

Lernen von der Natur: Die Tanne in den natürlichen Waldgesellschaften Bayerns

CHRISTIAN KÖLLING, JÖRG EWALD UND HELGE WALENTOWSKI

Vom häufigsten Nadelbaum zur Rarität

Die Areale der wirtschaftlich bedeutenden Nadelbäume Fichte, Kiefer, Douglasie und Europäische Lärche wurden durch den menschlichen Einfluss in Bayern weit ausgedehnt. Die Fichte ist ursprünglich nur in den Alpen und den höheren Mittelgebirgen heimisch, wenn man von ein paar Sonderstandorten einmal absieht. Auch die seit Jahrhunderten flächenhaft angebaute Wald-Kiefer wäre als Schlussbaumart von Natur aus auf wenige extreme Standorte beschränkt. Das Vorkommen der Europäischen Lärche begrenzte sich ursprünglich auf ein winziges Areal in den höchsten Regionen der Alpen. Als nordamerikanische Baumart wird die Douglasie in Bayern heute weit entfernt von ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet angebaut.

Anders die Tanne: Sie besitzt in Bayern von Natur aus ein großes Areal, das über weite Teile des Hochgebirges, der Mittelgebirge und des Hügellands reicht (Abb. 1). An der natürlichen Waldbestockung Bayerns wäre die Tanne daher potentiell mit 8 - 15 % beteiligt. In Bayern gehören die Regionen südlich der Donau und die ostbayerischen Mittelgebirge ebenso wie Teile des fränkischen Keupers zu den ursprünglichen Tannengebieten. Verglichen mit diesem Naturpotential verwundert die geringe aktuelle Verbreitung der Tanne (2 % Anteil an der Waldfläche Bayerns). Nur in den Wuchsgebieten 11 (Bayerischer Wald) und 15 (Bayerische Alpen) werden knapp 8 % Tannenbeteiligung erreicht, in den Wuchsgebieten 14 (Jungmoräne) und 12 (Tertiärhügelland) sind es nur wenige Prozent. In den anderen Wuchsgebieten bewegen sich die Tannenanteile im Promillebereich.

Es liegt zunächst nahe, die Seltenheit der Tannenvorkommen dem Wirken des Menschen zuzuschreiben. Waldrodung und Kahlschlagwirtschaft, überhöhte Schalenwildbestände und Schadstoffimmissionen können für den Schwund der Tanne in Bayern verantwortlich gemacht werden. Diesen anthropogenen Einflussfaktoren für die Seltenheit

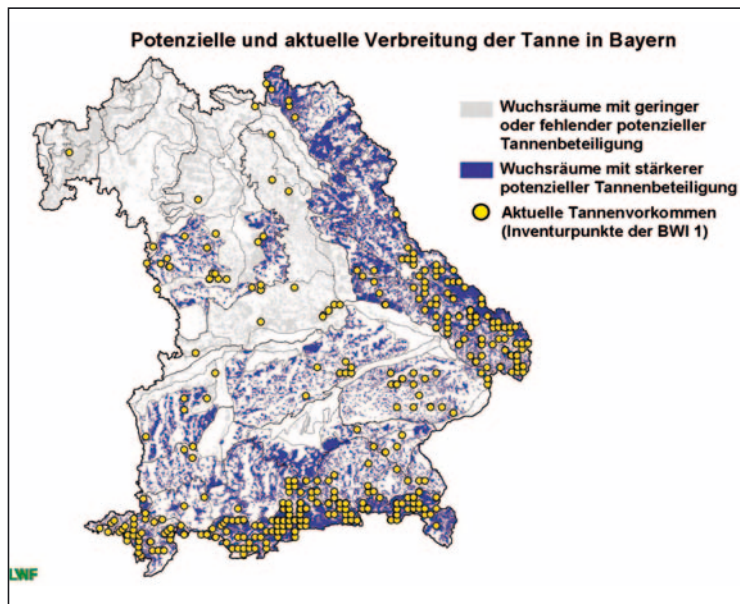


Abb. 1: Verbreitung der Tanne in Bayern; potentielle Tannenverbreitung nach Walentowski et al. (2001); aktuelle Vorkommen nach der Bundeswaldinventur I 1986-1990

der Tanne wird in anderen Beiträgen dieses Bandes nachgespürt. Wir möchten in diesem Beitrag zusätzlich die natürlichen Gründe für die Seltenheit der Tanne herausstellen:

- die nacheiszeitliche Arealbildung
- die standortsökologische Einnischung
- die Konkurrenzsituation zur Buche.

