
Weißtanne und Küstentanne – Herkunftsfragen und weitere genetische Aspekte

Monika Konnert und Randolph Schirmer

Schlüsselwörter: Weißtanne (*Abies alba*), Küstentanne (*Abies grandis*), genetische Variation, Provenienzversuche, Herkünfte im Klimawandel

Zusammenfassung: Die Weißtanne ist eine Baumart mit einer ausgeprägten kleinräumigen genetischen Differenzierung. Diese ist unter anderem eine Folge ihrer nacheiszeitlichen Rückwanderungsgeschichte. Die genetische Differenzierung der Weißtannenpopulationen in Bayern liegt bei sechs Prozent und ist damit dreimal größer als die der Buche. Die großen genetischen Unterschiede zeigen sich auch in den Provenienzversuchen. Die höchste Wuchsleistung auf bayerischen Flächen bei gleichzeitig geringen Ausfällen zeigen Herkünfte aus den Karpaten (Rumänien, Slowakei) und aus Südwestdeutschland. Herkünfte aus West- und Südeuropa hingegen wachsen schwächer und sind frostgefährdet. Im Klimawandel könnten auch „Trockentannen“ interessant werden. In Anbauversuchen wird deshalb geprüft, wie diese Ökotypen mit den Standortbedingungen in Bayern zurechtkommen. Transferversuche werden zeigen, wie sich bayerische Herkünfte in wärmeren Regionen verhalten. Auch bei der Küstentanne ist die Herkunftswahl für den wirtschaftlichen Erfolg entscheidend. Die in Deutschland wüchsigsten Herkünfte kommen aus West-Washington und Vancouver Island. In Bayern hat sich vor allem die Herkunft Elwha River (Olympic Halbinsel, Samenzone 221) bewährt. Nicht überzeugen konnten Küstenherkünfte aus Südoregon sowie Inlandsherkünfte.

Weißtanne (*Abies alba*)

Ein kurzer Blick zurück

Will man die heutige genetische Zusammensetzung der Waldbestände verstehen, muss man weit in die Vergangenheit zurückgehen. Im Wechsel zwischen langen Phasen der Kaltzeit von bis zu 100.000 Jahren und Warmzeiten von etwa 15.000 Jahren wurde auch die Tanne immer weiter nach Süden abgedrängt. Sie überlebte südlich der großen Gebirgsketten in räumlich weit voneinander entfernten Regionen, auf der Iberischen Halbinsel, in Südfrankreich, im Apennin und auf der Balkanhalbinsel. In den einzelnen Refugialgebieten bildeten sich unterschiedliche Genkollektive aus, die

keinen Kontakt untereinander hatten. Als es vor ungefähr 14.000 bis 12.000 Jahren wieder wärmer wurde, begann die Rückwanderung der Baumarten. Die sich von West nach Ost ausdehnenden Zentralalpen stellten dabei ein Hindernis dar, das umgangen werden musste. Aus Pollenfunden weiß man, dass die Tanne südlich der Alpen bereits um 8.000 v. Chr. eintraf, nördlich der Alpen aber erst zwischen 2.500 und 500 v. Chr. Die Kombination von Pollenfunden und genetischen Analysen ermöglichte es, die Rückwanderungsgeschichte der Weißtanne ziemlich genau nachzuzeichnen (Konnert und Bergmann 1995; Liepelt et al. 2006).

In das Alpen- und Voralpengebiet kam die Tanne aus ihren inselartigen Refugien im Apennin über den relativ kurzen „Allgäuweg“ (Rheingraben). Eine neuere Arbeit (Liepelt et al. 2006) geht davon aus, dass das Hauptrefugium nicht im Apennin, sondern in den französischen Seealpen lag und von dort die Wanderung südlich der Alpen begann. Unbestritten ist, dass die Tanne über den deutlich längeren „Ostalpenweg“ (Süd- und Ostrand der Alpen, Waldviertel) in die ostbayerischen Mittelgebirge, die Berchtesgadener Alpen und den Chiemgau zurückwanderte. Auf diesem Rückwanderungsweg war der Selektionsdruck größer, vor allem wegen der starken Konkurrenz der Buche, die in Ostbayern vor der Tanne eingetroffen war (Mayer 1984). Daraus folgte ein Verlust bestimmter Genotypen. Noch heute sieht man dies an den deutlich geringeren Diversitätswerten der Tannenpopulationen aus Ost- und Nordostbayern (z. B. Konnert 1993; Konnert und Hussendörfer 2004). Über den westlichen Rückwanderungsweg („Schweizer Jura-Weg“) kam die Tanne in die Vogesen und den Schwarzwald. Im Schwäbisch-Fränkischen Wald und den angrenzenden Regionen Mittelfrankens dürften sich die Ausläufer westlicher („Schweizer Jura-Weg“) und östlicher („Ostalpen-Weg“) Rückwanderungswege getroffen und eine „Introgressionszone“ gebildet haben. Die Refugien in den Pyrenäen, in Süditalien (Kalabrien) und auf dem Balkan spielten für die Tanne in Süddeutschland keine Rolle.

