
Wachstum der Weißtanne in Südwestdeutschland: Entwicklung, Klima-Risiko und Verjüngung

Ulrich Kohnle, Chaofang Yue und Dominik Cullmann

Schlüsselwörter: Weißtanne, Waldwachstum, Klimawandel, Südwestdeutschland

Zusammenfassung: Die Analyse umweltbedingter Wachstumstrends seit der Mitte des 20. Jahrhunderts weist in Baden-Württemberg auf zum Teil markante Unterschiede zwischen Tanne und Fichte hin. Bei Tanne trat etwa von den 1960er bis in die 1980er Jahre eine auffällige Wachstumsdepression auf. Umgekehrt verlief der Trendanstieg in den 1980er Jahren bei Tanne deutlich steiler als bei Fichte. Bei beiden Baumarten setzte in der jüngeren Vergangenheit - noch deutlich vor dem ausgeprägten Trockenjahr 2003 - ein Rückgang im Wachstumstrend ein. Bei einer Klimaprojektion mit Horizont 2050 ergibt sich für das Klimarisiko der Fichte eine ausgesprochen ungünstige Einschätzung der Entwicklung. Auf der Grundlage dieser Projektion wird die Fichte in weiten Teilen Baden-Württembergs als führende Wirtschaftsbaumart abgelöst werden müssen. Innerhalb der natürlichen Tannen-Verbreitungsgebiete im Südwesten kommt dabei zumindest mittelfristig der Tanne eine gewisse Bedeutung als Alternative zu, da sich die Einschätzung ihres Klima-Risikos deutlich weniger einschneidend verändert als bei der Fichte. Um die Tanne in

geeigneten Bereichen als waldbauliche Alternative nutzen zu können, müssen die spezifischen Anforderungen einer tannengerechten Behandlung beachtet werden. Erfolgreiche Tannenwirtschaft in Baden-Württemberg basiert auf langfristigen Verjüngungsverfahren und der Bewirtschaftung in strukturreichen Bestandesformen (z. B. Plenter- oder Femelwälder). Zwingende Voraussetzung dafür sind regulierte Schalenwildbestände und Verjüngungsgänge mit (sehr) lang anhaltenden Überschirmungsphasen. Mit zunehmendem Tempo der Verjüngung verliert die Tanne in der Verjüngung ihren Höhenvorsprung insbesondere gegenüber der Fichte. Er ist jedoch erforderlich, um auch nach der Freistellung die Tanne in nennenswerten Anteilen auf Dauer im Herrschenden zu halten. Besonders problematisch sind dabei vor allem plötzliche Freistellungen gemischter Tannen-Fichten-Verjüngungen beispielsweise auf Grund von Sturmschäden. Ohne energische Maßnahmen der Mischwuchsregulierung zugunsten der Tanne ist hier im Regelfall davon auszugehen, dass die unter Freiflächenverhältnissen deutlich vorwüchsige Fichte die Tanne bereits bis zum Zeitpunkt der ersten Durchforstung aus dem Herrschenden verdrängt.



Abbildung 1: Junger Weißtannenzweig (Foto: G. Aas)

Anteil der Tanne in Baden-Württemberg

- < 5 % der Holzbodenfläche
- 5–15 % der Holzbodenfläche
- > 15 % der Holzbodenfläche

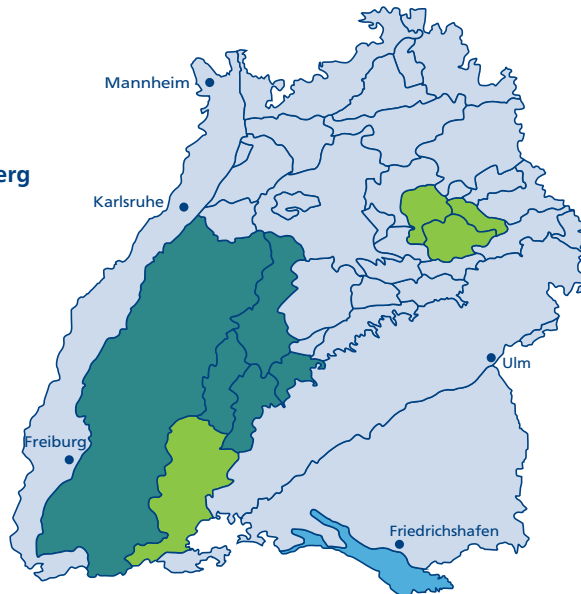


Abbildung 2: Anteil der Tanne an der Holzbodenfläche in den regionalen Einheiten Baden-Württembergs

Bedeutung der Tanne in Südwestdeutschland

Die Weißtanne (*Abies alba*; im folgenden „Tanne“) spielt in Südwestdeutschland (Baden-Württemberg) eine besondere Rolle. Sie stellt hier die wichtigste natürliche Nadelbaumart dar. Ihr Anteil lag im ursprünglichen Naturwald im landesweiten Durchschnitt nur wenig unter 20 Prozent (Moosmayer 1977). In den Tannengebieten, vor allem im Schwarzwald, waren die Anteile noch wesentlich höher und die Tanne war neben der Buche die regional dominierende Baumart.

Trotz bedeutender, historisch bedingter Flächenrückgänge blieb der Tanne in Südwestdeutschland bis heute eine Sonderstellung erhalten. Gemäß der zweiten Bundeswaldinventur konzentriert sich der Hauptanteil (über 60 Prozent) der deutschen Tannenvorkommen auf Baden-Württemberg. Der Abstand zum zweiten regionalen Schwerpunkt in Bayern (circa 30 Prozent der Tannenfläche in Deutschland) ist bereits erheblich; in den anderen Bundesländern kommen heute allenfalls marginale Tannenflächen vor. Die regional stark ungleichmäßige Verteilung der Baumart spiegelt sich naturgemäß auch in den Anteilen der Tanne in den Wäldern der einzelnen Bundesländer wider. Die Wälder Baden-Württembergs bestehen noch zu mehr als sieben Prozent aus Tanne, dagegen liegen die Tannenanteile in Bayern als dem zweiten natürlichen Verbreitungs-

schwerpunkt mit circa zwei Prozent der Waldfläche nur noch knapp über dem Bundesdurchschnitt. Auch innerhalb Baden-Württembergs ist das Tannenvorkommen regional konzentriert. Sein Schwerpunkt liegt eindeutig im Wuchsgebiet Schwarzwald (Abbildung 2), das bei einem mittleren Tannenanteil von knapp 18 Prozent nahezu zwei Drittel der Tannenfläche des Landes umfasst (63 Prozent).

