	17	10	44	24	21	42	20	23	40	22	18	42	21	21
1946	70	19	51	52	17	35	66	25	41	84	23	61	57	25	32	77	23	54
1947	50	23	27	32	19	13	45	26	19	54	26	28	35	24	11	49	28	21
1948	55	20	35	30	17	13	35	20	15	40	22	18	33	21	12	34	21	13
1949	92	24	68	52	20	33	45	25	21	116	28	88	56	24	33	62	29	33
1950	95	25	70	74	24	50	51	24	28	98	27	71	42	24	18	45	25	20
1951	121	22	99	87	21	66	56	25	31	97	27	70	57	25	32	71	25	46
1952	78	26	52	70	25	46	49	23	26	68	27	41	51	27	25	75	28	47
1953	90	23	67	77	30	47	48	26	23	59	24	35	46	27	19	59	29	31
1954	58	19	39	70	25	45	59	31	28	63	29	34	44	24	20	58	24	34
1955	88	22	66	120	34	86	78	30	49	107	32	76	63	27	36	94	23	72
1956	82	28	54	82	29	53	70	31	39	121	28	93	70	30	40	83	26	58
1957	80	29	51	80	32	48	52	29	23	96	31	65	74	35	39	74	30	44

1958	122	27	95	83	36	48	82	31	51	124	30	94	83	36	47	95	33	62
1959	82	23	59	57	25	32	59	31	28	79	29	50	67	31	36	61	29	32
1960	72	23	50	51	24	27	39	21	18	75	24	51	65	33	33	41	19	22
1961	143	28	115	95	33	62	89	26	63	128	31	97	70	30	40	74	22	52
1962	93	39	55	56	24	32	90	34	57	97	34	63	82	33	49	78	31	47
1963	83	29	54	64	29	35	71	30	41	94	29	65	65	28	38	48	27	21
1964	58	24	35	46	26	21	61	32	29	69	32	38	61	31	30	42	23	19
1965	108	28	81	55	28	27	54	26	28	93	27	66	73	25	49	40	20	21
1966	111	26	86	62	29	33	57	24	33	67	31	36	75	29	47	53	23	30
1967	88	27	62	56	31	25	62	31	32	53	40	13	36	25	11	38	23	15
1968	102	28	74	80	30	51	102	30	72	60	31	29	90	26	64	67	24	44
1969	167	31	136	88	32	56	127	33	94	120	25	95	116	31	85	121	28	93
1970	125	30	95	74	29	45	111	36	75	122	32	90	102	30	72	93	30	63
1971	68	31	37	59	32	28	78	38	40	89	33	56	79	30	49	64	32	32
1972	80	20	60	62	27	36	77	36	41	112	31	82	61	28	33	67	26	42
1973	60	21	40	53	29	24	61	27	34	80	30	50	65	28	38	53	28	26
1974	64	24	40	51	30	21	47	30	17	74	25	50	57	30	27	45	22	23
1975	98	27	71	45	25	20	52	27	25	64	23	41	62	28	35	64	27	37
1976	48	28	20	45	25	21	39	23	16	51	28	23	64	29	35	49	29	20
1977	71	23	48	39	19	20	44	26	18	81	28	53	70	31	39	53	30	24
1978	91	27	64	42	22	20	56	32	25	86	27	60	86	30	56	51	28	23
1979	87	31	56	56	22	34	54	29	25	77	29	48	93	29	64	66	35	32
1980	62	31	31	38	21	17	48	31	17	62	29	34	61	32	29	60	26	34
1981	73	32	41	57	27	30	53	29	24	79	30	49	72	33	40	65	31	34
1982	72	31	41	40	25	16	54	29	25	73	28	45	86	33	54	63	29	34
1983	88	30	59	53	25	28	44	25	19	85	32	53	77	29	49	73	27	46
1984	94	30	64	65	27	38	52	26	26	84	26	58	89	32	57	82	27	56
1985	65	31	34	45	25	20	52	37	15	68	33	35	71	31	40	62	29	34
1986	109	31	78	54	25	30	49	26	23	64	29	35	68	28	40	62	27	36
1987	97	31	66	70	30	40	53	31	23	81	32	49	83	34	49	80	28	53
1988	107	28	79	50	28	22	52	26	26	92	32	61	93	31	62	78	28	50
1989	74	25	49	49	25	24	35	21	14	78	32	46	88	32	57	69	32	37
1990	83	30	53	50	28	23	50	31	20	72	33	39	73	31	42	79	30	50
1991	77	28	50	45	22	24	39	27	12	62	28	34	74	36	38	57	25	32
1992	114	27	87	42	22	20	33	27	6	71	29	42	80	33	47	63	30	33
1993	92	32	60	42	26	16	29	21	8	46	24	23	54	28	26	55	25	30
1994	144	34	110	45	25	21	42	29	13	81	36	45	75	33	42	72	31	41
1995	140	50	90	45	24	22	37	27	10	64	31	34	71	37	35	64	26	38
1996	79	39	40	42	26	16	39	24	15	88	34	55	52	29	24	55	24	31
1997	95	41	54	42	24	18	41	28	13	114	36	78	53	30	23	65	34	31
1998	96	37	59	50	27	23	38	22	16	80	28	52	64	27	37	59	29	31
1999	149	33	117	54	26	28	39	26	13	115	38	77	64	30	34	67	26	42
2000	162	38	124	55	31	24	58	34	24	99	38	61	74	30	44	74	32	43
2001	131	40	91	48	25	23	60	33	27	97	34	63	75	36	39	80	34	46
2002	143	52	92	47	25	22	47	32	15	80	33	47	58	37	21	81	35	46

2003	155	44	111	54	25	29	48	31	17	96	28	68	61	28	33	71	32	39
2004	82	38	44	44	24	20	32	21	11	50	31	19	38	22	16	44	28	17
2005	85	34	51	43	23	20	37	23	14	63	32	31	50	29	21	43	22	21
2006	137	37	100	54	27	28	53	35	19	76	28	48	61	26	35	61	28	33
2007	185	40	146	47	25	22	61	34	27	98	33	66	66	27	39	52	28	25
2008	108	45	63	50	30	20	55	34	21	68	32	36	38	26	12	57	30	28
2009	91	38	53	49	25	25	64	33	32	69	35	34	49	27	23	51	26	25
2010	154	41	114	65	26	40	70	32	38	91	31	60	58	28	30	60	28	32
2011	86	35	52	60	29	32	76	42	35	79	37	42	54	37	17	53	27	26
2012	88	43	46	48	27	21	107	38	69	72	33	39	36	23	14	48	26	22
2013	140	38	103	69	26	43	109	35	74	87	28	59	47	27	21	55	25	30