Nacheiszeitliche Arealbildung der Tanne

Die Weißtanne überdauerte die letzte Eiszeit, als Mitteleuropa von waldfreier Tundra bedeckt war, in drei Refugien des Mittelmeerraumes, vor allem im italienischen Apennin und in Griechenland, wahrscheinlich auch in Spanien (HUNTLEY UND BIRKS 1983). In einer ersten nacheiszeitlichen Ausbreitungswelle wanderte sie bis in die Pyrenäen, die Südalpen und das dinarische Gebirge. Von dort erreichte sie mit einer Wandergeschwindigkeit von ca. 300 m/Jahr um 4.000 v. Chr. von Westen her das französische Zentralmassiv und die Gebirge Süddeutschlands. In der Schweiz gelangte sie sogar über den Alpenhauptkamm ins Rheintal und ins Alpenvorland. Auf einem dritten Weg umwanderte

die Tanne die Ostalpen und erreichte ca. 3.000 v. Chr. den Karpatenbogen. Diese unterschiedlichen Wanderrouten hinterließen in der Genetik der Weißtanne deutliche Spuren (siehe auch Beitrag von KONNERT/HUSSENDÖRFER in diesem Heft), so dass eine versteckte Differenzierung in Standortsrassen wahrscheinlich ist. Aus bisher ungeklärten Gründen gelang es der Tanne nicht, weiter nach Norden vorzudringen. Vielmehr verkleinerte sich ihr Areal nördlich der Alpen im weiteren Verlauf der Nacheiszeit sogar wieder etwas. Heute verläuft die Arealgrenze der Weißtanne quer durch Bayern hindurch.

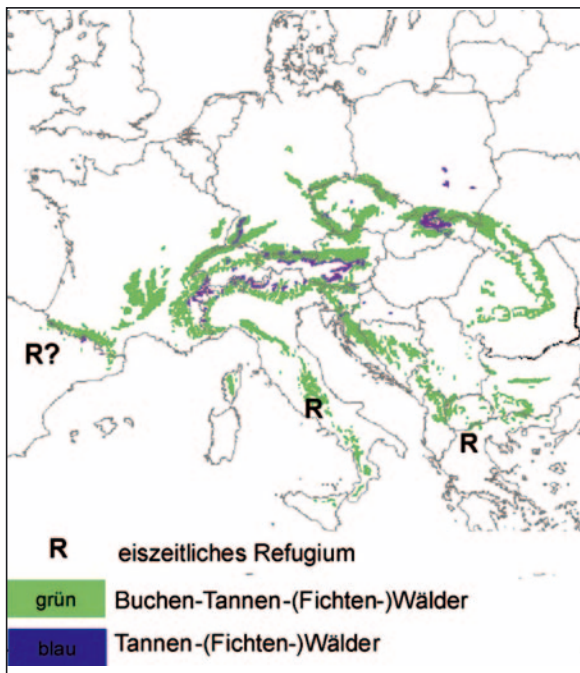


Abb. 2: Natürliche Verbreitung tannenreicher Wälder in Europa nach Bohn et al. (2003); die Karte wurde durch Abfrage der interaktiven CD-Rom „Karte der natürlichen Vegetation Europas“ erstellt.

Das heutige Verbreitungsgebiet potentiell tannenreicher Wälder (Abb. 2) ist im Vergleich zu dem der Rotbuchenwälder auffallend zerstückelt. Auf großen Flächen würde sich die Tanne die Vorherrschaft in der natürlichen Vegetation mit der Rotbuche, oft auch mit der Fichte teilen. Optimal entfaltet sich die Weißtanne im montanen, subatlantischen und subkontinentalen Bergmischwald (FREY 2003). Verglichen damit beherrschen laubbaumarme Tannen-Fichtenwälder (Abieteten) bei stärker kontinentalem Klima nur selten die Landschaft.