Die besondere forstliche Bedeutung der Tanne in Südwestdeutschland beruht auch auf ihrer Leistungsfähigkeit. Mit einer nach der zweiten Bundeswaldinventur mittleren jährlichen Zuwachsleistung von circa 16 Vorratsfestmetern je Hektar liegt sie landesweit etwa auf dem Niveau der Fichte, zu der sie unter geeigneten Voraussetzungen eine auch ökonomisch interessante Alternative bilden kann. Bei vergleichbarer Gesamtwuchsleistung bedienen beide Holzarten dieselben Marktsegmente, da sich produzierte Dimensionen (Gerwig 1868; Hink 1973) und technische Eigenschaften des Holzes (Wagenführ 2000) ähneln. Außerdem ist die Tanne im Vergleich zur Fichte unter vergleichbaren Bedingungen Waldschutzrisiken gegenüber im Allgemeinen weniger anfällig. Dies gilt beispielsweise für Risiken auf Grund von Sturm (Albrecht et al. 2010; Schmidt et al. 2010), Borkenkäfern (Hierholzer 1954) oder Rindenverletzungen und Fäulen (Kohnle und Kändler 2007). Eine Ausnahme bildet allerdings die besondere Empfindlichkeit der Tanne gegenüber Wildverbiss. Sie erfordert

die effektive Regulierung von Wildbeständen als unerlässliche Grundvoraussetzung erfolgreicher Tannenwirtschaft (Kohnle und Klädtke 2010; Weidenbach und Kohnle 2010).

Nachdem sich vor dem Hintergrund aktueller Szenarien von Klima-Projektionen für den Fichtenanbau in Baden-Württemberg gravierende Folgen abzeichnen (Hanewinkel et al. 2010), erscheint es bei der Prüfung potentieller Alternativen sinnvoll, auch die Möglichkeiten und Beschränkungen der Tanne zu bewerten. Im Folgenden sollen daher für Tanne im Vergleich zur Fichte unter südwestdeutschen Verhältnissen Wachstumstrends und klimatisches Risiko dargestellt werden. Ergänzend folgen Hinweise zu den für eine tannengerechte Verjüngung entscheidenden waldbaulichen Voraussetzungen.

Wachstum

Gegenstand von Wachstumstrendanalysen sind Veränderungstrends im Wachstum, die auf Veränderungen wachstumsrelevanter Umweltfaktoren beruhen. Das messbare Wachstum ist allerdings eine integrative Summengröße, die das Zusammenwirken unterschiedlicher Faktoren abbildet. Dabei spielen neben externen Umwelteinflüssen (z. B. Witterung, Stoffeinträge) auch nicht-umweltbedingte Faktoren eine wesentliche Rolle wie beispielsweise das Alter oder die Standortleistungskraft. Um die für die Wachstumstrendanalyse relevante umweltbedingte Komponente extrahieren zu können, müssen zuvor die Wirkungen der nicht-umweltbedingten Wachstumsfaktoren auf das Zuwachssignal herausgefiltert werden. Wachstumstrendanalysen legen ihren Schwerpunkt vor allem auf mittel- bis längerfristige Entwicklungen. Es ist daher von besonderer Bedeutung, solche mittel- bis längerfristigen Trends bei der Filterung der Wirkung der nicht-umweltbedingten Wachstumsfaktoren nicht unabsichtlich mit herauszufiltern. Eben dieses Risiko besteht jedoch bei der Anwendung „klassischer“ dendrochronologischer Methoden, da deren Schwerpunkt vor allem auf der Identifizierung und Verstärkung kurzfristiger (jährlicher) Wachstumsschwankungen liegt. Deshalb wurden an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) geeignete Methoden mit entsprechendem Fokus auf den spezifischen Bedürfnissen von Wachstumstrendanalysen angepasst und entwickelt. Sie verwenden Daten aus Jahrringanalysen ausgewählter Probestämme bzw. aus periodischen Bestandesaufnahmen langfristiger wachstumskundlicher Versuchsflächen.

Durchmesser-Zuwachstrends herrschender Bäume

Häufig greifen retrospektive Wachstumsuntersuchungen auf Jahrringanalysen herrschender Bäume zurück. Zur Extraktion der umweltbedingten Komponente des darin enthaltenen Durchmesser-Zuwachssignals wurde ein Verfahren entwickelt, das erlaubt, im Rahmen eines multiplen Dekompositionsmodells (Yue et al. 2011) gezielt die Wirkung der verschiedenen nicht-umweltbedingten Faktoren zu berücksichtigen. Da zu diesen Faktoren auch die Bestandesdichte sowie die Wirkung von Durchforstungen gehört, werden nur Jahrringserien von aus langfristigen wachstumskundlichen Versuchsflächen stammenden Probestämmen verwendet. Bei diesen Beständen ist es auf Grund der periodisch wiederholten Bestandesaufnahmen (Turnus in der Regel fünf Jahre) möglich, die Bestandesentwicklung eindeutig zu quantifizieren.

