

Entscheidungshilfen für den klimagerechten Waldumbau in Bayern

Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte?

Von Christian Kölling, Lothar Zimmermann und Helge Walentowski, Freising

Allenthalben wächst die Sorge um das Schicksal unserer Wälder angesichts des unausweichlichen Klimawandels. Einen ersten Vorgeschmack der kommenden Ereignisse hat uns die Borkenkäfer-Massenvermehrung der vergangenen Jahre gegeben. Als äußerst umwelt- und naturgebundener Wirtschaftszweig mit langen Produktionszeiträumen wird die Forstwirtschaft besonders stark unter den Folgen des Klimawandels zu leiden haben. Welche Baumarten werden mit den veränderten Bedingungen noch zurechtkommen und welche werden weichen müssen? Aus dieser Zukunftsfrage wird schnell eine Gegenwartsfrage, weil die Waldbestände von morgen schon heute begründet werden.

Vom Kühlschrank in den Backofen

Der Klimawandel ist ein dynamischer Vorgang. Betrachtet man die aktuellen regionalen Klimaszenarien, dann wird deutlich, dass die Baumarten unserer Wälder in einem relativ kurzen Zeitraum einen zumindest in der jüngeren Erdgeschichte noch nie da gewesenen Anstieg der Temperaturen aushalten müssen. In seinem Lebenszyklus muss ein heute gepflanzter Baum die warmen Temperaturen der Zukunft ebenso ertragen wie die noch relativ kühlen der Jetztzeit. Keine leichte Aufgabe, zumal auch noch Änderungen der saisonalen und regionalen Niederschlagsverteilung auszuhalten sind. Wichtiger denn je ist damit die Wahl der richtigen Baumart. Bei der Rasanz der Entwicklung können Fehlentscheidungen schon bald erhebliche ökonomische und ökologische Folgen haben. Wie schnell die Entwicklung tatsächlich sein wird, wissen wir aufgrund der Klimaszenarien nicht, da diese nur mögliche Klimaentwicklungen darstellen. Die aktuellen regionalen Klimaszenarien (WETTREG, REMO) in Deutschland [10, 11] geben für

die künftige Temperaturerhöhung (Differenz Tagesmitteltemperatur 2071 bis 2100 zu 1961 bis 1990) eine Spannweite von 1,5 bis 3,7 °C an, wobei eine Erwärmung von 2 bis 3 °C als sehr wahrscheinlich angesehen wird. Abb. 2 zeigt, was schon der (scheinbar) vergleichsweise geringe prognostizierte Temperaturanstieg von „nur“ 2 °C für die Wälder Bayerns bedeutet: Es herrschen dann Temperaturen, wie sie jetzt erst außerhalb Bayerns in der Oberrheinebene, in Westfrankreich oder Ungarn typisch sind. Jeder weiß, dass die Wälder dort wenig mit den unseren gemein haben. Ein ebenso wahrscheinliches Szenario mit ca. 4 °C Temperaturerhöhung katapultiert uns weiter nach Südfrankreich oder in die Lombardei: Erst hier finden wir heute Temperaturen, die um 4 °C über den derzeit in Bayern mehrheitlich herrschenden 8,5 °C liegen.

In der Klimahülle

Um die Baumartenzusammensetzung an die künftig herrschenden Bedingungen anzupassen, müssen wir wesentlich genauer als bisher über die Klimaansprüche der Baumarten informiert sein und diese beim Anbau peinlich genau beachten. Mit vagen Faustregeln wie „Die Buche ist ein Baum des atlantischen Klimabereichs“ und persönlichen Erfahrungssätzen „Ich habe auf Korsika schöne Tannen gesehen“ ist es nun



Abb. 1: Sieht so die Zukunft der Fichte aus?

Foto: T. Bosch

nicht mehr getan, es werden objektivere Entscheidungsgrundlagen benötigt. Wir verwenden als Basis unserer Arbeit zwei vor kurzem erstellte Kartengrundlagen:

- 1) Karte der natürlichen Vegetation Europas (1 : 2,5 Mio, [3]),
- 2) Karte des Weltklimas (Periode 1950 bis 2000, 1 km-Auflösung, [5]).

Aus der Karte der natürlichen Vegetation Europas (1) entnehmen wir die Verbreitung der Baumarten. Diese ist das Ergebnis umfangreicher Recherchen zur Verbreitung der Baumarten in den natürlichen Waldgesellschaften und durch namhafte Experten aus allen Regionen Europas abgesichert. Kleinere Ungenauigkeiten ergeben sich durch die Konkurrenz der Baumarten in den natürlichen Waldgesellschaften. Diese dürfte jedoch nur in seltenen Fällen einen Einfluss auf das Vorkommen in den

Dr. C. Kölling leitet das Sachgebiet „Standort und Bodenschutz“. Dr. L. Zimmermann ist Mitarbeiter im Sachgebiet „Klima und Wasserschutz“ und Dr. H. Walentowski leitet das Sachgebiet „Naturschutz“ an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Freising.