Herkunft	AP-A1	AP-A3	6PGDH-B3	GOT-B3	MNR-B1	MNR-B2	PGM-B1
Pyrenäen	0	1	1	1	0	0	0
Kalabrien	0	1	1	0	0	1	1
Mittelitalien	0	1	0	1	1	0	0
Massif central	0	1	0	1	1	0	0
Französischer Jura	0	1	0	1	1	0	0
Vogesen	0	1	0	1	1	0	0
Schwarzwald	0	1	0	1	1	0	0
Südbayern	0	1	0	1	1	0	0
Thüringen	0	1	0	1	0	0	0
Böhmerwald	0	1	0	1	0	0	0
Zentralböhmen	0	1	0	0	0	0	0
Südost-Österreich	1	1	1	0	0	0	0
Sudeten	0	1	1	1	0	0	0
Mähren	0	1	1	1	0	0	0
Slowakische Karpaten	1	1	1	0	0	0	0
Beskiden	0	0	1	1	0	0	1
Rumänische Karpaten	1	0	1	0	0	1	1
Serbien	1	0	1	0	0	1	1
Mazedonien	1	0	1	0	0	1	1
Bulgarien	1	0	1	0	0	1	1

Tabelle 1: Unterschiedliche Genvarianten in Tannenpopulationen aus verschiedenen Regionen, 1 = Variante ist enthalten; 0 = Variante ist nicht enthalten (nach Konnert und Bergmann 1995)

Die Weißtanne – aus genetischer Sicht eine „besondere“ Baumart

Für die Weißtanne liegen zahlreiche Analysen zur genetischen Variation und Differenzierung im gesamten europäischen Verbreitungsgebiet vor (z. B. Bergmann et al. 1990; Breitenbach-Dorfer et al. 1992; Konnert 1993, 1996; Longauer 1992; Bergmann und Konnert 1995; Hussendörfer 1997; Konnert und Hussendörfer 2004). Sie zeigten, dass die Tanne im Vergleich zu anderen Baumarten einige „genetische Besonderheiten“ aufweist:

- Sie hat arealspezifische Genvarianten, das heißt, einzelne Genvarianten sind nur in bestimmten Regionen zu finden (Tabelle 1). Oft hängen diese Varianten mit den früheren Refugialgebieten zusammen. Solche Genvarianten sind für die Herkunftskontrolle wichtig. Aus ihrer An- bzw. Abwesenheit kann man Rückschlüsse auf die Herkunft des Vermehrungsgutes ziehen.
- Es gibt geographische Kline in den Häufigkeiten der Erbanlagen an mehreren Genorten, das heißt, die Häufigkeiten bestimmter Genvarianten nehmen mit der geographischen Länge und/oder Breite zu.

- Als Folge sind auch bei der genetischen Diversität der Populationen regionale Unterschiede zu beobachten. Beispielsweise nimmt innerhalb Süddeutschlands die genetische Diversität von West nach Ost und von Süd nach Nord ab.

Auch die Tannenpopulationen auf dem Gebiet Bayerns zeigen diese Eigenheiten. Die Häufigkeiten bestimmter Genvarianten wie IDH-B3 und LAP-A2 nehmen in West-Ost Richtung und in Süd-Nord Richtung ab. Die genetische Diversität und Heterozygotie (Grad der Gemischterbigkeit) sind in Südwestbayern viel höher als in den anderen Regionen. Die geringste Diversität haben die Tannenpopulationen in Nordostbayern (Frankenwald, Fichtelgebirge; Abbildung 1). Die mittleren genetischen Abstände zwischen bayerischen Tannenpopulationen liegen zwischen circa zwei und 20 Prozent. An einzelnen Genorten wurden aber auch Werte von bis zu 40 Prozent ermittelt. Abstandswerte über fünf Prozent, ermittelt mit Isoenzymmarkern, gelten als hoch und sind ein Indiz für ausgeprägte genetische Unterschiede zwischen den Populationen. Die Gesamtdifferenzierung

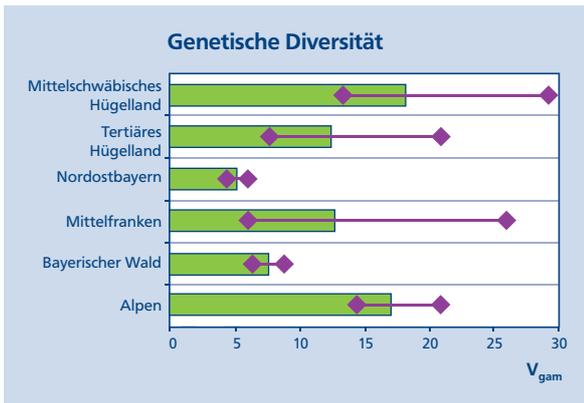


Abbildung 1: Genetische Diversität in Weißtannenpopulationen aus verschiedenen Regionen Bayerns (mittlere regionale Werte als Balken, Extremwerte sind mit Linien verbunden) (V_{gam} = genetische Diversität)