11.2 Daten der oberen Jahrringbreitenmessung

Tab. 5 Anhang: Originalmessdaten am Kronenansatz der 1. Ertragsklasse

Jahr	Baum 1			Baum 2			Baum 3			Baum 4			Baum 5			Baum 6		
	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH
1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	42	164	0	0	0	0	0	0
1907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	31	95	0	0	0	0	0	0
1908	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	40	140	0	0	0	0	0	0
1909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	58	114	0	0	0	0	0	0
1910	0	0	0	0	0	0	0	0	0	214	43	171	0	0	0	0	0	0
1911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133	49	84	0	0	0	0	0	0
1912	0	0	0	0	0	0	0	0	0	221	60	161	0	0	0	0	0	0
1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	185	59	126	0	0	0	0	0	0
1914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	205	45	160	0	0	0	0	0	0
1915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	50	87	0	0	0	0	0	0
1916	0	0	0	0	0	0	0	0	0	245	55	190	0	0	0	0	0	0
1917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227	58	169	0	0	0	0	0	0
1918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204	70	134	112	19	94	0	0	0
1919	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172	57	115	102	31	71	0	0	0
1920	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199	67	132	109	35	75	0	0	0
1921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162	73	89	98	35	63	0	0	0
1922	198	58	141	0	0	0	0	0	0	232	66	166	89	26	64	0	0	0
1923	140	44	97	0	0	0	0	0	0	153	58	95	110	24	86	0	0	0
1924	160	38	122	0	0	0	0	0	0	224	67	157	103	29	75	0	0	0
1925	184	62	122	0	0	0	0	0	0	216	65	152	125	26	100	0	0	0
1926	129	46	83	0	0	0	0	0	0	189	69	121	107	30	78	0	0	0
1927	140	40	100	0	0	0	0	0	0	293	65	228	130	32	98	0	0	0
1928	123	57	66	0	0	0	0	0	0	196	71	126	123	48	75	0	0	0
1929	153	44	109	0	0	0	0	0	0	211	64	147	146	32	114	121	26	95
1930	192	51	141	0	0	0	0	0	0	263	65	198	162	31	132	151	40	111
1931	255	43	212	0	0	0	0	0	0	336	74	263	186	39	147	225	39	186
1932	168	55	113	0	0	0	0	0	0	260	61	199	181	34	147	267	50	218
1933	215	51	164	189	30	160	0	0	0	206	44	163	176	36	140	116	32	85
1934	213	47	166	169	28	141	0	0	0	193	48	145	166	32	134	165	38	127
1935	202	53	149	194	40	154	0	0	0	131	40	92	155	40	116	139	53	86
1936	262	54	208	249	58	191	0	0	0	155	42	113	163	36	127	209	45	164
1937	216	33	183	297	52	245	0	0	0	138	44	94	102	38	64	174	39	135
1938	255	69	186	202	57	145	155	45	110	175	60	116	142	36	106	193	56	137
1939	199	47	152	212	50	162	190	37	154	123	40	83	101	30	71	159	52	107
1940	149	45	104	138	32	106	91	37	54	99	35	64	92	26	66	156	44	112
1941	149	68	81	69	34	35	71	34	37	145	46	99	117	35	82	159	60	99
1942	104	67	38	53	26	27	68	45	24	123	43	80	66	51	15	131	63	69
1943	202	57	145	123	29	94	113	29	84	186	44	142	92	25	67	206	40	166
1944	129	61	68	166	38	128	92	33	59	161	39	122	83	39	45	155	67	88
1945	144	57	87	167	49	118	74	33	41	167	41	126	94	35	59	135	50	85
1946	172	51	121	209	57	152	120	31	89	228	49	179	107	36	72	153	43	111

1947	131	50	81	132	38	94	118	28	90	108	42	66	72	31	41	129	47	83
1948	193	54	140	142	40	103	173	33	141	116	37	79	91	34	57	135	45	91
1949	148	43	105	141	59	82	140	40	100	145	51	94	104	33	71	159	53	107
1950	132	44	89	114	62	52	127	34	93	116	40	76	109	37	73	129	44	85
1951	162	48	114	134	57	77	212	47	166	142	49	93	114	32	82	174	54	120
1952	143	47	96	117	51	66	173	49	124	122	45	77	111	37	75	166	39	127
1953	148	50	98	90	47	43	182	53	130	99	53	47	128	43	85	210	58	152
1954	134	45	89	111	60	52	144	51	93	109	53	56	116	43	73	149	58	91
1955	111	39	73	162	58	104	227	54	173	114	46	69	104	42	62	165	43	123
1956	118	43	76	165	65	100	127	46	81	103	52	51	81	28	53	112	51	61
1957	112	40	73	173	65	109	144	60	84	108	40	68	84	28	56	131	47	84
1958	156	55	101	269	69	200	218	51	168	202	42	160	113	29	84	168	55	113
1959	134	56	78	221	66	155	228	70	158	167	35	132	101	30	71	166	82	84
1960	180	58	123	222	63	159	198	52	146	172	52	120	111	29	82	160	61	100
1961	155	39	116	225	69	156	220	55	165	151	34	117	134	39	96	177	55	122
1962	135	47	88	242	80	162	179	43	136	148	37	111	130	28	102	138	42	96
1963	162	48	115	235	83	152	196	49	147	126	38	89	119	28	91	117	53	65
1964	148	50	98	189	71	118	148	55	93	128	43	85	95	27	68	114	46	68
1965	155	41	115	213	68	145	230	52	179	183	46	137	127	30	97	127	50	77
1966	121	45	77	225	77	148	158	53	105	141	42	100	102	33	69	105	48	57
1967	105	43	62	157	67	90	136	62	74	101	41	60	79	26	53	94	43	51
1968	118	34	84	179	66	114	150	52	98	129	43	86	74	29	46	86	38	48
1969	168	35	133	205	63	142	169	38	131	129	35	95	86	25	61	107	36	72
1970	139	38	101	188	74	114	178	48	130	107	41	67	81	31	50	98	43	56
1971	187	36	151	222	88	134	266	54	213	183	48	136	143	37	106	108	37	71
1972	129	34	95	207	80	127	227	65	163	126	42	84	114	29	85	111	43	69
1973	138	30	108	228	83	146	130	50	80	131	45	86	114	33	81	95	38	57
1974	139	32	108	231	72	159	169	41	128	126	47	79	124	30	94	81	31	50
1975	135	32	103	248	82	166	147	47	100	95	35	60	110	33	78	99	39	60
1976	116	30	86	217	81	136	105	42	63	97	43	54	114	38	76	83	34	49
1977	172	37	135	248	89	160	125	60	65	113	46	68	120	36	84	121	44	77
1978	149	39	110	252	82	170	139	52	88	133	48	85	128	39	89	97	35	62
1979	134	34	100	266	74	193	100	35	65	134	49	85	113	39	74	106	35	71
1980	135	40	95	227	72	155	100	42	58	142	50	92	119	40	80	110	55	55
1981	97	35	63	257	74	183	82	37	45	107	31	76	118	42	76	86	36	50
1982	145	38	107	231	84	148	91	34	57	128	46	82	126	39	87	119	40	80
1983	155	35	120	201	72	129	93	36	57	147	53	94	108	32	76	100	39	61
1984	117	33	84	169	62	107	68	28	41	144	55	89	101	34	67	99	37	62
1985	103	42	61	173	58	116	61	32	29	111	44	67	102	36	66	85	42	43
1986	137	40	97	162	57	106	57	33	24	109	41	68	105	36	70	82	39	44
1987	120	40	80	149	57	92	60	31	29	92	44	48	91	34	57	97	42	55
1988	134	37	97	152	61	92	53	32	21	118	42	76	92	30	62	99	41	59
1989	113	37	77	156	66	91	56	23	33	122	46	76	106	28	78	109	39	71
1990	151	40	111	181	65	116	66	37	29	137	46	91	111	39	72	113	40	74
1991	133	46	87	154	66	88	56	32	24	117	51	66	105	40	65	107	48	59
1992	138	52	86	167	74	93	61	34	27	152	57	95	127	36	91	130	44	86
1993	121	43	78	115	68	48	65	30	35	101	55	46	88	40	48	89	35	54