Atlantisch getönte Klimabereiche Bayerns werden gemieden

Die auffällige Begrenzung des heutigen Tannenareals nach Nordwesten trifft zusammen mit dem

Übergang vom subkontinentalen zum subatlantischen Klimabereich. Die ausgeprägt atlantischen, wintermilden Bereiche Westeuropas wurden nicht besiedelt. Dagegen dehnt sich das Areal weit in den subkontinentalen Bereich Mittel- und Osteuropas aus. Nicht abschließend geklärt ist, ob es sich dabei um ein Problem der Rückwanderung handelt, ob physiologische Gründe oder nur die in diesem Klimabereich größere Konkurrenz der Buche dafür verantwortlich sind. Winterkälte jedenfalls ist für die Tanne kein Problem, zwei potentielle Schwerpunkte ihres Vorkommens in Bayern sind ausgesprochen winterkalt: Das Kürnacher Molassebergland (Wuchsbezirk 15.1) einerseits und die intramontanen Becken Bayerisches Vogtland (Wuchsbezirk 8.6), Selb-Wunsiedler Bucht (Wuchsbezirk 8.7) und Wiesauer Senke (Wuchsbezirk 10.2/2) andererseits. In diesen Gebieten ist in der Karte der Regionalen natürlichen Waldzusammensetzung Bayerns von WALENTOWSKI et al. (2001) die Tanne an erster Stelle genannt. Sie würde hier unter natürlichen Verhältnissen auf Landschaftsebene das Waldbild dominieren.

Die Tanne besiedelt selbst schwierigste Standorte

Die Wurzelenergie der Tanne ist phänomenal (Abb. 3). So verwundert es nicht, wenn die Tanne auch „schwere“ Tonböden und von Staunässe im Wurzelraum gekennzeichnete „schwierige“ Standorte, durchwurzelt. Nicht, dass sie diese Standorte bevorzugt, aber die Tanne erträgt sie besser als andere Schlusswaldbaumarten und hat so erhebliche Konkurrenzvorteile. Auch auf steinigem Grund ist die Kraft ihrer Wurzeln von Vorteil, sofern nur genügend Spalten und Klüfte den Weg in die Tiefe ermöglichen. Selbst Humuskarbonatböden, die auf den ersten Blick als trocken erscheinen, können so besiedelt werden. Der Vorteil der Tiefendurchwur-



Abb. 3: Tiefwurzlerin Tanne (Foto: LWF-Archiv)

zung kommt der Tanne nicht nur auf Sonderstandorten, sondern auch auf mittleren Standorten zu Gute, wenn nach längerer Trockenheit die Wasservorräte des Oberbodens aufgebraucht sind.

Hinsichtlich bodenchemischer Kenngrößen erweist sich die Tanne als wenig anspruchsvoll und tolerant. Auch sehr basenarme Standorte werden erfolgreich besiedelt. Sofern diese Standorte auch noch vernässt sind, ist der Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Baumarten außerordentlich hoch (Abb. 4)



Abb. 4: Tannenstandort: Tonreiches, verdichtetes Substrat mit Staunässe, Nass- und Sauerbleichung (Foto: C. KÖLLING)

und den Fichtenwäldern vermitteln (Abb. 5). Die Gruppe der beerstrauchreichen Fichten-Tannenwälder werden den Fichtenwäldern (*Piceion abietis*) zugeordnet, die systematisch zu den immergrünen borealen Nadelwäldern (*Vaccinio-Piceetea*) gehören. Die Gruppe der krautreichen Tannenwälder mit höherem Buchenanteil gehört in den Verband der Buchen- und Buchenmischwälder (*Galio-Fagion sylvaticae*), d.h. zur Klasse der sommergrünen Falllaubwälder (*Quercu-Fagetea*).

Die soziologisch-systematische Gliederung der Tannenwaldgesellschaften besitzt eine standortskundliche Entsprechung:

- Stark staunass/wechselfeucht, äußerst sauer und sehr nährstoffarm: *Vaccinio vitis-idaeae-Abietetum* (Preiselbeer-Fichten-Tannen-Kiefernwald)
- Hangfeucht/feucht, sauer und nährstoffarm: *Luzulo-Abietetum* (Silikat-Hainsimsen-Fichten-Tannenwald)
- Schwere nährstoffreiche Tonböden: *Galio-Abietetum* (Rundblattlabkraut-Tannenwald)
- Scheinbar flachgründige Kalkmergelböden: *Pyrolo-Abietetum* (Wintergrün-Tannenwald)
- Scheinbar flachgründige Humuskarbonatböden: *Adenostylo glabrae-Abietetum* (montaner Karbonat-Tannenwald).