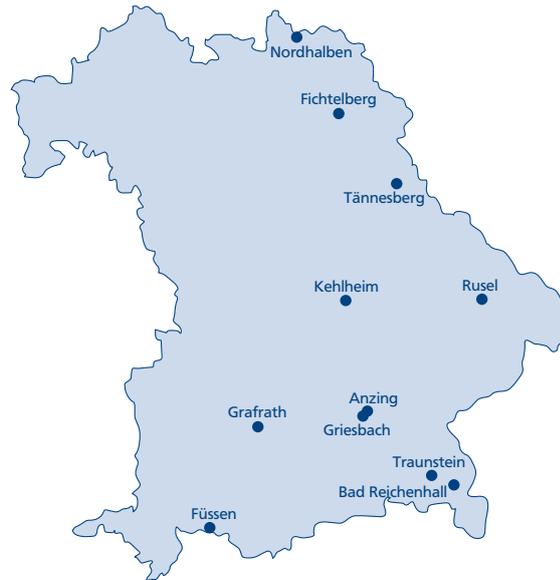


Abbildung 2: Lage der bayerischen Versuchsflächen im süddeutschen Tannen-Provenienzversuch

der Tannenpopulationen in Bayern liegt bei circa sechs Prozent, ein hoher Wert, der die genetische Heterogenität der Populationen bestätigt. Die genetische Differenzierung der Buchenpopulationen in Bayern liegt bei etwa zwei Prozent (Konnert 1995).

In den Hauptverbreitungsgebieten der Tanne – Alpen und Ostbayerische Mittelgebirge – ist die Differenzierung deutlich geringer als in den Gebieten mit sehr fragmentierten und in ihrem Umfang stark reduzierten Vorkommen wie in Mittelfranken und im Tertiären Hügelland. Hier veränderte menschliches Handeln das ursprüngliche genetische Muster wesentlich, ein klarer Zusammenhang zwischen geographischer Nähe und genetischer Ähnlichkeit ist nicht mehr zu erkennen. Die Diversität und der Grad der Gemischterbigkeit sind bei manchen Populationen mittel bis hoch, bei anderen nur gering. Die Unterschiede sind von Bestand zu Bestand beträchtlich.

Ergebnisse aus Provenienzversuchen – Folgerungen für den Anbau in Bayern

Provenienz- oder Herkunftsversuche sind ein wichtiges Instrument, um die phänotypische Reaktion von Provenienzen auf unterschiedliche Umweltbedingungen zu prüfen. Die phänotypische Antwort einer Herkunft auf verschiedenen Testflächen mit unterschiedlichen Bedingungen kann als simulierte Antwort auf sich ändernde Bedingungen angesehen werden. Gleichzeitig zeigen solche Versuche, wie groß die Anpassungsspanne (Plastizität) von Herkünften sein kann (Matyas und Nagy 2004; Matyas et al. 2010).

Als Mitte der 1970er Jahre an der einheimischen Weißtanne verstärkt Schäden auftraten, begannen Bayern und Baden-Württemberg einen gemeinsamen Versuch, um herauszufinden, wie Herkünfte aus Gebieten mit geringen Waldschäden bei uns wachsen und ob sie eine Anbaualternative für die heimischen Herkünfte darstellten. In den Jahren 1986 bis 1989 wurden 16 Versuchsflächen angelegt, davon elf in Bayern (Abbildung 2). Ausgewählt wurden Standorte, auf denen die Weißtanne auch natürlich vorkommt. Neben 42 süddeutschen Provenienzen umfasst der Versuch 17 europäische Herkünfte aus dem gesamten Verbreitungsgebiet dieser Baumart (Wolf et al. 1994).

Die Pflanzen entwickelten sich auf den Flächen sehr unterschiedlich. Im nordöstlichen kontinentalen Klima in Bayern (Nordhalben, Tannesberg) und auf der höchstgelegenen Fläche in den Kalkalpen bei Füssen wuchsen sie am schwächsten, die Ausfälle waren vergleichsweise hoch. Demgegenüber gediehen die Pflanzen sehr gut auf der Fläche Tiengen im Südschwarzwald und auf den beiden Flächen im Flysch-Moränengebiet Bad Reichenhall und Traunstein. Flächen mit Frostgefährdung und nach Süden geneigte Hangflächen zeigten deutlich höhere Ausfälle als nach Norden oder Nordwesten geneigte Hänge, von denen Kaltluft problemlos abfließen kann (Ruetz et al. 1998). Die höchste Wuchsleistung auf allen bayerischen Flächen bei gleichzeitig geringen Ausfällen (unter 15 Prozent) zeigen Herkünfte aus Rumänien und der östlichen Slowakei (Abbildung 3).