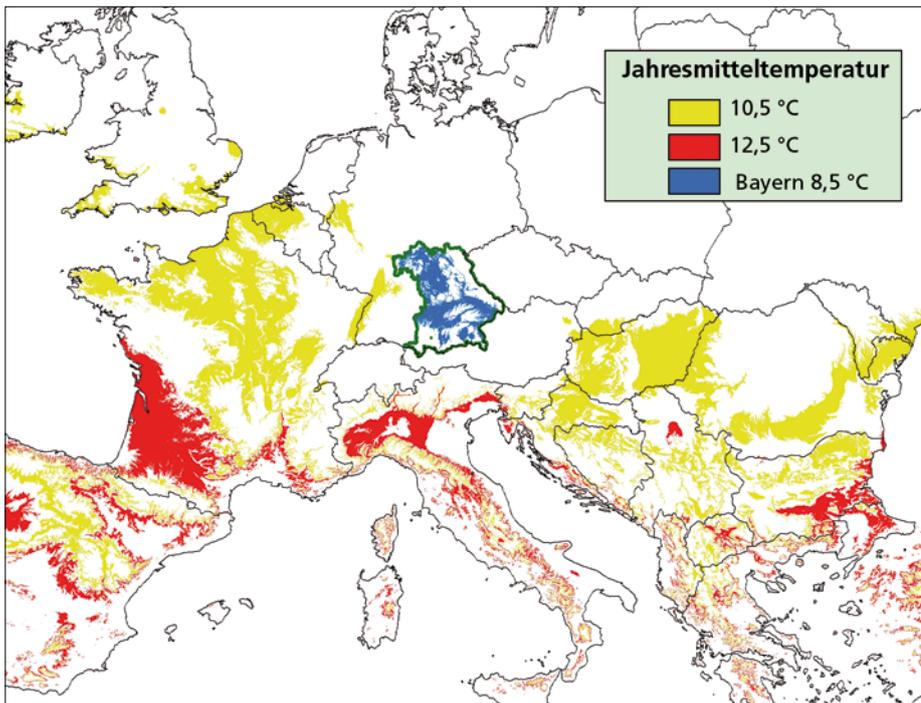


Abb. 2: Gebiete, in denen die Jahrestemperatur gegenwärtig um 2 bzw. 4 °C höher liegt als gegenwärtig in Bayern überwiegend herrschende Jahrestemperatur von 8,5 °C.

natürlichen Waldgesellschaften haben, weil in dem Kartenwerk [3] nicht nur alle herrschenden Baumarten, sondern auch die durch Konkurrenz benachteiligten Nebenbaumarten genannt sind.

Die Karte des Weltklimas [2] weist eine relativ grobe Auflösung auf, feinere Abstufungen gehen dadurch vor allem in den Gebirgen verloren. Für die Auswertung in größeren Maßstäben, bei der man auf lokale Genauigkeit verzichtet, sind sie aber durchaus geeignet. Durch den gewählten Bezugszeitraum, die Auswahl der Klimastationen und das Regionalisierungsverfahren ergeben sich bisweilen Abweichungen zu anderen publizierten Klimakarten (z.B. [2]).

Die in den beiden Karten enthaltenen Informationen verschneiden wir, um die in den jeweiligen Verbreitungsgebieten der Baumarten herrschenden klimatischen Bedingungen zu erhalten. In Abb. 3 und 4 sind die resultierenden Karten von Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschlagssummen im Areal der Buche dargestellt. Diese kommt bei Jahrestemperaturen von 4 bis 13 °C und bei Niederschlagssummen zwischen 500 und 1 500 mm vor (wenn man seltene Extremwerte weglässt und sich auf die 95 % häufigsten Werte konzentriert). Aus allen im Areal der Buche vorkommenden Kombinationen von Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme konstruieren wir dann eine

zweidimensionale „Klimahülle“ [4, 9], die in Abb. 5 dargestellt ist. Sie gibt an, unter welchen Klimabedingungen diese Baumart so hohe Vitalität besitzt, dass sie ohne forstliche Hilfe in den natürlichen Waldgesellschaften eine Rolle als herrschende oder mitherrschende Baumart spielen kann. Der „grüne Bereich“ der Klimahülle markiert die Klimaansprüche der Buche hinsichtlich der zwei ausgewählten Größen Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme. Weitere Klima- oder sonstige Umweltparameter könnte man leicht hinzunehmen. Die Hüllen lassen sich aber bei mehr als drei Parametern nicht mehr grafisch darstellen. Jeder forstliche Anbau der Buche sollte die durch die Dimensionen der Klimahülle vorgegebenen Grenzen respektieren, um Misserfolge weitgehend auszuschließen.

