

# Klimawandel und Veränderungen an der alpinen Waldgrenze – aktuelle Entwicklungen im Vergleich zur Nacheiszeit

Kurt NICOLUSSI und Gernot PATZELT

**Meteorologische Messdaten zeigen einen deutlichen Temperaturanstieg während der letzten 100 Jahre im Alpenraum. Diese Klimaänderung schlägt sich teilweise deutlich im Umweltbereich, besonders markant etwa durch das Abschmelzen der Gletscher, nieder.**

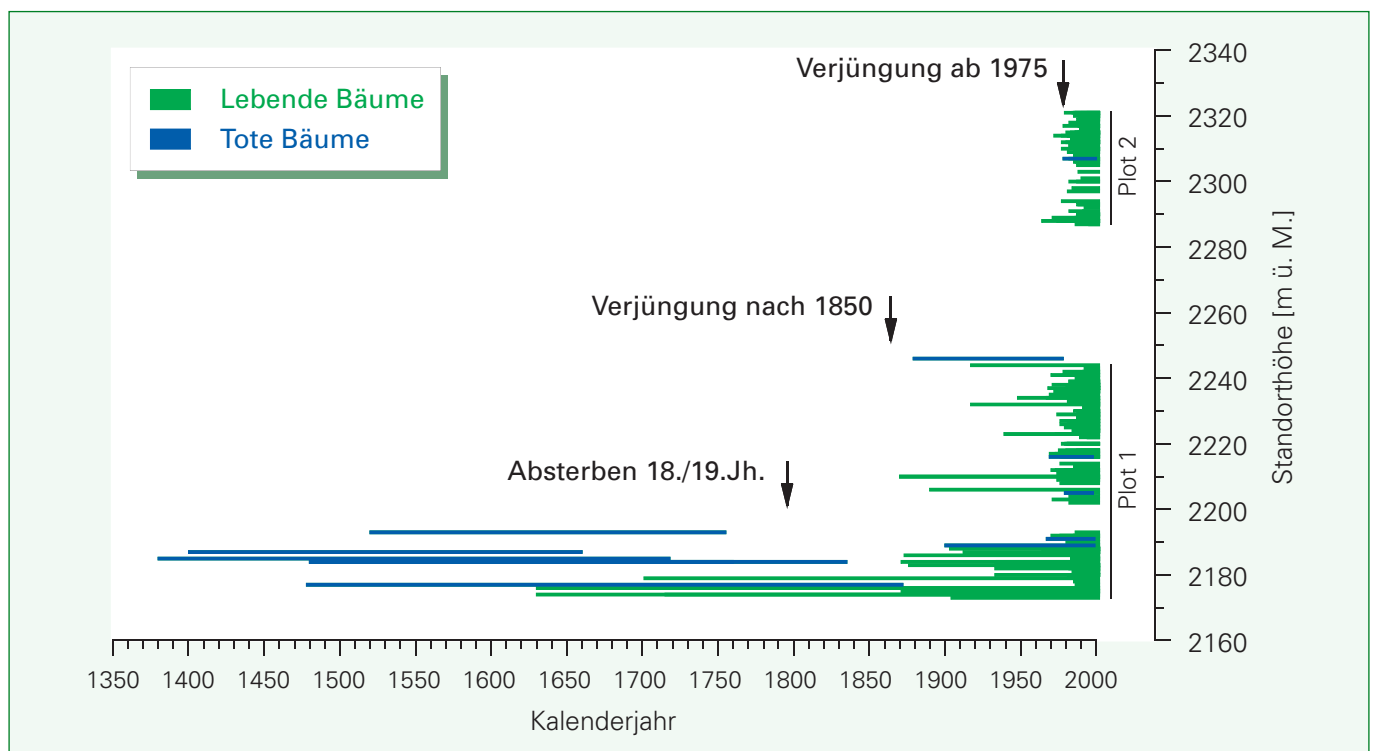
Die alpine Waldgrenze ist eine klima-sensitive Grenzzone. Mittel- und langfristige Temperaturzunahmen während der Vegetationszeit sollten demnach zu einem Anstieg der Waldgrenze bzw. einer Verdichtung des Bestandes im Grenzbereich, kontinuierliche Temperaturrückgänge hingegen zur Auflichtung der Waldgrenzwälder und zu einem Absinken der Baumgrenze führen.

