

Zuwachsresilienz von *Abies alba* Mill. und *Picea abies* (L.) Karst bei Trockenstress im Vergleich

Enno Uhl

Technische Universität München, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising

Summary

Although the proportion of Silver fir only amounts for 2% within the tree species distribution in Bavaria it grows on various sites. That reveals its high plasticity concerning growth conditions. Furthermore, recently Silver fir is discussed as an alternative to Norway spruce concerning its higher ability to cope with drought events. With this comparative study we investigate Silver fir and Norway spruce along an ecological gradient to contribute to the questions (i) what is the relation in productivity between both species, (ii) do both species show differences in growth resilience due to drought events and (iii) do site conditions effect both productivity and growth resilience? At least for the last 10 preceeding years Silver fir shows a higher productivity and crown efficiency than spruce. Growth reaction on drought seems to be dependent on the generell predisposition of Silver fir. While in 1976 as Silver growth suffered from influence of pollutants growth depression was higher and recovery slower whereas in 2003 Silver fir topped Norway spruce in being more adaptive to drought event.

Einleitung

Die Baumart Tanne (*Abies alba* Mill.) nimmt mit 2% lediglich einen geringen Anteil an der Baumartenzusammensetzung in Bayern ein. Auch wenn die Verteilung der Tanne regionale Schwerpunkte aufweist, stockt die Tanne aber in nahezu allen Wuchsregionen Bayerns und belegt damit ihre breite Standortamplitude. Gegenwärtig wird die Tanne aufgrund ihrer Eigenschaften als klimatolerante Baumart diskutiert und als mögliche Kompensation in ertragsgeschwächten und gefährdeten Fichtenbeständen ins Spiel gebracht. Angeführt wird insbesondere die höhere Trockenresistenz der Tanne gegenüber der Fichte. Durch Zuwachsanalysen in Mischbeständen aus Fichte und Tanne entlang eines standörtlichen und klimatischen Gradienten in Bayern soll hierzu ein Beitrag geleistet werden. Im Rahmen der Studie werden beide Baumarten jeweils vergleichend hinsichtlich Produktivität und Zuwachsresilienz gegenübergestellt. Zentrale Fragen der Analyse sind: (i) welche Produktivitätsrelation bestehen zwischen Fichte und Tanne? (ii) unterscheiden sich beide Baumarten hinsichtlich eines Zuwachsrückgangs bzw. einer –erholung nach extremen Trockenjahren? (iii) sind Produktivität und Resilienzrelation je nach Standort unterschiedlich ausgeprägt.

Material und Methoden

Für die vorliegende Untersuchung wurden ältere Mischbestände aus Fichte und Tanne herangezogen. Die Auswahl der Versuchsbestände stützte sich auf Daten der permanenten Stichprobeninventur der Bayerischen Staatsforsten. Aus dem Datensatz wurden Stichprobenpunkte gefiltert, die einen grundflächenbezogenen Anteil an Fichte und Tanne von mindestens 90% sowie einen Durchmesser des Grundflächenmittelstammes von mehr als 40 cm aufwiesen. Die so gefilterten Stichprobenpunkte wurden nach Standortparametern stratifiziert, um einen ökologischen Gradienten von feucht und gut nährstoffversorgt bis trocken und schwach nährstoffversorgt abbilden zu können. Insgesamt wurden 6 Klassen ausgeschieden, wobei die Nährstoffsituation in arm und reich differenziert wurde, die Wasserversorgung in 3 Stufen (trocken, mittel, feucht) untergliedert wurde. Die Stratifizierung erfolgte anhand der vorhandenen Standortkartierung in Verbindung mit Klimadaten. Dabei wurde die Nährstoffsituation direkt aus der Standortsziffer abgegriffen, die Wasserhaushaltsstufe aus der Standortkartierung wurde anhand der Klimadaten (Niederschlag und Temperatur in der Vegetationsperiode) vom Deutschen Wetterdienst abgeglichen. Stichprobenpunkte mit Widersprüchen zwischen Wasserhaushaltsstufe aus der Standortkartierung und Klimadaten (beispielsweise "sehr frisch" bei Niederschlägen unter 540 mm) blieben unberücksichtigt. Nach Kontrolle der Bestände vor Ort, bei der insbesondere überprüft wurde, ob beide Baumarten ausreichend, in Einzelmischung und im Oberstand vorhanden sind, wurden je Standortstyp 2 Bestände ausgewählt. Zusätzlich wurde ein benachbarter Bestand zu einer bestehenden Versuchsfläche des langfristigen ertragskundlichen Versuchswesens einbezogen, sodass insgesamt 13 Bestände beprobt wurden (Abbildung 1 und Tabelle 1).