Buche: Mutter des Waldes

Auch für Bayern oder jede andere Region lassen sich die dort derzeit vorkommenden Kombinationen von Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme in der gleichen Form darstellen. Die Klimaverhältnisse in Bayern werden in Abb. 5 der Klimahülle der Buche überlagert (wieder verwenden wir nur die 95 % häufigsten Kombinationen aus Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme). Der Vergleich der beiden Flächen offenbart eine längst bekannte Tatsache: Bayern ist ein Buchenland. Unter den gegenwärtig herrschenden klimatischen Bedingungen kann die Buche auf dem größten Teil der Landesfläche angebaut werden bzw. würde dort von Natur aus vorkommen [7, 8, 12, 13]. Die Ausnahme stellen die höchsten Lagen der Gebirge dar, in denen die Kürze der Vegetationszeit das Vorkommen begrenzt (Wärmemangelgrenze). Wir sollten dabei nicht übersehen, dass es neben den

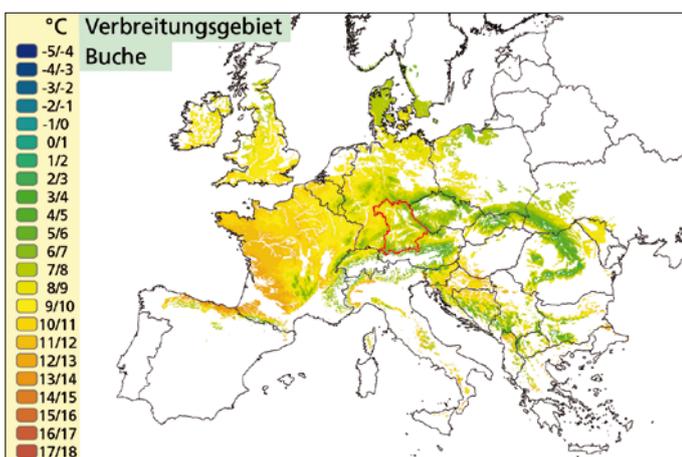


Abb. 3: Buchenareal nach BOHN et al. [3] und die darin herrschenden Jahrestemperaturen

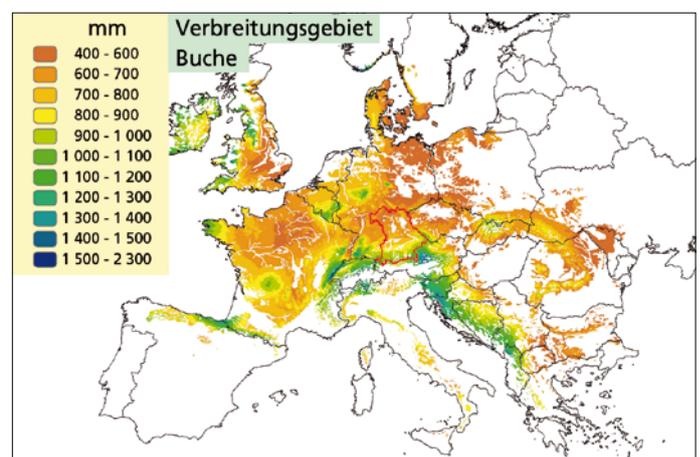


Abb. 4: Buchenareal nach BOHN et al. [3] und die darin vorkommenden Jahresniederschlagssummen

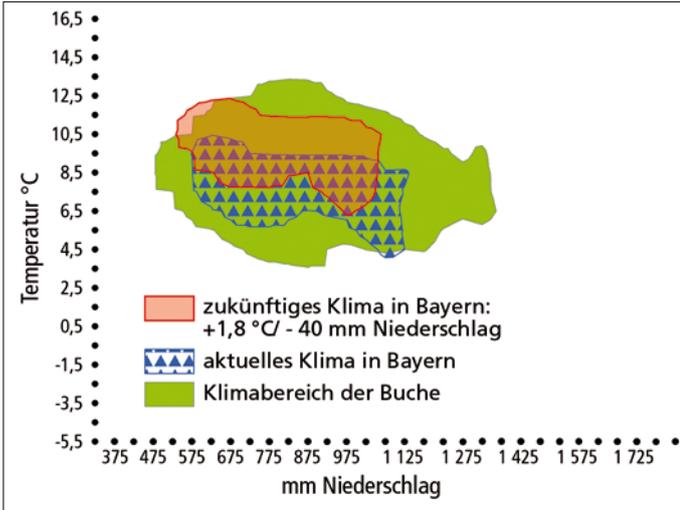


Abb. 5: Klimahülle der Buche (grün), abgeleitet aus den Daten in Abb. 3 und Abb. 4, und Bereich der in Bayern gegenwärtigen (weiß-blau) und zukünftigen (rot, Szenario + 1,8° C und - 40 mm) Jahrestemperaturen und Jahresniederschlagssummen

kenntnis aber ist die große Überlappung zwischen den zukünftig erwarteten Klimabedingungen und der Klimahülle der Buche. Weil Bayern gegenwärtig mitten in der Klimahülle der Buche liegt und diese weit geschneidert ist, überlappt sich auch der zukünftige Klimabereich größtenteils mit der Klimahülle der Buche. Es gibt lediglich an den klimatischen Rändern kleinere Arealverschiebungen (s.o.). Bayern wird demnach auch zukünftig ein Buchenland bleiben und es stehen, bis auf wenige Ausnahmen, unter dem angenommenen Klimaszenario dem Anbau keine klimatischen Hindernisse entgegen.

