© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **95/2**, S. 1 - 25, Freiburg 2005

Dendrologische und ökologische Untersuchungen an Buxus sempervirens im Buchswald bei Grenzach

Michael Anstett & Arno Bogenrieder

Stichwörter

Naturschutzgebiet Buchswald, Buxus sempervirens, Jahrringkurven 1971-2000, Vergleich mit Eiche und Buche, Weiserjahre, Korrelation mit Klimadaten

Zusammenfassung

Im Buchswald bei Grenzach (in der Nähe von Basel) steht der Buchsbaum (Buxus sempervirens) an der Nordgrenze seiner Verbreitung. Er besitzt eine große standörtliche Breite und wächst als dicht geschlossenes Unterholz in allen Waldgesellschaften, mit Ausnahme der bodensauren Eichen-Buchenwälder der Hochfläche. Morphologische, ökologische und dendrologische Untersuchungen in drei standörtlich und räumlich benachbarten Waldgesellschaften, nämlich Buchenwald, Eichen-Hainbuchenwald und Flaumeichenwald, zeigten eine deutliche Abhängigkeit des Buchsbaums vom Wasserangebot des Standorts. Die für die Jahre 1970 bis 2000 erstellten Jahrringkurven für die drei Standorte ergaben sehr unterschiedliche Jahrringbreiten, haben aber dennoch ein hohes Maß an Gleichläufigkeiten untereinander und auch zu den herrschenden Arten der Baumschicht (Buche und Eiche) aufzuweisen. Die Auswirkungen der Klimabedingungen des aktuellen Jahres auf den Zuwachs des Folgejahrs sind sehr gering.

Die positiven Weiserjahre des Buchsbaums sind korreliert mit Jahren mit hohen Niederschlägen im Frühjahr und im Sommer, wobei vor allem den besonders ergiebigen Niederschlägen (> 5 mm) eine große Bedeutung zukommt. Festzustellen ist auch ein Zusammen-

Anschrift der Verf.: M. Anstett, Prof. Dr. A. Bogenrieder
Institut für Biologie II / Abteilung Geobotanik
Schänzlestr. 1, D-79104 Freiburg

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

hang mit der Anzahl von Stunden über einem Schwellenwert von 12 °C, dies gilt allerdings nicht für die Buchsbestände im ohnehin wärmebegünstigten Flaumeichenwald. Besonders lufttrockene Sommermonate sind hingegen beim Buchsbaum korreliert mit geringeren Jahrringbreiten.

Abgesehen vom sehr trockenen Flaumeichenwald zeigt beim Buchsbaum die mittlere Jahrringbreite im Untersuchungszeitraum 1971 – 2000 eine deutlich steigende Tendenz. Dies steht im Gegensatz zu den Verhältnissen bei den Buchen und Eichen der Baumschicht, bei denen die mittleren Jahrringbreiten etwa seit Mitte der achtziger Jahre zurückgehen.

Dendrological and ecological examinations about Buxus sempervirens in a boxforest near Grenzach (close to Basel)

Key Words

Buxus sempervirens, tree-ring series 1971 – 2000, comparison with beech and oak, pointer years, correlation with climate.

Abstract

In the "Boxforest" in Grenzach-Whylen (near Basel, Switzerland) reaches box (Buxus sempervirens) the northern edge of its geographic range. Here grows box in a wide range of habitat as a dense growing canopy shrub reaching all forest communities but the oak-beech forest which grows on the acid soils of a high plateau.

Morphological, ecological and dendrological examinations in three neightbouring forest communities (beech forest dominated by Fagus sylvatica; oak-linden forest dominated by Quercus petraea; oak forest dominated by Quercus pubescens) each featuring different soil depths and water supply showed clearly that the box reacts to the status of an increasing water shortage.

Time series of tree-ring widths of B. sempervires between 1971 and 2000 show for the 3 different forest communities very different tree-ring widths. Nevertheless they are showing a high "Gleichläufigkeit" (that means a high level of correlation) within each other and with the tree-ring series of the dominating species of the tree stratum (F. sylvatica and Q. petraea). There is not a significant influence of the climate of a given year to the tree-ring growth in the following year.

The positive pointer years of B. sempervirens are correlated with years featuring high precipitation during spring and summer, whereas the strong precipitation events (>5 mm) have a major impact. There is also a correlation with the sum of hours of temperatures

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

above a threshold of 12 °C. An exception is the tree-ring series of B. sempervirens in the oak forest, which is anyway warmer.

Narrow tree-ring widths from B. sempervirens are correlated with months with an unusually low relative humidity. Apart from the very dry oak forest with Q. pubescens the time series of the mean year-ring width of B. sempervirens show a rising gradient during the period 1971-2000. This is the opposite gradient compared with the tree-ring series of the oaks and beeches of the tree stratum. The tree-ring width of the latter are decreasing since the mid eighties.

1. Einleitung

Der vorwiegend südeuropäisch-westasiatisch verbreitete Buchsbaum (Buxus sempervirens L.) erreicht in Deutschland die Nordgrenze seines Areals. Umso erstaunlicher erscheint es deshalb, dass er hier, von einigen zerstreuten Einzelvorkommen im Moseltal einmal abgesehen, noch einmal in einem sehr großen Bestand auftritt, dem etwa 100 ha umfassenden „Buchswald" zwischen Grenzach und Wyhlen, in der äußersten Südwestecke des deutschen Gebiets.

Die Ausnahmestellung dieses Vorkommens relativiert sich zwar etwas, wenn man auch die nächstliegenden Vorkommen im Schweizer Jura und im Sundgau ins Auge fasst, und wenn man außerdem bedenkt, dass sich gewisse Zweifel am Indigenat des Buchsbaums in den weit nach Norden vorgeschobenen Teilarealen wohl nicht endgültig ausräumen lassen (vergl. HOCKENJOS 1997). Trotzdem kommt dem Buchsbestand zwischen Grenzach und Whylen floristisch und arealkundlich eine unbestreitbare Sonderstellung zu, die bereits früh erkannt wurde (KLEIN 1908, SCHLATTERER 1912, 1913) und schon bald zu ersten Bemühungen zum gesetzlichen Schutz dieses für Deutschland tatsächlich einmaligen Bestandes führten. Diese mündeten schließlich 1939 in eine Verordnung für das Naturschutzgebiet „Buchswald" Es wurde damit zwar nicht, wie ursprünglich geplant, das erste Naturschutzgebiet für das Land Baden (die Verordnung für das Naturschutzgebiet Feldberg war bereits 1937 in Kraft getreten), aber es gehört doch zu den ersten.

Als 9. Band der Reihe „Die Naturschutzgebiete Baden-Württembergs" erschien 1979 eine umfassende Monographie des Gebietes unter dem Titel „Der Buchswald bei Grenzach" (Landesanstalt für Umweltschutz 1979). Darin findet sich eine gründliche pflanzensoziologische Untersuchung des Gebiets von HÜGIN (1979), samt einer Vegetationskarte im Maßstab 1:5000. Diese Bearbeitung bildete die Grundlage für unsere Fragestellung und die Auswahl der Probeflächen.

Der Buchsbaum tritt im Untersuchungsgebiet mit hoher Deckung in allen Waldgesellschaften auf, mit Ausnahme der bodensauren Eichen-Buchen-Wälder der Hochfläche. Wuchshöhe, Deckung und Vitalität des hier in der Regel in strauchiger Wuchsform auftretenden Buchsbaums sind in den verschiedenen Waldgesellschaften recht unterschiedlich und sie werden in deutlicher Weise von der Beschattung durch die höhere Baumschicht und vom Wasserangebot des Standorts beeinflusst. Recht hoch ist das Lichtangebot im Flaumeichenwald (Deckung der Baumschicht ca. 70 %), gering dagegen im Buchenwald (Deckung der Baumschicht ca. 90 %). Genau umgekehrt verhält es sich mit dem Wasserangebot.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Der Buchenwald wächst in der Regel auf tiefgründigen gut durchwurzelbaren Kalkschuttböden (Wurzeltiefe bis 1 m), dagegen finden sich die wenigen Flaumeichenbestände auf äußerst trockenen und flachgründigen Standorten (Wurzeltiefe bis 25 cm) über anstehendem Hartkalk (HÜGIN 1979). Vermittelnd zwischen beiden (die übrigen Waldgesellschaften werden hier nicht berücksichtigt) steht der Eichen-Lindenwald.

Im Flaumeichenwald wächst der Buchsbaum ausschließlich strauchartig und erreicht nur geringe Stammdurchmesser und Wuchshöhen. Beurteilt man die Situation nach den in besonders niederschlagsarmen Sommern nicht selten zu beobachtenden Trockenschäden am Buchsbaum, dann steht die Pflanze im Flaumeichenwald an der Grenze ihrer ökologischen Möglichkeiten.

Ein gutes Maß für Vitalität und Produktivität eines Gehölzes ist der jährliche Zuwachs, der seinerseits eng mit der Jahrringbreite korreliert ist (SCHWEINGRUBER 1996). Die Breite der Jahrringe des Buchsbaums auf unterschiedlichen Standorten ist deshalb als ein Indikator der Standortgunst verwendbar, der alle relevante Faktoren, zum Beispiel unterschiedliche Interzeptionsverluste, Licht- und Wurzelkonkurrenz in sich vereinigt. Andererseits sollte der Vergleich der Jahrringkurven des Buchsbaums mit den Jahrringkurven der überschirmenden Bäume und ihre Korrelation mit Klimadaten erste Informationen liefern über die Abhängigkeit des Buchsbaums von Faktoren des Makroklimas und deren Beeinflussung durch die Konkurrenten in der höheren Baumschicht.

