

# Standörtliche Möglichkeiten für den Anbau der Tanne (*Abies alba* und *Abies grandis*) in Bayern

Christian Kölling, Wolfgang Falk und Helge Walentowski

**Schlüsselwörter:** Klimawandel, Anbauschwellenwerte, Anbaurisiko

**Zusammenfassung:** Angesichts des Klimawandels ist die Weißtanne nur in den derzeit kühlen Regionen Bayerns mit einer Jahresdurchschnittstemperatur unter 7,5°C auch künftig eine risikoarme Alternative zur anfälligeren Fichte. Die Küstentanne ist eine Baumart mit eher engen Klimaansprüchen. Der Klimawandel wird zu einer deutlichen Verlagerung ihrer Anbauregionen bei uns führen, ihr Anbau ist daher mit höheren Risiken verbunden. Weder Weißtanne noch Küstentanne sind an ein warmes, sommertrockenes Klima angepasst, wie es uns der Klimawandel in großen Teilen Bayerns bescheren wird.

Die Weißtanne ist unbestritten das Lieblingskind vieler Förster. Das mag vor allem daran liegen, dass sie eine heimische Nadelbaumart mit vielerlei waldbaulichen Vorteilen ist (z. B. Schattenfestigkeit; langes Verharren im Dunkelstand; Aufbau wüchsiger, vorrats- und ertragreicher, vielschichtiger Dauerwälder mit Extreme abpufferndem Bestandsinnenklima und hoher Kohlenstoffspeicherfähigkeit; stabilisierende Funktion auf tonig-mergeligen, quelligen, zu Versumpfung und Hangrutschung neigenden Sonderstandorten auf Grund ihres intensiven Wurzelwerkes). Sie gilt als weniger trockenheitsanfällig und sturmfester als die Fichte (Möbñang 2004; Muck et al. 2008). Trotz dieser Vorteile weist die letzte Bundeswaldinventur BWI<sup>2</sup> (LWF 2004) in Bayern nur eine Weißtannen-Fläche von 49.000 Hektar (2,1 Prozent der Waldfläche Bayerns) aus. Entweder steht die Weißtanne in der Gunst der Waldbesitzer nicht besonders weit oben oder es gibt objektive Gründe für ihre Seltenheit. Von verschiedenen Seiten werden solche Gründe angeführt.



Abbildung 1: Arealkarte der Weißtanne (Die Verbreitungsdaten stellte die Arbeitsgruppe AG Chorologie und Makroökologie am Institut für Geobotanik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg zur Verfügung).

- *Die nacheiszeitliche Rückwanderung der Weißtanne ist noch nicht abgeschlossen.*

Da das Areal der Weißtanne in auffälliger Weise nach Norden hin begrenzt ist (Abbildung 1), geht man davon aus, dass an dieser Grenze die langsame nacheiszeitliche Rückwanderung der Weißtanne zum Erliegen gekommen ist und sich kaum noch fortsetzt (Kölling et al. 2004). Bei näherer Betrachtung zeigt sich aber, dass der Haltepunkt der Rückwanderung mit Naturraumgrenzen übereinstimmt. Die Ränder der Gebirge bilden die jeweiligen Grenzen zu den ihnen vorgelagerten tannenfreien Ebenen und Hügelländern. Ob diese Arealränder gegen das Hügelland vorrangig klimatisch verursacht oder eher auf Grund bereits vorhandener Nutzungseinflüsse entstanden sind, lässt sich nicht klären. Fakt ist, dass die Waldflächen der Hügelländer und Ebenen in Mitteleuropa vielfach bereits nutzungsüberprägt und fragmentiert waren, als die durch die Mittelgebirgszüge wandernde Tanne dort ankam. Nahe ihrer natürlichen Verbreitungsgrenzen sind die Baumarten hinsichtlich Populationsgröße, Vitalität, Reproduktivität und Resilienz nicht im Optimum, ziehen sich eng auf für sie günstige Standorte zurück (regionale Stenökie) und reagieren hier auf einwirkende Ungunstdfaktoren besonders empfindlich. Manche potentielle Nischen nahe des klimaökologischen Arealrandes konnten vielleicht auf Grund von Dispersionsbarrieren gar nicht erst besetzt werden oder Nutzungseinflüsse und Naturereignisse merzten kleine Vorposten wieder aus.

- *Die Weißtanne ist besonders empfindlich gegenüber Schwefeldioxid-Immissionen.*

Die Empfindlichkeit der Weißtanne gegenüber Schwefeldioxid-Immissionen ist unbestritten (Elling und Dittmar 2008; Elling et al. 2009). Tatsächlich überlebten in besonders stark belasteten Regionen wie dem Erzgebirge nur sehr wenige Tannen die jahrzehntelange Belastung mit Luftschadstoffen. Auch in den ostbayerischen Gebirgen dürften Schwefeldioxid-Immissionen die Seltenheit der Tanne mit verursacht haben (vor allem in Nordost-Bayern; Walentowski 1998). Nach Elling (2004) ist jedoch nach dem Rückgang der Emissionen vielerorts eine Abnahme der Schäden und eine Revitalisierung der Bäume zu beobachten. Es bleibt zu hoffen, dass die Weißtanne in den Schadensgebieten nach und nach wieder zu einem Element der Wälder wird.

- *Die Weißtanne verträgt keine Kahlschlagswirtschaft mit kurzen Umtrieben.*

Als ausgesprochene Klimaxbaumart mit sehr hoher Schattentoleranz ist die Weißtanne an dauerwaldartige Waldbehandlungsformen gebunden. Abrupte

Unterbrechungen des Kronenschlusses, wie sie im Kahlschlags- oder Saumbetrieb die Regel sind, verhindern die artgerechte Verjüngung der Tanne und führen früher oder später zu einem lokalen Aussterben der Art. Im Frankenwald wurde auf diese Weise die Tanne von einer häufigen gebietstypischen Waldbaumart zu einer absoluten Rarität (Wirth 1956; Türk 1993; Schmidt 2004; Rüter und Walentowski 2008).