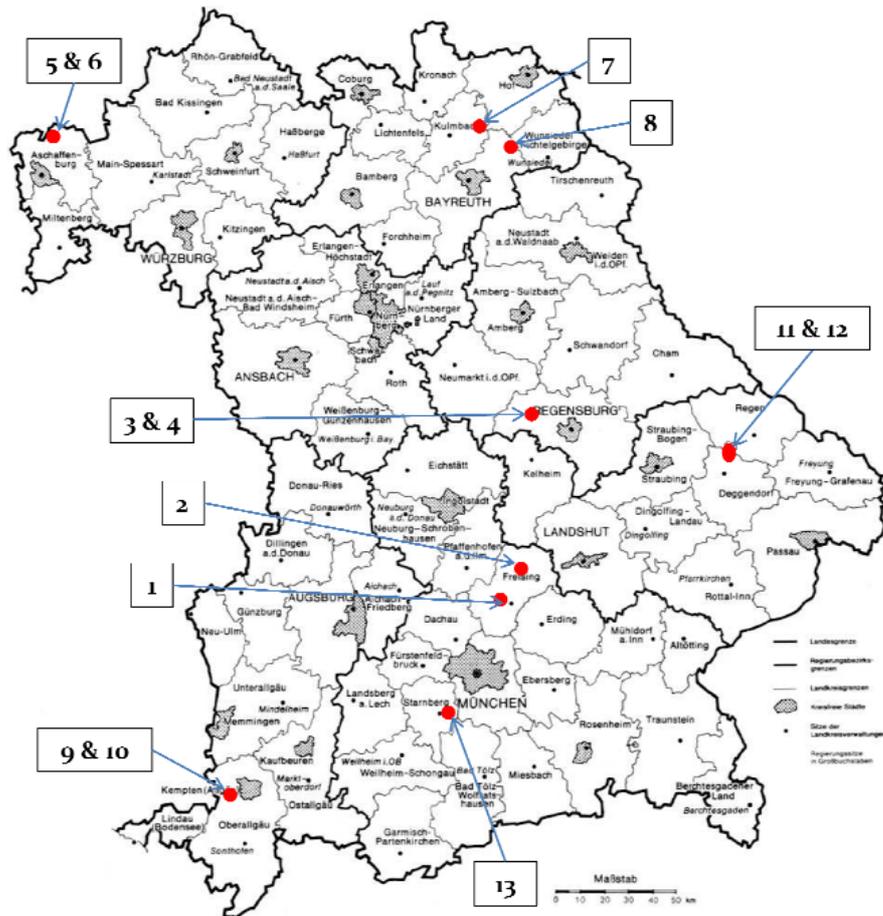


Abb. 1: Übersichtskarte Bayern mit Lage der Probestellen

Tab. 1: Standörtliche Übersicht der beprobten Versuchsbestände

Nummer	Stratum	Forstbetrieb	Wuchsgebiet	Höhe ü NN	Standortseinheit
1	reich/ trocken	Freising	12.8 Oberbayerisches Tertiärhügelland	500 m	101
2	arm/ trocken	Freising	12.8 Oberbayerisches Tertiärhügelland	485 m	011
3	reich/ mittel	Kehlheim	6.2 Südliche Frankenalb	495 m	827
4	arm/ mittel	Kehlheim	6.2 Südliche Frankenalb	490 m	317
5	arm/ mittel	Heigenbrücken	2.2/2 Buntsandsteinspessart	470 m	002
6	reich/ mittel	Heigenbrücken	2.2/2 Buntsandsteinspessart	440 m	102
7	reich/ trocken	Nordhalben	8.1 Frankenwald	450 m	261
8	arm/ trocken	Fichtelberg	8.3 Fichtelgebirge	870 m	010
9	reich/ frisch	Sonthofen	14.3 Schwäbische Jungmoräne	900 m	244
10	arm/ frisch	Sonthofen	14.3 Schwäbische Jungmoräne	900 m	908
11	reich/ frisch	Bodenmais	11.2 Östl. Vorderer Bayer. Wald	820 m	053
12	arm/ frisch	Bodenmais	11.2 Östl. Vorderer Bayer. Wald	930 m	033
13	reich/ frisch	Bad Tölz	14.4/1 Oberbayerische Jungmoräne	650 m	103