1994	147	43	104	170	84	87	86	33	53	102	53	49	103	39	64	112	42	70
1995	160	59	101	195	71	124	86	31	55	123	46	77	115	33	82	110	43	67
1996	116	46	70	145	66	79	53	32	22	103	42	61	104	38	66	110	36	74
1997	125	51	74	183	80	103	61	29	33	114	47	68	104	40	64	122	40	82
1998	133	42	91	146	69	77	83	29	54	134	48	86	117	40	77	131	43	89
1999	176	55	121	190	69	121	107	46	62	148	53	96	129	43	86	133	51	82
2000	150	62	88	203	86	117	85	34	51	124	43	82	120	39	81	119	57	63
2001	148	47	101	203	69	134	92	28	64	122	46	76	138	44	94	160	52	109
2002	142	55	87	165	64	101	75	31	44	152	55	97	150	45	105	126	34	92
2003	149	55	94	199	90	109	86	36	50	121	43	78	148	54	95	150	48	102
2004	140	52	88	152	72	81	88	37	51	140	43	97	122	40	82	121	39	82
2005	133	47	86	154	66	88	70	32	38	125	48	77	127	55	72	106	37	69
2006	155	59	96	171	63	108	85	36	50	167	58	109	145	53	92	131	45	86
2007	173	47	126	188	70	119	89	38	51	147	45	102	141	43	98	129	47	82
2008	179	60	120	208	71	137	101	42	60	157	46	111	138	44	94	175	56	119
2009	175	50	125	232	72	160	102	46	57	185	52	133	140	43	97	167	48	119
2010	158	48	111	192	79	114	95	42	53	151	32	119	148	46	102	153	46	107
2011	124	53	71	190	80	110	72	33	39	126	42	84	117	36	81	130	53	77
2012	163	59	104	228	84	144	94	39	55	153	45	109	158	51	107	179	44	135
2013	102	36	66	196	85	111	84	36	49	139	40	99	112	33	79	149	39	110

Tab. 6 Anhang: Originalmessdaten am Kronenansatz der 3. Ertragsklasse

Jahr	Baum			Baum 2			Baum 3			Baum 4			Baum 5			Baum 6		
	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH
1876	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	23	27	0	0	0
1877	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	35	68	0	0	0	
1878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	36	91	0	0	0	
1879	0	0	0	116	33	83	0	0	0	0	0	126	45	81	0	0	0	
1880	0	0	0	111	29	82	95	25	70	0	0	0	84	25	59	0	0	0
1881	0	0	0	138	41	97	115	30	85	0	0	0	90	32	59	54	11	43
1882	116	33	83	136	52	84	98	34	64	0	0	0	92	25	67	119	21	98
1883	141	38	104	129	43	87	103	35	69	0	0	0	100	38	62	143	30	114
1884	197	41	156	152	51	102	126	39	87	0	0	0	99	32	67	155	32	124
1885	155	43	112	148	53	95	145	41	104	0	0	0	105	35	70	113	33	80
1886	155	50	105	130	59	71	105	40	65	0	0	0	98	26	73	109	32	78
1887	123	49	75	111	44	67	77	41	36	0	0	0	83	27	56	95	28	67
1888	126	55	71	100	46	54	73	30	43	0	0	0	68	29	39	100	23	78
1889	133	44	89	113	52	61	67	33	34	0	0	0	57	27	30	121	35	86
1890	130	42	89	116	52	64	68	33	35	0	0	0	64	27	38	79	30	49
1891	121	53	68	124	51	74	70	27	43	0	0	0	54	23	31	71	23	48
1892	101	42	60	120	47	73	73	28	45	0	0	0	51	26	25	89	28	61
1893	90	39	51	112	46	66	53	25	28	0	0	0	59	23	36	94	28	67
1894	95	35	61	125	48	77	52	25	27	38	19	19	47	22	25	56	27	29
1895	84	35	49	97	38	59	52	27	25	46	21	25	35	22	13	44	24	20
1896	83	32	51	118	44	74	65	26	40	61	29	32	44	24	20	45	20	25
1897	90	38	52	129	50	80	63	28	35	117	35	82	48	23	25	64	23	41
1898	99	29	70	150	59	91	71	37	35	127	30	97	46	23	23	81	26	56
1899	100	36	64	134	48	86	79	28	51	163	39	124	50	21	29	83	28	55
1900	131	36	95	178	58	120	87	37	50	150	44	106	67	23	44	113	32	81
1901	125	40	85	187	53	134	106	42	64	132	37	95	56	22	34	128	29	99
1902	127	37	90	158	56	102	106	43	64	136	50	86	64	30	34	128	37	91
1903	113	34	79	146	55	91	86	33	53	117	42	75	51	23	28	120	35	85
1904	109	43	66	147	46	102	86	34	52	136	41	95	50	20	31	101	30	71
1905	97	47	50	125	45	80	81	38	43	123	51	72	54	21	33	86	38	48
1906	89	39	51	109	49	60	71	33	38	126	47	79	39	20	19	83	31	52
1907	87	36	51	94	47	47	65	34	31	92	39	53	47	22	25	73	31	43
1908	94	36	58	109	54	55	67	32	36	69	37	33	33	22	12	64	28	37
1909	104	33	71	76	42	34	66	31	36	75	35	41	31	18	14	81	27	54
1910	125	39	86	89	48	41	67	30	37	103	34	69	48	25	24	98	30	68
1911	120	46	74	87	48	39	96	38	58	113	43	70	62	28	34	98	25	73
1912	113	44	69	101	44	57	86	38	48	133	36	97	41	21	20	107	40	67
1913	93	36	57	92	42	51	75	32	43	127	38	89	45	23	22	113	38	75
1914	119	36	83	104	47	58	71	30	42	118	40	79	44	23	21	109	37	72
1915	89	38	51	91	41	51	53	32	21	69	32	38	53	26	28	104	37	68
1916	116	36	80	89	39	50	55	25	30	118	43	75	44	24	20	110	32	78
1917	109	35	74	86	36	50	56	27	29	116	28	88	58	25	33	120	35	85
1918	118	46	72	120	50	70	70	32	39	118	41	78	42	21	21	106	38	69