Eine Dendrologie für den Buchsbaum im Bereich seiner nördlichen Arealgrenze existiert bisher nicht. Die alten, lange nicht mehr auf den Stock gesetzten und unter sehr verschiedenen standörtlichen Bedingungen wachsenden Sträucher des Buchswaldes boten dazu eine gute Voraussetzung. Es ist aber unübersehbar, dass es in der Zukunft ohne pflegende Eingriffe in den Buchsbestand kaum gelingen wird, die vom Buchs eroberten Waldgesellschaften als Ganzes zu erhalten. Früher waren die Bestände durch die teilweise niederwaldartige Bewirtschaftung und durch die in großem Umfang betriebene Entnahme der Buchstriebe als Zierreis zumindest zeitweise lichtoffen und boten den Bäumen Möglichkeiten der Verjüngung. Mit dem 1936 erlassenen Verbot der gewerblichen Entnahme von Buchszweigen (Ausnahmen waren zunächst möglich) haben die Buchsbestände überall eine so hohe Deckung ausgebildet, dass heute eine Verjüngung der eigentlichen Waldbäume über Sämlinge unmöglich erscheint. Langfristig könnten sich die vom Buchs lediglich als Unterholz eroberten Waldgesellschaften mit dem natürlichen Abgang der überalterten Waldbäume in reine Buchsheiden verwandeln, was besonders im Hinblick auf die seltenen und arealkundlich bedeutsamen Flaumeichenwälder sehr zu bedauern wäre. Möchte man dies verhindern, so kann dies vermutlich nur durch gezielte Eingriffe in den Buchsbestand geschehen. Diese bereits von HÜGIN (1979) erhobene Forderung wird gestützt von BENDAGHA et al. (2004), die für den Flaumeichenwald bei Tagolsheim (Sundgau) zu einem ähnlichen Ergebnis kamen.

Die Fragestellung unserer im Jahr 2001 durchgeführten und in wenigen Punkten im Jahr 2004 ergänzten Untersuchung kann wie folgt umrissen werden:

Wie ändert sich die ökologische Situation des Buchsbaums entlang eines standörtlichen Gradienten vom Buchenwald zum Flaumeichenwald?

- Schlagen sich die Standortsunterschiede in den Jahrringkurven nieder und wie verhalten sich im Vergleich dazu die überschirmenden Waldbäume?

-Lassen sich beim Vergleich mit Klimakurven Gleichläufigkeiten feststellen, die Rückschlüsse auf zuwachsrelevante Faktoren erlauben?

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

2. Material und Methoden

2.1 Die Untersuchungsflächen

Westlich des Rötelsteinfelsens wurde auf einem von Ost nach West verlaufenden Transsekt, der sich von dem mäßig trockenen Standort des Buchenwaldes (Typische Ausbildung) über trockenen Eichen-Lindenwald (Ausbildung mit Mehlbeere) bis in den sehr trockenen Flaumeichenwald erstreckt, jeweils eine Probefläche von 70 x 70 m in den genannten Waldgesellschaften ausgewählt. Die Fläche sollte möglichst homogen sein und keine Anzeichen einer Störung oder eines jüngeren Eingriffs aufweisen. Angaben zur Lage der Probeflächen und eine knappe Beschreibung enthält Tabelle 1.

Außer dem Buchsbaum (hier aber mit strauchartiger Wuchsform) gibt es auf den drei Flächen keine gemeinsame Baumart. Allerdings greift die Buche gerade noch auf den standörtlich vermittelnden Eichen-Lindenwald über, der ansonsten von der Trauben-Eiche beherrscht wird. Nur hier überlappen sich also alle drei untersuchten Baumarten.

Mit der Annäherung an die sehr trockenen Bestände fallen zunächst die Buchen vollends aus und die Eichen tragen, vor allem bezüglich der Blattform und der Behaarung, zunehmend Merkmale der Flaum-Eiche (Quercus pubescens). Diesen Hybridschwarm aufzulösen und einwandfreie Exemplare beider Arten für die Untersuchung auszulesen erwies sich als unmöglich. Wir haben deshalb den gesamten Komplex von Trauben-Eiche, Flaum-Eiche und deren Hybriden unter der Bezeichnung „Eiche“ zusammengefasst. Dies gilt vor allem für die Probefläche im Flaumeichenwald, mit Einschränkung aber auch für die Fläche im Eichen-Lindenwald, weil auch hier ein gewisses Maß an Introgression nicht auszuschließen ist.

2.2 Wasserpotential

Ausgehend von den Erfahrungen bei ähnlichen Untersuchungen in der Trockenaue des Rheines südlich von Breisach (BOGENRIEDER & FRISCH 2000) erwarteten wir auch beim Buchsbaum im Lauf der Vegetationsperiode eine zunehmende Anspannung des Wasserhaushalts. Dieser Abfall des Wasserpotentials sollte entsprechend der stark voneinander abweichenden Wasserspeicherkapazität der Böden unterschiedlich verlaufen und damit eine ökophysiologische Messgröße zur Charakterisierung der Standorte liefern.

Die Messung des Wasserpotentials erfolgte am Standort mit der Druckkammermethode nach Scholander; technische und methodische Details zu diesem Verfahren findet man z.B. in WILLERT et al. (1995). Aus organisatorischen Gründen war eine Messung vor Sonnenaufgang (Predawn-Potential, vergl. RITCHIE & HINCKLEY 1975) nicht möglich, so dass das noch nicht von Einstrahlung und beginnender Transpiration beeinflusste Ruhepotential nicht zur Verfügung steht. Die Messungen wurden jedoch jeweils noch am Vormittag abgeschlossen und sie wurden an jedem Messtag in anderen Reihenfolgen durchgeführt, um keinen Trend zu erzeugen. Verwendet wurden jeweils 10 Zweige von verschiedenen Individuen des Buchsbaums aus der Peripherie der Krone. Der Druckanstieg in der Messkammer betrug maximal 200 hPa/sec.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Tab. 1 Beschreibung der Probeflächen. Bodendaten aus HÜGIN (1979)

	Buchenwald	Eichen-Lindenwald	Flaumeichenwald
Geographische Koordinaten	N 47° 33′ 14,5′′ E 07° 40′ 41,8′′	N 47° 33′ 15,7′′ E 07° 40′′32,1	N 47° 39′ 16,3′′ E 07° 40′ 26,6′′
Höhe über NN (Mittel)	380 m	402 m	410 m
Exposition	140-160° (SSE)	180-195° (S-SSW)	185-230° (S-SW)
Neigung	24°-33°	34°-39°	41°-48°
Geologische Unterlage	Kalkblockschutt und Kalkschutt	Kalkschutt	Anstehender Hartkalk mit Kalkschutt
Oberboden	Auflage: 5-10 cm Buchenlaubstreu, davon 2-3 cm in Zersetzung; darunter humoser, formbarer Mull+Regenwurmlosung mit Kalkschutt < 5 cm Durchmesser	Auflage: 5 cm unzersetzter Bestandesabfall, eine Moderschicht fehlt; darunter fein bis mittelkrümeliger Mull mit Kalkschutt < 5 cm	Auflage: bis zu 10 cm unzersetzte Pflanzenteile (vorwiegend Eichenlaub) ; darunter 1cm modriges Material; dann lehmarmer Mull bis mullartiger Kalkmoder+ Kleintierlosung
Drainage	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut
Durchwurzelungstiefe	Bis 96 cm	Bis 70 cm	Bis 25 cm
Arten der Baumschicht: Herrschende Art und Deckungsgrad (%)	Fagus sylvatica (90)	Quercus petraea(70) Tilia cordata (10) Fagus sylvatica (10)	Quercus pubescens und Quercus pub. x petraea (65) Sorbus aria (10)
Strauchschicht: Herrschende Art und Dekkungsgrad (%)	Buxus sempervirens (60 – 70)	Buxus sempervirens (80 – 95)	Buxus sempervirens (95 – 99)
Bestandeshöhe Baumschicht: Buxus sempervirens:	 23 – 30 m 4,5 –7,5 m	 14 – 18 m 3,0 – 5,0 m	 5 – 13 m 1,5 – 2,5 m
Mittlerer Stammdurchmesser von B. sempervirens	5,4 cm ± 0,36	4,1 cm ± 0,18	2,9 cm ± 0,24

2.3 Morphologische und dendrologische Daten

2.3.1 Blattgröße und Stomadichte

Die Morphologie des Blattes von Buxus sempervirens ist, abhängig vom Standort, ziemlich unterschiedlich. Sie wird beeinflusst von der Beschaffenheit der Baumschicht, aber auch vom Wasserangebot des Standorts. Bei günstigen Verhältnissen bilden sich relativ schlanke Blätter; ihre Form verschiebt sich bei weniger günstigen Bedingungen zu einer gedrungenen Form, gleichzeitig steigt mit zunehmender Trockenheit des Standorts die Dicke des Blattes merklich an.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Um diesen visuellen Eindruck zu belegen, wurden Blattlänge, Blattbreite und, am mikroskopischen Schnitt, die Blattdicke bestimmt. Da auch zwischen den einzelnen Jahren deutlich Unterschiede in der Blattform auftreten können, wurden lediglich die 3 jüngsten Blattjahrgänge (1999-2001) verwendet, weil sie recht homogen erschienen und auch noch vollzählig vorhanden waren.

Die Bestimmung des Trockengewichts erfolgte nach Trocknung der Blätter bei 75 °C.

Die Ermittlung der Stomadichte erfolgte durch Auszählung der Stomata im festgelegten mikroskopischen Bildausschnitt bei 400facher Vergrößerung. Nach HEGI (1975) ist die Verteilung der Stomata auf der Blattunterseite nicht gleichmäßig, sondern gehäuft an der Blattspitze und an der Blattbasis. Dies ließ sich an unserem Material nicht bestätigen. Wir wählten deshalb jeweils zwei Ausschnitte beim 1. Drittel und beim 2. Drittel der Blattlänge.

2.3.2 Altersbestimmung und mittlerer Jahreszuwachs

Zur dendrologischen Analyse des Buchsbaumholzes wurden Stammscheiben aus 50-70 cm Stammhöhe verwendet. Wegen der außerordentlichen Härte des Holzes und der schwierigen Erkennbarkeit der Jahresringe erweisen sich im Falle des Buchsbaumes Bohrkerne als nicht praktikabel. Für den Vergleich mit Eiche und Buche konnten dagegen Bohrkerne der genannten Baumarten verwendet werden. Durch die gewählte Entnahmehöhe muss das Fehlen der Jungendjahrgänge in Kauf genommen werden, andererseits steigt mit der Annäherung an die Stammbasis die Möglichkeit des Ausfalls einzelner Jahrgänge (COOK & KAIRIUKSTIS 1990). Allerdings reagiert im Bereich der Stammbasis die Jahrringbildung besonders sensitiv auf Klimaeinflüsse. Die gewählte Stammhöhe erschien geeignet, bei ausreichender Klimasensitivität das Risiko fehlender oder auskeilender Jahresringe zu minimieren.