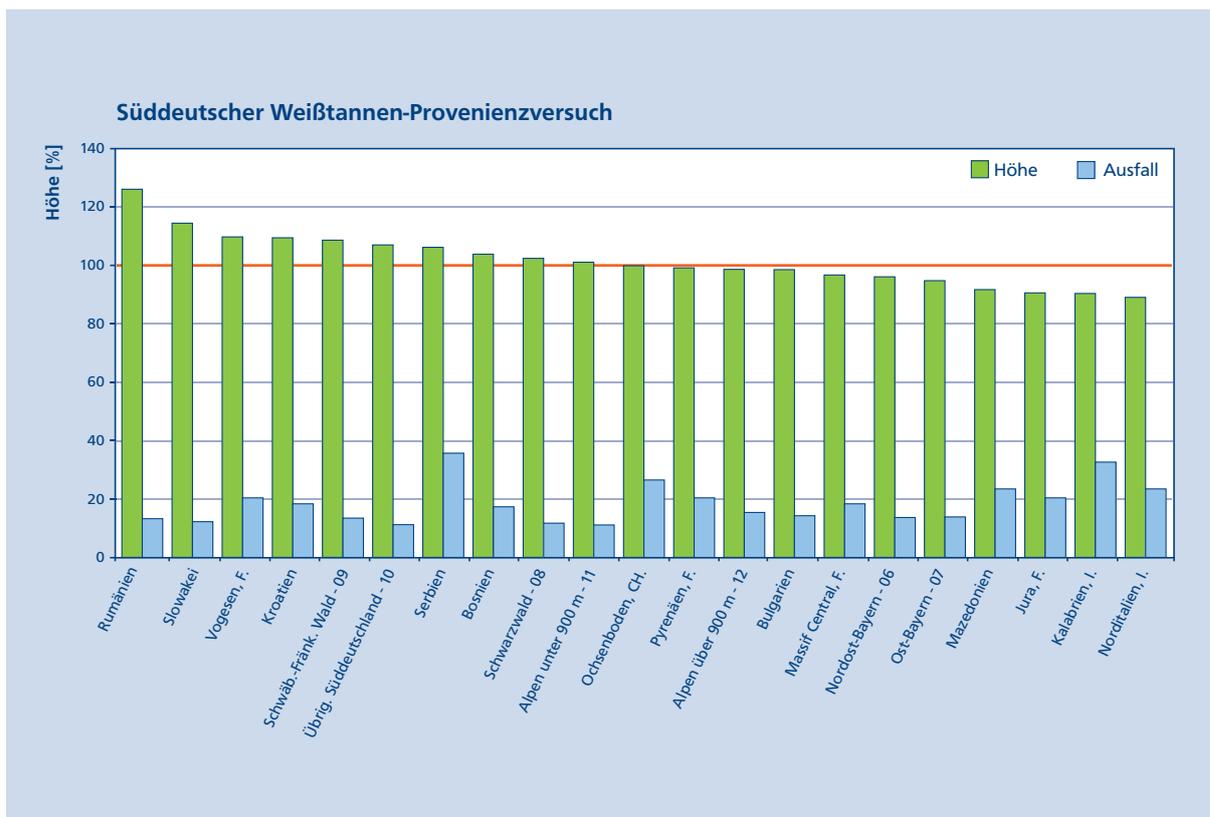


Abbildung 3: Ergebnisse des süddeutschen Weißtannen-Provenienzversuches über alle Flächen; angegeben sind das Ausfallprozent und die Höhe im Alter 20.

Ähnlich gut wachsen diese Herkünfte auch auf Flächen in Norddeutschland (Svolba 1994), der Schweiz (Comarmot 1984) und der ehemaligen Tschechoslowakei (Paule und Hynek 1994). Sie entstammen einem Refugium im östlichen Balkan (möglicherweise in den Südkarpaten oder in der Dobrudscha) und unterscheiden sich genetisch deutlich von den mitteleuropäischen Herkünften (Konnert und Bergmann 1995). Mit Genmarkern wurde eine hohe genetische Vielfalt nachgewiesen, die Herkunftsversuche belegen ihre hohe Plastizität. Die als Standard in die Versuche eingebrachte Alpenherkunft Siegsdorf erreicht in allen süddeutschen Versuchen guten Durchschnitt. Noch zufriedenstellende Wuchsleistungen zeigten Herkünfte aus den Vogesen, dem Schwarzwald, dem Schwäbisch-Fränkischen Wald und den Bayerischen Alpen.

Demgegenüber lagen die Herkünfte aus dem westlichen Frankreich, die italienischen Herkünfte einschließlich Kalabrien, die Herkünfte aus den ostbayerischen Mittelgebirgen und eine Herkunft aus Mazedonien in der Wuchsleistung unter dem Durchschnitt. Bei Herkünften aus Serbien und Kalabrien waren die Ausfälle vor allem auf Grund von Frostschä-

den hoch. Die Ausfälle der Kalabrischen Herkunft stiegen von 32 Prozent im Alter von elf Jahren auf 47 Prozent im Alter von 20 Jahren (Ruetz und Stimm 1994). Die Ergebnisse dieses Versuches werden bei den Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut in Bayern berücksichtigt. Für den ostbayerischen Raum wurden Herkünfte aus der Ostslowakei bereits als Ersatzherkünfte zugelassen. Zurzeit wird auch eine Zulassung von Herkünften aus Rumänien geprüft. Voraussetzung dafür sind herkunftsgesicherte Ernten.

Provenienzen aus warmen und trockenen Regionen – eine Alternative im Klimawandel?