1919	91	44	48	88	45	43	50	31	19	78	45	34	40	25	16	91	43	48
1920	118	38	80	91	39	53	57	28	29	99	41	58	33	19	15	92	36	57
1921	92	56	37	72	36	36	56	30	26	79	43	36	54	26	28	75	34	41
1922	86	42	44	72	36	37	46	25	22	88	30	58	40	23	17	62	29	33
1923	77	40	37	55	33	22	45	31	14	76	39	37	32	20	12	67	35	32
1924	90	41	50	80	38	42	39	23	16	86	38	48	41	22	19	74	40	35
1925	91	40	51	74	43	32	40	26	15	83	38	46	41	23	18	78	34	44
1926	105	42	64	78	34	44	48	21	27	104	36	68	37	21	16	96	40	56
1927	109	44	66	110	38	73	55	26	29	153	47	106	49	18	31	113	38	76
1928	92	51	41	97	44	53	63	28	36	143	39	104	53	23	30	90	36	55
1929	90	42	48	97	51	46	60	31	29	124	52	72	41	22	19	85	36	50
1930	64	32	33	91	37	54	64	30	34	102	40	63	40	19	21	90	38	52
1931	104	39	65	96	41	55	78	32	46	147	46	102	51	23	28	110	42	69
1932	110	47	63	91	47	45	86	40	46	143	46	97	52	25	27	98	42	57
1933	83	40	43	78	44	34	95	32	63	120	41	79	49	23	26	95	39	56
1934	80	37	43	88	46	42	90	36	55	104	44	60	53	25	28	108	40	68
1935	87	41	46	113	46	67	85	35	50	110	44	66	44	25	20	96	36	60
1936	82	40	42	84	50	34	82	36	46	119	42	77	42	19	24	80	35	45
1937	76	42	34	77	48	30	78	37	41	111	41	71	44	25	19	93	34	60
1938	110	47	63	77	42	35	89	37	53	138	50	89	44	26	18	106	35	71
1939	105	50	55	82	45	37	105	40	65	129	44	85	64	25	39	104	38	66
1940	102	50	53	81	44	37	114	42	72	129	42	87	60	24	36	117	38	79
1941	119	52	67	94	44	50	107	49	58	132	59	73	68	29	39	106	45	61
1942	92	52	40	85	45	40	104	50	54	109	48	62	59	31	28	81	39	42
1943	115	48	67	96	41	55	128	46	82	137	50	88	57	27	30	99	37	62
1944	96	43	53	95	45	50	93	40	53	113	43	70	55	31	25	92	41	51
1945	89	47	42	77	48	29	139	40	99	121	43	78	54	28	26	108	40	69
1946	104	40	64	94	46	48	143	48	96	87	47	40	66	27	39	98	39	60
1947	92	48	45	78	43	35	117	37	80	71	38	33	63	24	39	85	36	49
1948	77	40	37	84	44	40	97	43	54	57	32	26	57	22	36	79	41	38
1949	97	44	54	77	39	38	96	37	60	72	34	39	39	22	18	80	36	44
1950	77	38	40	84	39	46	75	35	40	63	31	33	52	20	32	75	40	35
1951	86	37	49	96	50	46	99	48	51	74	42	32	59	32	28	80	35	45
1952	80	36	44	82	37	45	84	30	55	70	42	29	73	35	38	60	32	28
1953	64	37	27	74	41	33	51	28	24	50	34	17	44	27	17	66	41	25
1954	76	36	40	72	42	30	65	37	29	67	37	30	61	29	32	70	39	32
1955	66	31	35	63	34	29	76	32	44	62	34	28	53	29	25	61	32	29
1956	94	51	43	88	36	52	89	31	58	80	47	34	59	26	33	57	36	22
1957	65	42	23	74	37	37	85	32	53	69	47	23	42	27	15	73	35	38
1958	107	44	64	110	47	63	134	38	97	113	56	57	85	30	56	82	30	53
1959	78	33	45	96	42	55	129	40	89	96	43	53	78	26	52	74	33	41
1960	125	54	71	120	49	72	118	32	86	103	45	58	77	26	52	81	35	47
1961	98	53	45	98	48	51	118	38	80	101	47	54	74	25	50	80	32	48
1962	101	43	58	107	41	67	117	39	78	104	50	54	58	21	37	88	38	50
1963	102	46	56	126	47	80	126	39	87	109	44	65	85	29	56	87	37	50
1964	86	40	46	112	49	63	101	40	61	88	35	53	75	28	47	81	36	45
1965	103	40	63	142	55	87	95	35	60	103	42	62	80	30	51	96	34	62

1966	90	46	44	102	45	57	100	35	65	106	49	58	70	28	42	79	46	33
1967	77	50	27	85	40	45	65	33	32	93	54	39	61	31	31	74	45	29
1968	89	48	41	85	37	48	82	33	49	92	40	52	72	28	44	72	38	34
1969	120	39	81	128	38	90	106	33	73	140	41	100	81	23	58	92	33	60
1970	120	49	71	115	38	77	100	31	69	152	42	110	76	30	46	86	40	46
1971	135	43	92	152	42	110	102	30	73	151	43	108	123	36	88	100	40	61
1972	112	49	64	125	37	88	88	37	51	136	46	91	111	34	77	101	41	60
1973	124	38	86	125	44	81	86	32	54	130	49	81	102	32	70	99	37	63
1974	107	31	77	102	35	67	96	39	58	130	38	92	115	31	85	97	37	60
1975	111	43	68	103	40	63	80	29	51	115	35	80	112	29	84	98	40	58
1976	86	41	45	78	30	48	79	36	44	88	40	49	95	29	66	86	36	51
1977	120	55	65	117	33	84	90	35	55	103	45	58	131	31	100	94	39	55
1978	117	51	67	97	44	53	100	34	66	113	51	62	108	33	75	100	32	68
1979	119	47	72	98	37	62	120	47	73	115	49	67	108	33	76	103	38	66
1980	118	43	75	102	44	58	108	37	71	71	39	32	112	27	85	102	38	64
1981	134	49	85	101	37	64	118	36	82	122	43	80	92	22	70	94	36	59
1982	142	61	81	129	49	81	132	37	95	116	49	67	146	33	113	140	41	99
1983	136	52	84	142	44	98	102	30	72	100	40	60	131	35	96	124	36	88
1984	111	52	59	132	38	94	93	41	52	85	44	41	122	30	93	97	31	66
1985	98	47	51	97	40	57	99	34	65	102	50	52	105	26	79	96	35	61
1986	91	41	51	115	43	73	87	34	54	96	48	49	132	37	95	87	35	53
1987	90	44	46	123	48	75	88	38	50	83	48	35	100	24	76	98	42	56
1988	115	49	66	118	40	79	109	30	79	115	56	59	142	30	112	96	33	63
1989	86	47	40	135	43	93	112	35	77	94	42	52	154	34	120	87	31	56
1990	84	42	43	157	47	110	66	34	32	75	39	37	138	27	111	69	35	34
1991	94	47	47	113	48	65	84	39	45	75	40	35	104	35	69	66	34	32
1992	97	42	55	135	38	97	97	38	59	76	39	37	127	35	92	78	31	47
1993	99	38	61	111	43	69	81	41	40	81	53	28	96	32	64	81	32	50
1994	103	49	54	138	50	88	92	40	52	99	53	46	136	33	104	95	42	53
1995	109	52	57	128	53	75	94	48	46	87	43	44	133	36	97	101	35	66
1996	103	52	51	110	52	59	83	39	45	88	55	33	92	33	59	95	42	53
1997	93	39	54	117	46	71	118	44	74	115	53	62	102	35	67	89	43	46
1998	95	35	60	133	50	83	105	53	52	88	43	45	96	32	64	80	34	46
1999	107	46	61	140	44	96	94	41	53	92	50	42	126	32	94	92	41	51
2000	104	44	61	153	60	93	84	40	44	103	59	45	132	36	97	87	31	56
2001	107	51	56	164	54	110	116	47	69	108	53	55	150	48	102	101	46	55
2002	102	46	56	141	45	96	116	52	64	85	40	46	187	51	137	107	44	63
2003	117	49	68	143	51	92	104	46	58	72	35	37	125	46	80	88	38	50
2004	112	54	59	135	55	80	114	50	64	76	37	40	115	42	73	79	38	42
2005	92	44	48	127	53	74	117	44	74	100	51	49	118	38	80	80	40	40
2006	130	41	89	148	53	95	115	44	72	103	48	56	146	42	104	100	40	61
2007	131	49	82	147	52	95	103	44	59	97	45	52	126	39	87	101	32	70
2008	126	49	77	151	55	96	135	48	87	133	60	73	163	47	117	143	43	101
2009	122	56	66	155	58	97	124	48	76	96	46	50	169	35	134	108	38	70
2010	108	52	57	112	43	69	116	50	67	107	47	60	138	39	99	115	44	71
2011	122	50	72	103	57	46	113	57	56	94	37	57	120	36	84	92	41	52
2012	104	57	48	156	60	96	145	59	87	105	42	63	195	48	147	144	42	102

