

# Klimawandel – Standörtliche Rahmenbedingungen für die Forstwirtschaft

Ernst LEITGEB und Michael ENGLISCH

**Globale Klimaänderungen und deren Konsequenzen für das Waldwachstum werden derzeit intensiv diskutiert. Ein Klimawandel wird allgemein angenommen, bezüglich des Ausmaßes gibt es aber noch viele offene Fragen. Großräumige Veränderungen des Klimas wirken sich auch auf regionaler, lokaler und standörtlicher Ebene aus.**

Zweifellos wird die prognostizierte Änderung der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse gravierende Auswirkungen auf die Vegetation haben. Sie ist daher eine große Herausforderung für die Waldbewirtschaftung, da waldbauliche Entscheidungen (zum Beispiel die Baumartenwahl) sehr langfristig wirken und künftige Entwicklungen der Umwelt vorwegnehmen müssen.

## Globale Klimaänderung – vom Menschen verursacht?

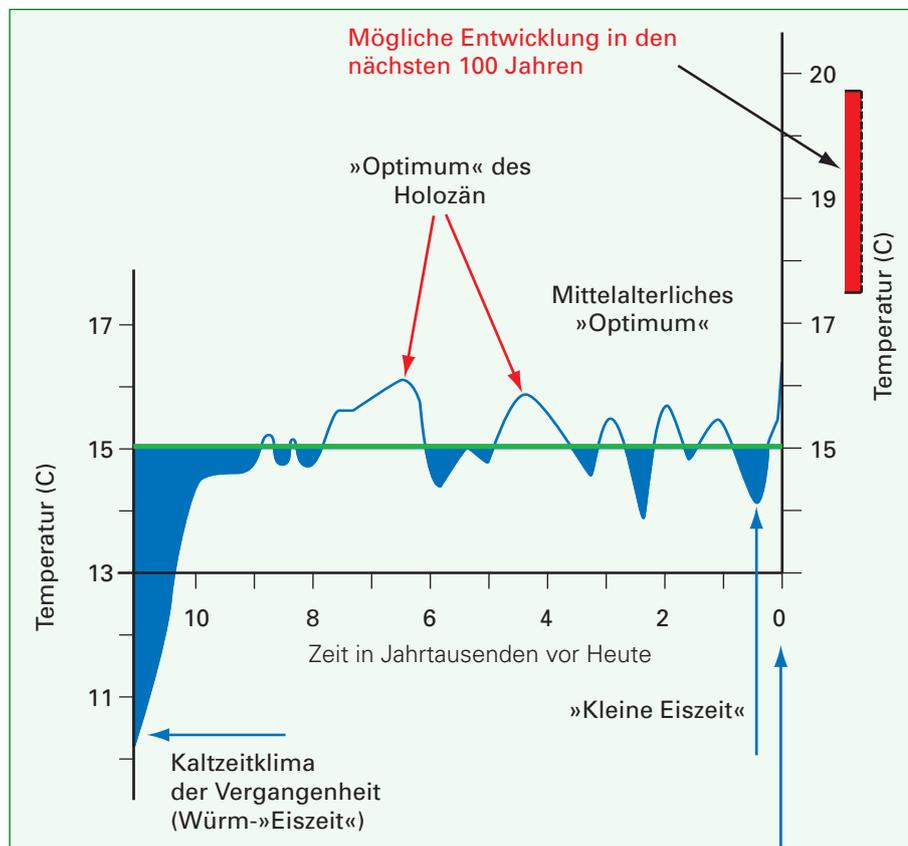
Im Bericht des "Intergovernmental Panel of Climatic Change" (IPCC) wurde versucht, den menschlichen Einfluss auf die globale Lufttemperatur zu modellieren und den beobachteten Messwerten gegenüberzustellen. Nach diesen Modellansätzen wird ein Anstieg der mittlere

ren globalen Lufttemperatur von 1,4 bis 5,8° C prognostiziert, bei einer Verdoppelung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Atmosphäre sogar von 11° C. Die beobachteten Werte (zurückreichend bis ins Jahr 1890), die sich aus natürlichen und anthropogen bedingten Faktoren zusammensetzen, steigen seit den 70er Jahren deutlich an. Interessant ist dabei, dass der modellierte Verlauf der „natürlichen“ Temperatur nicht ansteigt, sondern sogar leicht fällt und – dem Modell nach – der beobachtete Anstieg der globalen Temperatur auf anthropogene Aktivitäten zurückzuführen ist (längerfristige Entwicklung siehe Abbildung 1).