Im Klimawandel kommt es nicht nur auf die Wahl der richtigen Baumart an, sondern auch auf die Wahl der richtigen Herkunft (Konnert 2007). Die Tanne wird für weite Regionen Bayerns empfohlen (Kölling et al., in diesem Band). Allerdings ist bei dieser genetisch stark differenzierten und in einigen Regionen auch genetisch verarmten Baumart der Herkunftsfrage besonderes Augenmerk zu schenken. In diesem Zusammenhang sind Herkünfte aus wärmeren und trockeneren Regionen besonders interessant. Auf der Südseite der

Schweizer Alpen und in Südtirol existieren Weißtannen-Ökotypen, die auf der Alpen-Nordseite nicht vorkommen. Dazu gehören die Trockentannen im Wallis und im Vinschgau. Wie Hussendörfer (1997) zeigte, sind dies entwicklungsgeschichtliche Grenzvorkommen am Rande des trocken-subkontinentalen Alpeninneren. Sie konnten sich bis heute an Sonderstandorten (meist Schattseiten) reliktsch erhalten und zeichnen sich durch eine sehr hohe genetische Diversität aus.

In dem vorhin beschriebenen Herkunftsversuch ist auf den Flächen Bad Reichenhall und Nordhalben auch die Herkunft Ochsenboden aus dem Wallis vertreten. Auf der Bad Reichenhaller Fläche erreichte sie in der Wuchsleistung mittleres Niveau. In Nordhalben war ihre Wuchsleistung schwächer. Sie belegte dort nur Rang 21 von 26 Herkünften, war aber der einheimischen ostbayerischen Herkunft Zwiesel (Rang 26) noch immer überlegen. Ein Anbauversuch in Fichtelberg mit der Walliser Trockentanne (Abbildung 4) und der einheimischen Herkunft Rehau führte zum gleichen Ergebnis. Im Alter 20 war die Walliser Tanne der lokalen Herkunft in der Wüchsigkeit und Vitalität deutlich überlegen.

In einem weiteren Anbauversuch im Osinger Wald bei Laufen (Oberbayern) wächst die Walliser Trockentanne genauso gut wie die Alpenherkunft Siegsdorf. Sie kommt demnach mit den derzeit bei uns herrschenden Standorts- und Klimabedingungen gut zurecht. Da sie außerdem in ihrem Ursprungsgebiet an Wärme und Trockenheit gut angepasst ist, könnte sie bei der zu erwartenden Klimaerwärmung auch für Teile Bayerns interessant werden. In Kürze legt das Bayerische Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) weitere Anbauversuche in Unterfranken mit der Walliser Tanne sowie mit Tannen aus dem Vinschgau an, um zu sehen, ob sich die Trockentannen auch für diese Region eignen.

Demgegenüber begrenzt die fehlende Frostresistenz der kalabrischen Tanne den Anbau. Obwohl einige Bäume auf den Flächen des Provenienzversuches eine gute Wuchsleistung gezeigt haben, sind die Ausfälle auf Grund von Frost ein Ausschlusskriterium für den Anbau dieser Herkunft in Bayern und im Alpenraum. Auch wenn sich das Klima langsam erwärmt, ist weiterhin mit einzelnen Frostereignissen zu rechnen.

Der Transfer der heimischen Herkünfte in wärmere und trockenere Gebiete kann die erwartete Klimaänderung quasi »vorwegnehmen« und erlaubt, zu erforschen, ob sich Herkünfte aus Bayern an die neuen Bedingungen anpassen können oder nicht. Zurzeit wird dies im Rahmen des Versuchsanbaus bayerischer und bulgarischer Tannenherkünfte (Abbildung 5) in Bulgarien geprüft. Ein Parallelversuch in Bayern dient als Vergleichsstandard.

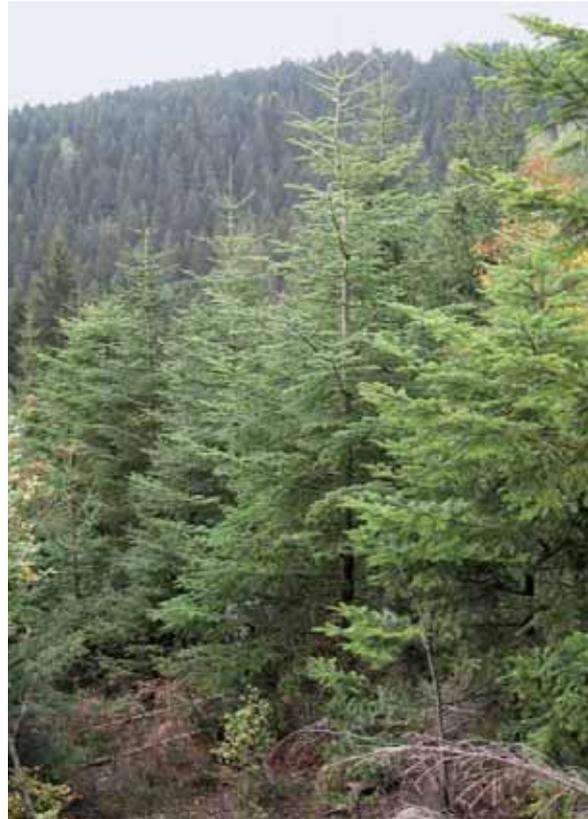


Abbildung 4: Walliser Trockentannen auf der Versuchsfäche in Fichtelberg (Foto: ASP)



