

# Wie reagieren die Bäume auf Temperatur und Niederschlag?

Markus NEUMANN

Das Wachstum der Bäume ist einerseits ihre wesentliche Lebensäußerung, andererseits die wirtschaftliche Grundlage der Forstwirtschaft und der Holzindustrie. Die Untersuchung der Zuwachsleistung stand daher seit Beginn der forstlichen Forschung im Mittelpunkt des Interesses. Im Laufe der letzten 150 Jahre wurden dazu verschiedene Methoden und Instrumente entwickelt. Moderne Technik ermöglicht heute dauerregistrierende Messungen, die laufend per Funk an das BFW gesendet werden.



Foto: Markus Neumann

In der Waldwachstumsforschung werden Einzelbäume und Bestände anhand von Versuchsreihen periodisch gemessen und daraus mittlere Zuwächse abgeleitet. Darüber hinaus werden auch die Wuchsleistung für längere Abschnitte oder die gesamte Umtriebszeit bestimmt. Zur Untersuchung der jährlichen Zuwachsleistung sind diese periodischen Aufnahmen mangels feinerer zeitlicher Auflösung jedoch kaum geeignet. Die Aufnahmegenaugkeit ist oft geringer als der zu erwartende Zuwachs. Diese Lücke kann durch die Analyse der jährlichen Zuwächse an Bohrkernen und Stammscheiben relativ leicht geschlossen werden. Eine noch feinere zeitliche Auflösung ermöglichen fix angebrachte Umfangmaßbänder, die auch mit automatischen Aufzeichnungsvorrichtungen kombiniert sein können (Abbildung 1).

**Abbildung 1:** Die Messgenauigkeit der Dendrometer ist leider durch äußere Einflüsse teilweise beeinflusst.

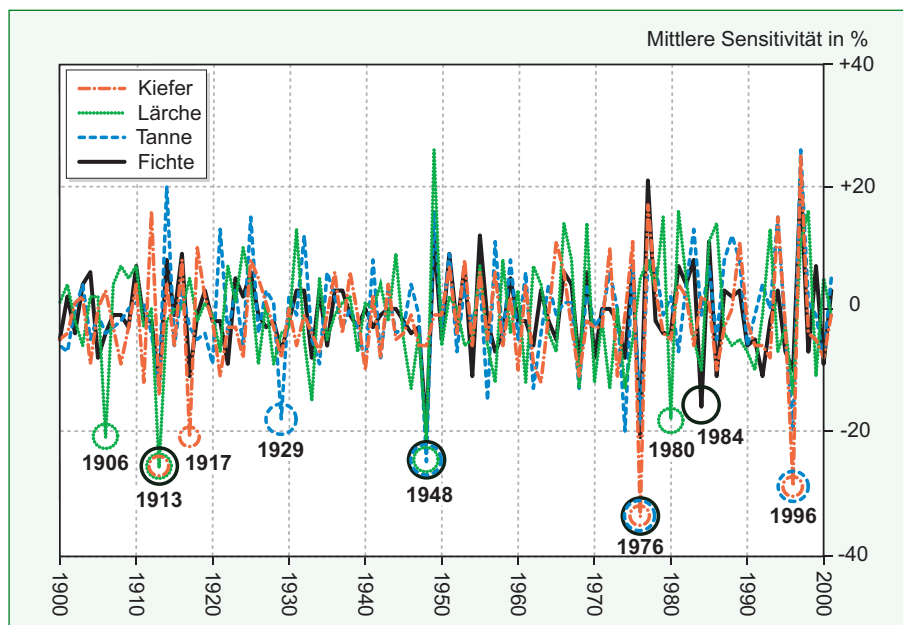
## Analyse der Jahrringe

Der längerfristig mittlere Zuwachs der einzelnen Bäume wird im Wesentlichen durch Genetik, Konkurrenz und Bestandesbehandlung, dem Standort und dem Klima gesteuert. Die kurzfristige Variation des Zuwachses von Jahr zu Jahr ist hingegen überwiegend durch die Witterung beeinflusst und kann durch biotische Schadeinflüsse reduziert werden. Auch durch Samenjahre ist eine merkbare Reduktion der Zuwachsleistung möglich. Im Zuge der periodischen Erhebungsarbeiten der Österreichischen Waldinventur wurden in den letzten Jahrzehnten Bohrkern gewonnen, deren Auswertung eine repräsentative Information über die jährliche Variation

