

Institut für Waldwachstum der Universität Freiburg

# Grundlagenorientierte und angewandte Forschung zur Fichte

Von Heinrich Spiecker und Hans-Peter Kahle, Freiburg

Der Waldumbau, insbesondere die Überführung gleichaltriger fichtenreicher Waldbestände in stufig aufgebaute ungleichaltrige Mischbestände, gilt als eine besondere Herausforderung der mitteleuropäischen Forstwirtschaft in der heutigen Zeit. Dabei sind sowohl ökonomische als auch ökologische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Auch von der Waldwachstumskunde werden hierzu Entscheidungsgrundlagen erwartet. Aus dem Institut für Waldwachstum werden im folgenden einige in jüngerer Zeit abgeschlossene, laufende sowie in Vorbereitung befindliche Forschungsvorhaben zur Fichte vorgestellt.

## Ökophysiologische Untersuchungen

In Höhenstufen zwischen 250 und 1.230 m ü.NN, vom planaren Oberrheinischen Tiefland bis in die Hochlagen des Südschwarzwaldes werden schon seit mehreren Jahren die Radialveränderungen der Baumschäfte von Fichten, Kiefern und Buchen mit Dendrometern in hoher zeitlicher Auflösung registriert [3, 8]. Parallel zu den Dendrometermessungen werden meteorologische Basisparameter (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag und Strahlung) sowie das Matrixpotential und die Bodentemperatur in verschiedenen Mineralbodentiefen gemessen und die Phänophasentermine registriert.

Die mit Dendrometern gemessenen Radialveränderungen zeigen im Verlauf der Vegetationsperiode besonders bei Fichten ausgeprägte tägliche Schwankungen, die den systematischen Anstieg durch das Dickenwachstum der Bäume überlagern. Diese reversiblen Veränderungen sind vorwiegend auf Quellungen und Schwindungen der nicht verholzten Gewebe zurückzuführen: an Sonnentagen verringert sich durch Transpiration tagsüber die radiale Dimension, und regelmäßig wird in der Nacht der interne Wasserspeicher wieder angefüllt, was mit einer radialen Ausdehnung verbunden ist [10].

Die Radialveränderungen der Fichten stehen in sehr engem Zusammenhang zu den Xylemflußraten: hohe Transpirationsraten sind mit hohen Xylemflußdichten und gleichzeitig mit einer Verringerung der

radialen Dimension verbunden. Die Relationen zwischen Radialveränderung und Xylemflußraten unterliegen zeitlichen Veränderungen, die mit den unterschiedlichen Aktivitätsphasen der Fichte im Verlauf der Vegetationsperiode korrespondieren [5].

An ausgewählten Fichten wurden im Verlauf der Vegetationsperiode 1997 in ein- bis zweiwöchigen Abständen Kamialmarkierungen in zwei verschiedenen Schaft Höhen durchgeführt. Aus den Analysen werden Informationen über den Prozeß der Jahrringbildung und die Bedeutung wachstumsrelevanter Standortfaktoren auf das kurz-, mittel- und langfristige Wuchsverhalten von Waldbäumen in verschiedenen Höhenlagen Süddeutschlands erwartet.

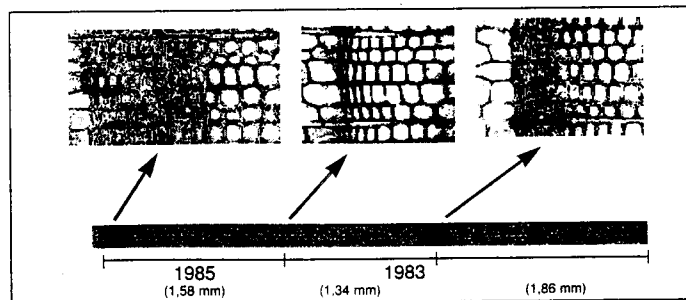
Aus dem Vergleich des Wachstumsverhaltens auf Standorten in verschiedenen Höhenlagen und Expositionen sollen tiefere Einblicke in die Umweltabhängigkeit des Baumwachstums gewonnen werden. Im Rahmen des von der EU geförderten Forschungsvorhabens „Spruce growth“ werden die im Schwarzwald durchgeführten Untersuchungen mit Dendrometermessungen an Fichten in Finnland und im Erzgebirge verglichen. In Finnland reichen die nördlichsten Untersuchungsstandorte bis an die boreale Waldgrenze.