Klimagrößen noch andere Restriktionen für den Buchenanbau gibt, z.B. die Bodenbeschaffenheit. Diese wirkt sich aber weniger auf der Ebene der Regionen, sondern vielmehr auf der lokalen Ebene der Standorteinheit aus. Die augenfälligsten bodenbedingt buchenfreien Standorte sind die regelmäßig überschwemmten Flussauen, die sich bandartig durch ganz Bayern ziehen.

Eine weitaus überraschendere und völlig neue Erkenntnis ergibt sich, wenn wir in das Diagramm in Abb. 5 noch Daten einer weiteren Karte integrieren, die aus einem regionalen Klimaszenario abgeleitet mögliche Klimaverhältnisse der Zukunft (Periode 2071 – 2100) wiedergibt:

3) Regionales statistisches Klimamodell WETTREG (Firma CEC Dres. Enke & Kreienkamp) basierend auf Modellläufen des Globalen Kli-

mamodells ECHAM5 des Max-Planck-Instituts für Meteorologie [10, 11].

Wir verwenden für Bayern das Emissions-szenario B1 mit relativ moderatem Klimawandel (Mittel 2071 bis 2100 zu Mittel 1961 bis 1990; T: + 1,8 °C, N: - 40 mm, Abb. 6 und Abb. 7). Die bisher für die Buche zu kalten Gebirgslagen überlappen sich nach einem Klimawandel weitgehend mit der Klimahülle. Die Buche kann hier durch Arealerweiterung hangaufwärts neue Territorien besiedeln. In den zukünftig wärmsten und trockensten Gebieten Bayerns fallen hingegen geringe Flächen aus der Klimahülle heraus und gehen für den Buchenanbau verloren (Arealverluste). Hier entstehen ganz neue Klimakombinationen, die heute im gesamten Areal der Buche nirgendwo beobachtet werden, geschweige denn in Bayern. Die eigentlich überraschende Er-

Aus der in Abb. 5 enthaltenen Information der Klimahülle erstellen wir im letzten Schritt wieder eine Karte Bayerns (Abb. 8). Darin sind als Szenario sowohl das zukünftig mögliche Anbauggebiet als auch die durch den Klimawandel bedingte Erhöhung des Anbaurisikos regional ausgewiesen. In den Trockengebieten Unterfrankens werden solche künftigen Klimabedingungen lokal zu Problemen beim Anbau der Buche führen, Alternativen müssen gesucht werden. Umgekehrt werden im Alpenraum neue Höhenstufen für den Buchenanbau erschlossen.

Fichte: Vom Brotbaum zum Notbaum?

Die nach gleichem Muster aus der natürlichen Verbreitung der Fichte abgeleitete Klimahülle (Abb. 9) unterscheidet sich wesentlich von derjenigen der Buche. Bereiche hoher Temperaturen werden gemieden, dafür können auch sehr kühle Klimate

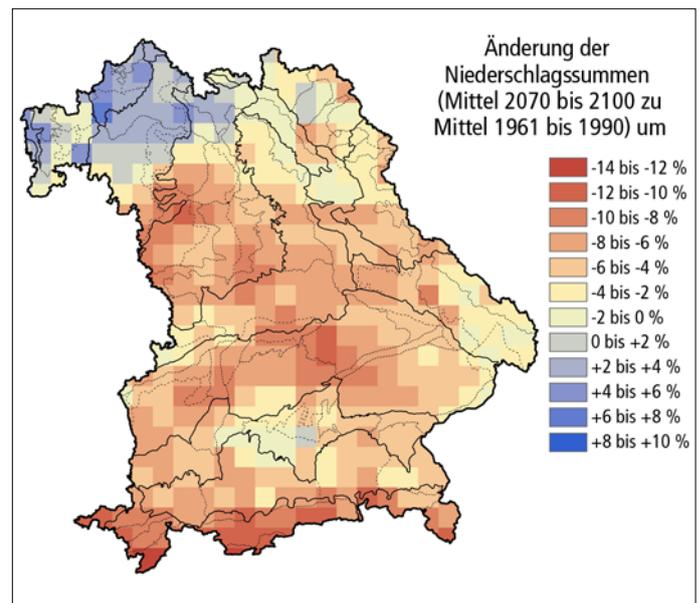
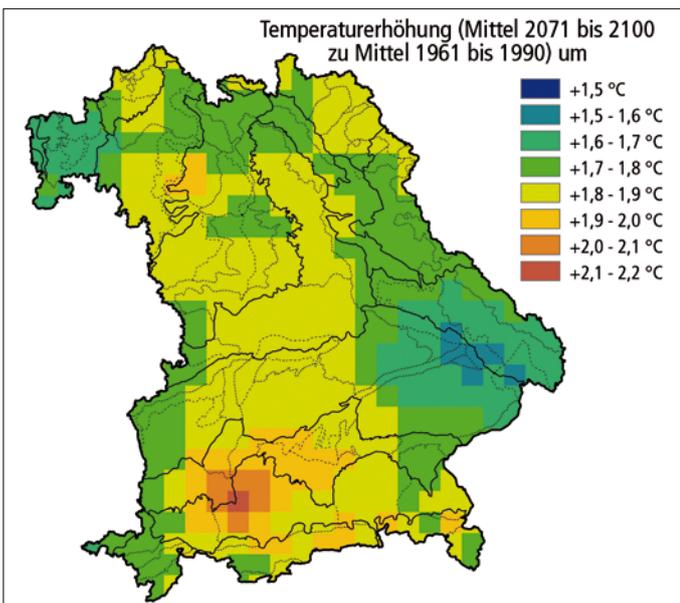