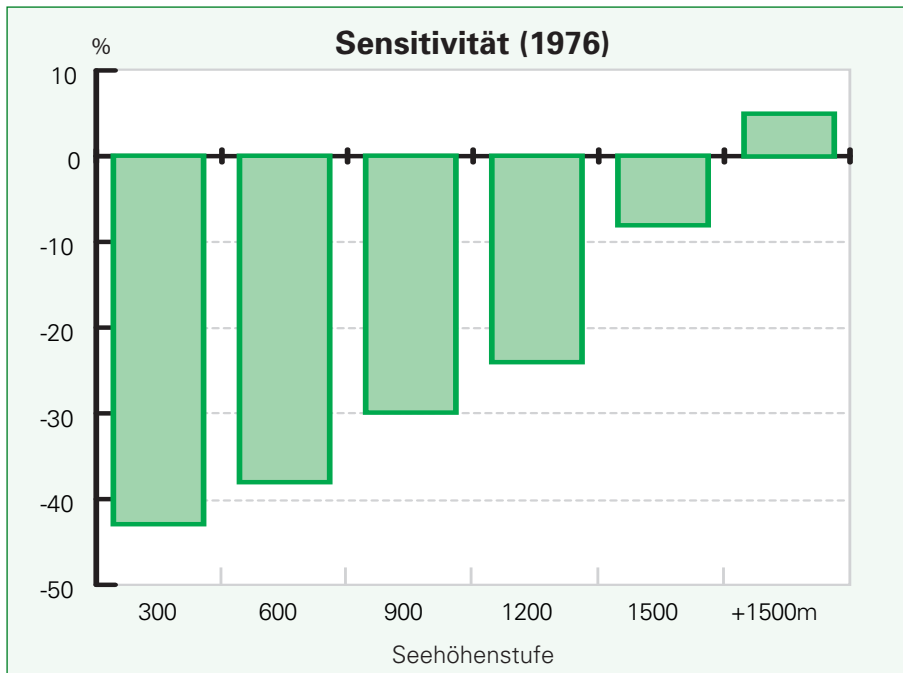
des Zuwachsverhaltens gibt und eine Beurteilung der längerfristigen Veränderung zulässt.

Werden Jahrringserien von vielen Bäumen verglichen, so zeigen einzelne Jahre eine gleichläufige Zu- oder Abnahme der Jahrringbreiten. Solche Jahrringmuster von positiven oder negativen „Weiserjahren“ entstehen, wenn der Holzzuwachs weniger von den individuellen Lebensumständen eines Baumes als mehr von der regional wirkenden Witterung geprägt wird. Einzelne Weiserjahre finden sich bei verschiedenen Baumarten und können einen überregionalen Witterungseinfluss auf das Baumwachstum belegen.

In Abbildung 2 sind die Jahre 1913, 1948 und 1976 Beispiele für negative Weiserjahre, die bei mehreren Baumarten festgestellt werden konnten. Das Jahr 1976 war durch



**Abbildung 2:** Die Analysen der im Rahmen der ÖWI gewonnenen Bohrkern zeigen Jahreschwankungen im Radialzuwachs, die markanten Abweichungen (Weiserjahre) zeigen witterungsbedingte Wachstumsreaktionen.



**Abbildung 3:**  
Auch in Weiserjahren ist die Reaktion nicht einheitlich, im Trockenjahr 1976 hatten Fichten in tieferen Lagen deutliche Zuwachseinbußen, hingegen Zugewinne in Lagen über 1500 m.



Foto: Maarkus Neumann

**Abbildung 4:**  
Mit elektronischen Dendrometern sind hochempfindliche Messungen der Umfangsänderungen in so kurzen Zeitintervallen möglich, dass nicht nur der Jahreszuwachs sondern auch das Quellen und Schwinden der Bäume im Tagesverlauf erkannt wird.

eine europaweite Trockenperiode im Übergangszeitraum vom Frühjahr zum Sommer gekennzeichnet, was zu einer deutlichen und in weiten Teilen Mitteleuropas auftretenden Zuwachsreduktion führte. Auch in einem so markanten Jahr wie 1976 waren jedoch keineswegs alle Bäume in gleichem Ausmaß betroffen (Abbildung 3): Deutlichen Reduktionen im Zuwachs in tieferen Lagen stehen leichte Zuwachszunahmen der höheren Lagen gegenüber. Offenbar profitierten die Bäume in der hochmontanen bis subalpinen Höhenstufe von den überdurchschnittlich hohen Temperaturen im Juni und Juli, während sich die Trockenperiode von Ende Mai bis Anfang Juli in diesen Regionen nicht auswirkte. Die Ursache war vermutlich die vom Winter noch verfügbare Bodenfeuchte, die Trockenstress verhinderte. In tieferen Lagen hatte die höhere Temperatur hingegen keinen positiven Effekt und die Trockenperiode fiel genau in

den Zeitraum des höchsten Wachstums und damit des größten Wasserbedarfs. Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass Jahresdurchschnittswerte für derartige Analysen nicht aussagekräftig sind, vielmehr sind Tageswerte für eine gute Interpretation notwendig.