## Wie reagieren Waldgrenzbestände und wie rasch?

Inwieweit reagieren nun die Waldgrenzbestände auf die veränderten klimatischen Bedingungen und wie schnell geht das? Zu dieser Frage führten wir detaillierte Untersuchungen unter Anwendung der Jahrringanalyse (Dendrochronologie) im Bereich der Tiroler Zentralalpen, im Kauner- und Schnalstal, durch. Dort wird die Waldgrenze und die Kampfzone von Zirbenbeständen dominiert. Die Studien zeigen ein Ansteigen der Verbreitungsgrenze von erwachsenen Bäumen und Jung-

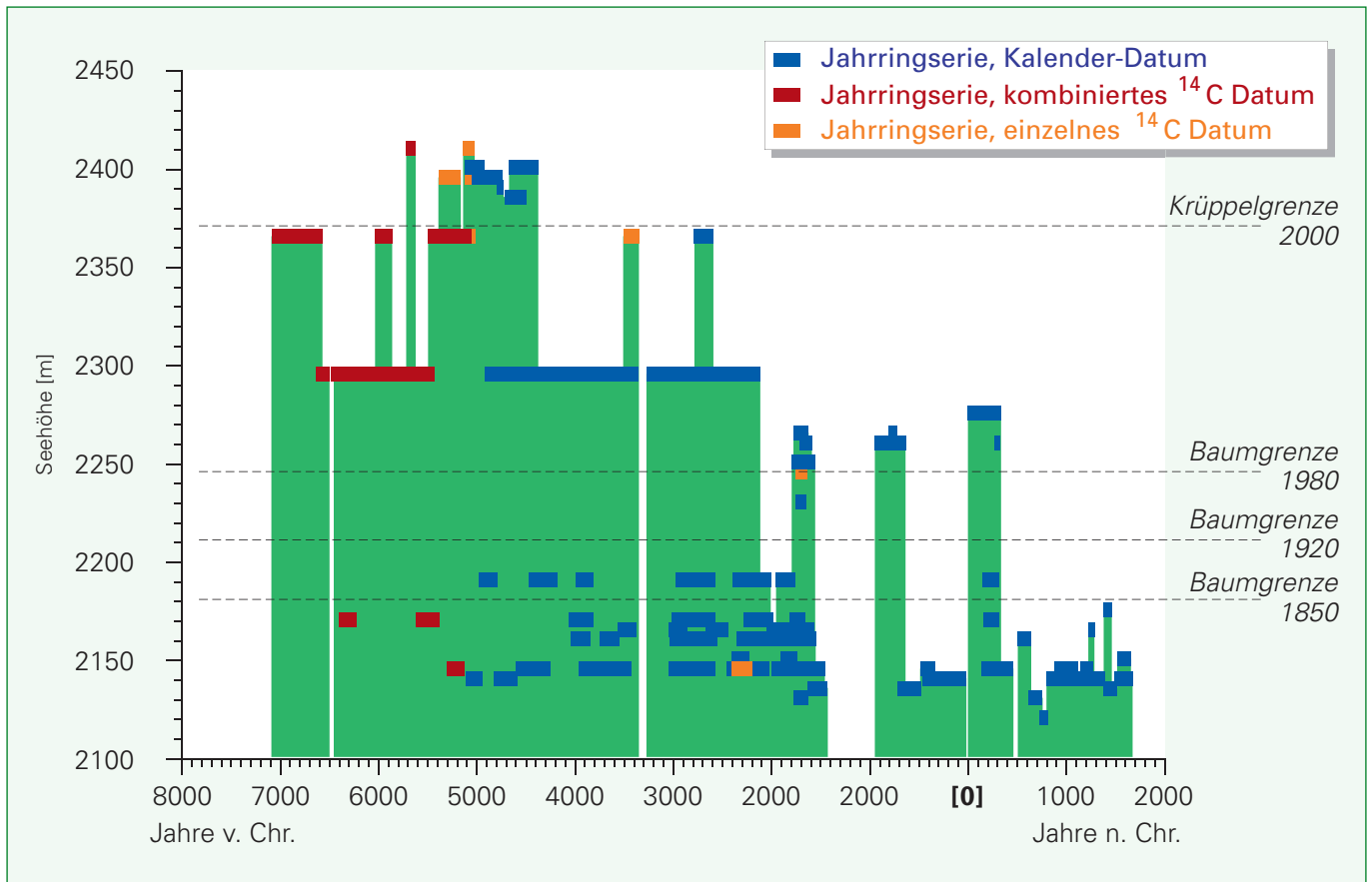
wuchs während der letzten 150 Jahre. Demgegenüber war etwa das frühe 19. Jahrhundert im zentralalpinen Bereich durch eine temperaturbedingte Auflichtung der Hochlagenwälder und ein Absinken der Baumgrenze gekennzeichnet (Abbildung 1).