Pro Versuchsbestand wurden jeweils sechs Fichten sowie sechs Tannen beprobt. Das Messprogramm umfasste die Erhebung des Brusthöhedurchmessers, der Baumhöhe, der Höhe des Kronenansatzes, der Kronenprojektionsfläche durch Ablotung der maximalen Kronenausdehnung in den vier Haupthimmelsrichtungen sowie einer Winkelzählprobe pro Baum mit Zählfaktor 4 als Konkurrenzmaß. Zusätzlich wurden pro Baum zwei Bohrkern in 1,3 m Höhe bei 45° und 135° entnommen. Die geschliffenen Bohrkern wurden an einem Messtisch LINTAP mit Hilfe der Software TSAPWin der Firma RINNTECH ausgewertet. Die Synchronisation der Jahrringfolgen pro Standort und Baumart erfolgte mit dem Programm COFECHA (Holmes, 1983). Da Bohrungen bis ins Mark geführt wurden, konnte das Alter der einzelnen Bäume bestimmt werden.

Tab. 2: Ausgewählte Kennwerte der gemessenen Bäume pro Versuchsbestand

Plot	Alter [a]		BHD [cm]		Höhe [m]	Oberhöhen- bonität [m]
			Mittelwert			
	Fichte	Tanne	Fichte	Tanne	Fichte	Tanne
1	76	80	46.37	54.53	32.0	34.4
	61 - 90	79 - 81	34,6 - 55,2	41,5 - 66,8	28,6 - 36,3	32,1 - 36,0
2	104	125	49.67	53.33	36.9	33.8
	99 - 109	119 - 132	42,0 - 63,0	46,0 - 67,0	31,4 - 40,3	30,7 - 37,1
3	76	76	50.83	56.67	31.8	29.4
	60 - 96	64 - 82	40,0 - 63,0	47,0 - 71,0	28,8 - 37,4	19,2 - 31,9
4	113	113	52.00	56.83	29.9	30.4
	82 - 133	102 - 121	43,0 - 61,0	45,0 - 65,0	25,8 - 33,7	28,4 - 33,5
5	88	105	55.50	77.67	32.1	32.0
	85 - 92	100 - 107	49,0 - 65,0	66,0 - 89,0	30,4 - 33,4	27,4 - 35,8
6	90	101	59.83	61.17	32.2	33.4
	85 - 94	95 - 106	53,0 - 70,0	48,0 - 75,0	25,6 - 35,2	29,7 - 35,8
7	137	151	60.97	62.60	37.3	34.4
	121 - 162	133 - 158	54,5 - 71,1	54,1 - 71,5	33,9 - 40,3	32,7 - 40,2
8	102	110	61.12	57.58	29.2	26.5
	70 - 136	70 - 141	57,9 - 64,0	47,0 - 69,9	26,3 - 32,3	23,0 - 30,8
9	107	109	66.07	65.10	40.1	37.9
	100 - 112	104 - 115	63,7 - 68,0	57,3 - 73,0	37,6 - 43,5	36,0 - 40,0
10	147	121	67.03	65.15	33.5	31.9
	99 - 168	93 - 161	56,9 - 75,5	51,8 - 88,5	31,7 - 36,0	25,7 - 38,5
11	128	124	67.93	74.12	35.1	34.5
	119 - 135	119 - 133	56,0 - 76,6	63,0 - 91,7	32,5 - 36,7	32,5 - 38,0
12	137	133	64.10	65.52	30.6	29.4
	130 - 148	125 - 143	52,8 - 73,3	54,1 - 81,5	29,1 - 33,9	26,8 - 33,4
13	122	131	59.02	58.43	35.6	34.9
	107 - 131	119 - 142	56,6 - 61,8	51,2 - 73,0	33,1 - 38,1	33,0 - 38,4
Mittel	110	114	58.5	62.2	33.56	32.53
	60 - 168	64 - 161	34,6 - 76,6	41,5 - 91,7	25,6 - 43,5	19,2 - 40,2