### Permanente Messungen

Der Wunsch nach zeitlich noch feiner aufgelösten Ergebnissen führte zur Entwicklung von permanent registrierenden Messinstrumenten zur Erfassung des Klimas und der Zuwachsreaktion. Im Rahmen des von der Europäischen Gemeinschaft kofinanzierten Programms „Forest Focus“ wurden 1998 auf zwei Dauerbeobachtungsflächen waldnahe Klimastationen eingerichtet und mit automatischen Registriereinrichtungen versehen. Im Jahr 2002 wurden dort in dem nahe gelegenen Beobachtungsbe-

stand an mehreren Bäumen permanente Umfangsmaßbänder (so genannte Dendrometer, Abbildung 4) zur automatischen Erfassung der Umfangveränderung installiert. Ergänzt wurden diese Messungen durch die Erfassung der Bodenfeuchte und -temperatur in mehreren Bodentiefen in unmittelbarer Nähe zu den mit Dendrometern ausgestatteten Bäumen.

Ergebnisse von zwei Probestellen, eine liegt auf 1600 m Seehöhe in der Nähe von Murau in der Steiermark (Abbildung 5), die andere im Wienerwald auf 450 - 500 m Seehöhe, werden folgend näher dargestellt. Sie umfassen die Analyse des unterschiedlichen Radialzuwachsverhaltens von Fichte und Buche in den vergangenen Jahren.

Vorerst eine kurze klimatische Beschreibung der vier Beobachtungsjahre (<http://www.zamg.ac.at>): 2002 war es in großen Teilen Österreichs generell sehr warm bei überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen. 2003 war allgemein überdurchschnittlich warm bei in großen Teilen Österreichs unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen. Das Jahr 2004 war bei unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen normal bis leicht übernormal temperiert. Auch 2005 wies unterschiedliche Niederschlagsverhältnisse auf und zeigte leicht unterdurchschnittliche Temperaturen. Diese Charakteristiken für das Jahr gelten auch für die Wachstumsperiode, extrem trocken und warm war nur das Jahr 2003, während 2002 zwar etwas wärmer als 2003 war, jedoch ausreichende Niederschläge aufwies. Im Jahr 2003 waren der Juni und der August extrem trocken, verschärft wurde die Situation durch ein ebenfalls sehr trockenes Frühjahr.

### Reaktionen der Buche

Erste Auswertungen der Dendrometermessungen (Abbildung 6) zeigen bei der Buche in diesen vier Jahren einen alljährlichen Beginn der Umfangzunahme

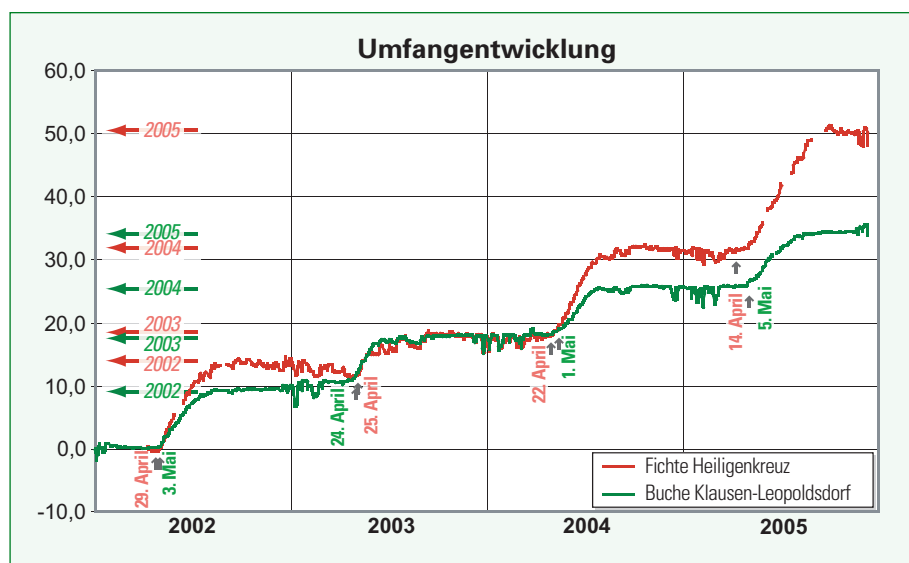


Foto: Karl Gartner

**Abbildung 5 a und b:**  
**Auf Intensivbeobachtungsflächen (hier bei Murau) konnten mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission im Rahmen von Forest Focus automatische registrierende Klimamessstationen eingerichtet werden.**