## Umwelteinflüsse und Jahrringbildung

Neben den Dendrometermessungen werden die Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf das Wachstum von Fichten auch auf zellulärer Ebene untersucht [12]. Voraussetzung für die Anwendung bildanalytischer Verfahren zur computergestützten Vermessung der Zellparameter an Holzquerschnittflächen von Fichten war die Entwicklung einer effizienten Präparationstechnik. Am Institut für Waldwachstum wurde eine auf spanendem Abtrag beruhende Präparationstechnik entwickelt, die es erlaubt, bis zu 16 cm x 50 cm große Holzproben in Auflichttechnik bei bis zu 1.000facher Vergrößerung zu vermessen. Auch die Zellwände der Frühholztracheiden der Fichte, die wegen der relativ geringen Dichte besondere Anforderungen an die Oberflächenbearbeitung stellen, werden von der Ultrapräzisionsfräse scharf abgetrennt (Abb. 1).

Um klimatische Einflüsse auf die Entwicklung der Zellstruktur zu quantifizieren, werden zeitlich hoch aufgelöste Klimadaten von Stationen aus dem Meßnetz des Deutschen Wetterdienstes verwendet. Für die Quantifizierung der nicht-klimatischen Einflüsse werden Fichten aus verschiedenen Höhenlagen des Schwarzwaldes, aus Düngungsversuchen und aus Klonversuchen untersucht. Auf dieser Grundlage werden inter- und intraannuelle Analysen von Zellstrukturen parallel zur herkömmlichen Radialzuwachsanalyse durchgeführt und die Resultate beider Betrachtungsebenen miteinander verknüpft. Mit Hilfe langfristiger dendroökologischer Beobachtungen werden die wachstumsrelevanten Umweltbedingungen herausgearbeitet und die Reaktion der Zellparameter auf die Umwelteinflüsse quantifiziert [12].

Abb. 1: Ausschnitte aus einer mit der Ultrafräse präparierten Stammquerschnittsfläche einer Fichte [12]



Prof. Dr. H. Spiecker ist Direktor des Instituts für Waldwachstum. Dr. H.-P. Kahle ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Waldwachstum.

## Auswirkungen von Klima und Witterung

Anhand langfristiger Zeitreihen werden die Einflüsse der Variationen von Klima und Witterung auf das Baumwachstum unter Berücksichtigung standörtlicher und bestandesstruktureller Gegebenheiten retrospektiv untersucht. Grundlage dieser Untersuchungen sind bis ins letzte Jahrhundert zurückreichende Analysen der jährlichen Höhen- und Radialzuwächse sowie Klimadaten von Stationen aus dem Meßnetz des Deutschen Wetterdienstes. In diesem Forschungsvorhaben wird das Reaktionsverhalten unter dem Einfluß unterschiedlicher Feuchte-, Temperatur- und Einstrahlungsverhältnisse quantifiziert. Dazu wurden Untersuchungsstandorte entlang ökologischer Gradienten ausgewählt: zum einen wurden benachbarte Standorte mit extremen Unterschieden in der nutzbaren Bodenwasserkapazität ausgewählt [7, 15, 16], zum anderen wurden Standorte entlang vertikaler Klimagradienten von der Oberrheinischen Tiefebene bis zu den Hochlagen des Südschwarzwalds auf südwest-exponierten Sommer- und nordost-exponierten Winterhängen unter Berücksichtigung der Bodenwasserverhältnisse ausgewählt. Der standortbezogene Vergleich der Wachstumsreaktionen von Fichten, Tannen, Buchen und Eichen dient als Grundlage für die Entwicklung differentialdiagnostischer Indikatoren für Klima-Wachstums-Analysen [7]. Mit der Verknüpfung inter- und intraannueller Methoden der Jahrringanalyse sollen die Möglichkeiten der quantitativen Klima-Wachstums-Analyse jedes einzelnen Verfahrens getrennt sowie in der Kombination beurteilt werden [18].