2013 | 103 43 60 | 128 43 85 | 118 41 77 | 99 52 48 | 139 43 96 | 92 30 63

Tab. 7 Anhang: Originalmessdaten am Kronenansatz der 4. Ertragsklasse

Jahr	Baum 1			Baum 2			Baum3			Baum 4			Baum 5			Baum6			Baum 7		
	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH
1891	74	7	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1892	39	9	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1893	21	7	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1894	19	6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1895	25	7	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1896	28	6	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1897	49	8	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1898	54	13	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1899	69	10	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1900	42	9	33	296	39	257	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1901	45	8	38	268	39	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1902	110	20	91	173	51	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1903	42	18	24	150	40	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1904	87	22	65	167	42	125	0	0	0	258	26	233	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1905	65	26	39	118	47	71	0	0	0	202	48	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1906	64	31	33	81	40	41	0	0	0	122	31	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1907	67	25	42	62	34	29	0	0	0	95	38	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1908	64	32	32	76	29	47	0	0	0	92	32	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1909	68	22	46	54	27	27	0	0	0	71	35	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1910	110	32	79	106	27	80	0	0	0	120	40	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1911	109	36	73	109	33	76	0	0	0	131	56	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1912	101	34	67	174	40	134	0	0	0	209	53	157	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1913	132	45	87	183	61	123	0	0	0	207	107	101	158	50	108	0	0	0	0	0	0
1914	192	39	153	223	46	177	0	0	0	248	66	182	353	30	323	0	0	0	0	0	0
1915	120	40	81	183	52	131	0	0	0	205	63	143	250	43	208	0	0	0	0	0	0
1916	102	45	58	200	51	149	0	0	0	235	77	158	225	34	191	0	0	0	0	0	0
1917	105	37	69	248	61	187	262	33	229	228	57	171	217	33	184	0	0	0	0	0	0
1918	69	37	32	161	54	108	137	34	103	196	63	134	202	61	142	126	25	102	0	0	0
1919	59	36	23	153	50	104	111	24	87	142	56	87	180	53	128	250	33	217	0	0	0
1920	82	33	50	145	65	81	101	26	75	159	52	107	201	47	154	217	41	176	0	0	0
1921	76	39	37	117	68	49	85	44	41	112	84	28	154	88	66	134	84	51	0	0	0
1922	63	28	35	97	55	43	52	29	23	91	47	45	143	52	92	109	40	69	0	0	0
1923	108	43	65	102	45	57	75	25	50	92	39	53	188	55	133	194	52	142	0	0	0
1924	137	37	100	142	52	91	90	26	64	119	41	79	184	49	135	182	46	136	0	0	0
1925	89	41	48	138	52	86	108	30	78	102	44	59	170	41	130	189	56	133	0	0	0
1926	108	40	68	198	55	143	152	29	123	118	42	76	157	40	117	203	52	151	0	0	0
1927	147	37	110	187	51	136	155	37	118	151	56	95	179	44	136	242	56	186	0	0	0
1928	110	37	73	160	51	109	137	36	101	134	43	91	195	40	156	207	59	148	0	0	0
1929	90	40	50	119	40	79	97	36	61	120	51	69	133	44	90	258	66	193	0	0	0
1930	85	38	47	110	47	63	86	27	59	137	38	99	191	44	147	295	47	248	0	0	0
1931	76	40	36	149	56	94	120	40	80	143	46	97	165	54	111	268	69	199	187	49	138
1932	82	35	47	195	53	142	161	45	117	168	55	114	183	48	135	291	59	233	179	28	151
1933	83	29	54	179	51	128	201	50	151	168	49	119	198	53	145	260	41	219	232	34	198

1934	58	27	31	109	56	54	100	41	59	91	31	60	161	46	115	222	47	175	251	34	217
1935	66	31	35	119	48	72	103	37	66	86	25	61	158	50	108	196	54	142	132	36	97
1936	92	36	56	104	42	62	120	35	86	98	26	72	137	49	89	150	46	104	168	42	126
1937	96	27	70	109	37	72	142	45	97	95	27	69	117	41	76	132	47	85	188	52	136
1938	85	35	50	97	43	54	133	49	84	75	29	47	97	45	52	156	50	107	154	52	102
1939	73	26	48	104	51	53	140	39	101	81	26	55	91	44	47	112	38	74	131	41	90
1940	87	33	54	155	44	111	152	39	113	101	34	67	104	41	63	91	27	65	130	31	99
1941	72	41	31	126	54	73	120	63	57	81	39	42	108	49	60	82	48	34	89	46	43
1942	97	47	50	180	39	141	127	46	81	71	32	39	92	36	57	63	34	29	104	29	75
1943	65	34	31	130	51	79	137	47	90	93	37	56	112	46	66	96	39	57	115	34	81
1944	46	28	19	103	44	60	123	43	80	69	25	45	99	45	54	70	30	40	151	38	113
1945	51	32	20	105	45	61	93	36	57	78	29	49	123	35	88	73	32	41	189	40	149
1946	86	30	56	169	48	121	126	45	81	89	25	64	142	33	110	87	32	55	212	50	163
1947	54	27	28	109	39	70	68	38	30	51	24	28	122	39	84	73	36	37	112	36	76
1948	30	21	10	61	35	26	57	31	26	44	21	23	87	31	56	62	30	32	119	46	73
1949	46	21	25	91	35	57	101	36	65	66	21	45	119	37	83	60	26	34	125	38	88
1950	48	25	24	70	37	34	60	31	29	57	22	35	113	33	80	47	25	23	109	40	70
1951	67	29	38	90	27	63	103	31	72	75	26	49	125	35	90	67	29	39	120	39	82
1952	57	29	28	79	30	49	87	33	55	65	26	39	101	32	70	56	24	32	117	34	83
1953	74	33	41	85	34	51	74	32	43	62	30	32	113	39	75	57	29	28	113	41	73
1954	55	26	29	91	39	52	97	45	52	71	30	41	109	35	74	64	35	29	103	41	62
1955	112	28	84	135	39	97	132	34	98	74	29	45	141	37	104	74	36	38	109	35	75
1956	123	42	81	145	38	108	149	47	102	73	27	46	113	43	71	69	36	33	110	44	66
1957	75	44	31	89	33	57	109	37	72	66	33	34	110	46	64	73	34	39	89	36	53
1958	118	40	78	124	31	94	135	36	99	66	26	41	156	44	112	69	27	43	150	31	120
1959	74	29	45	82	37	46	121	38	83	58	25	34	136	44	92	67	27	40	168	37	131
1960	39	23	16	47	28	19	103	37	66	52	25	27	118	41	78	52	23	29	176	40	136
1961	139	33	107	113	50	63	193	37	156	93	25	68	159	33	127	75	30	45	208	54	154
1962	92	35	57	96	43	53	126	38	88	83	32	51	161	41	120	75	35	41	178	47	131
1963	65	33	32	80	34	46	98	39	59	60	30	30	162	45	117	86	36	50	171	46	125
1964	64	34	31	72	35	38	85	36	49	55	29	26	121	38	83	84	38	46	146	45	102
1965	90	23	67	81	34	48	78	31	47	69	26	43	149	42	108	89	31	58	173	48	126
1966	99	40	59	77	32	45	105	32	73	71	36	35	133	41	93	66	30	36	124	50	74
1967	72	39	34	62	34	29	111	42	70	74	34	41	163	49	114	77	39	38	153	49	104
1968	195	33	163	167	39	128	155	39	116	147	33	114	187	49	138	115	35	81	278	44	235
1969	160	36	124	196	40	156	175	40	135	128	30	98	184	42	142	113	31	82	294	54	241
1970	141	33	108	141	38	103	128	41	87	103	34	70	156	47	110	120	33	87	279	45	235
1971	90	40	50	117	41	77	102	38	64	79	30	49	147	52	95	132	46	87	280	67	213
1972	63	31	32	91	37	54	83	31	52	79	31	48	129	39	91	128	36	92	286	47	239
1973	57	27	30	82	32	50	79	32	48	76	34	43	139	50	89	104	40	64	247	50	198
1974	55	26	29	78	33	46	61	28	33	74	30	44	125	35	90	115	36	79	214	51	163
1975	64	24	40	90	31	59	102	42	60	82	24	58	136	36	100	164	38	126	253	42	211
1976	49	26	23	62	35	27	61	32	30	65	33	32	117	44	73	79	36	43	226	56	171
1977	60	27	34	81	30	51	74	38	36	67	29	38	81	35	46	90	39	51	235	62	173
1978	73	25	48	91	31	61	100	37	63	84	28	56	122	40	82	103	34	70	258	45	213
1979	72	24	48	95	35	60	85	34	51	95	37	59	116	43	74	104	38	66	204	51	153
1980	111	34	77	84	29	55	116	40	77	73	32	42	88	43	46	85	32	53	136	63	74