Die Analysen zur Einzelbaumproduktivität und Standraumeffizienz stützen sich auf den Biomassezuwachs der vergangenen 10 Jahre (2000-2009). Hierbei wird unterstellt, dass die Kronenschirmfläche als Maß für den Standraum sich in diesem Zeitraum nicht wesentlich verändert hat. Die für die Volumenberechnung notwendige Höhenentwicklung wurde bei der Fichte über die Ertragstafel von ASSMANN und FRANZ (1965), bei der Tanne über die Ertragstafel von HAUSSER (1956) abgegriffen. Die Durchmesserentwicklung ergab sich aus der Jahrringanalyse. Die oberirdische Biomasse in m³ wurde über Durchmesser und Höhe mit Hilfe der Baumholz-Massentafel von GRUNDNER und SCHWAPPACH (1952) berechnet und der spezifischen Holzdicke in kg umgerechnet. Die Einzelbaumproduktivitäten wurden mittels Varianzanalyse auf signifikante Unterschiede im Hinblick auf Baumart, Versuchsbestand und deren Wechselwirkung geprüft.

Generelle Unterschiede zwischen beiden Baumarten hinsichtlich Zuwachs (Formel 1) bzw. Standraumeffizienz (Formel 2) wurden jeweils mittels eines gemischten linearen Modells getestet. Die Standraumeffizienz ergab sich aus dem Verhältnis zwischen Zuwachs und Standfläche.

$$ibm_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot s_{ij} + \beta_2 \cdot ba_{ij} + \beta_3 \cdot s_{ij} * ba_{ij} + b_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

i, j: Indizes für Versuchsbestand bzw. Baum

ibm: zehnjähriger Biomassezuwachs eines Baumes

β_0 - β_3 : Parameter für fixe Effekte

s: Kronenschirmfläche

ba: Baumart (0: Fichte, 1: Tanne) *** so oder umgekehrt? ***

b_i : Zufallseffekt auf Plot-Ebene

ε_{ij} : Residuen

$$seff_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot s_{ij} + \beta_2 \cdot ba_{ij} + \beta_3 \cdot s_{ij} * ba_{ij} + b_i + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

seff: Standraumeffizienz über zehn Jahre

Für die Untersuchung der Zuwachsresilienz wurden die Weiserjahre 1976 und 2003 herangezogen. Aus jeweils fünf Jahren vor und fünf Jahren nach dem Weiserjahr wurden Zuwachsperioden gebildet und ein durchschnittlicher Jahrringzuwachs berechnet. Das jeweiligen Extremjahr wurde als eigene Zuwachsperiode betrachtet. Die Zuwächse innerhalb der drei Perioden pro Extremereignis wurden varianzanalytisch daraufhin geprüft, ob sich die Perioden unterscheiden und ob es Unterschiede zwischen den Bauarten bzw. Standorten existieren. Sofern der globale Test einen signifikanten Einfluß anzeigte, wurde post hoc mit dem Tukey HSD-Test auf Detailunterschiede getestet.

Aufgrund der Kürze der verwendeten Perioden wurde angenommen, dass der Altertrend keine Rolle spielt, sodass Jahringwerte ungeglättet verwendet wurden.

Die Standortgüte wurde für die Varianzanalyse als ordinale Variable definiert. Die Standortgüte wurde über die Oberhöhenbonität nach ASSMANN und FRANZ (1965) bewertet, wobei diese Tafel auch für die Tanne angewendet wurde. Die Oberhöhen wurden in drei Klassen eingeteilt. Oberhöhen unter 30 m wurden als schlechte, zwischen 30 m und 34 m als mittlere und Oberhöhen größer als 34 m als gute Standorte klassifiziert.

Ergebnisse

Zuwachs und Standraumeffizienz

Durch die sich nicht überlappenden notches in Abbildung 2 deuten sich auf Basis der Versuchsbestände (plots) signifikante Unterschiede im Biomassezuwachs zwischen Tanne und Fichte an. Die Varianzanalyse zeigt einen im Durchschnitt um 210 kg höheren Zuwachs der Tanne im Zeitraum von 2000 bis 2009. Der nachgezogene post hoc Test identifiziert signifikante Unterschiede zwischen den Baumarten auf einzelnen Versuchsbeständen. Dies gilt für zwei Versuchsbestände im Buntsandsteinspessart mit mittlerer Wasserversorgung jedoch unterschiedlicher Nährstoffversorgung nach Standortkartierung (plot: 5 mit ca. 550 kg Mehrzuwachs bei Tanne; plot 6 mit ca. 300 kg Mehrzuwachs bei Tanne). Die baumartenunabhängigen Zuwächse auf den einzelnen plots unterschieden sich ebenfalls höchst signifikant. Die Bonität als Maß für die Standortgüte zeigte hingegen keinen Einfluss auf den Zuwachs. Hier schlagen sich scheinbar Standortfaktoren im Zuwachs nieder, die sich nicht in der Oberhöhe widerspiegeln.