Abbildung 5: Samenplantage der Weißtanne in Solnik/Bulgarien; Nachkommen dieser Plantage sind auch in dem Transferversuch Bayern-Bulgarien enthalten. (Foto: G. Huber)

Unabhängig von der Herkunftsfrage muss in Anbetracht des Klimawandels der genetischen Diversität große Aufmerksamkeit geschenkt werden. Nur genetisch variable Populationen können langfristig auf sich ändernde Bedingungen reagieren. Daher sollte in Gebieten wie z. B. im Frankenwald, Fichtelgebirge, teilweise auch in Mittel- und Unterfranken, in denen die geneti-

sche Diversität der Tannenpopulationen stark eingengt ist, nicht nur auf die lokale Herkunft gesetzt, sondern Vermehrungsgut aus anderen Regionen eingebracht werden, um die genetische Vielfalt anzureichern. Dem tragen die Empfehlung von Tannenherkünften aus der Slowakei für Bayern bereits Rechnung.

Auch ist eine Naturverjüngung aus einzelnen oder wenigen Tannen nicht ratsam, selbst wenn die Verjüngung in den ersten Jahren sehr vital und wüchsig erscheint. Auf lange Sicht könnte sich dies negativ auswirken, weil die Anpassungsfähigkeit auf Grund fehlender genetischer Variabilität nicht in ausreichendem Maße gegeben ist.

Küstentanne (*Abies grandis*)

Die Küstentanne kommt natürlich im Nordwesten der USA und im südlichen British Columbia vor (siehe Abbildung S. 17 und Abbildung 6). Vom 51. bis zum 39. nördlichen Breitengrad wächst sie in zwei voneinander getrennten Teilgebieten. Ein Gebiet erstreckt sich entlang der Pazifikküste, ein weiteres im Inland östlich des Kaskadenkammes.

Innerhalb dieses standörtlich und klimatisch sehr heterogenen Gebietes haben sich unterschiedliche Provenienzen ausgebildet. Neben dem Standort beeinflusst die Wahl der geeigneten Herkunft ihre Leistungsfähigkeit maßgeblich. Dies zeigten Herkunftsversuche deutlich (z. B. Kulef und Socha 2005; Liesebach et al. 2008; Rau et al. 1991, 1998). In Bayern wurden 1980/1981 vier Versuchsflächen im Rahmen eines westdeutschen IUFRO-Versuchs (insgesamt 27 Versuchsstandorte mit 65 Herkünften) angelegt. Sie liegen in den Regionen Selb, Kronach, Zwiesel und Hammelburg (Tabelle 2). Wegen hoher Ausfälle auf Grund von Hallimasch in der Anwuchsphase wurde die Fläche Hammelburg nicht in die Auswertung des IUFRO-Versuchs einbezogen. Hallimaschbefall war auch auf Versuchsflächen in Öster-



Abbildung 6: Küstentanne und Douglasie im Bestand Suiattle River flats bei Darrington (Foto: M. Konnert)

reich zu beobachten (Liesebach et al. 2008). Zusätzliche Anbauten wurden im gleichen Zeitraum bei Freyung angelegt.

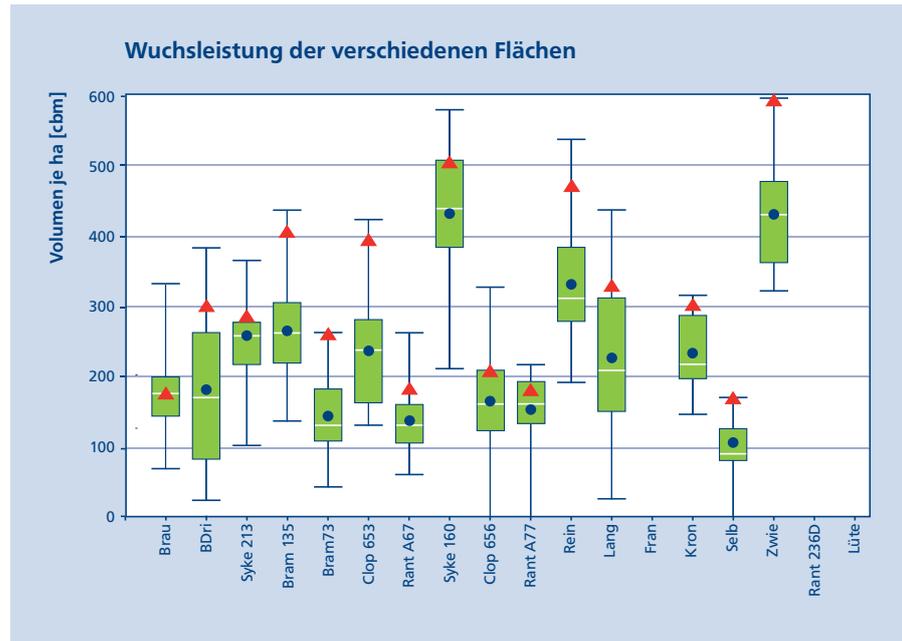
Bewertung der Herkünfte

Auf allen Versuchsflächen charakterisieren Geradschäftigkeit und sehr geringe Zwieselanteile die Küstentannen. Von allen Versuchsstandorten in westdeutschen Mittelgebirgslagen zeigte sich die Küstentanne auf der Fläche bei Zwiesel hinsichtlich Überlebensrate sowie Durchmesser- und Höhenzuwachs überdurchschnittlich gut. Die Versuchsentwicklung in Kronach lag im