- *Überhöhte Schalenwildbestände verhindern eine stärkere Beteiligung der Weißtanne.*

Unter den Nadelbäumen leidet die Tanne am meisten unter Wildverbiss (Schreiber 2010). Er macht sich umso stärker bemerkbar, je seltener die Tanne regional am Waldaufbau beteiligt ist. Für sich genommen kann der Wildverbiss die Seltenheit der Tanne kaum erklären, aber als verstärkender Faktor trägt er sicherlich dazu bei, dass weniger Tannen als erwartet heranwachsen.

- *Die Weißtanne stellt als mitteleuropäische Gebirgsbaumart besondere Ansprüche an das Klima.*

Im Zuge der Forschungen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) zum Klimawandel ist das gesamte Areal der Waldbaumarten nun stärker in das Blickfeld gerückt. In einer früheren Arbeit (Kölling et al. 2004) beachteten wir diesen Aspekt nur am Rande. Mittlerweile wissen wir, dass die Areale und Anbauggebiete der Waldbäume sehr stark klimatisch bedingt sind. Im Folgenden kommt es darauf an, den Aspekt der klimatischen Limitierung des Tannenvorkommens zu beleuchten. In den Zeiten des Klimawandels ist dies keine akademische Frage mehr, sondern die existenzielle Frage der Baumartenwahl unter veränderten Umweltbedingungen.

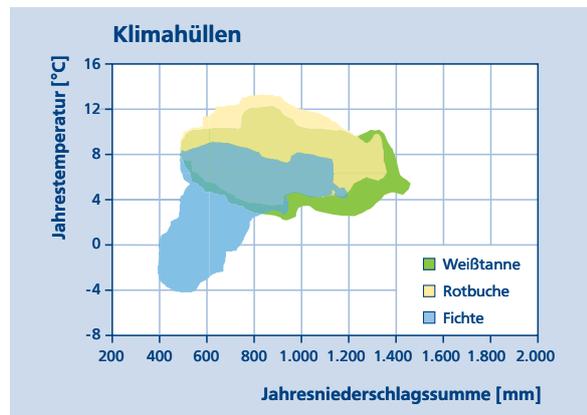


Abbildung 2: Klimahüllen von Weißtanne, Rotbuche und Fichte (nach Kölling 2007)

- präsent Level I
- präsent EuroVegMap
- beide präsent
- beide absent

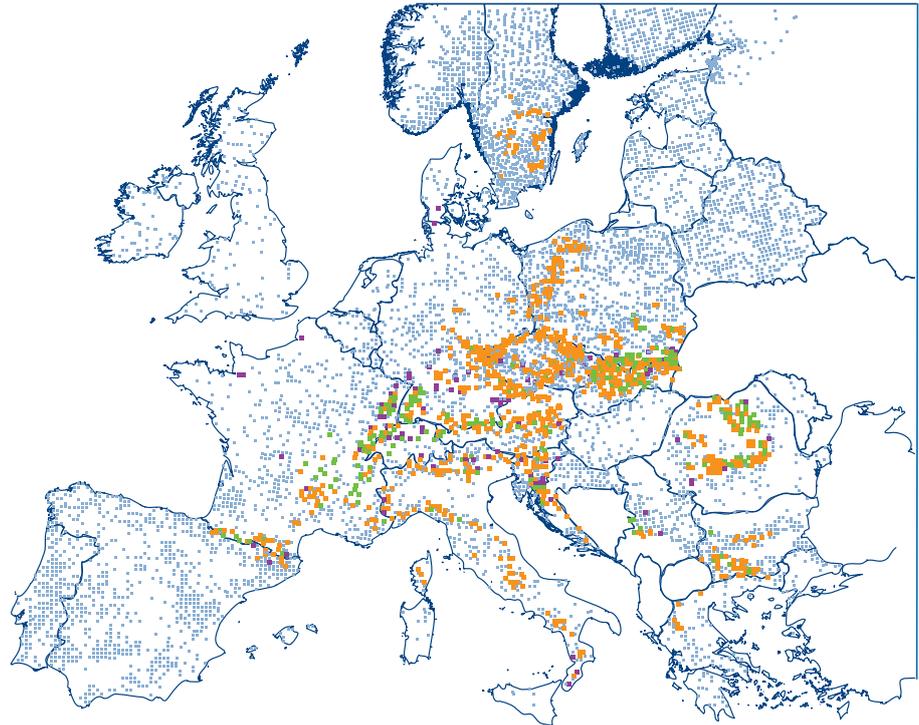


Abbildung 3: In den Artverbreitungsmodellen verwendete reale (EU-Level I) und potentielle (EuroVeg-Map) Vorkommen der Weißtanne; insgesamt wurden mehr als 8.000 Inventurpunkte ausgewertet.

### Von der Verbreitungskarte zum Schwellenwertmodell

Eine erste Auswertung von Arealkarten der Baumarten in Form von Klimahüllen (Kölling 2007) hat die klimatischen Eigenarten unserer Waldbaumarten verdeutlicht. Die Klimahüllen von Weißtanne, Rotbuche und Fichte (Abbildung 2) zeigen unterschiedliche Gestalt und Position in einem Koordinatensystem aus Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme.