Trotz großer Unterschiede in der Wasserkapazität des Bodensubstrats der untersuchten Standorte in Hochlagen des Südschwarzwalds waren sich die untersuchten Fichten in ihren witterungsbedingten Radialzuwachsreaktionen sehr ähnlich. Die Fichten von Standorten mit geringerer Wasserkapazität weisen zwar eine geringere Höhenbonität auf, die Radialzuwachsreaktionen auf Witterungsschwankungen scheinen jedoch von der Wasserkapazität des Standorts weitgehend unabhängig zu sein: niederschlagsarme, warme Spätsommermonate sind auf den untersuchten Hochlagenstandorten mit einer Reduktion der Radialzuwächse in den Folgejahren verbunden (vgl. Abb. 2).

Auch beim Vergleich der Wachstumsreaktionen der Fichten von Sommer- und Winterhängen zeigten sich nur in Ausnahmefällen unterschiedliche Dickenzuwachsreaktionen. Mit einem von der Wasserkapazität und Exposition des Standorts unabhängigen zeitvariablen statistischen Modell, das nur die beiden Variablen kli-

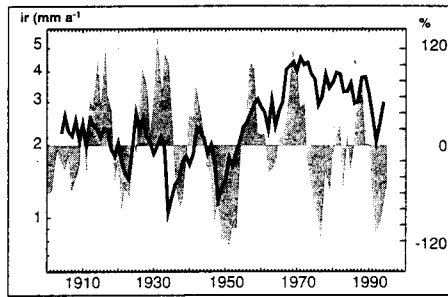


Abb. 2: Der Radialzuwachs von Fichten im Schwarzwald (Linie) ist der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationszeit als gleitendes Mittel der jeweils zurückliegenden 5 Jahre (Fläche) gegenübergestellt.

matische Wasserbilanz in den Hochsommermonaten sowie den atmosphärischen Verdunstungsanstöß in den Frühsommermonaten berücksichtigt, konnten unter Einbeziehung der Klimabedingungen der fünf vorangegangenen Jahre hochsignifikante Zusammenhänge dargestellt werden [5, 6]. Ein ähnlicher Befund ergab sich beim Vergleich von Fichten, die entlang eines Gradienten zunehmender temporärer Vernässung auf einer Plateaulage des Oberen Buntsandsteins im Flächenschwarzwald ausgewählt und analysiert wurden: unabhängig vom Vernässungsgrad des Standorts reagierten die Fichten im Dickenzuwachs überwiegend gleichgerichtet und mit derselben Intensität.

## Dendroökologische Analysen

In diesem EU-Projekt wurden die Einflüsse von Klima und Witterung auf das Wachstum von Fichten, Tannen, Buchen und Eichen auf verschiedenen Standorten entlang eines Transsektes vom Ostschwarzwald über die Vogesen bis in die Lothringische Ebene untersucht [17]. Die Wachstumsreaktionen der Bäume wurden auf der Grundlage von monatlichen und täglichen Witterungsdaten anhand der Radialzuwächse und der hochauflösenden intraannuellen Analyse von Zellstrukturen, Dichteverhältnissen und Fraktionen stabiler Zellwandisotope unter besonderer Berücksichtigung der Bodenwasserbilanz quantifiziert. Durch den Vergleich und die Kombination der Ergebnisse dieser drei hochauflösenden Untersuchungsmethoden soll zum einen ihre Aussagekraft für die Beschreibung von Klima-Wachstumsbeziehungen überprüft und zum anderen die Konstruktion hochauflösender Klima-Zuwachs-Modelle ermöglicht werden. Durch den Vergleich der Klima-Wachstumsbeziehungen zwischen den verschiedenen bioklimatischen Regionen entlang des Transsektes wird das baumarten- und standortspezifische Reaktionsverhalten abgeschätzt.