Forstbetrieb	Waldort/Ort	Anlagejahr	Fläche [ha]	Höhenlage [m ü. NN]	Anzahl Herkünfte
NPV Bayerischer Wald (früher Forstamt Zwiesel)	Böhmweg/ Buchenau	1980	0,7	800	11
Rothenkirchen (früher Forstamt Kronach)	Kraußenhänge/ Wallenfels	1980	0,6	480	11
Selb	Brandfleck/ Thierstein	1980	0,4	560	9 (12)
Hammelburg (früher Forstamt Gemünden)	Krumbacher Wald/ Langenprozelten	1981	0,3	290	16

Tabelle 2: Übersicht der wichtigsten Provenienzversuche mit Küstentanne in Bayern

Abbildung 7: Wuchsleistung der Küstentanne auf Versuchsflächen in Deutschland; Flächen in Bayern: Kron = Kronach, Selb = Selb, Zwie = Zwiesel (nach Rau et al. 2008)



Mittelfeld, die Pflanzen bei Selb entwickelten sich hinsichtlich der genannten Parameter deutlich schlechter (Abbildung 7).

Die leistungsfähigsten Herkünfte kommen aus West-Washington und Vancouver Island (Rau et al. 2008). Für den Anbau in Bayern besonders gut eignet sich die Herkunft Indian Creek – Elwha River (Olympic Halbinsel, Washington Samenzone 221). Sie zeigte auf allen vier bayerischen Versuchsstandorten die beste Wuchsleistung. Das ASP hat daher 1995 mit Saatgut dieser Herkunft einen Saatgutreservebestand bei Glashütten (Forstbetrieb Pegnitz) angelegt. Die Herkunft Buck Creek (Darrington, Washington) erbrachte in den nord-bayerischen Mittelgebirgslagen um 500 Meter ü. NN sehr gute Leistungen. In höheren Lagen (Bayerischer Wald, 800 Meter ü. NN) lag sie nur im Mittelfeld. Abzuraten ist von Herkünften aus der Küstenregion von Süd-Oregon und von Inlandsherkünften. Sie überzeugen hinsichtlich Wuchsleistung und Qualität nicht. Mittels Isoenzymanalysen kann zwischen nördlichen Küstenherkünften (Washington/British Columbia) und Küstenherkünften aus Oregon unterschieden werden (Konnert und Ruetz 1997).

Literatur

- Bergmann, F.; Gregorius, H.-R.; Larsen, J.B. (1990): *Levels of genetic variation in European silver fir (Abies alba). Are they related to the species decline?* Genetica 82, S. 1–10
- Bergmann, F.; Konnert, M. (1995): *The geographical distribution of genetic variation of silver fir (Abies alba, Pinaceae) in relation to its migration history.* Pl. Syst. Evol. 196, S. 19–30
- Breitenbach-Dorfer, M.; Pinsker, W.; Hacker, R.; Müller, F. (1992): *Clone identification and clinal allozyme variation in populations of Abies alba (Mill.) from the Eastern Alps (Austria).* Pl. Syst. Evol. 181, S. 109–120
- Commarmot, B. (1994): *Internationaler Weißtannen-Herkunftsversuch: Entwicklung der Herkünfte bis zum Alter 12 auf der Versuchsfläche Bourrignon im Schweizer Jura.* In: Eder, W. (Hrsg): *Ergebnisse des 7. IUFRO-Tannensymposiums „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“*, Mainz, S. 59–68
- Hussendörfer, E. (1997): *Untersuchungen über die genetische Variation der Weißtanne (Abies alba Mill.) unter dem Aspekt der in situ Erhaltung genetischer Ressourcen in der Schweiz.* Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen 83, 151 S.
- Konnert, M. (1993): *Untersuchungen über die genetische Variation der Weißtanne (Abies alba Mill.) in Bayern.* Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 164, S. 162–169
- Konnert, M. (1995): *Investigations on the Genetic Variation of Beech (Fagus sylvatica L.) in Bavaria.* Silvae Genetica 44, S. 346–351
- Konnert, M. (1996): *Genetische Variation der Weißtanne (Abies alba Mill.) in Bayern.* Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Thüringen 11, S. 71–81