Die Weißtanne nimmt eine charakteristische Position zwischen der Fichte und der Rotbuche ein. Tatsächlich mischen sich die drei Baumarten in einem bestimmten Temperatur- und Niederschlagsbereich und bauen natürlicherweise strukturreiche Bergmischwälder auf, in denen die Tanne ihre Konkurrenzvorteile insbesondere in späten Entwicklungsphasen – späte Zerfallsphase und Verjüngungsphase – entfalten kann. Hin zu wärmeren Temperaturen verschwindet zunächst die Fichte, dann die Weißtanne und zuletzt bleibt die Rotbuche übrig. Mittlerweile lösten elaboriertere Modelle die auf Arealkarten basierende grobe Auswertung in Form von Klimahüllen ab. Diese Artverbreitungsmodelle erlauben die Übertragung der Schwellenwerte auf die Fläche (Regionalisierung). Bei der Modellbildung werden nicht nur potentielle, auf Grund von Verbreitungskarten

postulierte Vorkommen, sondern auch bei Waldinventuren erfasste reale Vorkommen verwendet. Wir stützen uns dabei auf das Netz der europäischen Waldzustandserfassung Level I und ordnen den über 8.000 Inventurpunkten dieses Netzes reale und potentielle Tannenvorkommen zu (Abbildung 3).

Diese Vorkommen verbinden wir mit Klimadaten, um auf diese Weise die korrelative Beziehung zwischen den Vorkommen bzw. Nicht-Vorkommen und den an den Punkten herrschenden klimatischen Bedingungen aufzudecken.

In einem ersten provisorischen Schritt stellten wir nach Expertenurteil den Zusammenhang zwischen Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme einerseits und dem europaweiten Vorkommen der Weißtanne in Form einer Risikomatrix dar (Abbildung 4).

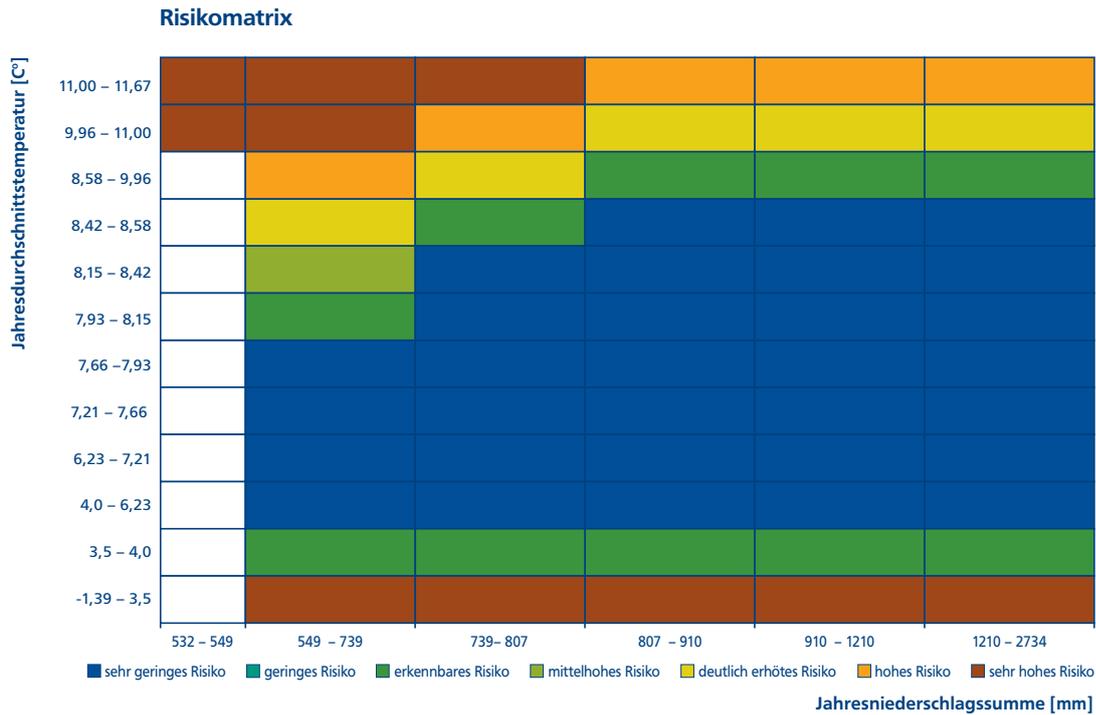


Abbildung 4: Risikomatrix der Weißtanne nach den Größen Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme, wie sie den Klima-Risikokarten in den Abbildungen 5 und 6 zu Grunde liegt.

Die Matrix spiegelt die Verteilung der europäischen Weißtannen wider. Weder potentielle noch aktuelle Vorkommen sind unter sehr kühlen und sehr hohen Temperaturen verbreitet. Bei hohen Temperaturen beeinflusst noch eine zurückgehende Niederschlagssumme die Vorkommen. Der Häufigkeit bzw. dem Fehlen von Vorkommen kann ein abgestuftes Anbaurisiko zugeordnet werden. Die unterschiedlichen Risiken sind als Farben dargestellt. Im optimalen mittleren Temperaturbereich ist das Anbaurisiko für die Weißtanne sehr gering (blaue Farbe), zu den Rändern hin steigt das Risiko (orange Farbtöne). In diesen Klimakombinationen ist der aus den europäischen Vorkommen abgeleitete Risikoschwellenwert überschritten. Die Risikomatrix kann man ohne großen Aufwand auf die in Bayern gegenwärtig herrschenden Kombinationen aus Jahrestemperatur und Jahresniederschlagssumme anwenden und damit regionalisieren (Abbildung 5).

Dabei zeigt sich das erhöhte Risiko des Tannenbaus in den warm-trockenen Beckenlagen und Flusstälern (Donautal, Mittelfränkisches Becken, Fränkische Platte und Untermain). Tatsächlich sind in diesen Gebieten kaum Tannenvorkommen bekannt und auch im europäischen Kontext sind für die hier herrschenden Klimakombinationen nur sehr wenige Tannenvorkommen

belegt. Die Risikomatrix lässt sich auch auf ein mögliches Klima der Periode 2071 bis 2100 anwenden (Abbildung 6).

Die daraus entstehende Karte offenbart eine Zunahme des Anbaurisikos in vielen Regionen Bayerns. Die Gebiete mit sehr geringem Anbaurisiko (blau) schrumpfen auf die ausgeprägten Gebirgslagen zusammen, die Gebiete mit hohem und sehr hohem Risiko nehmen zu. Die in den Abbildungen 5 und 6 dargestellten Karten sind seit Anfang 2010 in der Bayerischen Forstverwaltung als Provisorium im Einsatz. Neben den Karten für die Weißtanne gibt es auch solche für Fichte, Rotbuche, Eiche (Trauben- oder Stieleiche), Bergahorn, Europäische Lärche, Waldkiefer und Douglasie (Kölling et al. 2010).