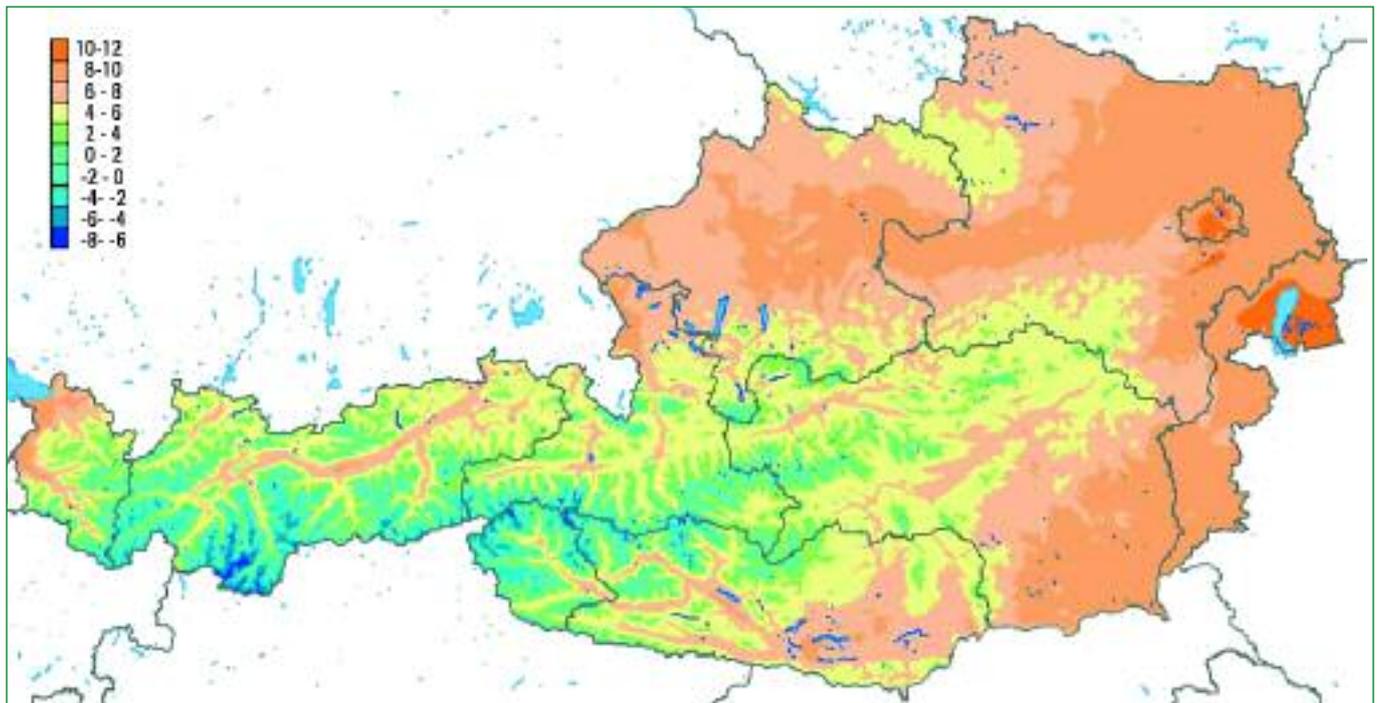
Auch hier findet sich der Anstieg der Temperatur in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts: Auffallend ist, dass es bereits im Atlantikum und Mittelalter länger andauernde Wärmeperioden gab. Diese „natürlichen“ Wärmeperioden sind durch einen allmählichen Temperaturanstieg gekennzeichnet und unterscheiden sich deutlich vom derzeitigen, raschen Anstieg. Die vom Menschen verursachten Klimaänderungen werden vor allem mit dem verstärkten Treibhauseffekt (oder „Glashauseffekt“) in Verbindung gebracht. Der Treibhauseffekt ist an sich ein natürlicher Vorgang und sorgt für eine mittlere Temperatur von 15° C auf der Erde. Ohne Treibhauseffekt würde die globale mittlere Temperatur bei ca. -17° C liegen.

Der Treibhauseffekt entsteht durch die Absorption der langwelligen Abstrahlung von der Erdoberfläche durch Spurengase (vor allem Kohlendioxid, aber auch Lachgas und Methan) in der untersten Schicht der Atmosphäre. Dabei wird ein Teil der Strahlung an die Erdoberfläche reflektiert. Die Spurengase wirken gleichsam wie das Glas in einem Gewächshaus.