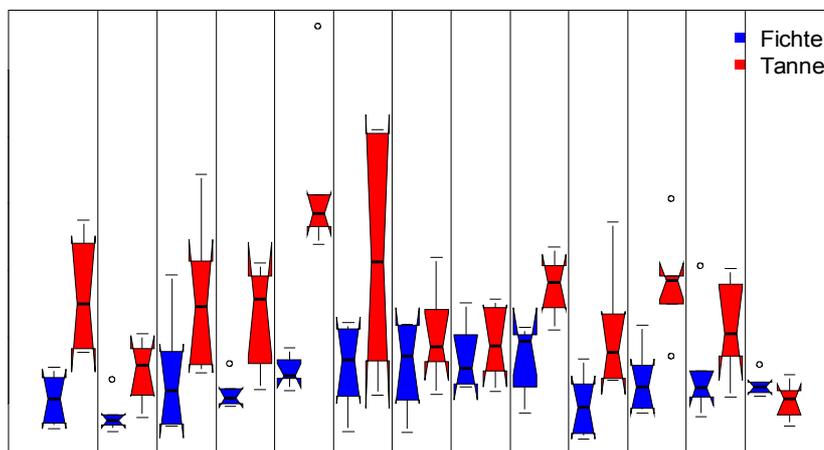
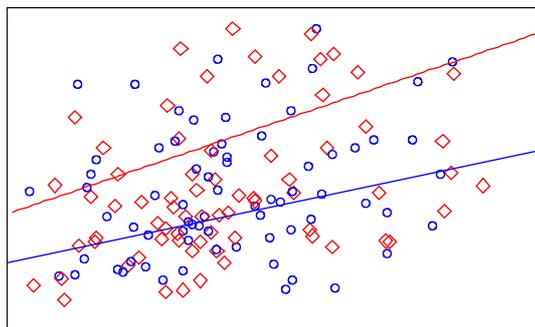


Abb.2 : mittlerer 10-jähriger Biomassezuwachs von Fichte (jeweils links) bzw. Tanne (jeweils rechts) pro Versuchsbestand, dargestellt als boxplot mit notches

Beide Baumarten steigern ihren Zuwachs mit zunehmender Schirmfläche signifikant, wobei der in Abbildung 3 angedeutete Unterschiede zwischen den Baumarten nicht signifikant ist. Pro zusätzlichem m² Schirmfläche werden etwa 3,5 kg mehr oberirdische Biomasse gebildet.



gemischtes lineares Modell:

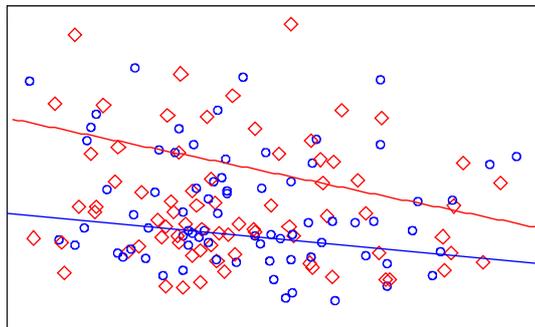
$$ibm_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot s_{ij} + \beta_2 \cdot ba_{ij} + \beta_3 \cdot s_{ij} * ba_{ij} + b_i + \varepsilon_{ij}$$

fixe Effekte

	value	std. Error	p-value
intercept	118.999	66.794	0.077
s	3.509	1.433	0.0156 *
ba	68.187	81.007	0.3945
s:ba	2.244	1.701	0.1892

Abb. 3: links: Zehnjähriger Zuwachs pro Standraum für Tanne (◇ bzw. gestrichelt) und Fichte (° bzw. durchgezogene Linie); rechts: Regressionsergebnisse