Buche und Buchsbaum besitzen zerstreutporiges Holz, bei dem Frühholz und Spätholz nur schlecht, bei immergrünen Arten wie Buxus sempervirens sogar nur sehr schlecht zu erkennen sind. Diverse Färbemethoden, wie bei ISELI & SCHWEINGRUBER (1989) für solche Fälle angegeben, erwiesen sich beim Holz des Buchsbaumes als unzureichend. Erfolgreich war schließlich die Behandlung der fein geschliffenen Querschnittsfläche mit gemörserter Schreibkreide in Form eines Kreide-Wasser-Gemisches. Nach einer Minute Einwirkung wurde dieses Gemisch abgewischt, anschließend die Querschnittsfläche nach vollständiger Trocknung mit einem Baumwolltuch poliert und schließlich mit Druckluft abgeblasen. Durch dieses Vorgehen traten die Jahresringe am Ende so deutlich hervor, dass sie mit der halbautomatischen Jahrringmeßanlage „Lintab“ vermessen werden konnten. Ein ähnliches, wenn auch nicht ganz so aufwendiges Verfahren wurde auch bei den auf Brettchen geleimten und mit einem Messer waagrecht aufgeschnittenen Bohrkernen der Buche angewendet.

Zur Altersbestimmung der Buchsbaumsstämmchen wurden die Jahresringe mit einem Binokular ausgezählt. Wegen der extrem schlechten Jahrringausbildung im inneren Stammbereich und der unbekannten Zahl fehlender Jungendjahre ist hier eine Unsicherheit von etwa 6 Jahren für das tatsächliche Alter des Stämmchens einzuräumen. Bei der Berechnung des mittleren jährlichen Dickenwachstums muss die geometrische Form des Querschnitts und die in der Regel dezentrale Lage der Stammmitte berücksichtigt werden. Um zu einem mittleren Radius zu gelangen wurde die Querschnittsfläche planimetriert und dann der Radius des flächengleichen Kreises errechnet. Daraus ergibt sich bei bekanntem, dendrologisch bestimmtem Alter der mittlere Jahreszuwachs.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

2.3.3 Erstellung von Jahrringkurven und Bestandsmittelkurven.

Bei den Stammscheiben von Buxus sempervirens wurden jeweils 3 Radien im Winkel von etwa 120 °C ausgewertet, um möglichst repräsentative Daten zu erhalten und auskeilende Jahrringe und andere Wachstumsanomalien erkennen und ausschließen zu können. In der Regel liegt bei dieser Vorgehensweise einer der Radien im Reaktionsholz, das bei mehrtriebigen, strauchartig wachsenden Exemplaren häufig auf der strauchabgewandten Seite des Stämmchens ausgebildet ist. Da diese Radien im Reaktionsholz keine Anomalien in der Jahrringabfolge im Vergleich mit den beiden anderen Radien aufweisen, wurden sie in die Auswertung miteinbezogen.

Die Jahrringbreite wurde immer senkrecht zur Jahrringgrenze des Vorjahres gemessen, also nicht als „Radialzuwachs", bei dem die Breitenmessung entlang eines festen Radius ohne Berücksichtigung des Schnittwinkels der Jahrringe erfolgt.

Die in der Jahrringmeßanlage unter dem Binokular festgelegten Jahrringgrenzen wurden im Zeitreihenprogramm „Tsap" weiterverarbeitet und anhand von auffallend schmalen oder breiten Jahresringen (sog. Weiserjahren) zeitlich synchronisiert. Bei diesem „cross-dating" (SCHWEINGRUBER, 1983) konnten auskeilende Jahrringe erkannt und berücksichtigt werden. Von den Mittelwertkurven der einzelnen Bäume einer Probefläche wurde dann unter erneuter cross-dating-Kontrolle die Bestandesmittelwertkurve jeder Probefläche gebildet. Jeder Mittelwertkurve liegen mindestens 12 Stammscheiben zugrunde. Wegen der nach innen stark zunehmenden Meßunsicherheit und der beschränkten Erlaubnis zur Entnahme von Probematerial wurde die Jahrringkurve auf die Jahre ab 1971 beschränkt. Es bleibt abzuwarten, ob bei einer später vielleicht einmal erfolgenden Entbuschungsaktion genügend auswertbares Material für eine Fortsetzung der Kurve bis in die Vorkriegsjahre anfällt.

Die zum Vergleich herangezogenen Bestandesmittelkurven von Rotbuche und Eiche wurden in entsprechender Weise mit Hilfe von Bohrkernen erstellt. Sie stammen von jeweils 10 Baumindividuen der oberen Baumschicht (im Buchenwald waren nur 8 geeignete Bäume auf der Probefläche zu finden).

Die gewonnenen Jahrringkurven aller drei Baumarten wurden mit Gleichläufigkeits- und Kreuzkorrelationstests auf Homogenität und Autokorrelation (SCHWEINGRUBER, 1983) geprüft. Das Ergebnis der Autokorrelationsanalyse deutet auf einen relativ geringen Einfluss der Wuchsbedingungen des Vorjahres auf die Jahrringbreite des Folgejahres hin. Deshalb wurde bei der Auswertung als Ähnlichkeitsmaß der Bestandesmittelkurven untereinander und gegenüber den Klimazeitreihen nur die Gleichläufigkeit als Testgröße verwendet.

2.3.4 Ermittlung von Weiserjahren

In Anlehnung an BONN (1998) und SCHWEINGRUBER (1983) haben wir zum einen über einen Schwellenwerttest jene Jahre in der Bestandesmittelkurve als Weiserjahre ausgewiesen, die einen bestimmten Zuwachsgrenzwert in positiver oder negativer Richtung überschreiten. Für jede Bestandesmittelkurve wurden die 5 Einzeljahre ausgesucht, die synchron die größte Abnahme oder Zunahme des Wachstums erkennen lassen. Außerdem mußten 80 % der Einzelbäume eines Bestandes in diesem Jahr einen signifikant gleichläufigen Intervalltrend aufweisen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

2.4 Klimadaten

Zur Korrelation mit den Jahrringkurven wurden die Klimadaten der Station Basel-Binningen verwendet. Diese Station liegt etwa 10 km von unseren Untersuchungsflächen entfernt und ist wegen der Hauptwindrichtung SW-W und ihrer freien Lage oberhalb des Rheinniveaus und dem damit einhergehenden Kaltluftabfluß klimatisch mit unserem Gebiet gut zu vergleichen. Die von uns im Untersuchungsgebiet, aber außerhalb des Bestandes gemessene Niederschlagsmenge vom 11. April bis zum 29. September 2001 betrug 504 mm; die Niederschlagswerte für Basel-Binningen für den gleichen Zeitraum betrugen insgesamt 512 mm. Diese gute Übereinstimmung macht deutlich, dass zumindest die Niederschlagsmengen von Basel-Binningen für unser Gebiet als repräsentativ gelten können.

Der Buchsbaum ist auf unseren Untersuchungsflächen einem eigenen, vom regionalen Klima abweichenden Lokal- bzw. Bestandesklima ausgesetzt. Dies gilt wegen der Interzeptionsverluste der überdachenden Kronenschicht vor allem für die Niederschläge und die Relative Luftfeuchte, wegen abweichender Exposition und Inklination aber auch für die Temperaturen – und zwar jeweils gegenüber der Station Basel-Binningen, als auch beim Vergleich der Flächen untereinander.

Um diese lokale Abweichung des Klimas von den uns zur Verfügung stehenden langjährigen Klimaaufzeichnungen der Station Basel-Binningen einigermaßen abschätzen zu können, haben wir vom 11. April bis 29. September 2001 oberhalb der Buchsbaumbestände und am Boden mit insgesamt je 8 Niederschlagsmessern den Bestandesniederschlag bestimmt. Am 15. August wurden alle Regenmesser innerhalb des Bestandes umgesetzt, um auf diese Weise repräsentativere Gesamtwerte zu erhalten. Die regelmäßige Behandlung der Trichter mit einem hydrophob wirkenden Spray und kegelförmige Einsätze in den Trichterstutzen sollten die Rückverdunstung so weit wie möglich unterbinden.

Temperatur und Feuchte wurden auf den drei Probeflächen nicht durchgehend aufgezeichnet, sondern lediglich stichprobenartig in je einer Woche im Juni, Juli und August. Diese Daten liefern einen Eindruck vom unterschiedlichen Lokalklima der drei Probeflächen und vom Ausmaß der Abweichung von dem in Basel-Binningen registrierten Regionalklima. Zur Aufzeichnung wurden Datalogger verwendet, die strahlungsgeschützt in 2 m Höhe über dem Boden aufgebaut worden waren.

3. Ergebnisse

3.1 Daten zum Mikroklima

Tabelle 2 zeigt die Mittelwerte für Temperatur und Feuchtigkeit für die drei Waldgesellschaften und den Vergleich mit der Klimastation Basel-Binningen für 3 Meßwochen in der Vegetationsperiode des Jahres 2001.

Es ist erkennbar, dass die Werte für Temperatur und Luftfeuchte nicht sehr stark voneinander abweichen. Erstaunlich ist der geringe Unterschied zwischen dem lichtoffenen und exponierten Flaumeichenwald und den beiden anderen Waldstandorten. Die genauere Analyse der Aufzeichnungen ergibt allerdings, dass die wesentlich stärkere Tageserwärmung an dieser Stelle durch eine verstärkte nächtliche Abstrahlung weitgehend ausgeglichen wird.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Tab. 2 Temperatur und Luftfeuchte (Bestandesklima) im Vergleich zu den Klimadaten der Wetterstation Basel-Binningen (Wochenmittelwerte)

	09. – 15.06		23. – 31.07.		01. – 07.08	
	Temperatur	rel. Feuchte	Temperatur	rel. Feuchte	Temperatur	rel. Feuchte
Buchenwald			21,0	73,9%	20,0	**90,3%**
Eichen-Lindenwald	15,7	83,4%	21,1	71,3%	20,2	**87,4%**
Flaumeichenwald	16,4	84,4%	21,9	84,9%	20,6	82,6%
Wetterstation Basel-Binningen	14,0	71,1%	22,3	65,3%	20,4	71,1%

Die Interzeptionsverluste durch das Laubdach und die Strauchschicht auf den drei Probeflächen und die verbleibende, den Boden erreichende Niederschlagsmenge zeigt Abb. 1. Es handelt sich hier um ein überdurchschnittlich niederschlagsreiches Jahr (vergl. auch Nachtrag für die Jahre 2001 bis 2003). Deshalb ist davon auszugehen, dass in Jahren mit normalen Sommerniederschlägen die Interzeptionsverluste prozentual höher liegen, die Niederschläge am Waldboden aber tiefer.