Abb. 6 und 7: Regionale Änderung der Jahrestemperatur (links) und der Jahresniederschlagssumme (rechts) in Bayern nach dem regionalen statistischen Klimamodell WETTREG, Szenario B1 [11]

besiedelt werden. Teilweise überlappen sich aber auch die beiden Klimahüllen: Wir kennen die Koexistenz von Fichte und Buche im Bereich des Bergmischwaldes. Vergleichen wir als nächstes die Klimahülle der Fichte mit den gegenwärtig in Bayern herrschenden Klimabedingungen. Hier belegt die Grafik die bekannte Tatsache, dass sich die Fichte als nordisch kontinental-präalpines Florenelement in den wärmeren Regionen Bayerns am Rande ihrer Anbaumöglichkeiten befindet. Dort leiden die Fichten schon heute unter Vitalitätsschwächen, die Waldschutzprobleme häufen sich. Nur mit erheblichen Anstrengungen konnte die Brotbaumart der Forstwirtschaft in einigen Regionen überhaupt gehalten werden, in den wärmsten Gebieten fehlt sie heute schon fast ganz.

Im von uns wiederum verwendeten moderaten Klimaszenario (+ 1,8 °C, - 40 mm) verschärft sich die bereits angespannte Situation erheblich. Der Überlappungsbereich zwischen der Klimahülle der Fichte und den zukünftig in Bayern herrschenden Klimabedingungen ist nun nicht mehr groß. Nur noch in den kühlest und feuchtesten Landesteilen wird man künftig mit Erfolg und vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand in großem Umfang Fichten anbauen können. Die aus der Klimahülle erstellte Karte (Abb. 10) zeigt die Lage dieser künftigen Anbaugelände im Hochgebirge und in den nordostbayerischen Mittelgebirgen. In den weiten Landesteilen steigt jedoch durch den Klimawandel das Anbaurisiko für die Fichte. Schon jetzt beobachten wir in den orange und rot dargestellten Problemregionen vermehrten Borkenkäferbefall. Die in Abb. 8 und Abb. 10 dargestellten Szenarienkarten dürfen lediglich als kleinmaßstäbiges Abbild wahrscheinlicher Entwicklungen, wie sie sich aus den gegebenen Annahmen zum Klimawandel ergeben, interpretiert werden. Es soll hier die Größenordnung der Veränderungen der Anbaugelände verdeutlicht, nicht aber derzeitige und künftige Anbauflächen exakt abgegrenzt werden.

Die Abwandlung erfreut

Wir demonstrieren die geringe Veränderung der Anbaufläche an der Buche als wichtigster Baumart der gegenwärtigen und zukünftigen natürlichen Waldgesellschaften in Bayern und die große Veränderung der Anbaufläche der Fichte als Vertreterin einer weit außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets aus wirtschaftlichen Gründen angebaute Baumart. Damit sind die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Anbaugelände von zwei