### Wo bleibt der Boden?

In den provisorischen Klima-Risikokarten werden lediglich Klimawerte verwendet, um das Anbaurisiko der Weißtanne abzuleiten. Das lässt sich durchaus begründen, denn zahllose wissenschaftliche Arbeiten belegen, dass klimatische Größen und insbesondere die Temperatur die wichtigste Steuergröße für die Verbreitung der Arten sind. Nicht nur auf Kontinentalebene, sondern auch auf regionaler Ebene bestimmt das Klima ganz wesentlich das Vorkommen der Arten. Erst auf der lokalen Ebene kommen weitere Steuergrößen hinzu. In

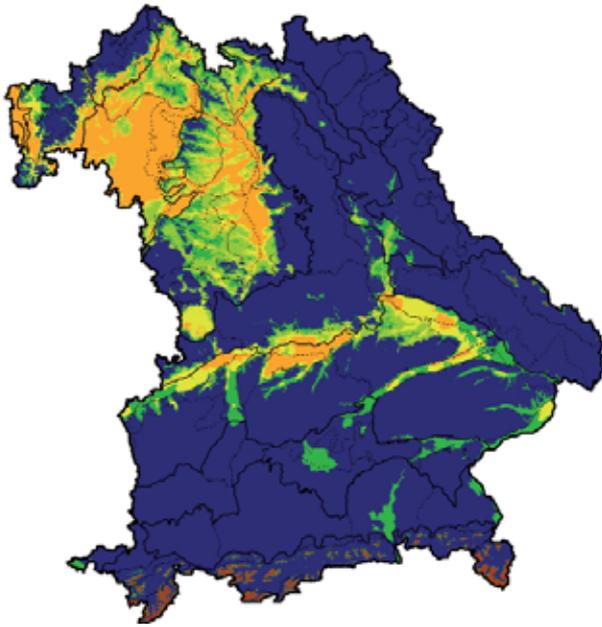


Abbildung 5: Regionalisierung der Risikomatrix der Weißtanne mit den Klimawerten der Periode 1971–2000

- sehr geringes Risiko
- geringes Risiko
- erkennbares Risiko
- mittelhohes Risiko
- deutlich erhöhtes Risiko
- hohes Risiko
- sehr hohes Risiko

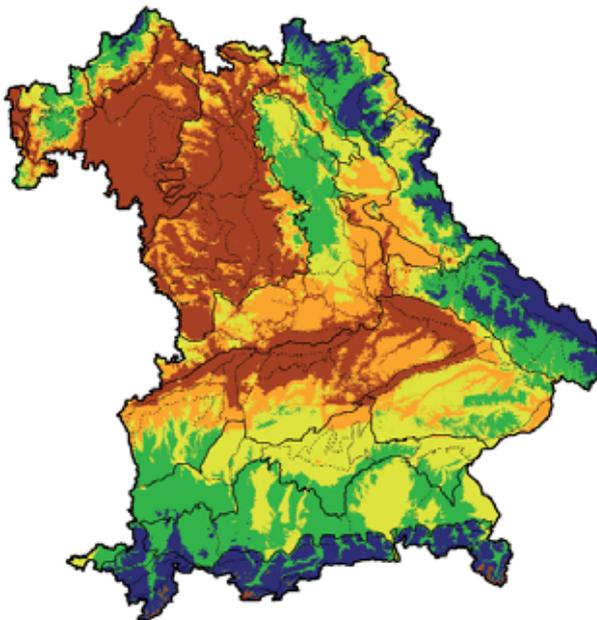


Abbildung 6: Regionalisierung der Risikomatrix der Weißtanne mit den Klimawerten der Periode 2071–2100 (Regionales Klimamodell WETTREG, Szenario B1)

niederschlagsarmen und warmen Regionen zeigen sich Unterschiede, je nach dem, ob Sonneneinstrahlung die Bäume zusätzlich belastet oder nicht. Umgekehrt profitieren die Bäume in Regionen mit Wärmemangel von zusätzlicher Strahlungsenergie, wie sie an Südhängen bereitgestellt wird. In Gebieten mit knappen Niederschlägen kann ein tiefgründiger Boden mit hoher Wasserspeicherung den Bäumen über Durststrecken hinweghelfen. Dies gilt insbesondere für die Tanne mit ihrem tiefreichenden Wurzelwerk. Weder der lokale Faktor Strahlung noch der Boden kann allerdings eine regionale Klimaungunst komplett aufheben. Lediglich in den klimaökologischen Randbereichen des Vorkommens einer Art gibt es eine Übergangszone (Ökoton), innerhalb der zunehmend lokale Lage, Lokalklima und Boden über Präsenz und Absenz entscheiden (ökologische Kompensation; regionale Stenökie). Ein günstiges Bodenwasserangebot kann beispielsweise die geringen Niederschläge von 520 Millimetern an der nordöstlichen Arealgrenze in Polen kompensieren (Kramer 1992). Lage- und Bodenparameter, die die Klimasituation modifizieren, sollten bei der Anwendung der Klima-Risikokarten in der Praxis speziell in klimaökologischen Randbereichen einer Baumart besonders berücksichtigt werden, ebenso wie eine geeignete waldbauliche Behandlung und konsequente Wildbestandsregulierung. Gerade Populationen am Rande der klimaökologischen Amplitude eines Genotyps befinden sich in evolutiver Anpassung und müssen daher erhalten werden. Sie können ein wertvolles Genpotential für die Anpassung der Wälder darstellen.