Deutliche Unterschiede zwischen Tanne und Fichte bestehen in der Ausnutzung des Standraumes. Bei gleichem Standraumangebot leistet die Tanne mehr als die Fichte, der Niveauunterschied ist höchst signifikant. Der Unterschied beläuft sich auf etwa 7 kg Mehrzuwachs bei Tanne bei gleicher Schirmfläche. Die Effizienz selber ist vom Standraum unabhängig (Abbildung 4).



gemischtes lineares Modell:

$$seff_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot s_{ij} + \beta_2 \cdot ba_{ij} + \beta_3 \cdot s_{ij} * ba_{ij} + b_i + \varepsilon_{ij}$$

fixe Effekte

	value	std. Error	p-value
intercept	8.691	1.591	0.0000 ***
seff	-0.052	0.034	0.1298
ba	7.138	1.945	0.0003 ***
seff:ba	-0.06	0.041	0.1449

Abb.4 : links: Standraumeffizienz in den letzten zehn Jahren für Tanne (◇ bzw. gestrichelt) und Fichte (° bzw. durchgezogene Linie); rechts: Regressionsergebnisse

Langjähriger Jahrringverlauf

Die letzten zehn Jahre repräsentieren nur einen kurzen Ausschnitt der Zuwachsverläufe der beprobten Bäume. Im langjährigen Verlauf zeigen die Tannen und Fichten ab ca 1890 eine vergleichbare Oszillation der Jahrringbreiten (Abbildung 5, oben), wobei die Tanne ein etwas höhere Niveau aufweist (Abbildung 5, unten). Hierzu wurde der jährliche Jahrringzuwachs der Tanne an dem der Fichte referenziert. Ab etwa Mitte der 1950er Jahre fällt die Tanne dann deutlich hinter die Fichte zurück. Diese Periode hält bis etwa 1985 an. Danach steigert die Tanne ihren Jahreszuwachs deutlich, die Fichte bleibt in etwa auf dem gleichen Niveau wie bisher. Bei beiden Baumarten sind die Zuwachsrückgängen in den Trockenjahren 1976 und 2003 klar ausgeprägt.