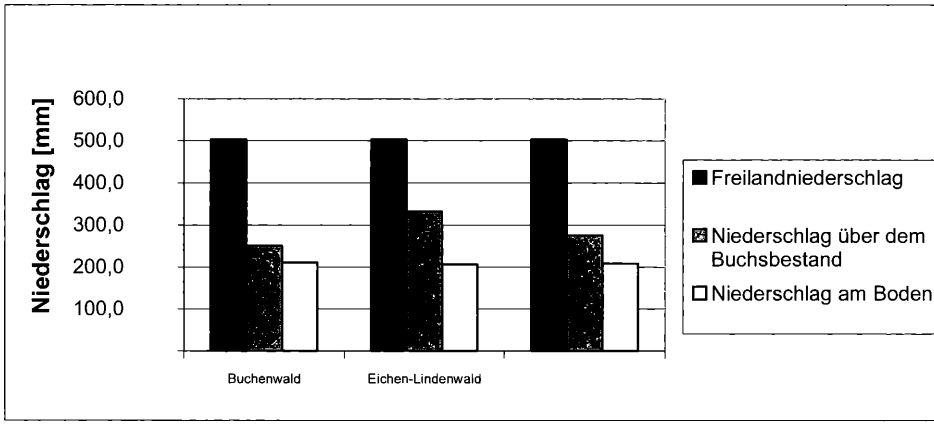


Abb. 1: Bestandesniederschlag bzw. Interzeptionsverluste während der Vegetationsperiode 2001. Die Niederschlagsmengen beziehen sich auf den Untersuchungszeitraum vom 11.4. bis 29.9.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

3.2 Das Wasserpotential

Den Abfall des Wasserpotentials im Lauf der Vegetationsperiode zeigt Abb. 2.

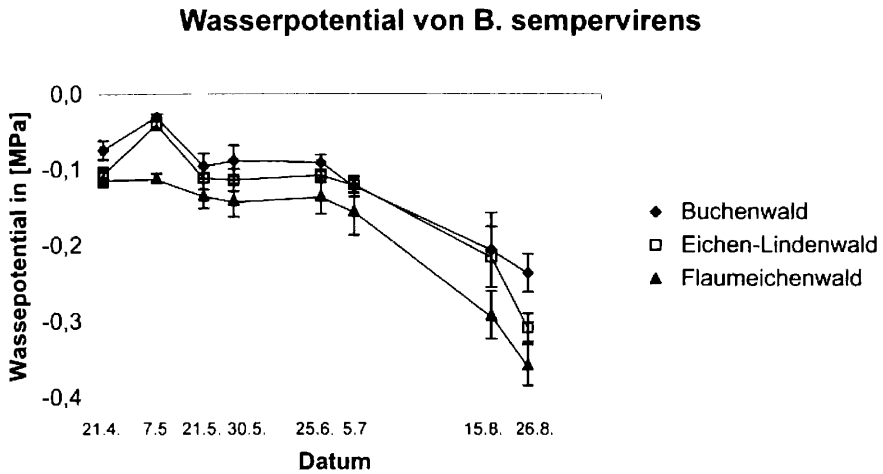


Abb. 2: Der Verlauf des Wasserpotentials auf den Probeflächen in der Vegetationsperiode 2001.

Durch die Auffüllung der Wasservorräte des Bodens im Winter ist das Wasserpotential in den Buchs-Sträuchern auf den drei Standorten am Anfang recht ähnlich. Gegen Ende der Vegetationsperiode werden aber die Unterschiede der drei Standorte trotz des niederschlagreichen Sommers sehr deutlich. Sie sind für das letzte Datum (26.08.) auch statistisch zu sichern. Blattschäden, Einrollungen oder Blattwurf waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht zu beobachten. Es ist anzunehmen, dass die am Standort des Flaumeichenwaldes im Lauf der Jahre immer wieder auftretenden Trockenschäden erst bei noch stärker negativen Werten des Wasserpotentials entstehen, wie sie im sehr niederschlagsreichen Jahr 2001 nicht erreicht wurden. Es ist trotzdem bemerkenswert, wie weit das Wasserpotential selbst in überdurchschnittlich feuchten Jahren absinken kann.

3.3 Blattgröße und Stomadichte

Abb. 3 zeigt die ermittelten Blattgrößen von Buxus sempervirens auf den drei Probeflächen.

Die größte Blattfläche findet sich im mittleren Standortbereich (Eichen-Lindenwald), wobei die Blattbreite weniger veränderlich erscheint als die Blattlänge. Sie unterscheidet sich im Eichen-Lindenwald signifikant von den beiden anderen Waldgesellschaften. Anders verhält sich die Blattdicke, die tendenziell vom frischeren zum trockeneren Standort zunimmt. Hier ist die Blattdicke im Buchenwald signifikant von den beiden anderen Standorten unterschieden.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

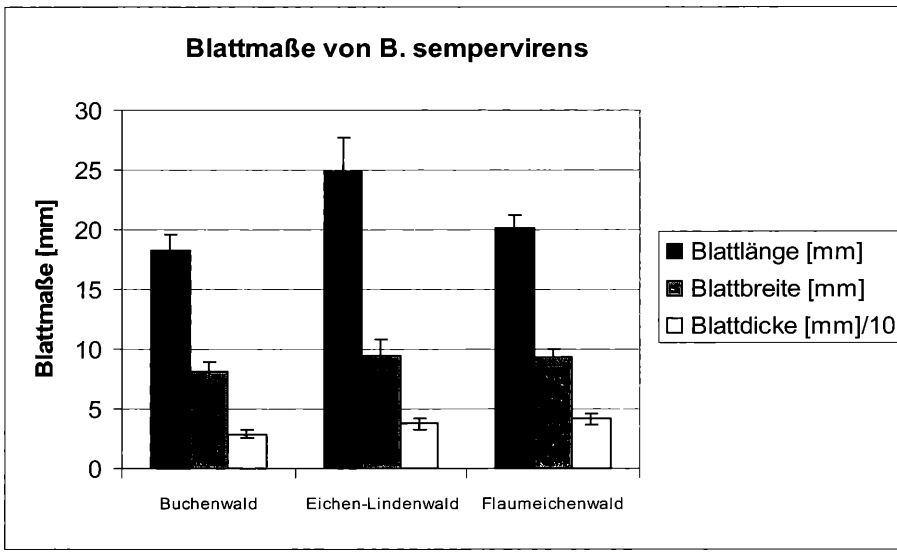


Abb. 3: Blattlänge, Blattbreite und Blattdicke von Buxus sempervirens in Abhängigkeit vom Standort.

Die Trockengewichte der Blätter und die Stomadichte weisen gegenläufige Tendenzen auf (Abb.4).

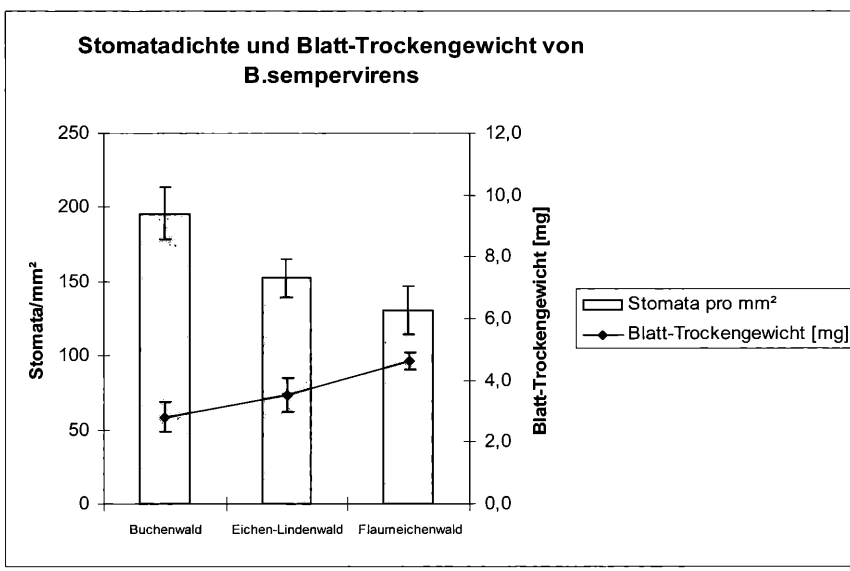


Abb. 4: Blatt-Trockengewicht und Anzahl der Stomata pro mm^2 von Buxus sempervirens auf den drei Probeflächen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

3.4 Dendrologische Untersuchungen

3.4.1 Alter, mittleres jährliches Dickenwachstum und Jahrringkurven

Das mittlere Alter der Buchsbaumstämmchen, Minimal- und Maximalalter, sowie die mittlere Jahrringbreite ergaben sich wie folgt:

	mittleres Alter	absolute Spanne	mittlere Jahrringbreite
Buchenwald	58±7,8	46 - 71	0,41 ± 0,07
Eichen-Lindenwald	67±10,4	48 - 82	0,26 ± 0,04
Flaumeichenwald	77±13,3	55 -104	0,18 ± 0,03

Es fällt auf, dass sich bei ansteigendem mittlerem Alter vor allem das Maximalalter der Stämmchen verschiebt, die jüngsten Triebe jedoch ein recht ähnliches Alter aufweisen. Die mittlere Jahrringbreite nimmt zum trockenen Flaumeichenstandort stark ab. Die mittlere Jahrringbreite beträgt hier nur noch knapp die Hälfte (44 %) der Jahrringbreite im Buchenwald.

Die durchschnittliche Jahrringbreite ist außerdem abhängig vom Alter der Achsen und sinkt mit zunehmendem Alter der gemessenen Triebe (Abb. 5).