Auf der Grundlage der verfügbaren Datenbasis wird ein Wachstumsmodell angepasst, das unter als konstant angenommenen Umweltbedingungen standardisierte Durchmesser-Zuwachserwartungswerte unter Berücksichtigung folgender nicht-umweltbedingter Wachstumsfaktoren ermöglicht: Baumart, Alter, Bonität, soziologische Stellung der Probestämme, Bestandesdichte und Durchforstungen. Diese modellierte Durchmesser-Zuwachserwartung liefert die Wachstumsreferenz. Die Division des tatsächlich gemessenen Zuwachses durch den modellierten Referenzzuwachs ergibt einen (dimensionslosen) Trendquotienten, der die extrahierte umweltbedingte Komponente im Durchmesser-Zuwachssignal der Probestämme repräsentiert. Die Trendquotienten der Zuwächse werden für das jeweilige Kalenderjahr gemittelt und die Entwicklung der Mittelwerte mit Hilfe einer *lowess*-Funktion (*locally weighted scatterplot smoothing*) geglättet. Der Ermittlung der im Folgenden dargestellten Durchmesser-Zuwachstrends herrschender Fichten und Tannen in Baden-Württemberg liegt eine *lowess*-Glättung mäßiger Steifheit (0,25) zugrunde.

Für Tanne liegen zwar ähnlich wie für Fichte Jahrringdaten bereits ab dem 19. Jahrhundert vor. Allerdings reichen die für die exakte Rekonstruktion der Bestandesverhältnisse erforderlichen periodischen Bestandesaufnahmen der Versuchsflächen, aus denen die Probestämme stammen, nur wenig weiter zurück als in die 1940er Jahre. Daher sind für Tanne qualifizierte Trendaussagen erst etwa ab den 1940er Jahren möglich. Beim Vergleich der Durchmesser-Zuwachstrends werden bemerkenswerte Unterschiede zwischen Fichte und Tanne deutlich (Abbildung 3):

- Die Tanne zeigte etwa ab den 1960er bis in die 1980er Jahre eine auffällige Wachstumsdepression, die sich in dieser Ausprägung bei Fichte nicht findet.
- Der Trendanstieg in den 1980er Jahren verlief bei Tanne deutlich steiler als bei Fichte.
- Bei beiden Baumarten ist in jüngster Vergangenheit ein Trendrückgang zu beobachten; er begann jedoch bei Fichte erkennbar früher als bei Tanne. Beiden Baumarten gemeinsam ist dabei allerdings, dass die Umkehr bereits deutlich vor dem ausgeprägten Trockenjahr 2003 einsetzte.

Grundflächen-Zuwachs ganzer Bestände

Jahrringserien haben sich zwar vor allem für dendrochronologische Analysen als Datenbasis bewährt. Die Datengewinnung ist jedoch recht aufwendig und die Frage bleibt offen, inwiefern die für die Jahrringanalysen ausgewählten herrschenden Bäume tatsächlich das Wachstum ganzer Bestände repräsentieren.

Um dieser Frage nachzugehen, wurde die Methodik der Wachstumstrendanalyse an der FVA so weiter entwickelt, dass die Daten aus den periodischen Wiederholungsaufnahmen der langfristigen waldwachstumskundlichen Versuchsflächen genutzt werden können. Dabei werden alle Bäume eines Versuchsbestandes gemessen. Insbesondere war es erforderlich, annualisierte Wachstumsschätzungen aus den mehrjährigen Messperioden unterschiedlicher Länge abzuleiten; grundlegende Prinzipien hierzu sind in Yue et al. (2008) näher ausgeführt. Auf der Basis dieser methodischen Weiterentwicklung war es möglich, die flächenbezogenen Grundflächen-Zuwachstrends ganzer Bestände zu analysieren, die als guter Indikator für die Trends des Volumenzuwachses gelten können. Die Ergebnisse zeigen bei Fichte und Tanne deutlich, dass sich die Zuwachstrends der Grundfläche ganzer Bestände und der Durchmesser herrschender Bäume im Prinzip entsprechen (Abbildung 4).

Insbesondere zeigte der Grundflächenzuwachs von Tannen-Beständen vergleichbar dem Durchmesserzuwachs herrschender Einzelbäume in den 1970/80er Jahren eine charakteristische Zuwachs-Depression. Seit Beginn der 1990er Jahre (Fichtenbestände) bzw. Mitte/Ende der 1990er Jahre (Tannenbestände) zeigten beide Baumarten wieder deutlich rückläufige Zuwachstrends. Allerdings scheinen die Niveauunterschiede bei den Grundflächen-Zuwachstrends ganzer Bestände insgesamt weniger stark ausgeprägt als bei herrschenden Einzelbäumen. Dies könnte auf zwei unterschiedlichen Ursachen beruhen. Zum einen dürften sich die mehrjährigen Aufnahmeperioden nivellierend auf Extremwerte auswirken und/oder zum anderen könnten im Bestandesverband Bäume unterschiedlicher soziologischer Stellungen unterschiedlich reagieren und ebenfalls nivellierend wirken.

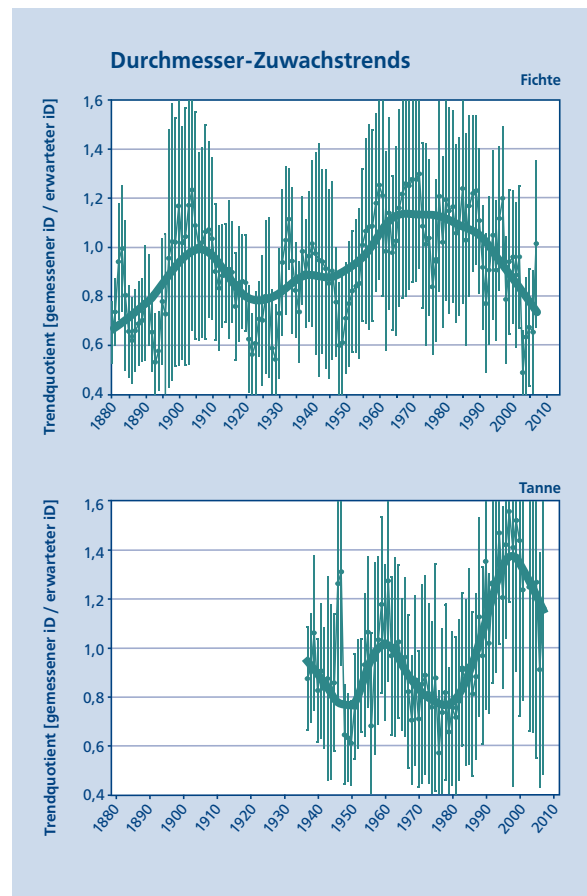


Abbildung 3: Umweltbedingte Durchmesser-Zuwachstrends herrschender Fichten (oben) oder Tannen (unten) in Baden-Württemberg; dargestellt sind Jahresmittelwerte, Standardabweichung und eine lowess-Glättungsfunktion (Steifheit 0,25); Datenquelle: Jahrringanalysen von Probestämmen auf langfristigen waldwachstumskundlichen Versuchsflächen