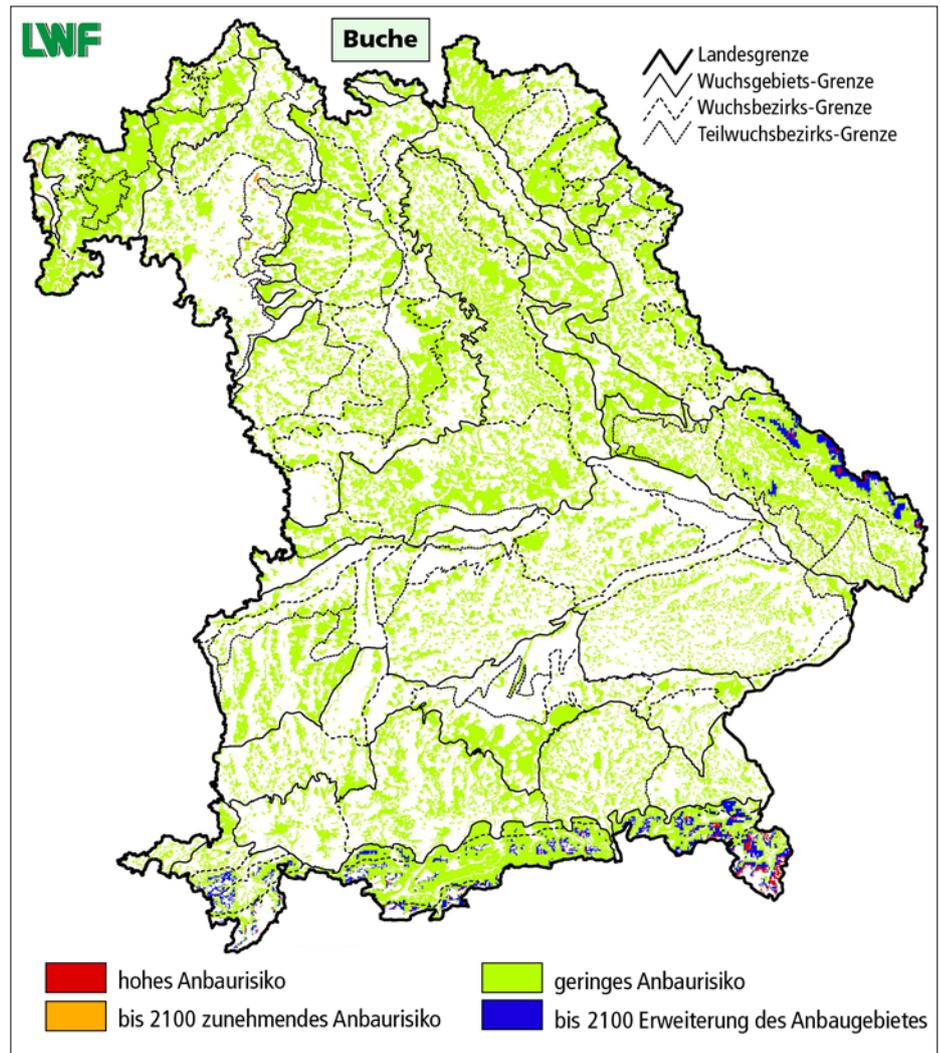


Abb. 8: Wahrscheinliche Entwicklung des Anbaurisikos der Buche in Bayern unter den gegebenen Annahmen (Szenario + 1,8 °C und - 40 mm, Abb. 4)

Hauptbaumarten in ihren Extremen exemplarisch dargestellt. Es ist nicht schwer, das Verfahren auf weitere Baumarten oder, sofern man Informationen dazu hat, auf geografische Rassen oder Ökotypen anzuwenden. Dies bleibt weiteren Veröffentlichungen vorbehalten. Ebenso kann man das verwendete Klimaszenario gegen ein anderes oder aktuelleres austauschen. Im Bereich der regionalen Klimamodellierung finden ständig Weiterentwicklungen statt mit dem Ziel, die Modelle zu verfeinern. Mit geringem Aufwand kann man die Betrachtung auch auf andere Regionen ausdehnen – der Variation des Verfahrens sind keine Grenzen gesetzt.

Wenn man komplexere Klimaparameter (z.B. Verdunstung) oder gar Bodenparameter hinzunehmen wollte, würde dies allerdings einen größeren Aufwand verursachen. Mithilfe von Bodenparametern könnte man den Wasserhaushalt der Bäume als kritische ökologische Größe wesentlich genauer abbilden. Vor allem auf der lo-

kalen Ebene erhält man so eine Modifikation der regional wirksamen Klimagrößen. Ebenso könnte es erfolgreich sein, statt der verwendeten Durchschnittsgrößen Extremwerte, z.B. die Temperatur des wärmsten Monats, zu verwenden.

In unserem einfachen Verfahren haben wir die Klimahüllen der Baumarten nur nach dem Kriterium des von Experten angenommenen Vorkommens bzw. Fehlens in den natürlichen Waldgesellschaften konstruiert. Bessere Ergebnisse erhält man nur, wenn man nicht nur dieses Kriterium, sondern zusätzlich das tatsächliche Vorkommen, daneben auch Vitalitäts- und Wachstumskriterien berücksichtigt.

Haben wir eine Chance?