Der Anstieg der Baumgrenze bzw. das Aufkommen der heute im Waldgrenzbereich wachsenden Zirben und Lärchen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts erfolgte jedoch nicht kontinuierlich. Ein erstes starkes Anwachsen von Jungwuchs lässt sich ab etwa 1860 und damit synchron zu einer Gletscherabschmelzphase nach einem Hochstand um 1855 feststellen. Weitere Phasen vermehrter Bestandesverdichtung im Waldgrenzbereich bzw. eines Höhersteigens der potenziellen Baumgrenze (nach 1920 bzw. 1980) gehen gleichfalls mit Perioden markanten Gletscherrückgangs einher. Gerade die letzten 25 Jahre sind in den Tiroler Zentralalpen von einer starken Verjüngung auch über der bereits etablierten Baumgrenze geprägt. Speziell der Zirbenjungwuchs reagiert unmittelbar auf die verbesserten Klimabedingungen. Unter der Voraussetzung, dass die gegenwärtigen Temperaturverhältnisse andauern, es also nicht zu einem Klimarückschlag und damit zu einem Absterben dieser neu aufgewachsenen Bäumchen kommt, wird sich in den Zentralalpen eine neue Baum- bzw. Waldgrenze rund 100 bis 150 Höhenmeter über jener zur Mitte des 19. Jahrhunderts einstellen.