Lag der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Jahr 1750 noch bei 280 ppm (Otto, 1994), ist der CO<sub>2</sub>-Gehalt heute auf 360 ppm angestiegen. Anhand von Bohrkernproben aus der Antarktis („Vostok“-Eiskern) konnte man den CO<sub>2</sub>-Gehalt bis ans Ende der Riss-Eiszeit rekonstruieren. So hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen wie heute gab es im gesamten Untersuchungszeitraum, auch im nach-eiszeitlichen Wärmeoptimum des Atlantikums, nicht. Neben dem Anstieg der Treibhausgase gibt es auch noch andere Indizien, wie zum Beispiel den Gletscherrückgang und den Anstieg des Meeresspiegels, die für eine massive



**Abbildung 1:**  
Temperaturentwicklung seit der letzten Eiszeit (Kromp-Kolb und Formayer, 2005)



**Abbildung 2:**  
**Jahresmittel der Lufttemperatur in Österreich (1961-1990)**

Klimaänderung sprechen. Inwieweit sich Rückkopplungseffekte auswirken, kann derzeit noch kaum abgeschätzt werden: „Positiv“ (und somit zusätzlich temperatursteigernd) zu sehen sind Methanausgasungen aus Permafrostböden, der Ozeanboden und die Wasserdampfwolken; „negativ“ wirken zum Beispiel Wärmespeicherung durch Ozeane oder Fein(staub)partikel in der Atmosphäre. Prognosen und Szenarien zur Entwicklung der Niederschlagsverhältnisse (Intensität, Verteilung) sind mit noch größeren Unsicherheiten behaftet.

### **Mögliche Auswirkung auf das Waldwachstum**

Abbildung 2 zeigt die Verteilung des langjährigen Jahresmittels der Lufttemperatur in Österreich. Naturgemäß spiegelt sich das Relief darin wieder, deutlich zu erkennen ist der Alpenbereich. Die wärmsten Gebiete liegen im Osten (Weinviertel) und Südosten; Mühl- und Waldviertel dagegen sind durch relativ kühle Temperaturen gekennzeichnet.

Geht man von einem Anstieg der Temperatur und einem Gleichbleiben oder leichten Absinken der Niederschläge, wie in den meisten Klimamodellen für Österreich prognostiziert wird, aus, ist mit einer Veränderung der Waldgesellschaften zu rechnen. Dies kann im Gebirge zu einer Verschiebung der Waldgrenze führen, während im Osten Österreich problematische Bedingungen für das Baumwachstum an der „unteren Waldgrenze“ auftreten können. In den warmen und niederschlagsarmen Gebieten herrschen jetzt bereits für das Wachstum einiger Wirtschaftsbaumarten kritische Umweltbedingungen. In den betroffenen Regionen hat der Wald oft eine große Bedeutung als Erosionsschutz zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktion.

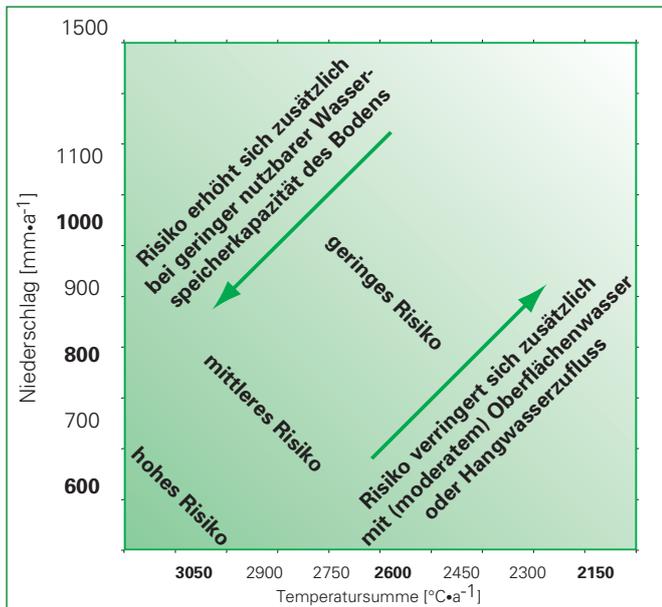
Diese groben regionalen Vorgaben werden durch den Standort zum Teil stark modifiziert. Je nach Standortbedingungen können die großklimatischen Einflüsse

verstärkt oder abgeschwächt werden. So bieten zum Beispiel frische Standorte mit tiefgründigen Böden den Bäumen bessere Wuchsbedingungen bei Trocken(stress)perioden als trockene, seichtgründige Kuppenstandorte.

Angesichts der großen Unsicherheiten, wie sich das Klima in den nächsten Jahrzehnten tatsächlich entwickeln wird, werden solide Standortkenntnisse (Standortskartierung, Standortserkundung) an Bedeutung gewinnen. Auf ökologisch sensiblen Standorten wird die Einhaltung der standörtlichen Vorgaben enger zu sehen sein. Auf regionaler Ebene gibt die ökologische Charakterisierung der Wuchsgebiete (siehe <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=1144>) eine grobe Orientierung über die Waldgesellschaften und Standortverhältnisse.