Ein ausreichender Wasserhaushalt ist für die Weißtanne wichtiger als eine gute Nährstoffversorgung, da die Baumart bodenvag ist. Tannen wachsen sowohl auf karbonatreichen als auch auf silikatischen, basenarmen Standorten. Sie gedeihen auch auf luftarmen, vergleyten Böden und können schwere tonige Substrate mit ihren Wurzeln durchdringen. Auf geeigneten Standorten und selbst auf staunassen Böden dringen Tannenwurzeln bis in eine Tiefe von 1,6 Metern und damit weiter als viele andere Baumarten vor (Bucher 1999; Walentowski et al. 2005).

### Bäume für die Zukunft

Mit komplexen statistischen Artverbreitungsmodellen versuchen wir im Vorhaben „Bäume für die Zukunft“ im Rahmen des Klimaprogramms Bayern 2020 die Beziehung zwischen dem Vorkommen der Arten und den herrschenden Standortbedingungen noch trans-

**Vorkommenswahrscheinlichkeit  
1971–2000**

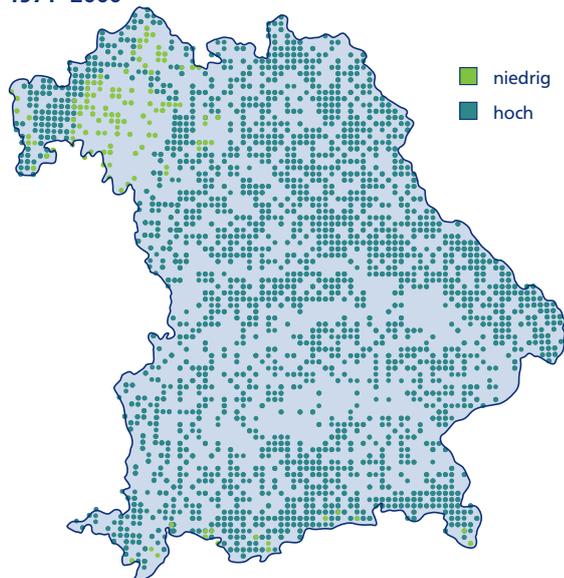


Abbildung 7: Anwendung eines aus europäischen Verbreitungsdaten erstellten Artverbreitungsmodells auf die Klimawerte 1971-2000 an den Inventurpunkten der Bundeswaldinventur BWI<sup>2</sup>

**Vorkommenswahrscheinlichkeit  
2071–2100**

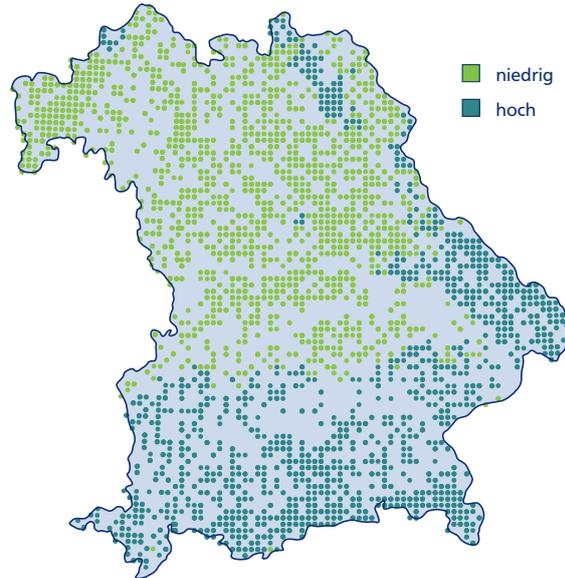


Abbildung 8: Anwendung eines aus europäischen Verbreitungsdaten erstellten Artverbreitungsmodells auf die Klimawerte 2071-2100 (Regionales Klimamodell WETTREG, Szenario B1) an den Inventurpunkten der Bundeswaldinventur BWI<sup>2</sup>

parenter und präziser zu erfassen. Das Ergebnis sind Vorhersagemodelle, deren Ausgabegröße die Auftretenswahrscheinlichkeit der Art ist. Für die Weißtanne ergibt ein mit der Methode der Generalisierten Additiven Modelle (GAM) auf der Grundlage von Klimadaten berechnetes Modell ein Ergebnis der für die Gegenwart 1971 bis 2000 (Abbildung 7) und die Zukunft 2071 bis 2100 (Abbildung 8) unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten des Vorkommens.

In der Gegenwart ist fast auf der ganzen Landesfläche die Wahrscheinlichkeit, eine Weißtanne anzutreffen oder erfolgreich anbauen zu können, hoch. In der Zukunft sinkt diese Wahrscheinlichkeit regional ganz beträchtlich. An vereinzelten Punkten im Gebirge hingegen steigt sie an. In der in den Abbildungen 7 und 8 dargestellten rohen Form der Wahrscheinlichkeiten lassen sich die Modelle noch nicht unmittelbar für die Praxis verwerten. Dazu müssen den Wahrscheinlichkeiten Risikowerte zugeordnet werden. Außerdem sollen die Modellergebnisse nicht nur auf einzelne Inventurpunkte, sondern in hoher Auflösung auf die gesamte Waldfläche bezogen werden. Schließlich sind noch weitere Faktoren wie Strahlung und Bodeneigenschaften zu beachten. Am Ende entstehen Karten, die zwar ähnlich aussehen wie die in den Abbildungen 5 und 6 dargestellten Provisorien, aber höher aufgelöst sind und neben dem Klima auch weitere Standortfaktoren berücksichtigen.