Der Klimawandel stellt die Forstwirtschaft insgesamt vor eine große Aufgabe. Zum Glück trifft der Wandel nicht alle Baumarten und Waldtypen mit der gleichen Heftigkeit. Hierin liegt die Chance für den

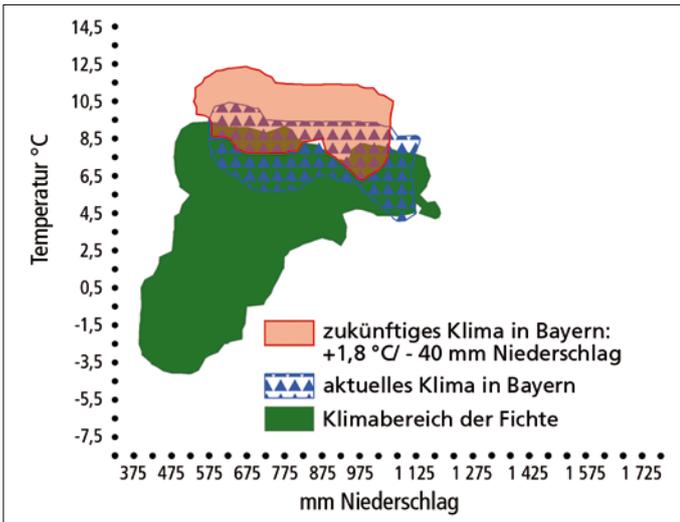


Abb. 9: Klimahülle der Fichte (grün) und Bereich der in Bayern gegenwärtigen (weiß-blau) und zukünftigen (rot, Szenario + 1,8 °C und - 40 mm) Jahrestemperaturen und Jahresniederschlagssummen

Waldumbau, indem wir Baumarten mit weit geschneiderter und in den warm-trockenen Bereich ausgreifender Klimahülle (Beispiel Buche) bevorzugt verwenden. Nur solche Baumarten haben eine Chance,

Kühlschrank und Backofen gleichermaßen auszuhalten. Baumarten, die regional schon jetzt am Rande ihrer Möglichkeiten sind, sollten hingegen möglichst rasch und kontrolliert in ihrer Anbaufläche zu-

rückgenommen werden – wie zum Beispiel die Fichte. Reinbestände aus solchen „Notbaumarten“ sind in Problemgebieten bevorzugt umzubauen [1, 6]. Die Wissenschaft ist aufgefordert, den klimagerechten Waldumbau nach und nach, dem wachsenden Kenntnisstand folgend, mit deutlichen Entscheidungshilfen vorzubereiten und fachlich zu begleiten.

Alle Umbaumaßnahmen haben aber *nur dann* eine Chance, wenn gleichzeitig klimaschutzpolitische Aktivitäten dafür sorgen, dass der Temperaturanstieg auf 2 °C beschränkt bleibt. Man kann sich anhand der Grafiken der Klimahüllen leicht selbst eine Vorstellung davon machen, was ein Anstieg um 4 °C bis zum Ende des Jahrhunderts für die Anbauggebiete bedeuten würde. Mit solchen Temperatursprüngen kann die angestammte Pflanzen- und Tierwelt nicht mehr zurechtkommen, die Grenzen der Anpassung sind dann überschritten. In kurzer Zeit stattfindende drastische Temperaturanstiege ziehen eine komplette Veränderung des Floren- und Faunencharakters nach sich, wie die Vegetationsgeschichte zeigt.

Von elementarer Bedeutung ist es daher, die unumgänglichen forstlichen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel mit der Begrenzung des Klimawandels selbst zu verbinden und die Emissionen von Treibhausgasen drastisch zu reduzieren. So könnte mit einiger Erfolgsaussicht das Schlimmste verhindert werden.