## Veränderungen des Wachstums

Das Ziel dieses vom Institut für Waldwachstum der Universität Freiburg koordinierten EU-Projekts ist es, kurzfristige, intraannuelle Wachstumsreaktionen und langfristige Wachstumsentwicklungen für die Baumart Fichte in verschiedenen Gebieten Nord- und Mitteleuropas zu untersuchen. Auf der Grundlage des großräumigen Vergleichs von Baumwachstum, Baumsensitivität und Mortalität in Abhängigkeit von Alter und Dichte der Bestände unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Einflüsse sollen wachstumsrelevante Umweltfaktoren und Umweltfaktoren, die für Trendänderungen im Wuchsverhalten verantwortlich sind, definiert und deren Einfluß quantifiziert werden. Auf dieser Grundlage aufbauend sollen Szenarien mit regionalem Bezug für die künftige Waldentwicklung unter sich ändernden klimatischen Bedingungen modelliert werden.

## Veränderte Standortbedingungen

Seit einigen Jahren wird aus Wissenschaft und Praxis über veränderte Wachstumsgänge berichtet. Die Beobachtungen beziehen sich auf unterschiedliche Baumarten und Standorte. Als Ursachen dieser Veränderungen werden u.a. die Geschichte der Landnutzung, atmogene Stoffeinträge, Veränderungen der chemischen Zusammensetzung der Luft, Klimaveränderungen und die Bestandesbehandlung vermutet. Untersuchungen auf der Grundlage von langfristigen Zuwachsmeßreihen aus Inventuren, Versuchsflächen und Baumanalysen erbrachten Hinweise über die zeitliche Entwicklung und das räumliche Ausmaß der Wachstumsveränderungen. Im Mittleren Schwarzwald und auf der Ostalb konnten auf ausgewählten Standorten in den letzten 50 Jahren Steigerungen des Volumenzuwachses von Fichten von bis zu 50 % beobachtet werden [20]. Die in Südwestdeutschland gefundenen Ergebnisse wurden mit Ergebnissen aus anderen Regionen Europas verglichen. In einem vom Europäischen Forstinstitut 1993 in Auftrag gegebenen Projekt wurden europaweit Veränderungen des Waldwachstums untersucht [14].

Mehrere Wissenschaftler aus verschiedenen Ländern Europas berichten über Fallstudien, die in den letzten Jahrzehnten in der Mehrzahl ein gesteigertes Wachstum erkennen lassen. Erfahrungen aus der Vergangenheit können unter den veränderten Wachstumsbedingungen nicht unmittelbar fortgeschrieben werden. Prognosen sind mit erhöhten Unsicherheiten behaftet. Zur Abschätzung neuer Risiken müssen die Ursachen und deren Auswir-

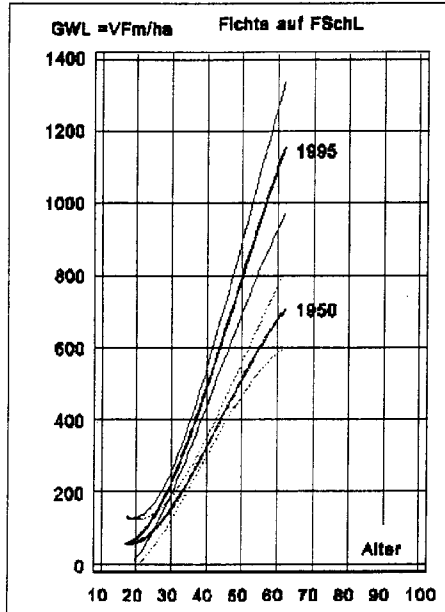


Abb. 3: Änderung der Standortproduktivität (Gesamtwachstumsleistung, GWL), ermittelt auf der Grundlage von Höhenanalysen an Fichten mit unterschiedlichem Keimdatum auf Feuerstein-Schlufflehm auf der Ostalb (dünne Linien: 95 % Vorhersagebereich [20]).

kungen auf Waldökosysteme weiter erforscht werden.