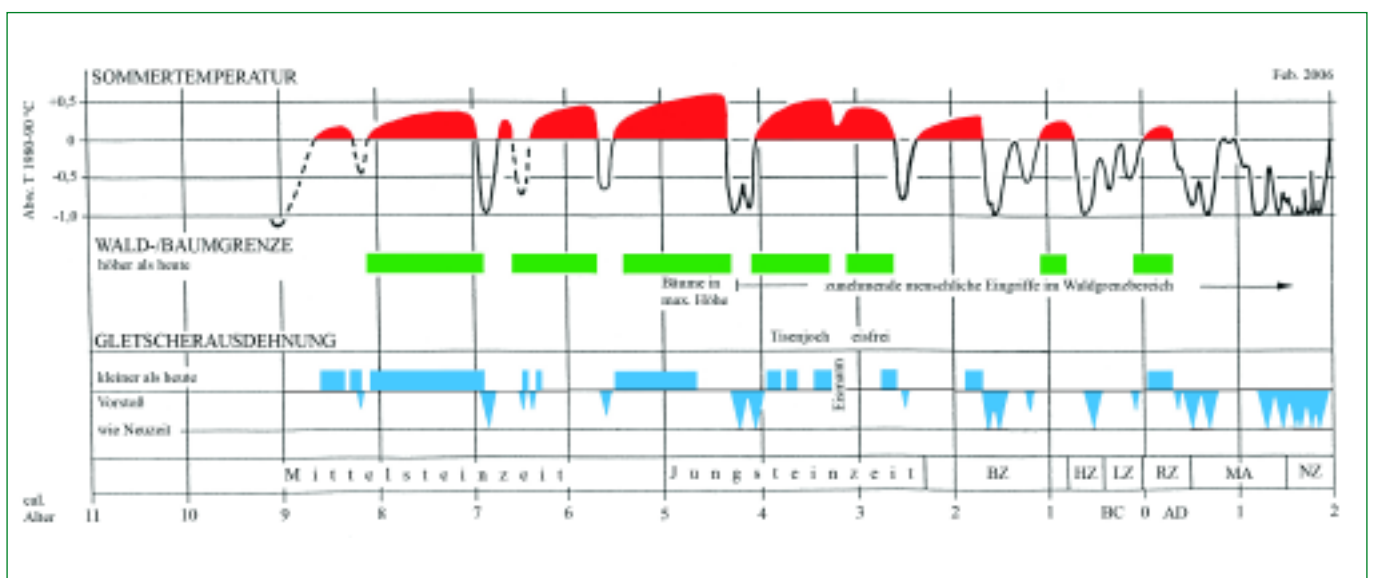


**Abbildung 1:**

**Höhenmäßige Verteilung der im Kaunertal erfassten Zirben. Jeder Balken steht für einen Baum und zeigt über die Länge dessen individuellen Wuchszeitraum an. Mitte des 19. Jahrhunderts lag die Baum- und Waldgrenze im Untersuchungsgebiet in 2180 m Seehöhe, inzwischen findet sich Jungwuchs bis in Höhen um 2370 m.**



**Abbildung 2.** Höhenmäßige und zeitliche Verteilung von subfossilen Holzproben aus dem inneren Kaunertal. Die Längen der Balken geben die Mindestwachsungszeit von Proben bzw. Probengruppen an. Die Datierungen der Hölzer basieren auf <sup>14</sup>C-Analysen (rote Balken) bzw. dendrochronologischen Synchronisationen. Für den Zeitraum der letzten 7000 Jahre liegen überwiegend dendrochronologische Daten (blaue Balken) mit einer Genauigkeit von einem Jahr vor. Für die letzten rund 4000 Jahre ist die Belegung aufgrund klimatischer Störungen, aber vor allem wegen der Rodungstätigkeit des Menschen lückenhaft. Demgegenüber ist für die fünf Jahrtausende davor ein praktisch zusammenhängender Nachweis für eine Baum- und Waldgrenze im bzw. über dem gegenwärtigen potenziellen Niveau gegeben.



**Abbildung 3:** Nacheiszeitliche Temperaturentwicklung im Ostalpenraum, abgeleitet aus Gletscher- und Waldgrenzschwankungen. Aus der bisher erfassten Gletscherausdehnung (unten) und den Wald- und Baumgrenzlagen, die oftmals höher lagen als es unter gegenwärtigen Klimabedingungen möglich wäre (Mitte), wurde die Entwicklung der Sommertemperatur (Mai-September) für die letzten 11.000 Jahre abgeleitet. In über 65 % dieser Zeit lagen die Temperaturen über dem Mittelwert von 1980-90. Das letzte Jahrtausend war durch überwiegend kühle Verhältnisse gekennzeichnet. Das gegenwärtige Temperaturniveau liegt nur geringfügig über dem nacheiszeitlichen Mittelwert.