gegen Ende April bzw. Anfang Mai, darauf folgt eine ungefähr drei Monate dauernde Wachstumsperiode und gegen Mitte August ist der Radialzuwachs abgeschlossen. Je nach Niederschlägen und Bodenwasserverfügbarkeit zeigen sich Schwindungs- und Quellvorgänge im Hochsommer. Vor allem nach sommerlichen Regenfällen quellen die Stämme deutlich auf. Im

Herbst bleiben die Durchmesser ziemlich stabil, während im Winter starke Schwankungen registriert werden, mit Minimalwerten bei Frost. Das trockene Jahr 2003 weicht von diesem Verlauf ab: Das Dickenwachstum wird schon früher abgeschlossen und das sommerliche Schwinden und Quellen sind sehr ausgeprägt. Der durchschnittliche jährliche Umfangzuwachs beträgt in allen vier Jahren etwa 9 mm, das entspricht einer Durchmesserzunahme von etwa 3 mm pro Jahr.



**Abbildung 6:**  
**Die Umfangentwicklung von Fichte und Buche zeigt einen unterschiedlichen Verlauf, die Wachstumsreduktion im Trockenjahr 2003 ist bei Fichte viel deutlicher ausgeprägt als bei Buche.**

### Fichte reagiert etwas anders

Bei den Fichten zeigt sich ein prinzipiell zwar ähnliches Bild, das Jahr 2003 fällt aber im Vergleich zu allen anderen Jahren durch eine deutlich geringere Zuwachseleistung auf, die nur ein Drittel bis ein Viertel beträgt. Die alljährliche Durchmesserzunahme setzt etwas früher ein als bei Buche und die Periode starken Quellens und Schwindens im Sommer ist etwas ausgeprägter. Trotz des äußerst geringen Zuwachses im Jahr 2003 mit nur etwa 1 mm nimmt der Durchmesser in den vier Jahren insgesamt um 16 mm zu.

Im Detail zeigt die Abbildung die Monate Mai und Juni 2003 (Abbildung 7 und 8). Trotz einiger Niederschläge nimmt die Bodenfeuchte fast kontinuierlich ab und erreicht Anfang Juni offenbar kritische Werte, sodass das Wachstum weitgehend eingestellt wird. Die wenigen feuchteren Tage Mitte Juni reichen nicht für einen wesentlichen Zuwachs aus, während in den anderen Jahren der Juni der Monat des stärksten Zuwachses war.

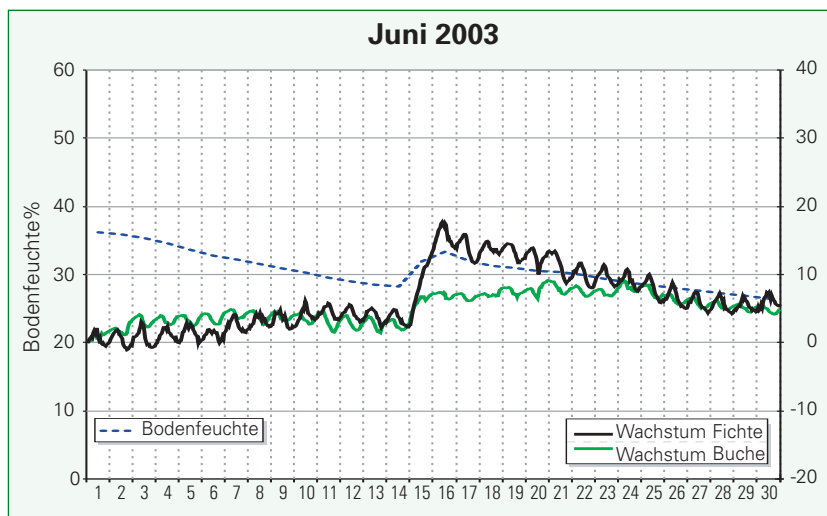
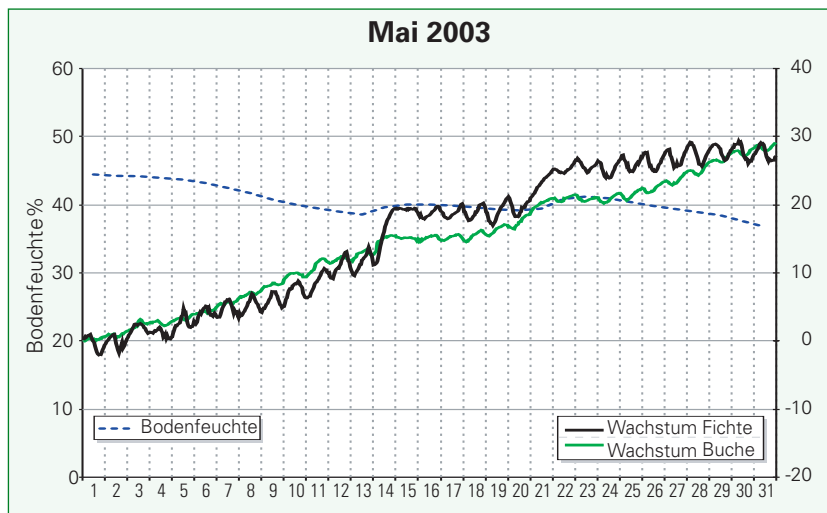
### Zusammenschau