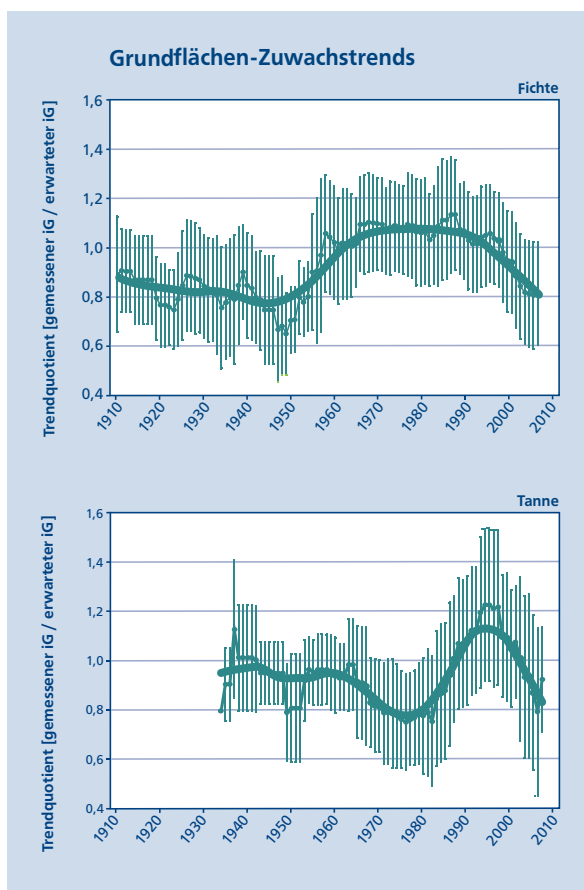
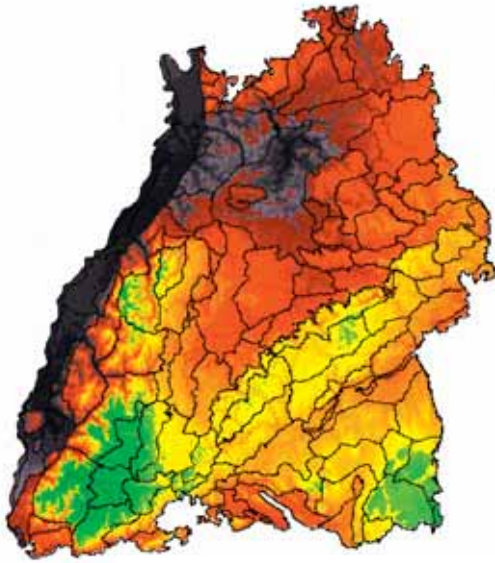


Abbildung 4: Umweltbedingte Grundflächen-Zuwachstrends ganzer Bestände aus Fichte (oben) oder Tanne (unten) in Baden-Württemberg; dargestellt sind Jahresmittelwerte, Standardabweichung und eine lowess-Glättungsfunktion (Steifheit 0,25); Datenquelle: periodische Wiederholungsaufnahmen langfristiger waldwachstumskundlicher Versuchsflächen.

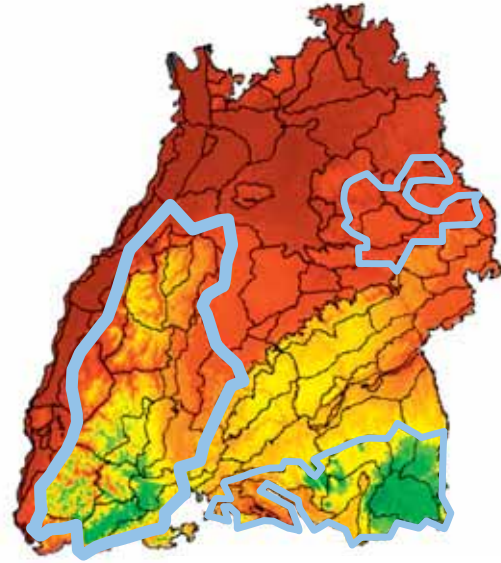
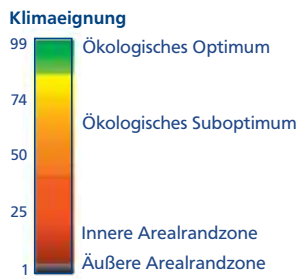
Klima-Risiko

Die FVA beschäftigt sich im Rahmen eines abteilungsübergreifenden Großprojektes intensiv mit der Frage der zukünftigen Eignung der Hauptbaumarten Südwestdeutschlands bei sich ändernden klimatischen Bedingungen. Ziel ist die qualifizierte Beurteilung des Klima-Risikos und der waldbaulichen Eignung der Baumarten. Das methodische Vorgehen besteht aus zwei getrennten Schritten (Hanewinkel et al. 2010). Als erster Schritt werden statistische Modelle zu klimatisch bestimmten Arealräumen entwickelt. Dabei wird das Klima-Risiko für Teilräume unterschiedlicher regional-klimatischer Angepasstheit modelliert (Klima-Risiko-Karten). Im zweiten Schritt wird die waldbauliche Eignungsbeurteilung der Baumarten aktualisiert. Dabei werden die für ein Szenario der Klimaveränderung modellierten Klima-Risiko-Karten in das bestehende standortkundliche Verfahren zur waldbaulichen Eignungsbeurteilung der Baumarten (Aldinger und Michiels 1997) einbezogen.