1981	81	32	49	91	38	54	105	32	73	97	35	62	105	41	64	68	32	37	177	55	123
1982	78	33	45	97	40	57	115	43	72	103	26	78	107	37	71	111	33	78	217	59	159
1983	78	34	44	110	47	63	119	43	76	105	37	68	125	40	85	126	34	92	239	47	192
1984	69	31	38	126	43	83	102	40	63	101	29	73	135	43	93	130	38	92	262	48	214
1985	59	35	25	110	43	68	85	41	44	83	38	45	122	40	82	120	34	86	249	49	200
1986	117	35	82	90	40	50	91	39	53	77	30	47	122	43	79	131	36	95	234	49	185
1987	158	32	126	136	52	84	110	41	70	79	33	46	101	41	60	103	42	62	253	55	198
1988	115	30	85	138	37	101	104	39	65	103	30	73	114	36	78	161	56	106	246	61	185
1989	75	26	50	102	48	55	94	39	55	76	34	42	97	38	59	134	41	93	223	49	174
1990	61	26	35	91	44	47	85	41	45	78	37	41	111	43	68	142	33	109	182	61	121
1991	59	31	28	85	44	41	71	32	40	77	30	48	103	37	66	122	44	79	207	61	146
1992	55	25	31	59	26	33	64	30	34	61	32	29	71	36	35	94	39	55	162	51	111
1993	45	26	19	79	35	44	52	28	25	49	29	21	69	29	40	73	36	38	185	62	123
1994	67	27	41	83	30	54	99	40	59	78	33	46	93	32	61	81	30	51	227	57	171
1995	73	29	44	78	33	45	93	34	59	78	36	42	98	36	62	109	34	75	238	54	185
1996	59	28	32	92	36	57	74	40	34	60	31	30	89	32	57	87	38	49	239	42	197
1997	59	27	32	89	35	54	74	36	38	82	40	42	86	39	47	89	37	52	151	45	106
1998	48	26	22	86	44	42	66	32	34	73	33	40	87	35	52	81	35	47	169	44	125
1999	71	23	48	99	45	54	76	35	41	92	38	54	102	45	58	117	43	74	174	44	130
2000	64	24	41	109	42	67	90	45	45	105	36	69	116	44	72	125	50	75	194	47	147
2001	69	27	42	100	43	57	69	31	38	93	42	51	119	43	76	125	56	69	192	53	139
2002	57	24	33	88	46	42	80	35	45	97	35	62	110	41	69	124	51	74	219	50	169
2003	63	25	39	105	51	54	55	34	21	96	43	54	112	47	65	146	50	96	243	47	196
2004	44	27	17	50	33	17	42	29	13	60	32	29	65	36	29	78	46	33	153	42	111
2005	46	24	22	58	35	23	41	24	17	40	25	15	66	37	29	82	44	38	117	39	79
2006	38	25	14	55	35	21	44	27	17	45	30	15	80	33	47	81	44	37	133	47	87
2007	35	20	15	53	33	20	52	29	23	40	24	16	85	34	52	120	55	65	183	46	137
2008	32	15	17	82	41	41	48	29	19	45	27	19	72	37	35	90	43	47	177	39	139
2009	41	19	22	88	39	49	53	29	24	46	25	21	84	35	49	115	54	61	193	49	144
2010	52	26	26	67	34	34	46	20	26	68	30	38	88	37	52	108	55	53	171	43	128
2011	51	25	27	66	32	34	57	35	22	56	28	28	96	40	57	123	58	65	154	39	115
2012	65	27	38	51	28	23	41	21	20	46	29	17	58	36	22	106	52	55	148	38	111
2013	62	17	45	65	30	35	52	27	25	58	26	32	82	36	46	117	48	69	156	33	123

Tab. 8 Anhang: Originalmessdaten am Kronenansatz der 5. Ertragsklasse

Jahr	Baum 1			Baum 2			Baum 3			Baum 4			Baum 5			Baum 6		
	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH	GJR	FH	SH
1907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	21	66
1908	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	20	50
1909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	16	39
1910	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	16	52
1911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	17	76	84	27	58
1912	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	21	130	86	20	66
1913	0	0	0	210	49	162	0	0	0	0	0	0	156	36	120	74	39	35
1914	0	0	0	224	29	195	0	0	0	0	0	0	243	25	219	67	21	46
1915	0	0	0	124	30	95	82	16	66	0	0	0	147	34	113	60	24	36
1916	132	21	111	114	32	82	110	17	93	0	0	0	148	29	119	58	28	31
1917	168	31	137	120	26	94	83	16	67	0	0	0	128	32	96	39	22	17
1918	127	49	78	87	39	48	71	18	54	0	0	0	96	40	57	37	20	18
1919	101	44	57	68	34	34	57	21	36	0	0	0	59	25	34	31	18	13
1920	92	31	61	112	34	78	76	12	64	0	0	0	56	24	32	42	16	26
1921	47	29	18	42	27	15	29	16	13	45	24	21	36	20	17	41	30	11
1922	67	29	38	56	26	30	38	12	26	39	12	27	39	18	21	25	16	9
1923	93	29	64	90	37	53	70	15	56	66	12	54	45	19	26	47	21	26
1924	81	22	60	71	24	47	69	18	51	50	13	37	53	18	35	45	22	23
1925	60	33	27	67	34	33	44	15	29	53	13	40	43	23	20	37	19	18
1926	67	24	44	65	26	40	46	14	32	47	12	35	72	23	50	34	19	15
1927	89	26	63	73	28	45	84	16	68	67	12	55	80	25	55	30	18	13
1928	98	29	69	81	31	50	94	17	77	61	15	46	92	23	69	45	21	25
1929	69	23	46	51	24	27	68	18	50	73	12	62	67	28	39	34	18	17
1930	92	23	69	47	23	25	101	19	83	106	16	90	74	27	48	31	15	17
1931	97	29	68	59	22	37	151	26	126	128	19	109	81	32	49	55	19	36
1932	78	30	48	68	27	41	150	24	126	113	31	82	87	31	56	76	21	55
1933	72	32	40	48	26	22	161	30	131	101	25	76	105	36	69	72	21	51
1934	36	19	17	27	18	9	126	29	97	53	23	30	61	32	29	39	24	15
1935	72	28	45	35	18	17	105	31	74	51	24	28	60	28	32	56	20	37
1936	63	21	42	41	22	19	117	27	90	54	22	32	55	28	27	29	16	13
1937	69	22	47	39	22	17	106	21	85	36	19	17	63	31	32	39	22	17
1938	74	32	43	39	23	17	109	31	78	47	22	25	66	32	34	44	20	25
1939	106	30	76	37	19	18	146	27	119	36	22	15	85	34	51	54	24	31
1940	106	25	81	49	27	22	145	28	118	35	19	17	78	31	47	81	17	64
1941	100	33	67	50	22	28	99	39	60	28	19	9	61	37	24	68	27	41
1942	76	23	54	40	23	18	98	34	64	36	20	16	61	34	27	74	21	53
1943	53	22	31	42	25	17	76	23	53	38	19	19	101	33	68	70	23	47
1944	54	24	30	35	23	13	84	27	57	35	20	15	72	37	35	54	24	31
1945	57	21	37	43	27	17	154	33	121	31	18	13	64	30	35	54	25	29
1946	95	23	72	54	24	30	170	43	127	64	19	45	63	30	34	93	24	69
1947	50	24	26	41	24	17	76	29	47	32	23	9	44	31	13	53	25	28
1948	60	24	37	36	21	15	67	33	34	30	19	11	38	21	17	42	22	20
1949	96	26	70	51	24	28	75	32	43	45	19	27	60	31	29	65	31	34
1950	96	30	66	39	20	19	82	31	51	58	28	30	56	31	25	49	21	28