- Konnert, M.; Ruetz, W. F. (1997): *Genetic Variation among provenances of Abies grandis from the Pacific Northwest*. Forest Genetics (Arbora Publishers) 4, S. 77–84
- Konnert, M.; Hussendörfer, E. (2004): *Genetische Variation der Weißtanne in Bayern*. LWF Wissen 45, S. 30–32
- Konnert, M. (2007): *Bedeutung der Herkunft beim Klimawandel*. LWF aktuell 60, S. 38–39
- Kulef, M.; Socha, J. (2005): *Productivity of selected provenances of Grand fir in the provenance experiment in the Krynica experimental forest*. Electronic journal of Polish Agricultural University 8, 10 S.
- Liepelt, S.; Cheddadi, R.; de Beaulieu, J.-L.; Fady, B.; Gömöry, D.; Hussendörfer, E.; Konnert, M.; Litt, T.; Longauer, R.; Terhürne-Berson, R.; Ziegenhagen, B. (2008): *Postglacial range expansion and its genetic imprints in Abies alba (Mill.) – A synthesis from palaeobotanic and genetic data*. Review of Palaeobotany and Palynology 153, S. 139–149
- Liesebach, M.; Schüler, S.; Weissenbacher, L. (2008): *Herkunftsversuche der Küstentanne (Abies grandis (D. Don) Lindl.) in Österreich – Eignung, Wuchsleistung und Variation*. Austrian Journal of Forest Science 3, S. 183–200
- Matyas, C.; Nagy, L. (2004): *Genetic potential of plastic response to climate change*. Tagungsbericht zur 11. Arbeitstagung des FORUMS Genetik – Wald – Forstwirtschaft vom 20. – 22. September 2004, Teisendorf, S. 55–69
- Matyas, C.; Nagy, L.; Uivary, J. E. (2010): *Genetic background of response of trees to aridification at the xeric forest limit and consequences for bioclimatic modelling*. Forstarchiv 81, Heft 4, S. 130–141
- Mayer, H. (1984): *Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage*. 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- Paule, L.; Hynek, V. (1994): *Die geographische Variation der Weißtanne (Abies alba Mill.) in Osteuropa auf Grund tschechoslowakischer Herkunftsversuche*. In: Wolf, H. (Hrsg.) (1994): *Weißtannenherkünfte – Neue Resultate zur Provenienzforschung bei Abies alba Mill.* Contributions Biologiae Arborum, Band 5, ecomed Verlag, Landsberg/Lech, S. 141–150
- Rau, H. M.; Weisgerber, H.; Kleinschmit, J.; Svolba, J.; Dimpfleier, R.; Ruetz, W. (1991): *Vorläufige Erfahrungen mit Küstentannen-Provenienzversuchen in Westdeutschland*. Forst und Holz 46, S. 245–249
- Rau, H. M.; Kleinschmit, J.; Ruetz, W.; König, A.; Svolba, J. (1998): *Provenienzversuche mit Küstentanne (Abies grandis Lindl.) in Westdeutschland*. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 169, S. 109–115
- Rau, H. M.; König, A.; Ruetz, W.; Rumpf, H.; Schönfelder, E. (2008): *Ergebnisse des westdeutschen IUFRO-Küstentannen-Provenienzversuches im Alter 27*. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 4, 62 S.
- Ruetz, W. F.; Stimm, B. (1994): *Der Süddeutsche Weißtannen-Provenienzversuch. IV. Entwicklung der Herkünfte der Aussaat 1982 auf den Versuchsflächen in Bayern bis zum Alter von 12 Jahren*. In: Eder, W. (Hrsg.): *Ergebnisse des 7. IUFRO-Weißtannensymposiums: „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“*, Mainz, S. 17–29
- Ruetz, W. F.; Franke, A.; Stimm, B. (1998): *Der Süddeutsche Weißtannen-Provenienzversuch (Abies alba Mill.), Jugendentwicklung auf den Versuchsflächen*. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 169, S. 116–126
- Svolba, J. (1994): *Weißtannenversuch (Abies alba Mill.) in Norddeutschland*. In: Eder, W. (Hrsg.): *Ergebnisse des 7. IUFRO-Weißtannensymposiums: „Ökologie und Waldbau der Weißtanne“*, Mainz, S. 17–29
- Wolf, H.; Ruetz, W.F.; Franke, A. (1994): *Der Süddeutsche Weißtannenprovenienzversuch: Ergebnisse der Baumschulphase und Anlage der Versuchsflächen*. In: Wolf, H. (Hrsg.) (1994): *Weißtannenherkünfte – Neue Resultate zur Provenienzforschung bei Abies alba Mill.* Contributions Biologiae Arborum, Band 5, ecomed Verlag, Landsberg/Lech, S. 107–130

Key words: Silver fir (*Abies alba*), Grand fir (*Abies grandis*), genetic variation, provenance trials, provenances under climate change

Summary: As a result of migration history after the last ice age *Abies alba* shows high genetic differentiation even at microgeographic scale. As an example, the genetic differentiation between *Abies alba* populations in Bavaria attains 6 % and is thereby three times higher than for beech populations. The great genetic differences are illustrated also by provenance trials. The best growing provenances were from the Carpathians (Romania, Slovakia) and also from Southwestern Germany. These provenances also had the lowest mortality. Provenances from Western and Southern Europe grew slowest and had high mortality due to frost damages. Under climate change the importance of the so called „dry fir“ will increase. Some of these dry ecotypes are actually tested in the field. At the same time the adaptive potential of Bavarian provenances is tested by transferring them to warmer regions.

For a successful cultivation of *Abies grandis* provenance choice is crucial. Provenances from West Washington and Vancouver Island, British Columbia performed best. In Bavaria the provenance Elwha River (Olympic Peninsula seed zone 221) grow best on every test site. In contrast coastal provenances from South Oregon and interior provenances are not suitable for Bavaria.