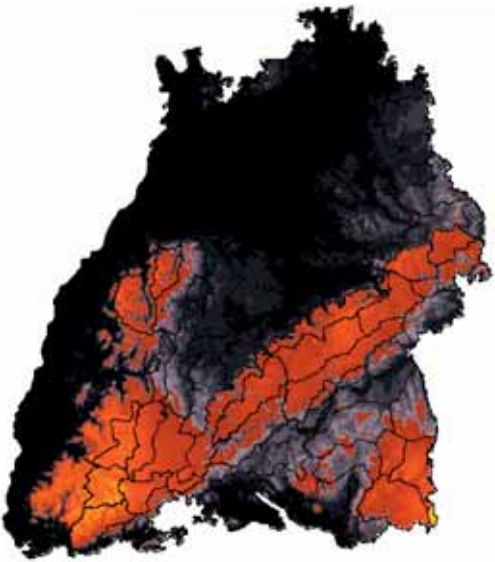
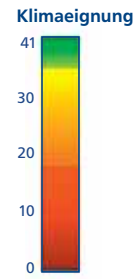
Für die Fichte sind bereits beide Schritte bis zur standortdifferenzierten Neueinschätzung der Baumarteneignung vollzogen (Hanewinkel et al. 2010). Für die Tanne liegt gegenwärtig erst das Ergebnis des ersten methodischen Arbeitsschrittes zur rein klimabezogenen Beurteilung des Risikos vor. Die folgenden Ausführungen für die Tanne beziehen sich daher ausschließlich auf die Zwischenergebnisse der Klima-Risiko-Karte des ersten Arbeitsschrittes und können nur orientierenden Charakter haben (v. Teuffel 2010). Bei der Annahme einer Klimaprojektion mit einem Zeithorizont bis zum Jahr 2050 zeigt sich, dass für die Fichte in weiten Teilen Südwestdeutschlands keine günstigen Verhältnisse mehr für einen flächigen Anbau bestehen könnten (Abbildung 5). Die auf der Basis der für aktuelle Klimaverhältnisse abgeleiteten Klima-Risiko-Karte für Fichte günstige Beurteilung des Anbaupotentials in Höhe von 55 Prozent dürfte bis Mitte des Jahrhunderts um 39 Prozentpunkte zurückgehen (Hanewinkel et al. 2010). Dies ist auch deshalb besonders bedenklich, weil die mit der Fichtenwirtschaft verbundenen erheblichen Sturmrisiken (Albrecht 2009; Albrecht et al. 2010; Schmidt et al. 2010) bei dieser Beurteilung noch gar nicht berücksichtigt sind.



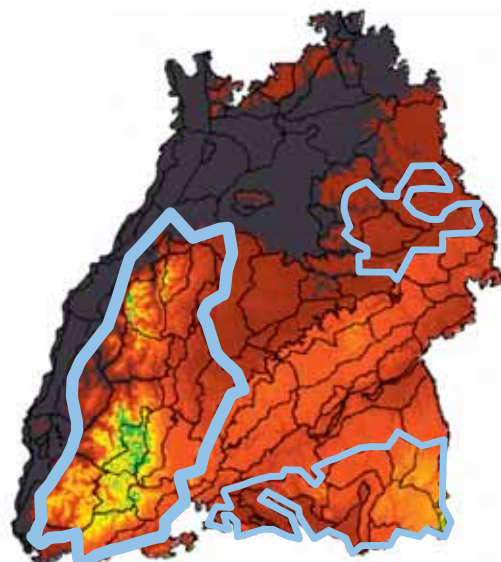
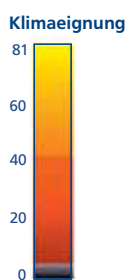
Fichte aktuelles Klima



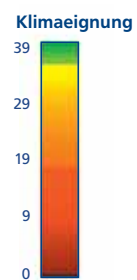
Tanne Klima 2000



Fichte Projektion 2050



Tanne Projektion 2050



Es wird also nötig sein, in größeren Bereichen des Landes leistungsfähige Alternativen zur Fichte zu finden. Als mögliche Alternative werden auch die Möglichkeiten der Tanne diskutiert. Die bisherigen Zwischenergebnisse erlauben bereits einige Rückschlüsse. Danach führt die statistische Beurteilung des Klima-Risikos auf der Grundlage europaweiter Verbreitungs- und Klimadaten auch bei der Tanne in Baden-Württemberg zu insgesamt plausiblen Ergebnissen. Bei der Abbildung lokal begrenzter Vorkommen stößt das Vorgehen jedoch an Grenzen. Beispielsweise wird das natürliche Tannenvorkommen im Schwäbisch-Fränkischen Wald nicht erfasst (Abbildung 4). Zur Verbesserung der Trennschärfe der Modellierung könnte es unter Umständen hilfreich sein, den derzeit verwendeten europaweiten Datensatz zum Tannenvorkommen (Hanewinkel et al. 2010) mit räumlich stärker aufgelösten Informationen beispielsweise aus Betriebsinventuren zu ergänzen.

Insgesamt wird auch deutlich, dass sich die Verhältnisse für Tanne weniger einschneidend verändern dürften als für Fichte. In einigen Gebieten Baden-Württembergs könnte die Tanne tatsächlich mittelfristig als klimatisch besser geeignete ertragsstarke Baumart die Fichte zumindest teilweise ersetzen. Diese vorläufige Einschätzung gilt in Südwestdeutschland allerdings nur für Gebiete innerhalb des natürlichen Tannen-Verbreitungsgebietes.