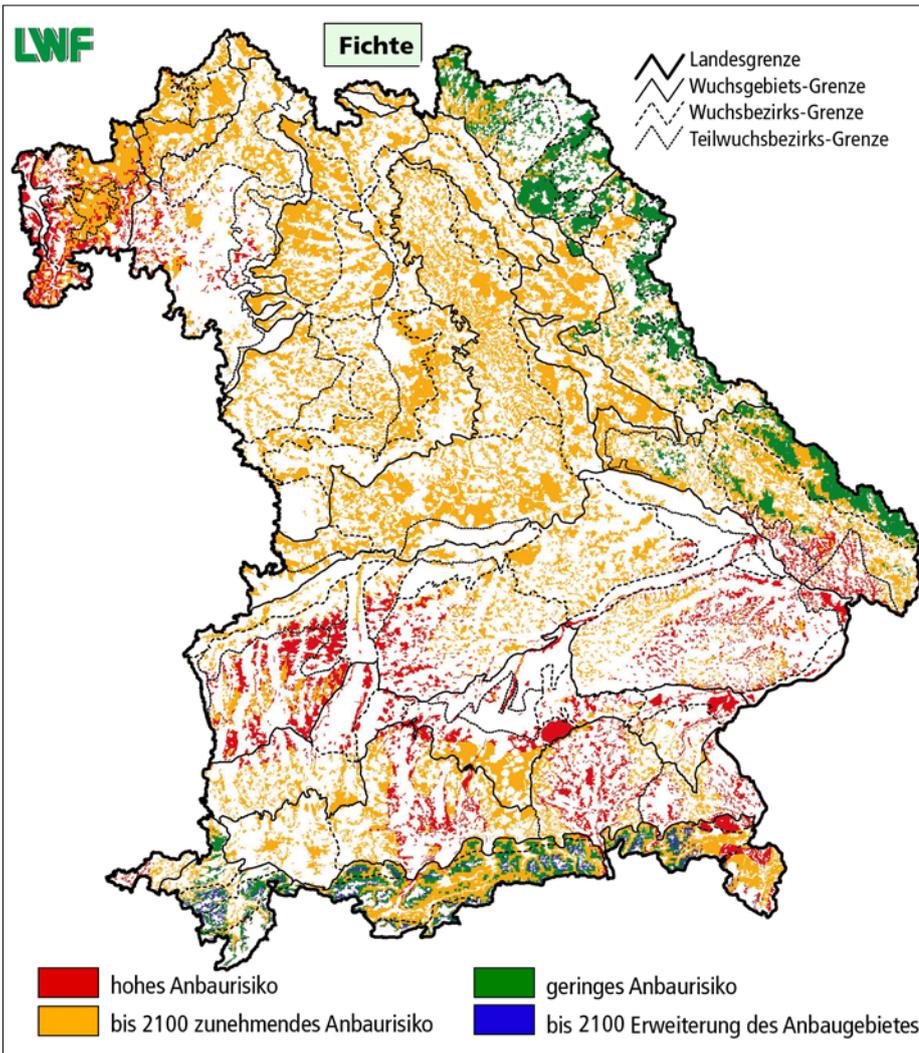


Abb. 10: Wahrscheinliche Entwicklung des Anbaorisikos der Fichte in Bayern unter den gegebenen Annahmen (Szenario + 1,8 °C und - 40 mm, Abb. 9)

Literaturhinweise:

[1] AMMER, C.; DULLY, I.; FAISST, G.; IMMLER, T.; KÖLLING, C.; MARX, N.; HOLLAND-MORITZ, H.; SEIDL, G.; SEITZ, R.; TRIEBENBACHER, C.; WOLF, M.; WOLFERSTETTER, T. (2006): Hinweise zur waldbaulichen Behandlung von Borkenkäferflächen in Mittelfranken. LWF Wissen 54, 1-60. [2] BayForKlim (1996): KlimaAtlas von Bayern. Bayerischer Klimaforschungsverbund, Meteorologisches Institut der Universität München. [3] BOHN, U.; NEUHÄUSL, R.; unter Mitarbeit von HETTWER, C.; GOLLUB, G.; WEBER, H. (2000/2003): Karte der natürlichen Vegetation Europas/Map of the Natural Vegetation of Europe. Maßstab/Scale 1 : 2 500 000. Teil 1: Erläuterungstext mit CD-ROM; Teil 2: Legende; Teil 3: Karten. Münster (Landwirtschaftsverlag). [4] BOX, E. O. (1981): Macroclimate and plant forms: an introduction to predictive modelling in phytogeography. Tasks for vegetation science 1. Junk, The Hague, 1-258. [5] HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. (2005): Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatology 25, 1965 - 1978 (<http://www.worldclim.org>). [6] KÖLLING, C.; AMMER, C. (2006): Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels. Zahlen der Bundeswaldinventur zeigen Anpassungsschwerpunkte. AFZ-DerWald 61, Nr. 20, S. 1086-1089. [7] KÖLLING, C.; WALENTOWSKI, H. (2001): Bayern: Ein Buchenmeer mit Inseln. LWF aktuell 31, S. 6-8. [8] KÖLLING, C.; WALENTOWSKI, H.; BORCHERT, H. (2005): Die Buche: Eine Waldbaumart mit grandioser Vergangenheit und sicherer Zukunft in Mitteleuropa. AFZ-DerWald 60, Nr. 13, S. 696-701. [9] Pearson, R. G.; Dawson, T. (2003): Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? Global Ecology & Biogeography 12, S. 361-371. [10] UBA (2006): Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Szenarien und nationale Aufgaben. Hintergrundpapier, Dessau, Oktober 2006. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/Anpassung-Klimaänderungen.pdf> [11] UBA (2007): Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen. Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG. Hintergrundpapier, Dessau, Januar 2007. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/RegionaleKlimaänderungen.pdf> [12] WALENTOWSKI, H.; GULDER, H.-J.; KÖLLING, C.; EWALD, J.; TÜRK, W. (2001): Die regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns. Berichte aus der LWF 32, S. 1-97. [13] WALENTOWSKI, H.; EWALD, J.; FISCHER, A.; KÖLLING, C.; TÜRK, W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. Ein auf geobotanischer Grundlage entwickelter Leitfadens für die Praxis in Naturschutz und Waldbau. Freising: Geobotanica-Verlag, S. 1-441.