1951	120	31	90	76	32	45	78	29	49	57	20	37	52	23	29	64	26	38
1952	86	31	55	80	33	48	64	27	37	61	23	39	60	30	30	76	25	51
1953	82	31	52	74	30	44	67	28	39	59	27	32	52	32	20	64	30	35
1954	63	31	33	76	36	40	65	29	37	50	26	25	55	33	22	55	25	30
1955	78	26	52	98	31	68	94	29	65	93	33	60	81	30	52	117	32	85
1956	83	31	52	99	31	68	91	36	56	126	29	98	93	34	60	105	38	67
1957	65	32	34	83	40	43	66	32	34	103	36	68	69	28	41	69	29	40
1958	102	30	72	89	42	47	86	34	52	106	27	79	96	36	60	123	32	91
1959	67	30	37	63	30	33	61	29	33	79	24	55	85	36	49	79	31	48
1960	74	29	45	58	31	28	56	31	25	77	29	49	79	32	48	63	25	38
1961	91	27	64	86	31	55	70	31	39	134	42	92	97	38	59	105	31	74
1962	94	37	57	73	28	45	71	33	39	104	30	75	88	35	53	98	33	65
1963	74	27	48	76	31	45	73	29	45	112	34	78	82	37	46	92	34	58
1964	50	24	26	57	31	26	56	26	30	76	30	46	67	33	34	69	30	39
1965	78	21	57	67	22	45	69	25	44	99	29	70	90	31	59	78	29	49
1966	87	35	53	69	34	35	61	30	31	88	32	56	80	36	44	97	40	57
1967	85	37	48	61	31	30	64	29	35	65	36	30	65	46	20	104	42	62
1968	93	28	65	104	30	74	86	30	57	109	31	79	114	43	71	153	32	121
1969	134	32	102	126	29	98	96	28	68	164	40	124	156	39	117	182	30	152
1970	120	38	82	114	39	75	101	35	66	161	41	120	127	38	89	156	32	124
1971	67	29	38	79	35	44	81	30	52	140	52	88	96	37	59	118	36	82
1972	80	28	52	95	34	62	89	32	58	136	42	94	79	36	43	113	31	82
1973	65	27	38	72	39	33	63	30	33	103	39	64	76	38	39	97	36	61
1974	72	26	46	65	31	34	61	31	30	98	29	69	69	30	39	75	26	49
1975	98	27	71	66	24	42	68	31	37	118	35	84	87	30	57	125	33	93
1976	47	27	21	50	26	24	50	25	25	72	35	37	71	33	39	63	31	32
1977	74	35	39	51	28	23	61	23	38	94	31	64	90	36	55	74	33	41
1978	71	35	37	59	29	30	53	31	23	98	34	64	89	40	50	90	29	62
1979	83	31	53	64	28	36	68	32	36	96	35	61	91	38	54	88	31	57
1980	62	27	35	50	28	22	60	30	30	80	36	45	60	34	26	92	30	62
1981	70	30	40	70	29	41	64	32	32	96	38	58	73	38	35	97	29	68
1982	82	36	46	56	29	27	58	27	31	108	38	71	95	36	59	121	28	93
1983	90	28	62	72	29	44	59	27	32	116	46	70	97	39	58	128	36	92
1984	75	29	46	73	26	48	60	31	30	132	40	92	98	37	61	93	28	65
1985	66	29	37	51	26	26	56	30	26	98	37	61	86	34	53	81	31	50
1986	92	30	62	58	26	32	55	30	25	98	37	61	85	33	53	84	33	51
1987	77	28	49	79	28	51	53	28	26	82	39	43	91	41	50	96	35	62
1988	88	27	61	88	35	53	64	29	35	97	38	59	107	44	63	112	33	80
1989	76	29	48	61	27	34	46	30	17	94	36	58	94	41	54	91	33	59
1990	110	32	78	54	28	26	50	24	26	91	43	48	72	35	37	90	30	60
1991	91	40	52	49	25	24	48	25	24	83	36	47	86	46	40	97	42	55
1992	121	28	93	51	29	22	47	23	24	82	31	51	66	35	32	74	27	48
1993	88	29	59	46	27	19	37	18	19	70	32	38	55	34	21	65	31	34
1994	140	32	108	62	27	35	56	28	28	83	36	47	60	35	26	62	31	31
1995	142	40	103	75	26	49	57	27	30	108	35	74	84	35	49	69	36	33
1996	104	37	67	64	33	31	54	27	27	133	38	96	60	36	24	73	34	39
1997	101	36	65	66	31	35	62	32	31	140	40	100	58	34	24	71	32	39

1998	97	38	59	63	34	29	57	28	29	108	42	66	67	38	29	80	33	48
1999	144	40	104	65	26	39	67	32	35	134	38	97	69	39	30	70	30	40
2000	140	42	98	92	36	56	59	27	32	101	41	60	83	37	46	95	36	59
2001	128	53	75	92	33	59	66	33	34	110	42	68	133	41	92	84	29	55
2002	122	46	77	78	37	41	58	31	27	93	38	56	90	44	47	94	38	56
2003	147	45	102	84	35	49	61	26	35	120	49	71	72	34	38	83	30	53
2004	70	41	29	41	26	15	44	24	20	68	35	33	56	38	18	39	23	16
2005	73	40	33	48	32	16	50	24	26	66	29	37	52	29	23	53	33	20
2006	103	39	65	56	30	26	55	29	26	95	40	55	55	33	22	48	31	17
2007	115	37	79	55	29	26	73	35	38	108	31	77	51	33	18	48	27	22
2008	86	33	54	45	26	19	63	35	28	87	37	50	43	30	14	55	31	24
2009	91	32	59	56	29	27	67	28	39	106	41	65	49	29	20	49	27	23
2010	115	31	84	64	28	36	73	27	46	122	42	80	54	33	22	65	27	38
2011	95	37	59	69	33	36	77	33	44	90	43	47	52	28	24	63	29	35
2012	87	36	51	54	29	25	99	36	63	74	39	35	43	29	15	59	29	30
2013	121	43	78	57	25	32	74	25	49	92	42	50	39	28	11	82	27	56

11.3 Jahrringchronologien nach dem Alter

Im Folgenden werde die Jahrringchronologien des Früh- des Spätholzes und des Gesamtjahrrings dargestellt