Tannengerechter Waldbau

Insgesamt bietet die Tanne als natürliche Hauptbaumart in gewissem Umfang also auch Potential im Klimawandel. Um dieses Potential effektiv nutzen zu können, ist jedoch ein tannengerechter Umgang mit dieser Baumart Voraussetzung. Dies gilt sowohl für die waldbaulichen Anforderungen hinsichtlich der Verjüngung als auch einer stabilitätsfördernden Bewirtschaftung in

langfristig strukturreichen Beständen ohne abrupte Strukturwechsel. Besondere Aufmerksamkeit erfordern die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Verjüngung. Prinzipiell kann sich die ausgeprägte Schattbaumart vor allem unter Schirm sehr gut gegen stärker lichtbedürftige Konkurrenten wie beispielsweise die Fichte durchsetzen. Erfolgreiche Tannenwirtschaft ist daher im Regelfall an (Natur-) Verjüngungsverfahren mit über Jahrzehnte anhaltenden Überschirmungsphasen gebunden. Neben Plenterwäldern bieten vor allem langfristige Femelwälder beste Voraussetzungen für die Tanne.

Der Einfluss der Dauer der Überschirmung (Hiebsgeschwindigkeit) auf die Entwicklung der Tannenverjüngung zeigt sich exemplarisch in einer systematischen FVA-Versuchsreihe zur langfristigen (Femel-)Verjüngung in hiebsreifen Tannen-Fichten-Mischbeständen. An fünf verschiedenen Orten wird auf insgesamt 19 Versuchsfeldern unter anderem die Entwicklung der Naturverjüngung bei unterschiedlich rascher Nutzung des Altbestandes beobachtet (Weise 1995): rasche (innerhalb von 20 Jahren), mittlere (innerhalb von 35 Jahren) und langsame Endnutzung (innerhalb von 50 Jahren). Zum Vergleich dienen geschlossene Vorratspflegefelder, in denen lediglich 50 Prozent des laufenden Zuwachses genutzt werden. Die Intervalle zwischen den Aufnahmen von Altbestand und Verjüngung sowie der Behandlung betragen im Regelfall fünf Jahre. Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Verjüngung über fünf Aufnahmen nach einer Versuchsdauer von 25 Jahren. Auf den Feldern mit raschem Verjüngungsgang ist die Verjüngung seit der vierten Aufnahme (nach 20 Jahren) vollständig vom Altbestandsschirm frei gestellt. Auf den Feldern mit mittlerer Verjüngungsgeschwindigkeit ist der Vorrat des Altbestandes zwischenzeitlich auf 30 Prozent des Ausgangsvorrates abgesenkt und bei langsamer Verjüngung auf 60 Prozent. Dargestellt in Abbildung 6 ist die Oberhöhe der Tannen im Vergleich zu den Fichten.

Abbildung 5: Klima-Risiko-Karten für Fichte [aus Hanewinkel et al. (2010)] und Tanne in Südwestdeutschland abgeleitet für das gegenwärtige Klima (oben) und eine Klimaprojektion für das Jahr 2050 (unten); bei Tanne umschließen die eingezeichneten Grenzlinien (hellblau) die natürlichen Verbreitungsgebiete der Baumart in Baden-Württemberg.

Deutlich zu erkennen ist, dass während der Überschirmung die Tanne erwartungsgemäß im Vergleich zur Fichte größere Höhenzuwächse leistet und in der relativen Höhe kontinuierlich zulegt (Abbildung 6). Bei raschem Verjüngungsgang (Nutzung des Altbestandes innerhalb von 20 Jahren) deutet sich in den Phasen mit stark aufgelockertem bzw. bereits abgedecktem Schirm (Aufnahmen 3 – 5) eine Stagnation der Höhenrelation zwischen Tanne und Fichte an. Auf den anderen Flächen baut die Tanne bei (noch) anhaltender Überschirmung ihren Höhenvorsprung weiter aus.

Zu betonen ist, dass sich die einer erfolgreichen Tannenwirtschaft zugrunde liegenden langfristigen Verjüngungszeiträume in (struktureichen) Beständen ausschließlich im Kontext angepasster Wildbestände verwirklichen lassen. Tatsächlich gilt im baden-württembergischen „Tannenland“ der Nachweis waldbaulich für Tanne tragbarer (geringer) Verbissintensitäten als Gradmesser und Nagelprobe für die jagdliche Ernsthaftigkeit bei der Umsetzung der Ziele des naturnahen Waldbaus (Kohnle und Klädtke 2010).

Rasche Hiebsgänge und insbesondere abrupte Freistellungen (z. B. Sturm) sind der Entwicklung von Tannen-Verjüngungen grundsätzlich abträglich. Zum einen leidet die Schattbaumart auf Freiflächen unter Problemen (z. B. Frost, Lausbefall). Zum anderen fällt sie in gemischten Verjüngungen im Wachstum vor allem gegenüber der unter Freiflächenverhältnissen vorwüchsigen Fichte zurück. Problematisch kann dies insbesondere nach Sturmschäden werden, wie sich am Beispiel von „Lothar“ klar gezeigt hat. Vom Sturm abgedeckte Naturverjüngungen enthielten zwar in erfreulich hohem Umfang nennenswerte Tannenanteile (Kohnle et al. 2005 a). In vielen gemischten Verjüngungen aus Fichte und Tanne zeichnete sich jedoch bereits bei einer Erhebung vier Jahre nach dem Sturm ab, dass die Tannen im Wachstum hinter den Fichten zurückzubleiben begannen. In 12 detailliert aufgenommenen gemischten Verjüngungen waren die Tannen unmittelbar vor dem Sturm im Mittel zwar geringfügig höher als die Fichten (116 Prozent der Oberhöhe der Fichte); vier Jahre später (2003) waren sie mit im Mittel 91 Prozent der Oberhöhe bereits leicht hinter die Fichte zurückgefallen (Kohnle et al. 2005 b).