## Wachstum und Ernährung

Die Ursachen der oben beschriebenen Wachstumsveränderungen sind noch wenig untersucht. In einem interdisziplinären Forschungsvorhaben sollen die möglichen Ursachen und deren Interaktionen unter besonderer Berücksichtigung der Waldernährung (insbesondere Stickstoff und  $\text{CO}_2$ ), Lufttemperatur und Niederschlag sowie der Änderungen der Landnutzung erforscht werden. Dazu werden zwei Forschungsansätze gewählt, ein multivariater korrelativer Ansatz und ein mechanistischer Modellansatz. Mit dem ersten Ansatz sollen lokale und regionale Beziehungen zwischen Wachstum, Klima, Waldernährung und Standortproduktivität in ihrem zeitlichen Verlauf untersucht werden. Auf ausgewählten Standorten mit bekannten Umweltdaten sollen dann die Zusammenhänge zwischen Umweltveränderungen und deren Auswirkungen auf das Wachstum analysiert werden. In dem mechanistischen Modellansatz soll dann eine Verifizierung der Ergebnisse vorgenommen werden. Die langfristigen Konsequenzen und Risiken der beobachteten Veränderungen für die nachhaltige Forstwirtschaft sollen ermittelt und Folgerungen für die künftige Bewirtschaftung abgeleitet werden [13].

## Düngungsversuchsflächen

In den ARINUS-Versuchsgebieten Schluchsee und Villingen wurden in einem interdisziplinären Projekt die Auswirkungen einer experimentellen  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -

bzw.  $\text{MgSO}_4$ -Gabe auf die Dynamik des Wachstums von Fichten unter Berücksichtigung des Ernährungszustandes, des Witterungsverlaufes und des Bodenwasserhaushaltes untersucht. Dazu wurde das Schaft- und Kronenwachstum durch Jahrring- und Triebblängenmessungen jährlich erfasst. Außerdem wurden Radialveränderungen der Baumschäfte von Fichten kontinuierlich registriert. Die Ausbildung der Benadelung und die Nährelementgehalte in den einzelnen Nadeljahren wurden quantitativ bestimmt. Aus den Differenzen zwischen den erhobenen Wachstumsparametern auf den unterschiedlich behandelten Flächen konnte das Ausmaß und der zeitliche Verlauf der Zuwachsveränderungen abgeleitet werden. Die Auswirkungen der Behandlungen auf das Wachstum erwiesen sich als überraschend gering, was u.a. auf die Witterungsbedingungen in den Jahren nach der Düngung zurückgeführt wird [9,11].

## Steuerung des Wachstums

Die Realisierung der Konzepte des naturnahen Waldbaus und sich verändernde Rahmenbedingungen der Forstwirtschaft führen zur Anwendung neuer Nutzungs- und Pflegestrategien wie der Einzelbaumnutzung sowie zu Anstrengungen hinsichtlich der Überführung gleichaltriger, einschichtiger Reinbestände in ungleichaltrige, stufig aufgebaute Mischbestände.