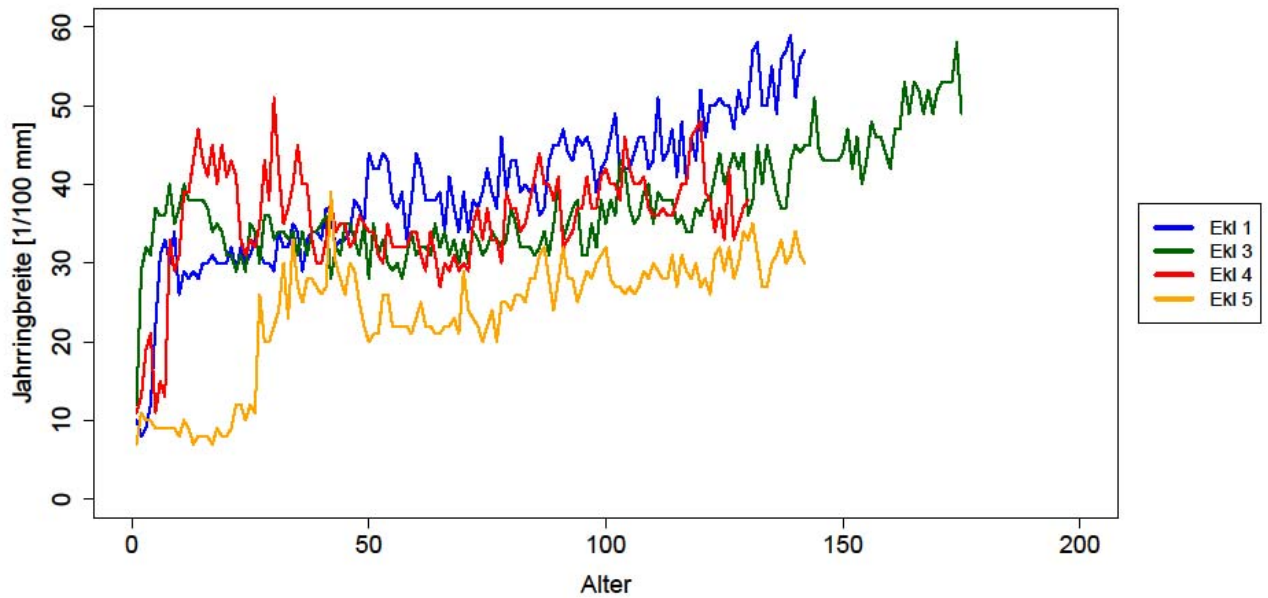


Abb. 1 Anhang: Frühholzchronologien nach dem Alter

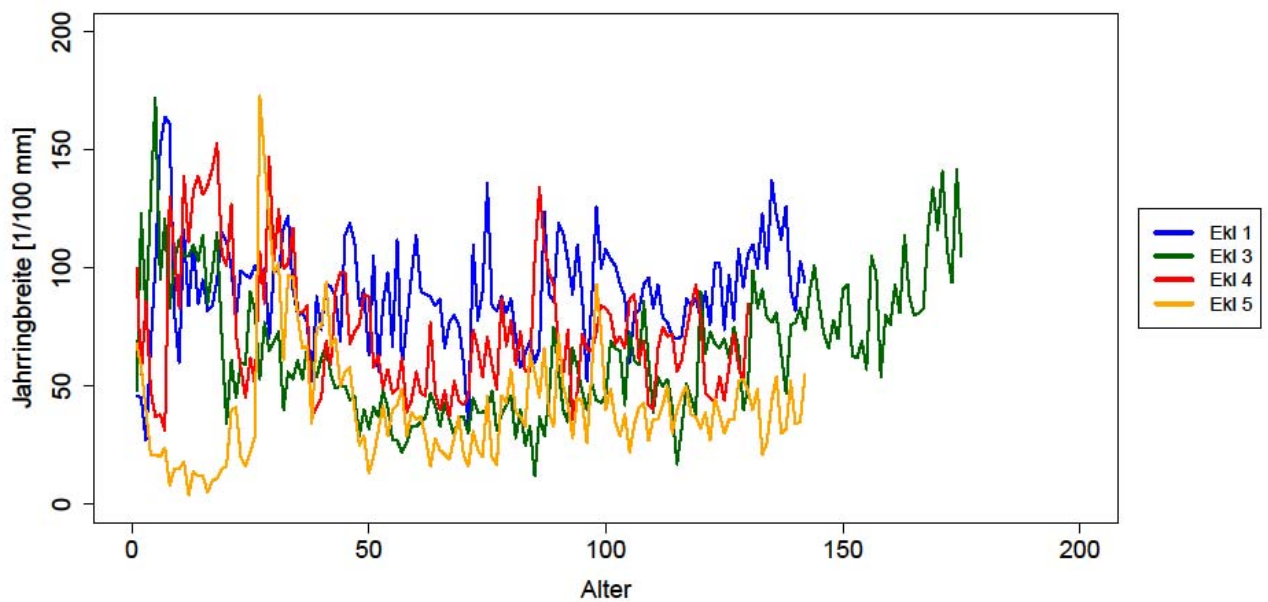


Abb. 2 Anhang: Spätholzchronologien nach dem Alter

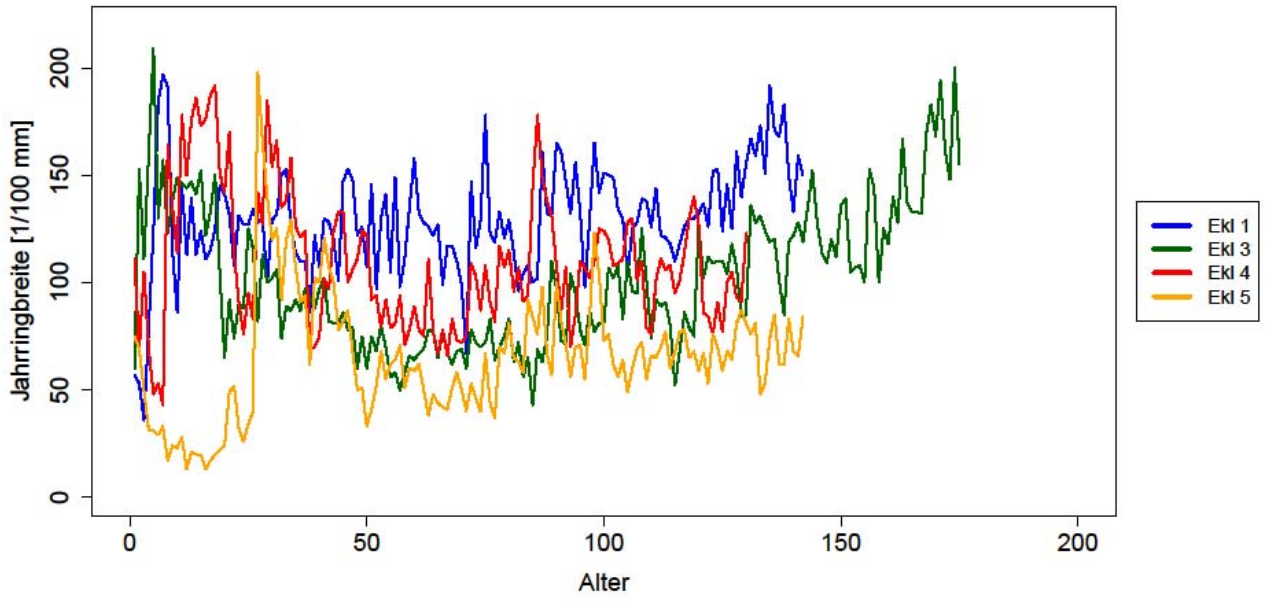


Abb. 3 Anhang: Gesamtjahrringchronologien nach dem Alter