Waldgesellschaften mit Tannenanteilen in Bayern

Die meisten Tannen wachsen nicht, wie man zunächst vermuten würde, in den Tannenwaldgesellschaften (Abieteten). Diese kommen in Bayern nur auf etwa zwei Prozent der Waldfläche vor. Hier treten aber die ökologischen Fähigkeiten der Tannen besonders deutlich hervor. Weniger spektakulär, dafür flächenmäßig viel bedeutsamer sind die Tannenvorkommen in den Buchenwaldgesellschaften, vor allem im Bergmischwald der Alpen und der höheren Mittelgebirge.

Tannenwaldgesellschaften (Abieteten)

Nach WALENTOWSKI et al. (2004) lassen sich fünf heimische Tannenwald-Assoziationen unterscheiden, die zwischen den Buchenwäldern

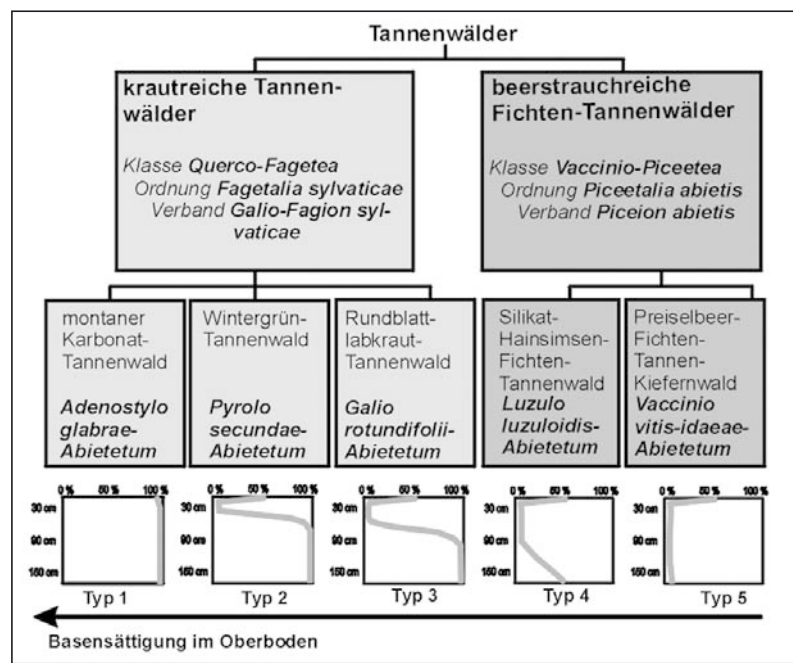
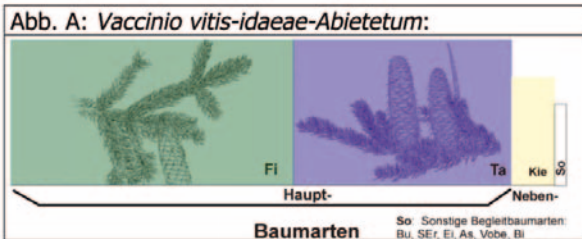


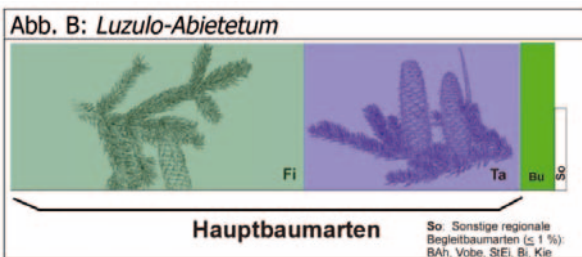
Abb. 5: Systematische Gliederung der Tannenwälder (Abieteten); eine wichtige Differenzierung ergibt sich aus dem Basenhaushalt der Standorte, wie ihn der Tiefenverlauf der Basensättigung abbildet. Die Bandbreite reicht von hoher Basensättigung im gesamten Wurzelraum (Typ 1) bis hin zu tiefreichender Versauerung (Typ 5)

An den begleitenden Baumarten und an den charakteristischen Bodenpflanzen kann die ökologische Einnischung der Tannenwaldgesellschaften ebenfalls gut abgelesen werden:

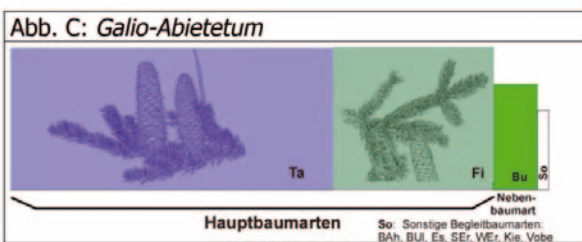
- *Vaccinio vitis-idaeae-Abietetum*: mit viel Fichte und Waldkiefer, zahlreiche säure-, magerkeits- und wechselfeuchtezeigende Arten in der Bodenvegetation; die Buche fehlt bezeichnenderweise:



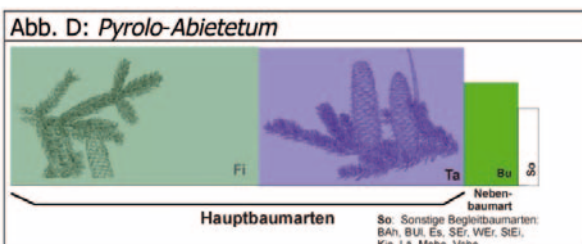
- *Luzulo-Abietetum*: mit viel Fichte und wenig Buche, zahlreiche säurezeigende Arten in der Bodenvegetation, Ähnlichkeit zu bodensauren Buchenwäldern; die Buche ist in geringen Anteilen vorhanden.



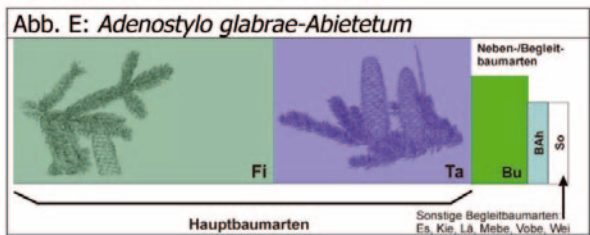
- *Galio-Abietetum*: mit Buche und Fichte, zahlreiche nährstoffzeigende Arten in der Bodenvegetation, Ähnlichkeit zu nährstoffreichen Buchenwäldern; die Buche ist in geringen Anteilen vorhanden:



- *Pyrolo-Abietetum*: mit Buche und Fichte, Kalkzeiger kommen neben typischen Sauerhumuspflanzen in der Bodenvegetation vor; die Buche ist in geringen Anteilen vorhanden.



- *Adenostylo glabrae-Abietetum*: mit Buche und Fichte, Kalkzeiger kommen neben typischen Sauerhumuspflanzen in der Bodenvegetation vor; die Buche ist in geringen Anteilen vorhanden.



Wie die Abbildungen zeigen, sind in der Mehrzahl der Tannenwaldgesellschaften Buchen als Mischungselemente enthalten. Auf Grund der für sie ungünstigen Standorts- und Wachstumsverhältnisse reichen sie hier jedoch kaum in die Oberschicht der Bestände hinein. Lichtbedürftige Pionierbaumarten spielen eine untergeordnete Rolle. Sie können nur im Falle plötzlicher größerer Auflichtungen auf Sonderstandorten wie umgestürzten Wurzellatern, offenen Bodenstellen usw. keimen und phasenweise höhere Anteile erreichen. Am ehesten kann sich im Preiselbeer-Fichten-Tannen-Kiefernwald die Kiefer als langlebige Pionierbaumart halten.

Tannen als Bestandteil von Buchenwaldgesellschaften

Der flächenmäßige Schwerpunkt des potentiellen und aktuellen Tannenvorkommens in Bayern liegt im Bergmischwald. Dabei handelt es sich um Buchenwaldgesellschaften in Gebirgslagen, in denen mit abnehmender Konkurrenz der Buche auch Tanne, Fichte und Bergahorn eine wichtige Rolle spielen. Der Bergmischwald mit seiner Vielfalt an Bestandsstrukturen und Kleinstandorten ist die eigentliche Heimat der Tanne. In der Gemeinschaft mit anderen Baumarten erreicht sie hier ihre besten Wuchsleistungen.