### **Baumartenwahl im Lichte von Klimawandel**

In Anbetracht der unsicheren Entwicklung der Umweltbedingungen sind die ökologischen Ansprüche der Baumarten verstärkt zu berücksichtigen. Besonders auf den „problematischen“ Standorten sind die Baumartenwahl und andere Waldbaumaßnahmen eingeschränkt. Die klimatischen Verhältnisse, die Bodennährstoffe und die Bodenfeuchte bestimmen im Wesentlichen Wachstum und Vitalität der Bäume. Geht man von einer Änderung der Temperatur (Anstieg) und von veränderten Niederschlagsverhältnissen aus, werden die klimatischen Ansprüche der Baumarten zukünftig wichtiger. Leider sind in der Literatur zum Großteil nur qualitative Aussagen zu finden, die sich meistens auf die Hauptbaumarten, wie Fichte und Buche, beziehen. Ein weiteres Manko ist, dass dabei bis dato keinerlei genetische Differenzierung der Baumarten in Hinblick auf deren Umweltansprüche möglich ist. Für die nachfolgende grobe klimatische Charakterisierung wurden die Temperatur-



**Abbildung 3:**  
**Risikobewertung für Fichte auf Basis von Klimaparametern**

summe, die sich aus der Summe der 14 Uhr-Temperaturen der Tage mit täglichen Temperaturminimum  $>5^{\circ}\text{C}$  und Tagesmaxima  $>15^{\circ}\text{C}$  errechnet, sowie der mittlere Jahresniederschlag verwendet. Diese Werte stellen nur einen groben Rahmen dar, der durch den Standort (vor allem durch die Bodenverhältnisse) modifiziert werden kann.

Für die **Fichte** ist ein jährlicher Niederschlag von mehr als 600 mm, davon mindestens 300 – 350 mm in der Vegetationszeit, erforderlich. Ab einer Temperatursumme von 3050  $^{\circ}\text{C}$  steigt die Anfälligkeit gegenüber Sekundärschädlingen und die Konkurrenzkraft nimmt ab (Abbildung 3). Sind zusätzlich die Niederschlagsverhältnisse ungünstig (600 mm bis maximal 700 mm), ist das Risiko für die Fichte sehr hoch. Abbildung 3 zeigt das Zusammenspiel von Temperatursumme und Niederschlagsmenge in Bezug auf das Risiko. Ausgehend von diesen Über-

legungen werden die Risikogebiete für Fichte dargestellt (Abbildung 4). Lokale, standörtliche Einflüsse bleiben bei dieser Generalisierung ausgeklammert.

Bei **Buche** reicht die in der Literatur angeführte Bandbreite für die kritische Mindestniederschlagssumme von 500 mm bis 750 mm. Bezüglich der Temperaturansprüche wird für die Buche, wenn sie bestandebildend auftritt, eine Mindesttemperatursumme von 2150 $^{\circ}\text{C}$  angegeben (Kazda & Englisch, 2005); dies entspricht einer langjährigen Jahresmitteltemperatur von ca. 5,5 $^{\circ}\text{C}$ . Felbermeier (1994) gibt für bayerische Buchenbestände einen Temperaturbereich 4 bis 9,5 $^{\circ}\text{C}$  (Jahresmittel). Spätfrost schränkt das Buchenwachstum oft zusätzlich ein.

**Stieleiche** bevorzugt im Vergleich zu Buche eher kontinentaleres Klima und stellt höhere Temperaturansprüche. Eichen kommen aber mit unterschiedlichen Bodenwasserhaushaltsverhältnissen zurecht, ausgenommen davon sind nasse und trockene Böden.

### Augenmerk auf Standort und Baumarten legen

Um auf die Folgen von möglichen Klimaänderungen (Temperaturanstieg, veränderte Niederschlagsverhältnisse) vorbereitet zu sein, müssen die Standortbedingungen und die Baumartenansprüche vermehrt beachtet werden. Besondere Vorsicht ist auf ökologisch sensiblen Standorten geboten. Die Mischung von standortstauglichen Baumarten kann ebenfalls zur Risikominderung beitragen.

Literaturliste ist bei den Verfassern erhältlich.

Dipl.-Ing. Dr. Ernst Leitgeb  
 Dipl.-Ing. Dr. Michael Englisch  
 Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,  
 Naturgefahren und Landschaft  
 Institut für Waldökologie und Boden  
 Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien  
 E-Mail: ernst.leitgeb@bfw.gv.at  
 E-Mail: michael.englisch@bfw.gv.at