Die Resultate zeigen, dass zumindest ein Teil der gemessenen Unterschiede der Jahrringbreite des Buchsbaums auf das unterschiedliche Durchschnittsalter der Stichproben zurückzuführen ist. Um vergleichbare Jahrringkurven der drei Standorte zu erhalten, haben wir deshalb drei Achsenkollektive mit gleichem Durchschnittsalter (70 Jahre) gebildet.

Abb. 6 zeigt die Jahresmittelkurven der Jahrringbreite und die dazugehörigen polynomischen Kurvenzüge. Im Flaumeichenwald sind die Jahrringbreiten im Zeitraum von 1971 bis 2000 fast gleich geblieben; im Eichen-Lindenwald und im Buchenwald zeigt sich dagegen ein positiver Trend.

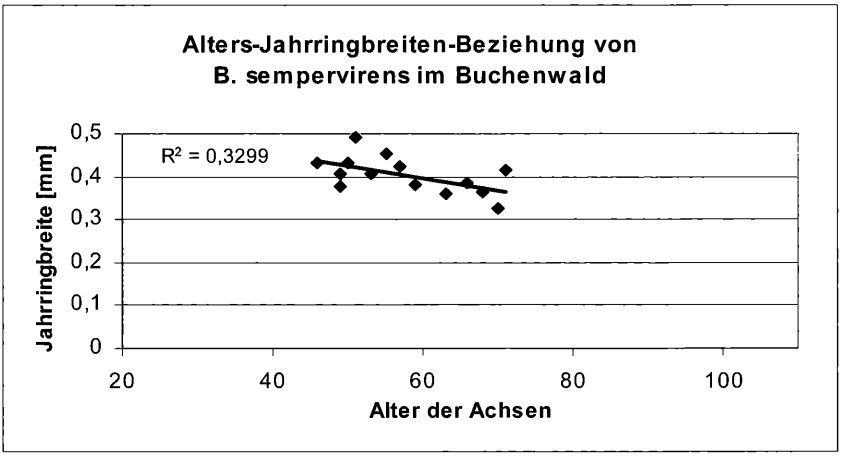
Ganz anders die Entwicklung bei Buche und Eiche (Abb. 7). Seit dem Beginn der achtziger Jahre fällt bei den Probebäumen der Versuchsflächen die mittlere Jahrringbreite. Festzustellen ist eine hohe innerartliche Gleichläufigkeit. Sie liegt bei den Buchen bei 92,9 % und bei den Eichen bei 85,7 %. Eine intraspezifische Gleichläufigkeit von 70 % gilt als hochsignifikantes Ähnlichkeitsmaß (BONN 1988). Weit über dieser Grenze mit 80 % bzw. 86 % liegen auch die Gleichläufigkeiten innerhalb der Buchsbaumbestände im Vergleich mit der standörtlich unmittelbar benachbarten Probefläche. Beim Vergleich von Buchenwald und Flaumeichenwald sinkt sie auf knapp 70 %.

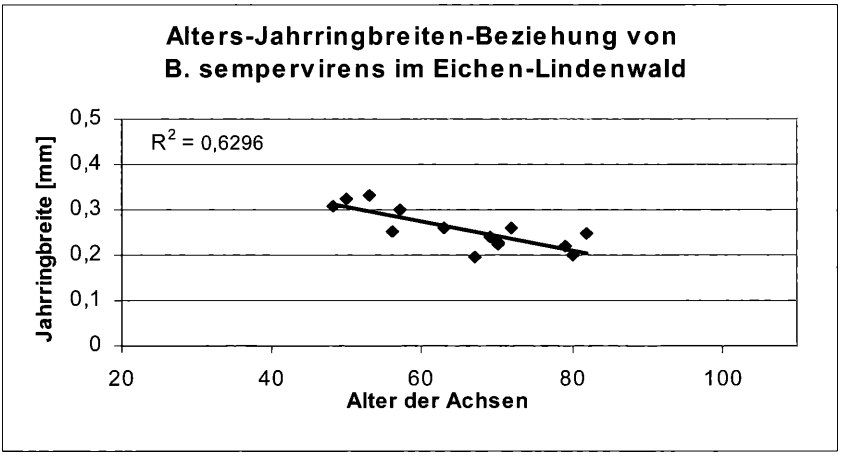
Beim Buchsbaum weisen etwa 60-80 % der Einzelkurven eine signifikante Gleichläufigkeit zur Bestandesmittelkurve auf, bei den Buchen 85-90 % und bei den Eichen 80-100 %.

3.4.2 Weiserjahre

Die sich aus den Jahrringkurven ergebenden Weiserjahre werden in der Tab. 3 nach Baumart und Standort getrennt aufgeführt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at





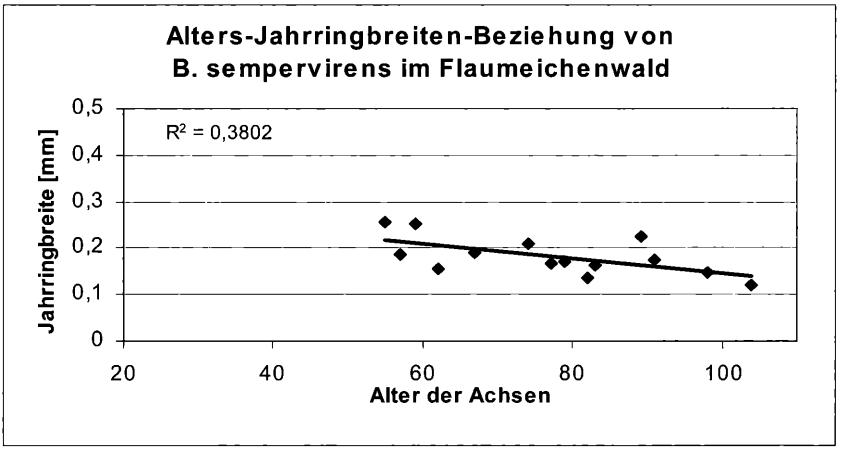


Abb. 5: Der Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Jahrringbreite und Achsenalter.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

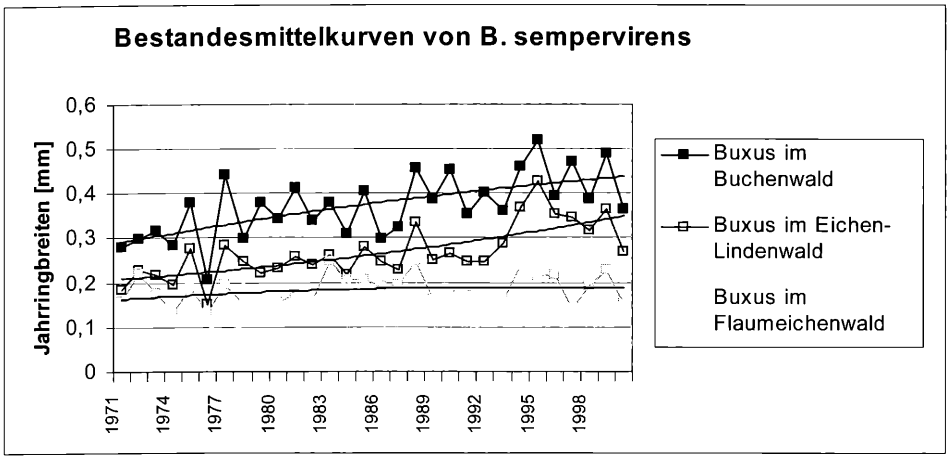


Abb. 6: Jahrringkurven von B. sempervirens für die Jahre 1971 bis 2000.

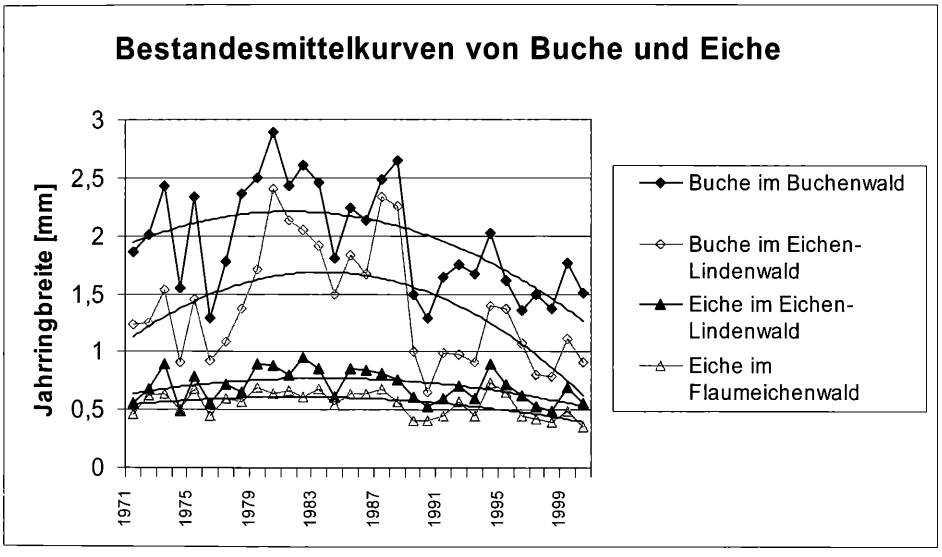


Abb. 7: Jahrringkurven Buche (Fagus sylvatica) und Eiche (Quercus petraea bzw. Q. pubescens) für die Jahre 1971 bis 2000.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Tab. 3 Postive und negative Weiserjahre von Buxus, Fagus und Quercus im Buchenwald, Eichen-Hainbuchenwald und im Flaumeichenwald.

	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Buxus Bu-Wald						+	+							+			+						+					+	
Buxus Ei-Li-Wald				+		+											+						+	+					
Buxus Ei-Wald	+					+						+					+						+						
Fagus Bu-Wald		+		+		+			+																				
Fagus Ei-Li-Wald				+					+							+				+			+						
Quercus Ei-Li-Wald		+		+				+						+									+						
Quercus Ei-Wald	+			+		+		+															+						

Nur im Jahre 1976 tritt bei allen Baumarten standortübergreifend ein negatives Weiserjahr auf. 1977, 1988 und 1994 waren für Buchs auf allen Standorten günstige Jahre.