Tannen sind essentieller Bestandteil des Bergmischwalds

Der Bergwald der Alpen (Wuchsgebiet 15) beherbergt das heutige Hauptvorkommen der Weißtanne in Bayern (Abb. 1). Für dieses Gebiet existiert mit der Datenbank BERGWALD (EWALD 1995) eine umfassende Sammlung pflanzensoziologischer Daten, die sehr differenzierte Aussagen zum ökologischen Verhalten von Pflanzenarten erlaubt. Bei immerhin fast einem Drittel (31 %) der Aufnahmen der Baumschicht ist die Weißtanne vorhanden, allerdings meist nur mit geringen Anteilen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Vegetationskundler

naturnahe, tannenreiche Bestände bevorzugt aufnahmen. In den allermeisten Fällen ist sie beige-mischt zu anderen Baumarten (vor allem Buche und Fichte), nur an jedem 60. Punkt (1,5 %) ist die Tanne führende Baumart. Bei der Verjüngung stellt sich die Situation ähnlich dar. Mehr als ein Drittel (35 %) der Aufnahmen enthalten Weißstannjung-pflanzen, deren Deckung allerdings 5 % nur selten überschreitet. Dabei ist das Vorkommen von Jung-pflanzen wie zu erwarten mit dem Vorkommen von baumförmigen Tannen gekoppelt.

Für die meisten Wald-Vegetationsaufnahmen liegen Angaben zur Meereshöhe vor. Diese umfassen den gesamten Höhenbereich der Waldstufe, stam-men jedoch zum überwiegenden Teil aus der mon-tanen und hochmontanen Stufe des Bergmischwal-des zwischen 900 und 1.400 m ü.NN. Die Höhenver-teilung der tannenhaltigen Vegetationsaufnahmen weicht davon insofern ab, als die Weißtanne ab 1.500 m im subalpinen Fichtenwald nur selten ver-treten ist und ab 1.600 m im hochsubalpinen Lär-chen-Zirbenwald fast ganz fehlt. Damit können wir die Ähnlichkeit der Höhenverbreitung zwischen Weißtanne und Rotbuche belegen.

Besonders fällt auf, dass nach dem Aufnahme-material die Tanne in den Alpen die stark karbonat-haltigen Pionierstandorte regelmäßig meidet. Diese nehmen allerdings auch nicht mehr der Bergmisch-wald, sondern andere Vegetationstypen (z.B. Schnee-heide-Kiefernwald und Latschengebüsch) ein.

Tannen in sonstigen Buchenwaldgesellschaften

In großen Teilen des Alpenvorlandes, des Tertiär-hügellandes und Teilen des fränkischen Keupers ist die Tanne Mitglied der Buchenwaldgesellschaften. Im Hainsimsen-Buchenwald saurer, dem Waldmeister-Buchenwald mittlerer und dem Waldgersten-Buchenwald basenreicher Standorte ist die Tanne ein vollwertiges Mitglied der Baumschicht, wenn-gleich sie nie die Oberhand gewinnt und die Wald-gesellschaften dominiert. Die zum atlantischen Klimabereich hin erstarkende Konkurrenz-kraft der Buche spielt bei der Arealbegrenzung der Tanne nach Nordwesten sicher eine wichtige Rolle. Im kli-matischen Optimum der Buchenverbreitung wird die Konkurrenz der Buche übermächtig, die Buchenwälder dieses Klimabereichs sind von Natur aus weitgehend tannenfrei. Vor allem die besondere Kronenausbildung der Buche mit ihrer ausgepräg-ten seitlichen Expansionskraft dürfte ein wichtiger Grund für ihre Überlegenheit sein.

Eine Auswertung der aktuellen Tannenvorkom-men im fränkischen Keuper (Wuchsgebiet 5) zeigt, dass die Tanne einen Schwerpunkt auf den schwe-ren Ton- und Zweischichtböden der Feuerletten und

Lehrbergsschichten hat. Sandstandorte des Burg-sandsteins, des Rhät und Flugsande werden hinge-gen deutlich gemieden. Damit wird wieder einmal dokumentiert, dass sich die Tanne in Buchenwald-gesellschaften besonders dann durchsetzt, wenn die Buche mit widrigen Standortbedingungen (in diesem Fall mit schweren Böden) zu kämpfen hat und in ihrer Konkurrenz-kraft bereits geschwächt ist. In der gleichen Auswertung ergab sich ein Zurück-treten der Tanne in den klimatisch trockeneren Beckenlagen des Wuchsgebiets. In klimatischen Trockengebieten ist der Konkurrenzvorteil der Tan-ne mehr oder weniger aufgebraucht, hier leiden Buche und Tanne den gleichen Mangel.