Als Schlüsselparame- ter zur Beurteilung der bisherigen Standortgeschichte und des zukünftigen Wachstumspotentials von Nadelbäumen wurde in der Untersuchung von SPATHELF [14] die relative Kronenlänge verwendet. Dieser Parameter erwies sich für die Prognose und Steuerung des Baumwachstums als geeigneter Weiser. An Tannen und Fichten des Schwarzwalds wurde eine Orientierungshilfe zur Steuerung des Wachstums mit Hilfe der relativen Kronenlänge entwickelt. Die Orientierungshilfe liefert folgende Informationen:

1. die für einen bestimmten Durchmesserzuwachs erforderliche relative Kronenlänge,
2. die für eine bestimmte horizontale und vertikale Expansion der Krone erforderlichen Maßnahmen zur Straundraumerweiterung.

## Z-Baum-Kontrollmethode und Z-Baum-Planung

Ausgehend von Untersuchungen an Fichte wurde die Z-Baum-Kontrollmethode (ZBK [1]) entwickelt. Die ZBK ist ein zeitlich und räumlich ungebundenes, flexibles Verfahren der Produktionssteuerung im Forstbetrieb [4]. Sie kontrolliert die Entwicklung der Z-Bäume und prognostiziert den Zeitpunkt ihrer Zielerreichung nach vom Anwender definierten Produktionszielen in Beständen beliebiger Größe und

Struktur. Zur Beurteilung der Z-Baumentwicklung und eines erforderlichen Steuerungsbedarfs werden Z-Baum-Normen verwendet [2]. Die ZBK erhebt Daten in permanenten, systematisch verteilten Stichproben. Im allgemeinen genügt je ha ein Probekreis von 0,05 ha Größe mit (bei Fichte) etwa 10 bis 15 Z-Bäumen. Von diesen müssen lediglich Baumart, Alter und Durchmesser (sowie bei der ersten Inventur Höhe oder Bonität) erfasst werden.