Die Vorteile der Artverbreitungsmodelle liegen darin, dass sie mit einer objektiven Methode sowohl Inventurdaten als auch das Expertenwissen von Vegetationskarten nutzen können. Die die heutige potentielle Verbreitung gut beschreibenden Modelle lassen sich auch in die Zukunft extrapolieren. Die Voraussetzung dafür ist, bei der Modellentwicklung das gesamte Areal zu betrachten. Im Falle der Weißtanne sollte ein europäischer Datensatz zugrunde liegen (Falk und Mellert 2011). Denn für weite Bereiche Bayerns wird für die Zukunft ein Klima vorhergesagt, das heute beispielsweise nur in Frankreich oder Italien herrscht. Wenn dort Tannen vorkommen, wird daraus geschlossen, dass sie auch entsprechende künftige Bedingungen in Bayern ertragen werden. Bei der Modellierung wird darauf geachtet, dass das Modell die Standortparameter, die die Verbreitung der Baumart erklären, dem ökologischen Wissen über die Baumarten gemäß interpretiert (z. B. bei 500 bis 600 Millimetern Jahresniederschlag Trockenheitsgrenze der Tannenverbreitung). Die Modelle betrachten zahlreiche Standortfaktoren gleichzeitig und beschreiben das Potential für den Tannenanbau (Abbildung 7). Artverbreitungsmodelle sind daher ein geeignetes Hilfsmittel, um bei der Baumartenwahl eine fundierte Entscheidung zu treffen.

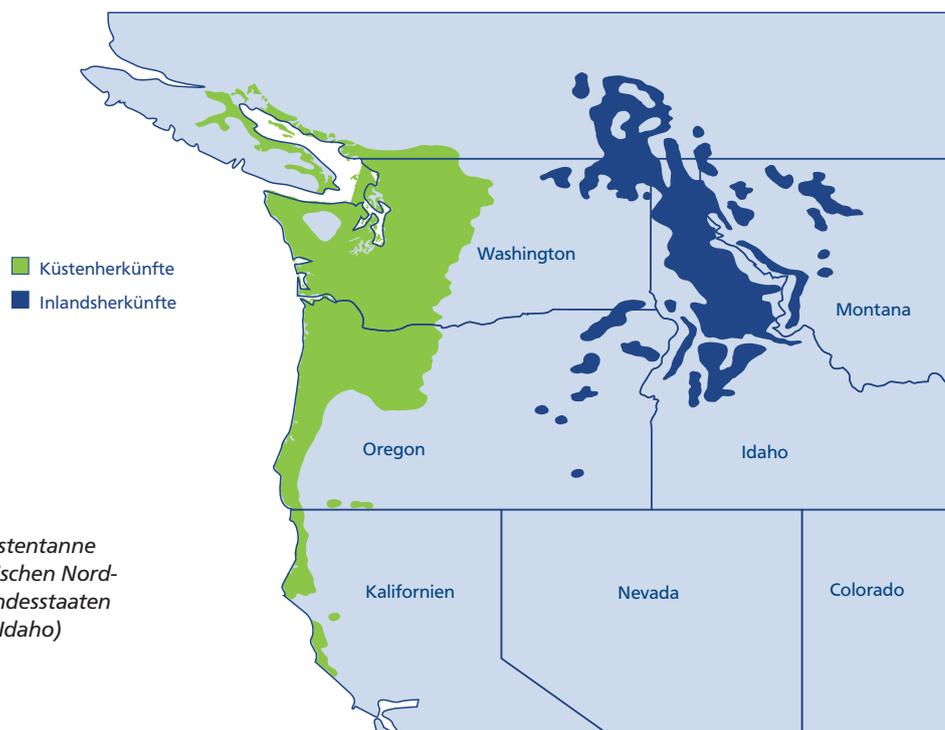


Abbildung 9: Areal der Küstentanne (nach Little 1971) im pazifischen Nordwesten Nordamerikas (Bundesstaaten Washington, Oregon und Idaho)

### Heilsbringerin Weißtanne?

Je mehr man sich mit dem Klimawandel und seiner Auswirkung auf die Waldbäume befasst, desto mehr wird deutlich, dass es bei der Baumartenwahl keine Patentlösungen gibt. Jede Baumart hat ihre naturgegebenen Anbaugrenzen und es ist nur eine Frage der Region und der weiteren klimatischen Entwicklung, ob diese erreicht und überschritten werden. Unter bestimmten, gut definierten Standortbedingungen ist die Weißtanne eine hochvitale und sehr leistungsfähige Baumart. Das „Tannenparadies“ ist der mitteleuropäische Gebirgsraum mit seinem mäßig kühlen und mäßig feuchten Klima. Auch außerhalb ihres eng begrenzten Areals hat die Weißtanne Anbaupotentiale, sofern die klimatischen Bedingungen dort nicht zu sehr von den im Areal herrschenden abweichen. „Trockentannen“ wie sie aus dem Schweizer Kanton Wallis (Krause und Konnerth 2009), aus dem Vinschgau im Westen Südtirols (Autonome Provinz Südtirol 2010) oder aus Mittelfranken (Kölling und Borchert 2004) bekannt sind, entpuppen sich bei näherer Betrachtung stets als Vorkommen, die zwar unter geringeren Jahresniederschlagssummen (weniger als 800 Millimeter), aber bei nicht zu warmen Temperaturen (unter 9,5 °C) gedeihen. Gewiss kommen solche Vorkommen dem Existenzrand der Weißtanne schon recht nahe. Angesichts

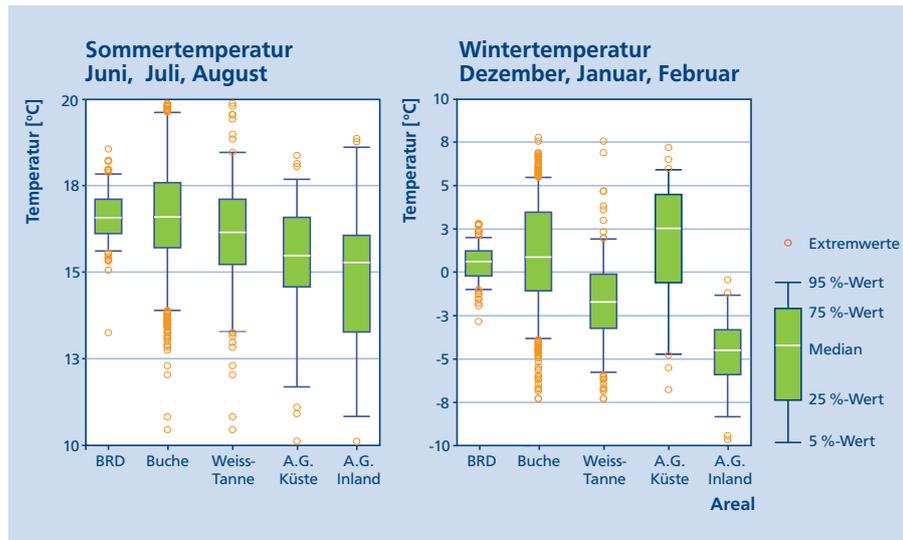
der zukünftigen klimatischen Entwicklung ist es aber wichtig, die Wärme- und Trockentoleranz der Weißtanne nicht über Gebühr zu beanspruchen.