Zusammengefasst lassen sich die Wuchsbedin-gungen natürlicher Tannenvorkommen in den Buchenwaldgesellschaften außerhalb der Gebirge wie folgt charakterisieren:

- suboptimales Buchenklima (nicht zu atlantisch, aber auch nicht zu trocken und sommerwarm)
- suboptimale Buchenböden (schwere, staunasse, tonreiche Böden).

Tanne und Buche gehören zusammen

In Abbildung 6 ist in Form eines Ökogramms die abnehmende Konkurrenz-kraft der Buche bei zunehmender Kontinentalität und abnehmender Durchwurzelbarkeit des Bodens symbolisiert. Ähnliche Ökogramme könnte man mit Achsen für die Meereshöhe oder für den Bodenwasserhaushalt zeichnen.

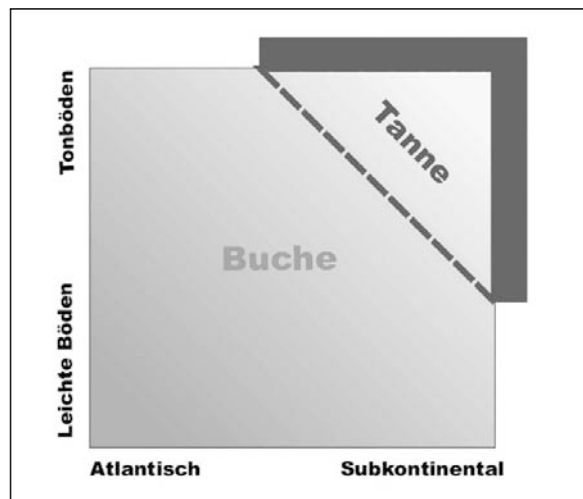


Abb. 6: Ökogramm für die Faktoren Kontinentalität und Bodendurchwurzelbarkeit; der Farbverlauf symbolisiert die abnehmende Konkurrenz-kraft der Buche. Die Tanne ist auf Bereiche abnehmender Buchenkonkurrenz und auf einen schmalen Bereich jenseits des Buchenvor-kommens beschränkt.

Ein Gemeinsamkeit aller dieser Ökogramme ist, dass die Tanne bevorzugt einen auch von der Buche eingenommenen standortsökologischen Bereich besetzt. Auf Grund der übermächtigen Konkurrenz der Buche ist sie aber auf die Standortkonstellationen mit verminderter Vitalität dieser Baumart abgedrängt (obere rechte Ecke des Ökogramms). Nur dort gelingt ihr die Koexistenz mit der Buche. In einem schmalen Bereich jenseits des von der Buche eingenommenen Bereichs herrscht die Tanne hingegen unangefochten (ausgefüllte Felder außerhalb des Buchenbereichs). Hier dominiert sie die Waldbestände und bildet Tannenwaldgesellschaften.

Festzuhalten bleibt noch einmal:

- Die meisten Tannenstandorte sind zugleich auch Buchenstandorte, aber nicht alle Buchenstandorte sind gleichzeitig auch Tannenstandorte.

Waldbauliches Arbeiten mit der natürlichen Waldgesellschaft

Die Tanne wurde und wird aus forstlicher Sicht oft sehr gegensätzlich eingeschätzt. Auf Jahrzehnte der Skepsis und Zurückhaltung scheint nun eine fast euphorische Phase zu folgen. Man traut der Tanne als einheimischer Nadelbaumart wieder mehr zu und sieht sie teilweise als Alternative zur Fichte. Dafür gibt es in der Tat bestechende Argumente:

- Das Holz der Tanne bietet ähnliche Möglichkeiten der Verwendung wie Fichtenholz.
- Die Tanne ist im Gegensatz zur Fichte auch in tiefer gelegenen Regionen heimisch.
- Die Tanne erschließt im Gegensatz zur Fichte einen enormen Wurzelraum mit seinen Wasser- und Nährstoffvorräten und ist deshalb weniger trockenheitsanfällig.
- Die Tanne weist im Gegensatz zur Fichte eine hohe Widerstandskraft gegenüber Sturmbelastung auf.
- Die Tanne bereitet im Gegensatz zur Fichte abgesehen vom Wildverbiss kaum Forstschutzprobleme.
- Die Tanne ist wegen ihrer Schattentoleranz eine ideale Mischbaumart zur Buche.
- Als Tiefwurzlerin belebt die Tanne die Nährstoffkreisläufe in den Waldökosystemen.