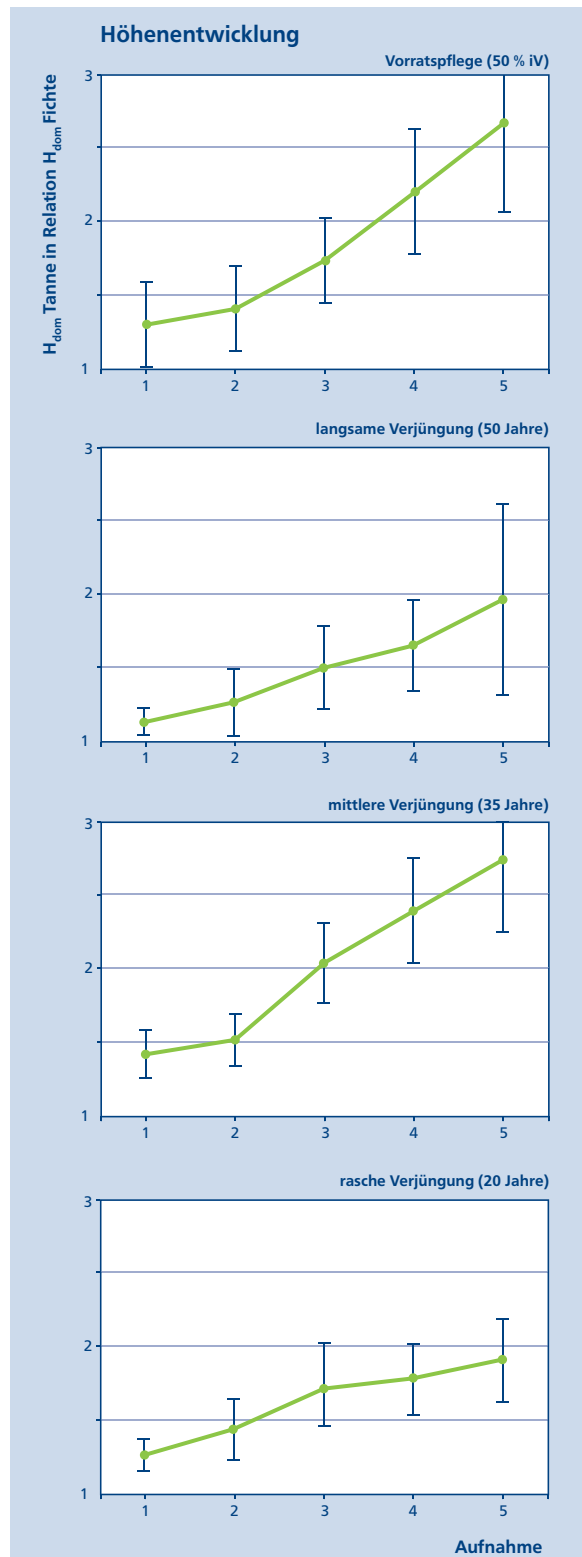


Abbildung 6: Höhenentwicklung von Tanne in Relation zu Fichte in der Naturverjüngung unterschiedlich rasch geführter Femelschläge; dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler der Oberhöhenrelation zwischen Tanne und Fichte in Jungwuchsaufnahmen bei fünfjährigen Aufnahmeintervallen (erste Aufnahme fünf Jahre nach dem ersten Femelhieb); Datenquelle: Femel-Versuchsserie Ta 221-225 der FVA (Weise 1995) mit insgesamt 19 Versuchsfeldern.

Um sich bis zur ersten Durchforstung im Herrschenden halten zu können, benötigen Tannen in unbehandelt wachsenden Mischverjüngungen im Regelfall bei Freistellung einen erheblichen Höhenvorsprung vor der Fichte. Dies zeigte sich bei einer anderen Arbeit in unbehandelten, gemischten Naturverjüngungen 14 Jahre nach Freistellung auf Grund von Sturm (Frühjahr 1990). Die im Winter 2003/04 noch im Herrschenden beteiligten Tannen hatten zum Zeitpunkt der Freistellung die Fichten um ein Mehrfaches an Höhe übertroffen (Abbildung 7). Innerhalb von nur 14 Jahren hatten die Fichten diesen deutlichen Wuchsvorsprung im Wesentlichen bereits eingeholt. Die mit großem Höhenvorsprung ausgestatteten Tannen waren allerdings noch nicht entscheidend überwachsen, sondern immer noch im Herrschenden beteiligt.

Diese Befunde unterstreichen die Erfahrung forstlicher Praktiker mit plötzlich freigestellten gemischten Verjüngungen aus Tanne und Fichte. Soll in solchen Situationen die Tanne als stabilisierendes Element in nennenswertem Umfang sicher bis zur Erstdurchforstung im Herrschenden erhalten bleiben, benötigt sie einen substantiellen Höhenvorsprung vor der Fichte. Trifft dies nicht zu, ist im Regelfall eine energische Mischwuchsregulierung zugunsten der Tanne erforderlich, um sie bis zum Beginn der Durchforstung im Herrschenden halten zu können.

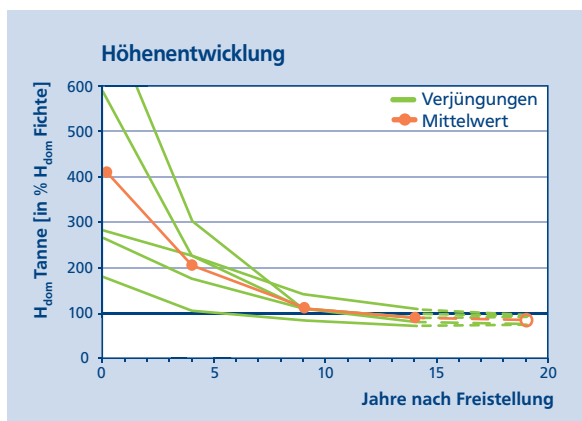


Abbildung 7: Entwicklung der relativen Höhe von Tanne im Verhältnis zu Fichte in gemischten Verjüngungen während 14 Jahren nach Freistellung auf Grund von Sturm; dargestellt ist die Entwicklung in fünf verschiedenen Verjüngungen (grüne Linien) und des Mittelwertes (orange Linie), sowie eine fünfjährige Trendfortschreibung bis zum Alter von 19 Jahren [(leicht verändert aus Kohnle et al. (2005 b)].