### Alternative Küstentanne?

Es liegt nahe, die Weißtanne mit anderen nicht heimischen Tannenarten zu vergleichen. Für den forstlichen Anbau hat man in größerem Umfang bei uns vor allem die Küstentanne (*Abies grandis*) herangezogen. Insbesondere im nordwestdeutschen Raum gibt es einige Anbauerfahrungen mit dieser Baumart, deren Heimat im pazifischen Westen Nordamerikas liegt (Abbildung 9).

Ihr Areal ist zweigeteilt. Der küstennahe Teil liegt in den Bergketten an der Pazifikküste vor allem in den Staaten Washington und Oregon, der Inlandsteil in den Rocky Mountains mit einem Schwerpunkt in Idaho. Das Klima im Küstenareal ähnelt in gewisser Weise dem Klima bei uns, das Inlandsareal dagegen hat ein völlig anderes Klima (Abbildung 10). Daher werden für den Anbau bei uns auch nur die Küstenherkünfte verwendet (Konnerth und Schirmer 2011, in diesem Band).

Abbildung 10: Sommer- und Wintertemperaturspektren im Vergleich (1901–2002 aus dem Datensatz CRU TS 2.1, Mitchell und Jones 2006)



Anbauegebiete Küstentanne 1971–2000

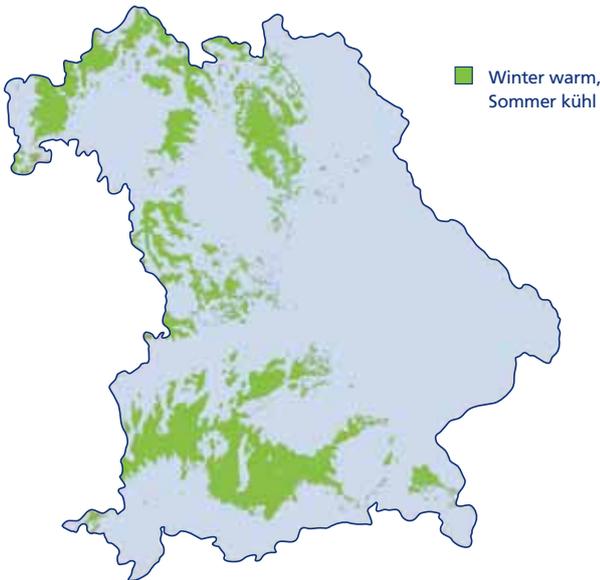


Abbildung 11: Anwendung der Klimadaten aus Abbildung 10 (2. und 3. Quartil) auf das Klima Bayerns 1971–2000

Anbauegebiete Küstentanne 2071–2100

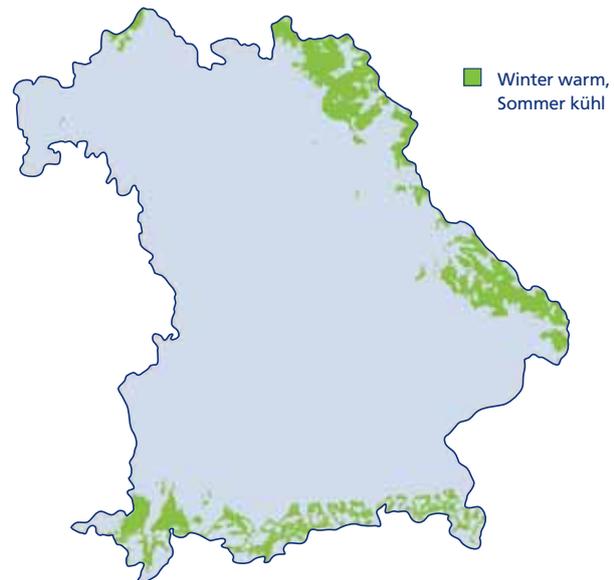


Abbildung 12: Anwendung der Klimadaten aus Abbildung 10 (2. und 3. Quartil) auf das Klima Bayerns 2071–2100

Wie die Abbildung 10 zeigt, herrschen im küstennahen Teilareal im Vergleich zum Klima Deutschlands kühlere Sommer und wärmere Winter. Wendet man den zentralen Teil der Sommer- und Wintertemperaturspektren der Küstentanne (das zweite und dritte Quartil) auf das gegenwärtige Klima Bayerns an, entsteht ein Bild möglicher Anbauegebiete für diese Baumart (Abbildung 11). Es handelt sich dabei um die (sub-)atlantisch geprägten Regionen Bayerns, für die warme Winter und kühle Sommer typisch sind. Im Klimawandel verlagern sich diese Gebiete in die höheren Mittelgebirge und in die Alpen (Abbildung 12).

Auf Grund der relativ engen Temperaturspektren der Küstentanne existieren kaum Gebiete, die sich nach den angelegten Maßstäben sowohl unter gegenwärtigen als auch unter künftigen Klimabedingungen gleichermaßen für den Anbau eignen. Wo man auch erwägt, die Küstentanne in Bayern anzubauen, das Risiko wird entweder gegenwärtig oder in der Zukunft hoch sein.