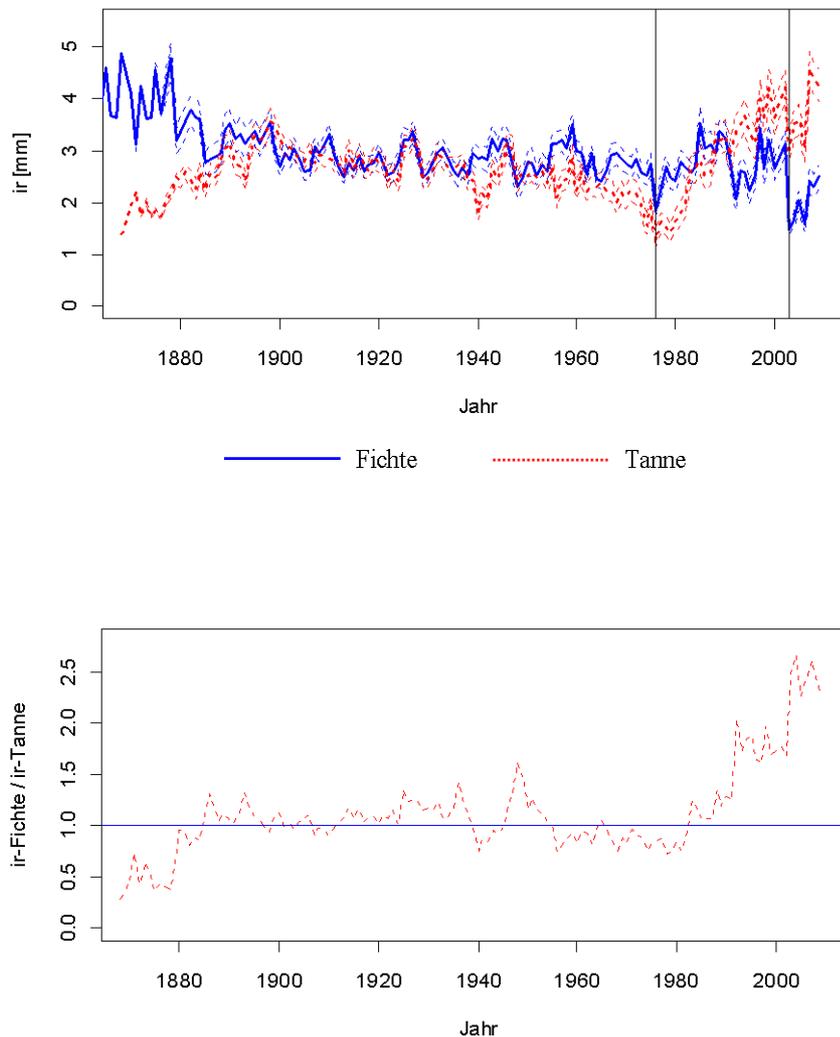


Abb. 5: Absoluter gemittelter Zuwachsverlauf für Tanne und Fichte mit jeweils zweifacher Standardabweichung (oben) und Zuwachsverlauf der Tanne referenziert am Verlauf der Fichte (unten). Die Trockenjahre 1976 und 2003 sind durch senkrechte Linien markiert.

Zuwachsreaktion auf Extremereignisse

Grundsätzlich zeigen die Baumarten Tanne und Fichte in den Perioden um das Extremjahr 1976 (1971 – 1975, 1976, 1977 – 1981) höchst signifikante Unterschiede im Zuwachs. Auch wenn die Varianzanalyse insgesamt keine Signifikanz in der Wechselwirkung zwischen Baumart und Periode zeigen, bringt der post hoc Test für die Baumarten im Periodenvergleich entsprechende signifikante Unterschiede. Auch zwischen den Zuwachsperioden bestehen allgemein höchst signifikante Unterschiede. Für die Fichte ergibt sich hierbei jeweils eine Signifikanz im Vergleich des Zuwachses der Periode vor 1976 mit 1976 sowie der Periode nach 1976 mit 1976. Hingegen bestehen keine Unterschiede zwischen Vor- und Nachperiode. Für die Tanne besteht lediglich ein signifikanter Unterschied im Zuwachsverhalten zwischen der Vorperiode und dem Extremjahr. Die Fichte scheint sich demnach auf annähernd gleichem Zuwachsniveau wie vor dem Trockenjahr zu erholen, die Tanne erreicht dies nicht. Der Standort in Form der Bonitätsklasse erbringt einen statistisch höchst signifikanten Zusammenhang zum Zuwachs, wobei global bessere Bonitäten jeweils einen höheren Zuwachs gegenüber schlechteren Bonitäten zeigen. Im Einzelvergleich zeigt die Fichte je Bonitätsklasse einen signifikant höheren Jahrringzuwachs als die Tanne (ca. 1,0 mm bei “gut”, ca. 0,6 mm bei “schlecht”).