Literatur

Albrecht, A. (2009): *Sturmschadensanalysen langfristiger waldwachstumskundlicher Versuchsflächendaten in Baden-Württemberg*. FFF-Bände Nr. 42, 174

Albrecht, A.; Hanewinkel, M.; Bauhus, J.; Kohnle, U. (2010): *How does silviculture affect storm damage in forests of southwestern Germany? Results from empirical modeling based on long-term observations*. European Journal of Forest Research DOI: 10.1007/S10342-10-0432-X

Aldinger, E.; Michiels, H.-G. (1997): *Baumarteneignung in der forstlichen Standortskartierung Baden-Württembergs*. AFZ/Der Wald 52, S. 234–238

Gerwig, F. (1868): *Die Weißtanne (Abies pectinata. DC.) im Schwarzwald*. Verlag Julius Springer, Berlin

Hanewinkel, M.; Cullmann, D.; Michiels, H.-G. (2010): *Veränderte Bewertung infolge Klimawandel – Künftige Baumarteneignung für Fichte und Buche in Südwestdeutschland*. AFZ/Der Wald 65, S. 30–33

Hierholzer, O. (1954): *Die Massenvermehrung der krummzähligen Tannenborkenkäfer in Württemberg-Hohenzollern von 1947-1950*. In: Wellenstein, G. (Hrsg.): *Die große Borkenkäferkatastrophe in Südwestdeutschland 1944-1951*. Forstschutzstelle Südwest, Rینگingen

Hink, V. (1973): *Das Wachstum von Fichte und Tanne auf den wichtigsten Standortseinheiten des Einzelwuchsbezirks „Flächenschwarzwald“ (Südwestdeutschland-Hohenzollern)*. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 41, Selbstverlag, Stuttgart

Kohnle, U.; Dinkelaker, F.; v. Gilsa, H. (2005 a): *Sicherung waldbaulicher Qualitätsstandards in Baden-Württemberg – Ergebnisse zum Stand der Wiederbewaldung 2003*. AFZ/Der Wald 60, S. 561–565

Kohnle, U.; Kändler, G. (2007): *Is Silver fir (Abies alba) less vulnerable to extraction damage than Norway spruce (Picea abies)?* European Journal of Forest Research 126, S. 121–129

Kohnle, U.; Klädtke, J. (2010): *Drei Jahrzehnte naturnaher Waldbau in Baden-Württemberg*. AFZ/Der Wald 65, S. 22–25

Kohnle, U.; Struss, M.; Eisenmann, P. (2005 b): *Entwicklung von Naturverjüngungen aus Fichte und Tanne nach Sturm*. AFZ/Der Wald 60, S. 569–571

Moosmayer, U. (1977): *Zur regionalen waldbaulichen Planung in Baden-Württemberg*. AFZ/Der Wald 32, S. 504-509

Schmidt, M.; Hanewinkel, M.; Kändler, G.; Kublin, E.; Kohnle, U. (2010): *An inventory-based approach for modeling single tree storm damage – experiences with the winter storm 1999 in southwestern Germany*. Canadian Journal of Forest Research 40, S. 1.636–1.652

v. Teuffel, K. (2010): *Naturnaher Waldbau und Klimawandel*. AFZ/Der Wald 65, S. 33–36

Wagenführ, R. (2000): *Holzatlas*. Fachbuchverlag Leipzig

Weidenbach, P.; Kohnle, U. (2010): *Naturnahe Waldwirtschaft in Baden-Württemberg – ein Rückblick*. AFZ/Der Wald 65, S. 20–22

Weise, U. (1995): *Zuwachs- und Jungwuchsentwicklung in Versuchen zur natürlichen Verjüngung von Fichten-Tannen-(Buchen) Beständen in Baden-Württemberg – Ergebnisse nach zehnjähriger Laufzeit der Versuche*. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 25, Freiburg/Br.

Yue, C.; Kohnle, U.; Hanewinkel, M.; Klädtke, J. (2011): *Extracting environmentally driven growth trends from diameter increment series based on a multiplicative decomposition model*. Canadian Journal of Forest Research (in review)

Yue, C.; Kohnle, U.; Hein, S. (2008): *Combining tree- and stand-level growth models: a new approach to growth prediction*. Forest Science 54, S. 553–566

Key words: Silver Fir, forest growth, climate change, South-Western Germany

Summary: Growth trend analysis based on either year ring analysis of dominant trees or periodic measurements of whole stands (basal area) disclosed notable differences between Silver fir (*Abies alba*) and Norway spruce (*Picea abies*) in Southwest Germany (Baden-Württemberg) since the mid 20th century. On one hand, fir displayed a characteristic growth depression during the 1960s – 1980s whereas on the other hand the increasing growth trend in the 1980s was much more prominent in fir than in spruce. Since lately, growth trends in both species have reversed. However, inversion of growth trends occurred well before the drought year 2003. Based on a current climate scenario, the climatic risk of spruce will develop very unfavourably in the German Southwest. According to the scenario, spruce will most probably lose its role as the economic staple tree in most of the state until 2050. In part, fir might provide an alternative, as the species' climate risk within its natural ranges in Southwest Germany is judged to develop by far less unfavourably than in spruce. In order to manage fir effectively, it is necessary to pay particular attention to characteristic key elements in fir silviculture, in particular for regeneration. In Southwest Germany, effective fir silviculture is associated with long-term regeneration techniques and management in unevenly-structured stands (e.g. single selection forests or group selection systems such as "Femelwald"). Obligate pre-requisite are regulated populations of browsing wildlife species as well as prolonged periods with decades with (partial) crown cover. Under rapid regeneration cutting systems, the shade tolerant fir loses the height dominance over spruce necessary to maintain the fir in the dominant cohort of the stand after complete removal of the overstory. Of particular concern with this respect are mixed fir-spruce regenerations where the overstory is abruptly removed e.g. through storm damage. Under full light conditions spruce height growth is thriving and will rapidly outgrow fir. If fir is not released under such conditions through selective pre-commercial thinnings from spruce competition, it will as a rule not be possible to retain adequate portions of dominant firs in the stand until the first thinning.