Angesichts dieser Vorteile mag die Tanne vielen als waldbauliches Allheilmittel erscheinen. In der allgemeinen Euphorie werden dabei leicht die standortsökologischen Begrenzungen der Tanne übersehen. Wie wir in den vorangegangenen Abschnitten darlegten, sind die Tannenvorkommen nicht nur aktuell, sondern auch natürlicherweise

auf bestimmte standörtliche Konstellationen und Waldgesellschaften beschränkt. Von der Natur zu lernen heißt im Fall der Tanne, zunächst ihre Arealbegrenzung, ihre standortökologische Einnischung und das Konkurrenzverhältnis zur Buche zu respektieren. Dies bedeutet aber kein sklavisches Nachahmen der natürlichen Verhältnisse. Vielmehr ergeben sich aus der geschickten Arbeit mit den Naturpotentialen viele waldbauliche Freiheiten und Möglichkeiten. So kann der natürliche Tannenanteil in den Waldgesellschaften mit Hilfe waldbauliche Maßnahmen in weiten Grenzen variiert werden, wenn ökonomische Ziele dies erfordern.

Gewiss kann die Tanne auch über die Grenzen der natürlichen Vorkommen hinaus angebaut werden. Wir raten aber, sich auch bei der Verwendung der Tanne an der natürlichen Waldgesellschaften zu orientieren. Hier hat sich die Tanne in den Jahrtausenden nach der Eiszeit bewährt und die Erfolgchancen sind für einen erfolgreichen Anbau am größten. Auf den Standorten der Tannenwaldgesellschaften und der Buchenwaldgesellschaften mit Tanne sind die Potentiale für eine stärkere Beteiligung der Tanne am Waldaufbau gegenwärtig bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Wir empfehlen, die Mittel und Kräfte für eine erstrebenswerte Steigerung des Tannenanteils hier zu bündeln.

Danksagung

Für konstruktive Kritik am Manuskript danken wir O. Granke, J. Maderer, M. Mössnang und U. Stetter.

Literatur

- BOHN, U.; GOLLUB, G.; HETTWER, C.; NEUHÄUSLOVÁ, Z.; SCHLÜTER, H.; WEBER, H. (2003): Karte der natürlichen Vegetation Europas - map of the natural vegetation of Europe. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg
- BURGA, C. A.; HUSSENDÖRFER, E. (2001): Vegetation history of *Abies alba* Mill. (silver fir) in Switzerland - pollen analytical and genetic surveys related to aspects of vegetation history of *Picea abies* (L.) H. Karsten (Norway spruce). *Veget. Hist. Archaeobot.* 10, S. 151-159
- EWALD, J. (1995): Eine vegetationskundliche Datenbank bayerischer Bergwälder. *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges.* 56, S. 453-465
- FREY, H.-U. (2003): Die Verbreitung und die waldbauliche Bedeutung der Weisstanne in den Zwischenalpen - ein Beitrag für die waldbauliche Praxis. *Schweiz. Z. Forstwes.* 154, S. 90-98
- HUNTLEY, B.; BIRKS, H. J. B. (1983): An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0-13.000 years ago. Cambridge University Press, 667 S.
- WALENTOWSKI, H. (1998): Die Weißtannen-Waldgesellschaften Bayerns - eine vegetationskundliche Studie mit europäischem Bezug, mit waldbaulichen Anmerkungen und naturschutzfachlicher Bewertung. *Dissertationes Botanicae* 291, J. Cramer-Verlag Berlin, Stuttgart, 473 S.
- WALENTOWSKI, H.; GULDER, H.-J.; KÖLLING, C.; EWALD, J.; TÜRK, W. (2001): Die regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns. *Berichte aus der LWF* Nr. 32, 97 S.
- WALENTOWSKI, H.; EWALD, J.; FISCHER, A.; KÖLLING, C.; TÜRK, W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns - ein auf geobotanischer Grundlage entwickelter Leitfaden für die Praxis in Naturschutz und Waldbau. Freising: Geobotanica-Verlag, 441 S.