### Literaturhinweise:

- [1] ABETZ, P., 1980: Zum Konzept einer Z-Baum-orientierten Kontrollmethode, AFZ 151: 65-68. [2] ABETZ, P.; J. KLÄDTKE, 1997: Bewirtschaftung von Mischbeständen beliebiger Struktur und Zielsetzung anhand von Z-Baum-Normen. AFZ/Der Wald 52: 203-205. [3] ABETZ, P.; E. KÜNSTLE; A. WOLFART, 1993 Jahressgang des  $\text{CO}_2$ -Gaswechsels und der Transpiration von isolierten Fichten in den Hochlagen des Südschwarzwalds in kontrollierter Standortluft mit und ohne Ozonbelastung. KfK-PEF 101: 155 S. [4] ABETZ, P.; K. OHNEMUS, 1996: Erfahrungen mit der Z-Baum-Kontrollmethode. AFZ 167: 622-625. [5] KAHLE, H.P.; M. GÜLPEN; L. ZIMMERMANN, 1998: Zusammenhänge zwischen Radialveränderung, Bodenwasserhaushalt und Xylemfluß. In: RASPE, S.; K. H. FEGGER; H. W. ZÖTTL (Hrsg.): Beiträge zu Auswirkungen atmosphärischer Einträge und Restabilisierungsmaßnahmen auf den Stoffhaushalt von Fichtenwäldern im Südschwarzwald. Umweltforschung in Baden-Württemberg. Landsberg: ecomed: 17 S. (im Druck). [6] KAHLE, H. P.; H. SPIECKER, 1996a: Adaptability of radial growth of Norway spruce to climate variations: results of a site specific dendroecological study in high elevations of the Black Forest (Germany). Radiocarbon: 785-801. [7] KAHLE, H. P.; H. SPIECKER, 1996b: Untersuchung standortspezifischer Wachstumsreaktionen von Waldbäumen in Südwestdeutschland. FZKA-PEF 142: 217-228. [8] KÜNSTLE, E., 1995: Beginn, Verlauf und Ende des Dickenwachstums von Solitär-Fichten auf dem Schauinsland bei Freiburg in den Jahren 1989 bis 1993. In: PREUHLER, T. (Hrsg.): Methoden der Permanent-Zuwachsmessung. Forstliche Forschungsberichte München 153: 24-39. [9] MÄKINEN, H., 1997: Wachstum von Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) auf den ARINUS-Flächen - Auswirkung der Revitalisierungsdüngungen und witterungsbedingte Zuwachsvariationen im Südschwarzwald. FZKA-PEF 156: 130 S. [10] MÄKINEN, H.; H. SPIECKER; M. GÜLPEN, 1996: Zusammenhänge zwischen dem jährlichen Radialzuwachs, diurnaler radialer Ausdehnung sowie dem Xylemfluß von Fichten und der Variation von Witterung auf den ARINUS-Flächen. FZKA-PEF 142: 15-26. [11] MÄKINEN-SPIECKER, K.; H. SPIECKER, 1997: Influence of magnesium supply on tree growth. In: HÜTTL, R.F.; W. SCHAFF (Hrsg.): Magnesium Deficiency in Forest Ecosystems. Kluwer Academic Publishers: 215-226. [12] PARK, Y. I.; H. SPIECKER, 1998: Zusammenhänge zwischen der Jahrringstruktur und dem Witterungsverlauf. In: RASPE, S.; K. H. FEGGER; H. W. ZÖTTL (Hrsg.): Beiträge zu Auswirkungen atmosphärischer Einträge und Restabilisierungsmaßnahmen auf den Stoffhaushalt von Fichtenwäldern im Südschwarzwald. Umweltforschung in Baden-Württemberg. Landsberg: ecomed (im Druck). [13] REHFUESS, K. E.; G. AGREN; F. ANDERSSON; M. G. R. CANNELL; A. FRIEND; J. HUNTER; H. P. KAHLE; J. PRIETZEL; H. SPIECKER, 1998: RECOGNITION - Relationships Between Recent Changes of Growth and Nutrition of Norway Spruce, Scots Pine, and European Beech Forests in Europe. European Forest Institute Working Paper: 138 p (eingereicht). [14] SPATHELF, P., 1996: Konstruktion einer Orientierungshilfe zur Steuerung des Wachstums der Weißtanne mit Hilfe der relativen Kronenlänge. Bericht Sektion Ertragskunde im DVFF: 227-241. [15] SPIECKER, H., 1991: Growth variation and environmental stresses: long-term observations on permanent research plots in Southwestern Germany. Water, Air, and Soil Pollution 54: 247-256. [16] SPIECKER, H., 1991: Zur Dynamik des Wachstums von Tannen und Fichten auf Plenterwald-Versuchsflächen im Schwarzwald. AFZ 46: 1076-1080. [17] SPIECKER, H. (Coordinator), 1997: Dendroecological Analysis of Climate-Growth Relations of Five Important European Tree Species Along an East-West Transect: Black Forest - Vosges Mountains - Lorraine Plain. With contributions from N. BRÉDA; J. L. DUPOUEY; J. HANSEN; G. HELLE; H. P. KAHLE; P. NOGLER; Y. I. PARK; G. H. SCHLESER; F. H. SCHWEINGRUBER. EU-Projekt EV5V-CT94-0437 Concluding Report: 106 p. und Anhang. [18] SPIECKER, H.; H. P. KAHLE (eds.), 1994: Modellierung of Tree-Ring Development - Cell Structure and Environment. In: Proceedings of the Workshop Held at Freiburg, September 5-9 1994. 110 p. [19] SPIECKER, H.; K. MIELIKÄINEN; M. KOHL; J.P. SKOVSGAARD (eds.), 1996: Growth Trends in European Forests - Studies From 12 Countries. European Forest Institute Research Report 5: 372 p. [20] UNTHEIM, H., 1996: Zur Veränderung der Produktivität von Waldstandorten: Untersuchungen zum Höhen- und Volumenwachstum von Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) und Buche (*Fagus sylvatica* L.) auf Standorteinheiten der Ostalb und des Flächenschwarzwalds. Mitt. FVA Baden-Württemberg 198: 239 S. und Anhang.