Es besteht eine hohe Übereinstimmung zwischen den beiden laubwerfenden Arten bezüglich der Weiserjahre. Die Buchsbaumkollektive teilen diese Synchronität nicht und heben sich in ihrer Reaktion auf Klimaeinflüsse von den beiden laubwerfenden Arten ab.

4. Korrelation mit Klimadaten

4.1 Verarbeitung der Klimarohwerte

Abbildung 8 zeigt die Klimarohwerte von Basel-Binningen für den Zeitraum von 1971 bis 2000 zusammengefasst als Jahresmittelwerte. Bei der Jahresmitteltemperatur kann man seit Mitte der achtziger Jahre einen deutlichen Aufwärtstrend ausmachen. Die letzten 10 Jahre liegen um rund 1,1 °C höher als die ersten 10 Jahre des untersuchten Zeitraums. Die Kurve der mittleren Minimum-Temperatur (Kurve hier nicht dargestellt) zeigt sogar noch einen stärkeren prozentualen Anstieg.

Der mittlere Jahresniederschlag zeigt ebenfalls eine steigende Tendenz. So liegt das Niederschlagsmittel im Zeitraum 1991-2000 um 17 % höher als zwischen 1971 und 1980.

Das Jahresmittel der relativen Luftfeuchtigkeit zeigt dagegen eine fallende Tendenz. Da die Höhe der relativen Feuchtigkeit an die Lufttemperatur gekoppelt ist, erscheint dieser Zusammenhang gut verständlich.

4.2 Beziehung zwischen Klimaparametern und sekundären Dickenwachstum

Zum Vergleich der Klimazeitreihen mit den Jahresringzeitreihen (Bestandsmittelkurven) wurden die Gleichläufigkeitswerte herangezogen. Die Gleichläufigkeiten der Jahrringbrei-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

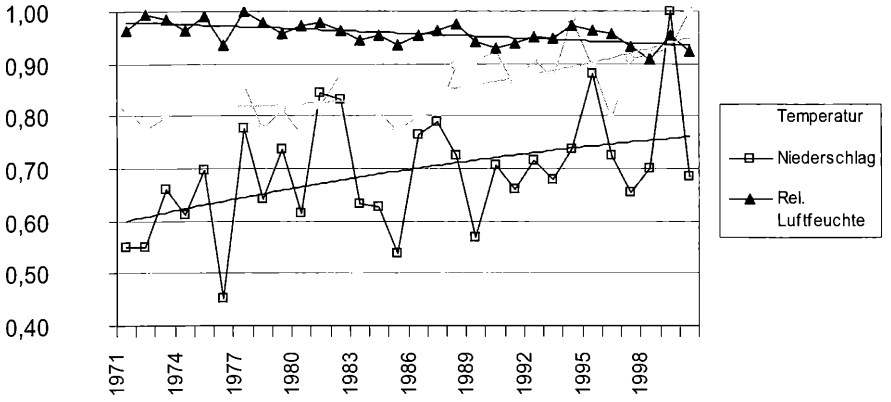


Abb. 8: Jahresmittelwerte der Wetterstation Basel-Binningen für den Zeitraum 1971 bis 2000 im Vergleich. Höchstwerte sind = 1,0 gesetzt.

ten mit den Klima-Jahresmittelwerten sind in Tabelle 4 dargestellt. In fast allen Fällen ist eine Gleichläufigkeit mit der Zeitreihe des Jahresniederschlags zu erkennen, die entweder in der Nähe der Signifikanzschwelle von 70 % liegt oder sogar darüber. Daraus ist abzuleiten, dass der Jahresniederschlag (und die davon abhängige Luftfeuchte) zumindest für Eiche und Buchsbaum eine wichtige Rolle beim Jahreszuwachs spielen. Von geringerem Einfluss ist offenbar die Jahresmitteltemperatur.

Tab. 4 Gleichläufigkeiten zwischen Klimazeitreihen und Bestandesmittelkurven.

RR = Niederschlag, TT = Temperatur, TMin = Minimumtemperatur,
RH = relative Luftfeuchtigkeit. Signifikante Werte sind hervorgehoben.

Standort	RR	TT	TMin	RH
Buxus im Buchenwald	*82,1	64,3	*71,4	64,3
Buxus im Eichen-Lindenwald	66,1	41,1	48,2	69,6
Buxus im Flaumeichenwald	66,1	48,2	55,4	69,6
Fagus im Buchenwald	60,7	57,1	64,3	*71,4
Fagus im Eichen-Lindenwald	67,9	42,9	50,0	*71,4
Quercus im Eichen-Lindenwald	*71,4	53,6	60,7	67,3
Quercus im Flaumeichenwald	*82,1	57,1	64,3	*78,6

Beim Vergleich der Jahrringbreiten von Buxus sempervirens (Abb. 6) mit dem Jahresniederschlag (Abb. 8) fällt auf, dass die Jahrringkurven im Buchenwald und im Eichen-Lindenwald eine ähnliche Anstiegstendenz aufweisen wie die Niederschlagskurve.

Um einen differenzierteren Einblick in die Zusammenhänge zu bekommen, haben wir nun einzelne Zeitabschnitte innerhalb eines Jahres herausgegriffen und die Gleichläufigkei-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

ten in diesen begrenzten Zeiträumen untersucht. Dies ist sinnvoll, weil sich bei einzelnen Klimaparametern die Stärke des Einflusses auf die Jahrringbildung im Laufe des Jahres ändern oder sogar in ihr Gegenteil verkehren kann (FRITTS 1979). Differenziert wurde auch nach Ergiebigkeit der Niederschläge (Tagessummen) und nach Temperatursummen oberhalb eines Schwellenwertes (12 °C). Die Ergebnisse dieser Differenzierung zeigt die Tabelle 5.

Tab. 5 Gleichläufigkeiten zwischen Klimazeitreihen und Bestandesmittelkurven. Signifikante Werte sind gekennzeichnet.

Klimafaktoren	**Buxus** Buchen-wald	**Buxus** Eichen-Linden-wald	**Buxus** Flaum-eichen-wald	**Fagus** Buchen-wald	**Fagus** Eichen-Linden-wald	**Quercus** Eichen-Linden-wald	**Ouercus** Flaum-eichen-wald
Temperatur Mai-Oktober	*71,4	55,4	51,8	57,1	42,9	60,7	64,3
Temperatur Juli-Sept.	*71,4	58,9	58,9	*78,6	*78,6	*75,0	*78,6
Temperatursumme ≥ 12 °C	*82,1	66,1	55,4	60,7	53,6	64,3	67,9
Niederschlagshäufigkeit ≥1mm	*73,2	64,3	64,3	51,8	51,8	55,4	66,1
Niederschlagshäufigkeit ≥5mm	*78,6	62,5	55,4	57,1	50,0	60,7	64,3
Niederschlagshäufigkeit ≥10mm	*82,1	*73,2	66,1	60,7	64,3	*75,0	*78,6
Niederschlag Dez.-Februar	67,9	55,4	41,1	51,1	46,4	60,7	60,7
Niederschlag März-April	*78,6	*76,8	66,1	57,1	57,1	67,9	*78,6
Niederschlag Mai-Oktober	57,1	51,8	55,4	57,1	64,3	60,7	64,3
Niederschlag Juni-August	60,7	55,4	51,8	60,7	67,9	*71,4	67,9
Niederschlag Okt.-Dezember	53,6	51,8	51,8	32,1	64,3	42,9	46,4
Rel. Luftfeuchte März-April	60,7	*76,8	*76,8	60,7	67,9	64,3	*71,1
Rel. Luftfeuchte Mai-Oktober	*71,4	*76,8	69,6	64,3	64,3	60,7	*71,4
Rel. Luftfeuchte September-Nov.	64,3	69,6	*73,2	64,3	64,3	57,1	67,9

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Man erkennt nun, dass für den Buchsbaum vor allem die ergiebigen Niederschläge von Bedeutung sind, und dass außerdem offenbar die Niederschläge im Frühjahr eine wichtige Rolle spielen

Mit der hier vorgenommenen Differenzierung wird nun auch das Gewicht des Temperaturfaktors viel deutlicher. Starken Einfluss auf den Zuwachs von Eiche und Buche haben anscheinend hohe Sommertemperaturen. Eine deutliche Abhängigkeit von den Sommertemperaturen und der Temperatursumme über 12 °C zeigt beim Buchsbaum nur das Kollektiv auf dem verhältnismäßig feuchten Buchenwaldstandort; eine hohe, wenn auch nicht signifikante Gleichläufigkeit mit der Temperatursumme gibt es auch noch beim Buchs im Eichen-Lindenwald, eine sehr geringe aber im Flaumeichenwald. Dies weist auf den geringer werdenden Einfluss des Temperaturfaktors auf dem ohnehin wärmeren Standort hin.

Hohe Luftfeuchtigkeit hat einen günstigen Einfluss auf den Jahreszuwachs von Buxus sempervirens (Tabelle 5). Wichtig sind hier vor allem die Sommermonate, in den ersten Monaten des Jahres ist ihr Einfluss gering. Die große Bedeutung der Luftfeuchte in den Sommermonaten geht auch aus der Abb. 9 hervor, in der die relative Luftfeuchtigkeit im Untersuchungszeitraum für den Juni dargestellt ist. Die Pfeile stellen dabei die einzigen Jahre dar, in denen mindestens auf 2 der 3 Untersuchungsflächen ein negatives Weiserjahr beim Buchsbaum auftrat. Es sind dies durchweg Jahre mit besonders geringer Luftfeuchte zur Hauptvegetationszeit im Juni.

4.3 Jahrringbreiten in Extremjahren

Weder die tiefsten Temperaturen im Untersuchungszeitraum (-23,3 °C) noch die längste Kälteperiode (21 Tage Minima unter -11 °C) hatten einen signifikanten Einfluss auf das Dickenwachstum des Folgejahres.

Sucht man aus der 30-Jahresperiode jeweils die 5 bezüglich eines Klimafaktors am stärksten vom Mittel abweichenden Jahre oder Jahresabschnitte heraus und überprüft den zugehörigen Zuwachs, so zeigen sich folgende Tendenzen:

Niederschlag:

- Auf sehr geringe Niederschläge von März bis April reagieren alle drei Baumarten auf allen drei Standorten mit verringerten Jahrringbreiten.
- Besonders hohe Niederschläge von Juni bis August sind korreliert mit breiteren Jahresringen bei Buche und Eiche – und bei Buchs im Buchenwald.