## Ungewöhnliche Klimaverhältnisse?

Sind die gegenwärtigen Verhältnisse und Veränderungen etwas Besonderes oder gab es Vergleichbares schon früher? Veränderungen werden im Vergleich zu Bestehendem und bisherigen Verhältnissen verstanden. Unser traditionelles Bild der Klima- und Umweltverhältnisse im Alpenraum ist nicht zuletzt stark geprägt von der Situation in der Neuzeit, die durch Schrift- und Bilddokumente, aber auch durch frühe Messungen vergleichsweise gut dokumentiert ist. Diese neuzeitlichen Jahrhunderte sind jedoch durch wiederholt ungünstige Klimabedingungen charakterisiert, häufige und weit reichende Gletschervorstöße sowie die große Ausdehnung dieser Eismassen führten gar zur Benennung dieses Zeitraums als „Kleine Eiszeit“. Letztlich erweckt diese bekannt ungünstige Klima-Vorgeschichte den Eindruck, dass die heutigen Temperaturbedingungen und die Entwicklungen in der Umwelt außerordentlich wären. Für die Bewertung und Einordnung der gegenwärtigen Verhältnisse sollten jedoch nicht nur die letzten Jahrhunderte, sondern die gesamte Nacheiszeit, d.h. die letzten etwa 11.000 Jahre, herangezogen werden.

Zur Entwicklung der Waldgrenze in der Nacheiszeit konnten in den letzten Jahren neue Ergebnisse über die dendrochronologische Analyse von Baumresten, die teilweise vor Jahrtausenden gewachsen sind, gewonnen werden. Gefunden und geborgen wurden diese im zentralen Ostalpenraum an Stellen, die im Höhenbereich der heutigen potenziellen Baumgrenze und darüber liegen. Durch die Synchronisation der Jahrringreihen dieser alten Hölzer untereinander und über eine Vielzahl von  $^{14}\text{C}$ -Daten kann nun ein zeitlich präzises und gut abgesichertes Bild der Veränderungen der Baumgrenze über die Jahrtausende erstellt werden (Abbildung 2). Nachweisbar ist vor allem für die mittlere Nacheiszeit (von mindestens 9000 bis 4000 Jahren vor heute) eine Baumgrenze, die durchwegs über der momentanen potenziellen Höhe lag. Im Kautertal wuchs beispielsweise zwischen 4674 und 4377 v. Chr. ein Baum auf 2400 m Seehöhe. In dieser Höhe ist dort heute kein Baumwachstum möglich. Auch der Vergleich der Entwicklung der alpinen Waldgrenze mit den Gletscherschwankungen in den letzten 11.000 Jahren bestätigt das Bild einer überwiegend klimatisch günstigen frühen und mittleren Nacheiszeit (Abbildung 3). Die heutigen mittleren Temperaturverhältnisse haben dabei noch nicht die mittelfristigen Maxima dieses Zeitraumes erreicht, auch wenn das gegenwärtige Niveau deutlich über dem Mittel des vergangenen Jahrtausends liegt.



Foto: Kurt Nicolussi

**Eine Hochlagen-Zirbe (*Pinus cembra* L.) im Kautertal. Diese Baumart dominiert den Waldgrenzbereich der zentralen Ostalpen. Bisher wurden Bäume mit Lebensaltern von bis zu 800 Jahren untersucht.**

## Literatur

- Kaufmann, N.; Nicolussi, K. (in Vorbereitung): Changes of the Potential Tree Line Position in the Central Eastern Alps During the Past 1500 Years.
- Nicolussi, K.; Patzelt, G. (2001): Untersuchungen zur holozänen Gletscherentwicklung von Pasterze und Gepatschferner (Ostalpen). Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 36, 1-87.
- Nicolussi, K.; Kaufmann, M.; Patzelt, G.; van der Plicht, J.; Thurner, A. (2005): Holocene tree-line variability in the Kauner Valley, Central Eastern Alps, indicated by dendrochronological analysis of living trees and subfossil logs. Vegetation History and Archaeobotany 14, 221-234.

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Kurt Nicolussi,  
Univ.-Prof. Dr. Gernot Patzelt  
Institut für Geographie, Universität Innsbruck,  
Innrain 52, A-6020 Innsbruck  
E-Mail: kurt.nicolussi@uibk.ac.at