Mögliche Untersuchungen zu kurzfristig zuwachswirksamen Ereignissen können an Stammanalysen und Bohrkernen durchgeführt werden. Darüber hinaus bietet die kontinuierliche Erfassung des Baumumfangs mit elektronischen Umfangmaßbändern noch detaillierte Ergebnisse. Mit dendrochronologischen Methoden wurde gezeigt, wie sich Wachstumsvorgänge über verschieden lange Zeiträume (Jahresgang, Bestandesalter) verfolgen lassen und in wie weit sich typische Witterungsereignisse in Zuwachsreaktionen abbilden.

Die zeitlich hoch auflösende, permanente Umfangmessung mit Dendrometern gehört zu einer der Spezialisierungen des Instituts für Waldwachstum und Waldbau und wird am BFW in Zusammenarbeit mit dem Institut für Waldökologie und Boden durchgeführt. Das Messverfahren ist so fein, dass Tagesgänge des Quellens und Schwindens beobachtet und mit Hilfe der Messdaten der Klimastation und der Bodenfeuchteerfassung interpretiert werden können. Die Untersuchungen sind noch lange nicht abgeschlossen, es lässt sich jedoch schon jetzt ableiten, dass das Wasserangebot (Niederschläge bzw. Bodenwasservorräte) im zuwachtsentscheidenden Zeitraum von April bis Juli maßgeblich ist. Die Wasserversorgung während der Vegetationsperiode ist der wichtigste Einflussfaktor für den Zuwachs auf einem bestimmten Standort, doch gerade der Niederschlag wird von den einzelnen Klimamodellen sehr unterschiedlich vorhergesagt. Auf Grundlage dieser Modellvorstellungen sind Prognosen des Zuwachses wesentlich schwieriger zu erstellen als rückblickende Jahrringanalysen mit davon abgeleiteten Klimarekonstruktionen.

### Klimaänderung – das Aus für Fichte?

Der Vergleich zwischen Buche und Fichte lässt eine höhere Empfindlichkeit der Fichte auf Trockenheit erkennen. Daraus muss man eine Erhöhung des Bewirtschaftungsrisikos für Fichte in klimatisch kritischen Randgebieten und tieferen Lagen ableiten. Nachdem dieses Risiko durch hier nicht untersuchte biotische Schäden noch wesentlich verstärkt wird, muss es durch waldbauliche Maßnahmen (Verringerung der all-



**Abbildung 7 und 8:** Die für das Wachstum in tieferen Lagen entscheidenden Monate im Jahr 2003 zeigen, dass im Mai noch normales Wachstum möglich war, die Niederschläge Mitte Juni konnten die Abnahme der Bodenfeuchte nicht nachhaltig stoppen und daher wurde die durch Quellen entstandene Durchmesserzunahme durch das folgende Schwinden wieder aufgehoben.

gemeinen Schadensdisposition, Stärkung der Einzelbaumvitalität und Maßnahmen der Waldhygiene) möglichst reduziert werden. Verstärktes Augenmerk auf standortgemäße Mischbaumarten kann das Risiko weiter verringern. Eine generelle Abkehr von der Fichte als wirtschaftliche Hauptbaumart in ihrem eigentlichen Verbreitungsgebiet in höheren Lagen erscheint jedoch nicht angebracht.

Dipl.-Ing. Dr. Markus Neumann  
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,  
 Naturgefahren und Landschaft  
 Institut für Waldwachstum und Waldbau  
 Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien  
 E-Mail: markus.neumann@bfw.gv.at