Temperatur:

- Besonders tiefe Temperaturen im Frühjahr (März – April) haben negative Auswirkungen bei Buxus sempervirens.
- Bei Jahren mit extrem hohen Temperaturen im Juni treten bei allen Baumarten verringerte Jahrringbreiten auf.
- Besonders kühle Jahre (Mai – Oktober) und ebenso besonders warme Jahre wirken sich bei Buchs und Eiche negativ aus, bei Buche ist keine Wirkung zu erkennen.

Relative Luftfeuchte:

Besonders lufttrockene oder besonders luftfeuchte Hochsommermonate (Juni – August) sind bei allen drei Baumarten mit verminderten bzw. erhöhten Jahresringbreiten

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

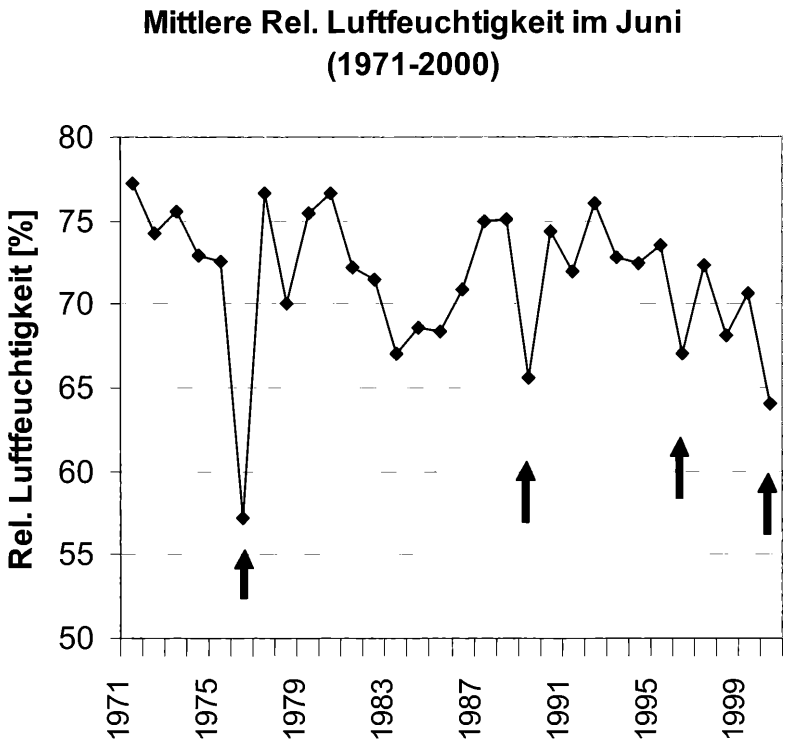


Abb. 9: Luftfeuchtigkeit im Juni und negative Weiserjahre bei Buxus sempervirens.

korreliert; deutlich ist bei Buchs auf den trockenen Standorten auch ein positiver Zusammenhang mit besonders luftfeuchten Herbstmonaten (September – November).

4.4 Witterungsszenarien in zwei ausgesuchten Weiserjahren

1976: In diesem ausgeprägtesten negativen Weiserjahr, das als europaweites Dürrejahr gilt (COOK & KAIRIUKSTIS 1990), herrschten folgende auffällige Witterungsbedingungen:

15. Februar bis Mitte April: In diesen 67 Tagen fielen nur 24,5 mm Niederschlag (der Normalwert liegt bei etwas mehr als 100 mm für diesen Zeitraum)

2. bis 3. Mai: Frost unter -2 °C; einzigartig für den Mai im Gesamtzeitraum (1971 – 2000)

Mitte Juni bis Ende Juli: 35 Tage ohne Niederschlag bei sehr hohen Temperaturen

1988: In diesem positiven Weiserjahr war über die gesamte Vegetationsperiode hinweg hohe Niederschlagshäufigkeit mit hohen Niederschlagsmengen zu verzeichnen.
Es herrschten „normale“ Temperaturen in der Nähe des langjährigen Mittels.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

5. Diskussion

Der Verlauf des Wasserpotentials in Buxus sempervirens zeigt, dass tatsächlich ein Gradient der Wasserversorgung vom Buchenwald über den intermediären Eichen-Lindenwald zum Flaumeichenwald besteht. Da die den Boden erreichenden Niederschlagsmengen auf allen drei Standorten recht ähnlich sind (Abb. 1), muss für diesen Gradienten in erster Linie die abnehmende Gründigkeit des Bodens und seine geringere Speicherfähigkeit für die Winterniederschläge ins Auge gefasst werden.

Durch die schnelle Erschöpfung der Wasservorräte geraten die Pflanzen auf dem trokkenen bzw. sehr trockenen Standort unter größeren sommerlichen Wasserstress. Dies findet seinen Ausdruck in kleineren, dickeren, stärker „xeromorph" gebauten Blättern mit geringerer Stomadichte. Das bedeutet umgekehrt allerdings eine geringere Maximalrate der Photosynthese bei günstigen äußeren Bedingungen. Damit passt gut zusammen, dass die Sträucher des Flaumeichenwaldes sehr viel weniger von überdurchschnittlich niederschlagsreichen Perioden profitieren können als die Buchsbestände des Buchenwaldes (Tab. 5).

Der Vergleich der im Wald gemessenen Werte für Temperatur und Luftfeuchte mit den Freilandwerten der Wetterstation zeigt, dass der Wald die Ausschläge der Witterungseinflüsse abmildert. Am stärksten werden Extreme im Buchenwald abgemildert; insgesamt ist hier das Klima konstanter und luftfeuchter mit abgeschwächten sommerlichen Minima. Davon profitiert der Buchsbaum auf diesem Standort.

Im Gegensatz dazu ist die Luftfeuchtigkeit im Flaumeichenwald geringer. Zusammen mit der hier zu vermutenden wesentlich stärkeren Luftbewegung bedeutet dies höhere Transpirationsverluste und raschere Erschöpfung der Wasservorräte, was zu einer früheren Einschränkung der Produktionsleistung führt. Trotz der besseren Durchlichtung dieser Bestände ist der hier wesentlich geringere Zuwachs (Abb. 6) wohl in erster Linie durch die genannten Faktoren zu erklären.

Die relativ geringe Gleichläufigkeit der mittleren Jahrringkurven des Buchsbaums auf den drei Standorten zeigt, dass die Wachstumsbedingungen trotz gleichen Makroklimas recht unterschiedlich sind. Daraus muss man schließen, dass entweder voneinander abweichende wachstumshemmende Faktoren auftreten oder dass sich dieselben Faktoren auf den drei Standorten ganz unterschiedlich auswirken. Allerdings sind die Ähnlichkeiten zwischen den Eichen einerseits und den Buchen andererseits mit einer Gleichläufigkeit von über 85 % sehr groß. Dies bestätigt die Erfahrung, dass die Wachstumsreaktion der Bäume auf Umwelteinflüsse in erster Linie artspezifisch ist.

Nach SCHWEINGRUBER (1983) steigt in der Jugendphase von Gehölzen die Jahrringbreite zunächst systematisch an, bis eine Optimalphase überschritten wird und eine lange Abnahmephase folgt. Bei unseren Buchsbaumkollektiven fanden wir einen negativen Zusammenhang zwischen dem Alter der Triebe und der mittleren Jahrringbreite, was darauf schließen lässt, dass alle analysierten Triebe ihre Optimalphase bereits überschritten haben. Falls kein anderer Trend den Alterungseffekt überlagert, müssten die Jahrringkurven eine fallende Tendenz erkennen lassen. Tatsächlich aber bleiben sie im Mittel entweder konstant (Flaumeichenwald) oder sie steigen sogar an (Eichen-Lindenwald und vor allem Buchenwald). Daraus wird man auf einen positiven Umwelteinfluss schließen müssen, dem die drei Kollektive allerdings in unterschiedlich starker Weise unterliegen. Nichtklimatische Einflussfaktoren, wie etwa Veränderungen der Wurzelkonkurrenz, der Licht- oder Bodenver-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

hältnisse sind in unserem Fall ziemlich unwahrscheinlich, so dass hier in erster Linie nach klimatischen Faktoren zu suchen ist.

Aus unseren Ergebnissen geht hervor, dass die Buchsbaumbestände im Buchenwald und im Eichen-Lindenwald eine hohe Gleichläufigkeit des Dickenwachstums mit der

Starkniederschlagshäufigkeit (>5 mm bzw. >10 mm)
dem mittleren Jahresniederschlag
dem Niederschlag im Frühjahr (März – April)
der Anzahl von Stunden über 12 °C
der relativen Luftfeuchte im Frühjahr und Sommer

Mit Ausnahme der Luftfeuchte zeigen alle genannten Klimafaktoren in den letzten 30 Jahren in unserem Gebiet eine deutlich steigende Tendenz; für 3 der genannten Größen ist dies in Abb. 10 dargestellt. Es ist also festzustellen, dass hier eine auffällige Korrelation vorliegt.