## Literatur

- AG Chorologie und Makroökologie (2010): *Forschungsprojekt „Klimatische Modellierung von Pflanzenarealen*. Link: [www2.biologie.uni-halle.de/bot/ag\\_chorologie/areale/index.php?spra che=D](http://www2.biologie.uni-halle.de/bot/ag_chorologie/areale/index.php?spra che=D) (aufgerufen am 11.12.2010)
- Autonome Provinz Südtirol, Abteilung Forstwirtschaft, Amt für Forstplanung (2010): *Waldtypisierung Südtirol*. Band 1: Waldtypen, Wuchsgebiete, Bestimmungsschlüssel
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) (2004): *Erfolgreich mit der Natur – Ergebnisse der Zweiten Bundeswaldinventur in Bayern*. Freising, 28. S.
- Bucher, H.U. (1999): *Abies alba Miller 1768*. In: Schütt, P. et al. (Hrsg.): *Enzyklopädie der Holzgewächse*, 16. Ergänzungslieferung, 18 S.
- Elling, W. (2004): *Schädigung, Absterben und Erholung der Weißtanne*. LWF Wissen 45, S. 24–29
- Elling, W.; Dittmar, C. (2008): *Die Weißtanne im Meinungswandel. Schädigung, Absterben und Erholung*. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 63, S. 234–238
- Elling, W.; Dittmar, C.; Pfaffelmoser, K.; Rötzer, T. (2009): *Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (Abies alba Mill.) in Southern Germany*. Forest Ecology and Management 257, S. 1.175–1.187
- Falk, W.; Mellert, K. H. (2011): *Species distribution models as a tool for forest management planning under climate change: Risk evaluation of Abies alba in Bavaria*. Journal of Vegetation Science, eingereicht
- Konnert, M.; Schirmer, R. (2011): *Weißtanne und Küstentanne. Herkunftsfragen und weitere genetische Aspekte*. LWF Wissen 66, S. 20–27
- Kölling, C. (2007): *Klimahüllen für 27 Waldbaumarten*. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 62, S. 1.242–1.245
- Kölling, C.; Borchert, H. (2004): *Gibt es seine Trockentanne im fränkischen Keuper?* LWF aktuell 46, S. 22–23
- Kölling, C.; Ewald, J.; Walentowski, H. (2004): *Lernen von der Natur: Die Tanne in den natürlichen Waldgesellschaften Bayerns*. LWF Wissen 45, S. 24–29
- Kölling, C.; Beinhofer, B.; Hahn, A.; Knoke, T. (2010): *»Wer streut, rutscht nicht« – Wie soll die Forstwirtschaft auf neue Risiken im Klimawandel reagieren?* Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 65, S. 18–22
- Kramer, W. (1992): *Die Weißtanne (Abies alba Mill.) in Ost- und Südosteuropa – Eine Zustandsbeschreibung*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Krause, S.; Konnert, M. (2009): *Die Walliser Trockentanne – Versuchsanbauten sollen neue Erkenntnisse bei der Baumartenwahl bringen*. LWF aktuell 70, S. 49
- Little, E.L. Jr. (1971): *Atlas of United States trees, volume 1, conifers and important hardwoods*. U.S. Department of Agriculture Miscellaneous Publication 1.146, 9 S., 200 Karten <http://esp.cr.usgs.gov/data/atlas/little/> (aufgerufen am 1.10.2010)
- Mitchell, T.D.; Jones, P.D. (2005): *An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids*. International Journal of Climatology 25, S. 693–712
- Mößnang, M. (2004): *Die Weißtanne – Königin mit Potential. Waldbauliches zum Baum des Jahres 2004*. LWF aktuell 46, S. 19–21
- Muck, P.; Borchert, H.; Elling, W.; Hahn, J.; Immler, T.; Konnert, M.; Walentowski, H.; Walter, A. (2008): *Die Weißtanne – ein Baum mit Zukunft. Die Weißtanne ist ein Hofnungsträger für den Waldbau im Klimawandel*. LWF aktuell 67, S. 56–58
- Rüther, C.; Walentowski, H. (2008): *Tree species composition and historic changes of the Central European oak/beech region*. In: Floren, A.; Schmidl, J. (Hrsg.): *Canopy arthropod research in Europe*. S. 61–88
- Schmidt, O. (2004): *Die Tanne im Frankenwald*. LWF Wissen 45, S. 41–46
- Schreiber, R. (2010): *Forstliches Gutachten zur Situation der Waldverjüngung 2009*. LWF aktuell 74, S. 54–56
- Türk, W. (1993): *Pflanzengesellschaften und Vegetationsmosaike im nördlichen Oberfranken*. Dissertationes Botanicae 207, Stuttgart, 290 S. + Anhang
- Walentowski, H.; Fischer, M.; Seitz, R. (2005): *Fir-dominated forests in Bavaria, Germany*. waldoekologie online 2, S. 68–89
- Walentowski, H. (1998): *Die Weißtannen-Waldgesellschaften Bayerns – eine vegetationskundliche Studie mit europäischem Bezug, mit waldbaulichen Anmerkungen und naturschutzfachlicher Bewertung*. Dissertationes Botanicae 291, Berlin und Stuttgart, 473 S.
- Wirth, F. (1956): *Wandel der Bestockung im Frankenwald*. Mitteilungen der Staatsforstverwaltung Bayerns 28, München, S. 179–205

**Key Words:** Climate change, cultivation thresholds, cultivation risk

**Summary:** With regard to climate change, the cultivation of silver fir on presently cooler sites in Bavaria with a mean annual temperature below 7.5° C is a low risk alternative to cultivation of the more vulnerable Norway spruce. Grand fir is a species with specific climatic requirements and climate change is causing a shift in site suitability for its establishment. As a result, cultivation of this species is considered risky. Neither silver nor grand fir is adapted to a warm climate with dry summers which is predicted for large areas of Bavaria due to climate change.