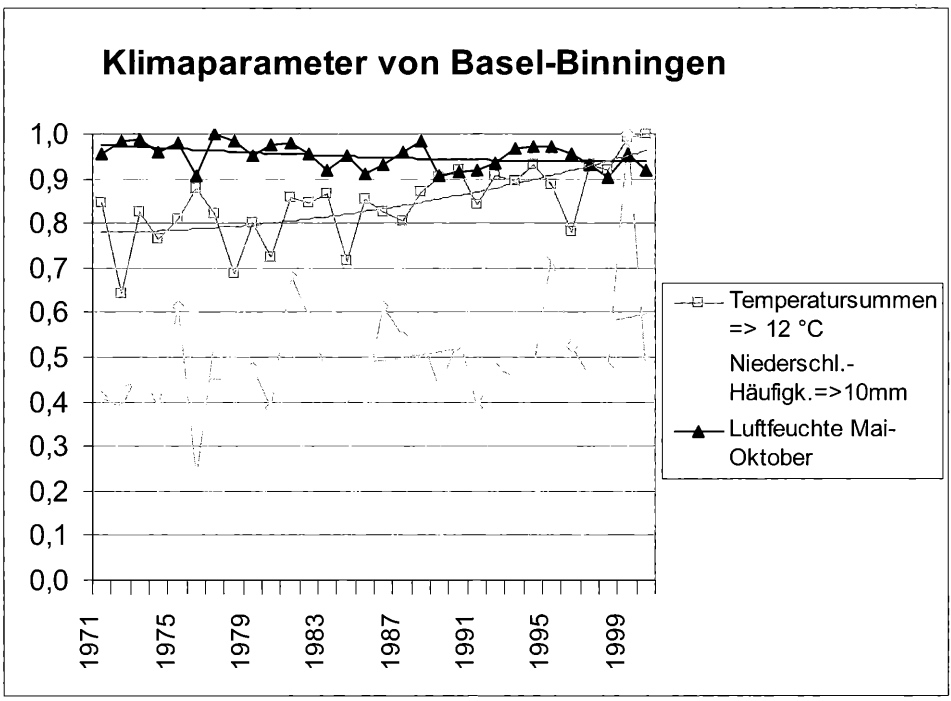


Abb. 10: Die Entwicklung von Klimaparametern mit vermutetem Einfluss auf den Zuwachs von Buxus sempervirens von 1971 bis 2000.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Die Gleichläufigkeit mit den oben aufgeführten Klimafaktoren ist bei dem Buchsbestand im Flaumeichenwald nur schwach ausgeprägt, was mit der geringen Anstiegstendenz, die lediglich die zu erwartende Altersabnahme kompensiert, gut übereinstimmt.

Unerklärlich bleibt die Abnahme des Zuwachses von Buche und Eiche seit Mitte der achtziger Jahre. Zumindest ein Teil der Klimafaktoren, deren Veränderung sich für den Buchsbaum wahrscheinlich günstig ausgewirkt hat, zeigt auch eine hohe, zum Teil signifikante Gleichläufigkeit mit den Jahrringkurven von Buche und Eiche. Trotzdem fallen die Jahrringkurven beider Baumarten. Dass hier entgegen der allgemeinen Tendenz möglicherweise ein negativer Faktorenkomplex mit lokaler bis regionaler Bedeutung vorliegt, zeigen Jahrringkurven der Buche von Bad Säckingen und Schopfheim, die eine ähnliche Tendenz aufweisen (pers. Mitteilung von Prof. Spieker, Institut für Waldwachstum, Freiburg).

6. Nachtrag für die Jahre 2001 – 2003

Da sich der Abschluss dieser Arbeit bis in das klimatische Extremjahr 2003 verzögert hat, entstand der Wunsch, zumindest für den Buchsbaum die Jahre 2001 – 2003 ebenfalls zu berücksichtigen und die Jahrringkurve um diesen Zeitraum zu verlängern. Wir haben deshalb im Jahr 2004 neues Material entnommen und neue Jahrringkurven erstellt. Die zufällige Abweichung dieser neuen Stichprobe wurde durch prozentuale Angleichung im überlappenden Teil korrigiert, so dass sich eine bruchlose Fortsetzung der Kurve ergab.

Die Abbildung 11 zeigt, dass in dem genannten Zeitraum nicht nur, wie erwartet, das Jahr 2003 als negatives Weiserjahr auftritt, sondern auch das Jahr 2001 als positives Weiserjahr. Diese beiden Jahre sind sogar Extremjahre des gesamten Zeitraums seit 1971.

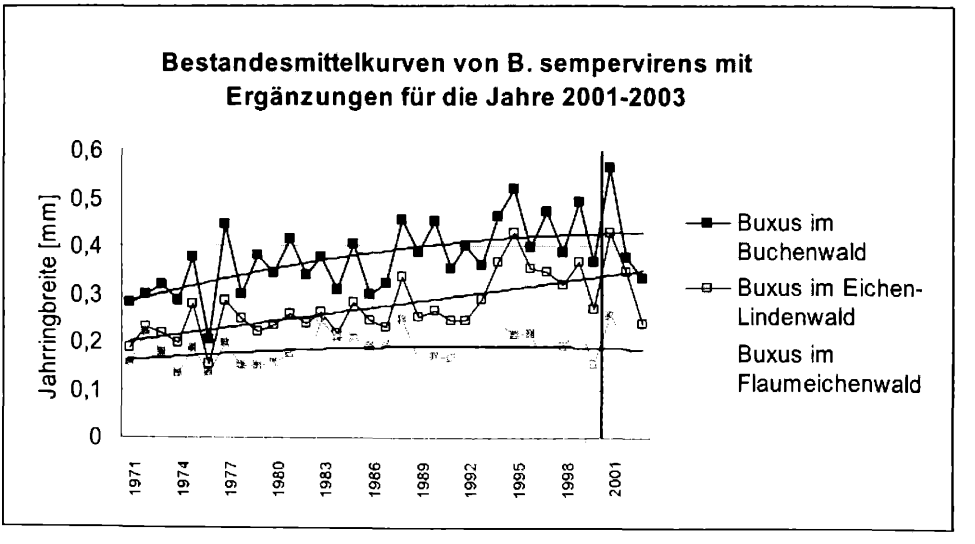


Abb. 11: Die Bestandesmittelkurven des Buchsbaums ergänzt bis zum Extremjahr 2003.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Die klimatischen Unterschiede dieser beiden Jahre bestätigen eindrücklich die entscheidende Rolle der Niederschläge für das Wachstum des Buchsbaums, besonders die der Frühjahrsniederschläge und der ergiebigen Starkniederschläge. Zur Kennzeichnung dieser extrem unterschiedlichen Jahre seien einige besonders kennzeichnende Klimadaten tabellarisch zusammengestellt, fast alle mit hoch signifikanter Gleichläufigkeit mit den Jahrringkurven der Einzelbäume.

	2001	2003
Jahresniederschlag	1012 mm	615 mm
Niederschläge ≥ 1 mm	149 Tage	98 Tage
Niederschläge ≥ 5 mm	67 Tage	45 Tage
Niederschläge ≥ 10 mm	32 Tage	22 Tage
Monatsmittel März/April	150 mm	29 mm
Monatsmittel Mai/Oktober	85 mm	64 mm
Rel. Luftfeuchte März/April	75 %	60 %

Die Analyse der Jahrringkurven zeigt, dass die Buchsbäume auf allen 3 Standorten überaus deutlich auf diese extremen Ausschläge reagieren. Am stärksten ist die Reaktion des Buchsbestandes im Buchenwald. Dies bestätigt eine für den gesamten Untersuchungszeitraum festzustellende Tendenz:

Buxus sempervirens reagiert auf dem relativ günstigen Buchenwaldstandort am empfindlichsten auf Klimaeinflüsse, intermediär im trockenen Eichen-Lindenwald und am wenigsten, allerdings auf niedrigem Zuwachsniveau, im Flaumeichenwald.

Eingang des Manuskripts: 04.11.2005

Angeführte Schriften

BENDAGHA, N., GÄRTNER, S., SAYER, U. & REIF, A. (2004): Vegetation, Standort und Nutzungsgeschichte eines Flaumeichenwaldes bei Tagolsheim, Elsass, Frankreich. - Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 94: 127 - 150.

BOGENRIEDER, A. & FRISCH, A. (2000): Gebüsche, Pioniergesellschaften, Trockenrasen und Staudenfluren der „Trockenaue Südlicher Oberrhein“ Naturschutz-Spectrum: Themen 92: 51-116.

BONN, S. (1998): Dendroökologische Untersuchungen der Konkurrenzdynamik in Buchen- und Eichenmischbeständen und zu erwartende Modifikationen durch Klimaänderungen. – In: Roloff, A.: Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt 3: 28-37.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

COOK, E.R. & KAIRIUKSTIS, L.A. (1990): Methods of Dendrochronology: Applications in the evironmental science. - Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 413 pp.

FRITTS, H.C. (1976): Tree rings and climate. - Academic Press, London: 567 pp.

HEGI, G. (1975): Illustrierte Flora Mitteleuropas. - Bd.5,1, Ulmer Verlag, Stuttgart: 289 S.

HOCKENJOS, W. (1997): Im Banne des Buchs, eine Spezialität Badens. - Jahresbericht der Thüringer Landesforstverwaltung 2: 32-34.

HÜGIN, G. (1979): Die Wälder im Naturschutzgebiet Buchswald bei Grenzach. - In: Die Natur- und Landschaftsgebiete Baden-Württembergs 9: 147-199.

ISELI, M. & SCHWEINGRUBER F.H. (1989): Sichtbarmachen von Jahrringen für Dendrochronologische Untersuchungen. Dendrochronologia, Coop. Archeonatura, Verona: 145-157.

KLEIN, L. (1908): Bemerkenswerte Bäume im Großherzogtum Baden. - C.F. Winter, Heidelberg: 372 S.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hsg.) (1979): Der Buchswald bei Grenzach - Natur- und Landschaftsschutzgebiete Bad.-Württ. 9: 462 S.

RICHIE, G & HINCKLEY, T. (1975): The pressure chamber as an instrument for ecological research. - Advaces in Ecological Research 9: 165-257.

SCHLATTERER, A. (1912): Vorläufige Zusammenstellung der bisher gemeldeten Naturdenkmäler Badens. - Mit. Bad. Landesver. Naturkde. Naturschutz 6:165-194.

SCHLATTERER, A. (1913): Naturschutz-Fortschritte in Baden II. - Mit. Bad. Landesver. Naturkde. Naturschutz 6: 253-259.

SCHWEINGRUBER, F.H. (1996): Tree Rings and Environment Dendroecology. - Haupt, Berne, Stuttgart, Vienne: 609 pp.

SCHWEINGRUBER, F.H. (1983): Der Jahrring: Standort, Methode Zeit und Klima in der Dendrochronologie. - Haupt, Bern: 234 S.

WILLERT, D., MATYSSEK, R., & HERPICH, W. (1995): Experimentelle Pflanzenökologie. - Thieme-Verlag, Stuttgart: 344 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: 95

Autor(en)/Author(s): Anstett Michael, Bogenrieder Arno

Artikel/Article: Dendrologische und ökologische Untersuchungen an Buxus sempervirens im Buchswald bei Grenzach 1-25