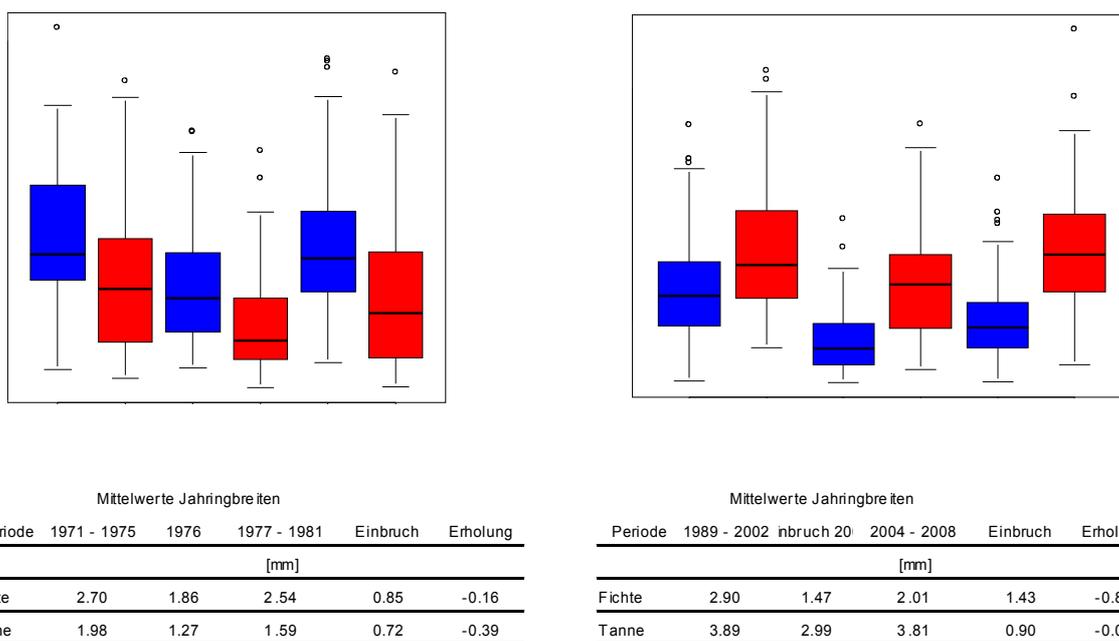


Abb. 6: Verteilung der Jahringbreiten für Tanne (20) und Fichte (10) in den einzelnen Zuwachsperioden als Boxplot (oben) und Mittelwerte (unten) für die Trockenjahre 1976 (links) und 2003 (rechts)

Im Unterschied zu 1976 erbringt die Varianzanalyse für das Jahr 2003 (ausgeschiedene Zuwachsperioden: 1998 – 2002, 2003, 2004 – 2008) zwar auch höchst signifikante Unterschiede im Zuwachs zwischen den beiden Bauarten sowie zwischen den einzelnen Zuwachsperioden, die Bonität zeigt hingegen keine Signifikanz. Zusätzlich wirkt die Wechselwirkung zwischen Baumart und Periode signifikant. Der post hoc Test gliedert die Unterschiede im Zuwachsverhalten der beiden Baumart feiner auf. Die Fichte bricht im Zuwachs signifikant ein und kann sich in den fünf Jahren nach 2003 nicht mehr auf das Niveau von vorher erholen. Die Tanne geht im Zuwachs 2003 zwar auch signifikant zurück, sie kann sich aber in den folgenden fünf Jahren deutlich erholen und erreicht ihr Vorniveau. Der Unterschied im jährlichen Zuwachs zwischen Tanne zu Fichte steigt von ca. 1 mm Jahringbreite (vor 2003) auf durchschnittlich 1,8 mm nach 2003. Bezogen auf Bonitätsklassen wächst die Tanne jeweils signifikant besser als die Fichte, wobei der Unterschied von guter zu schlechter Bonität abnimmt. Erstaunlich ist, dass die Fichte bei geringerer Standortgüte etwas besser wächst als auf besserer. Die Tanne verhält sich hier umgekehrt. Beide Befunde zeigen allerdings keine Signifikanz.

Diskussion

Die Untersuchung zielte darauf Produktivität von Tannen und Fichten in Mischbeständen sowie ihr Zuwachsverhalten insbesondere bei Extremereignissen auf verschiedenen Standorten vergleichend zu analysieren. Es wurde versucht gleichartige Mischbestände zu beproben. Das Kriterium Gleichheit in der Dimension konnte pro Versuchsbestand annähernd erzielt werden. Unterschiede bestehen allerdings zwischen den einzelnen Versuchsbeständen. So reicht die Altersspanne der untersuchten Probestämme von 60 bis 168 Jahren. Auch die Durchmesserspanne ist mit 35 cm bis 92 cm (BHD) relativ groß. Unterschiede im Zuwachsverhalten bzw. in der Produktivität können deshalb durch einen Alterseffekt beeinflusst sein.

Desweiteren wurde versucht, durch die Versuchsbestände einen ökologischen Standortgradienten abzubilden, um mögliche Einflüsse des Standorts auf das Zuwachsverhalten aufzudecken. Es zeigte sich, dass die Klassifizierung nach Angaben der Standortkartierung in Verbindung mit Klimakennwerten regionale Unterschiede nicht adäquat wabbilden. Die getroffene Zuweisung der einzelnen Versuchsbestände zu den Straten zeigt bei der statistischen Analyse der Produktivität kein konsistentes Bild. Jedoch bestehen zwischen den verschiedenen Beständen klare Unterschiede im Zuwachs. Auch die Verwendung der Oberhöhenbonität als Maß für die Standortgüte zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Produktivität.

Mit der gegebenen Altersspanne liegen die untersuchten Tannen in einem Altersspektrum der gemäß der Ertragstafel nach HAUSSER (1956) einen höheren Zuwachs der Tanne gegenüber der Fichte aufweist. Die Kulmination des laufenden Zuwachs bei der Tanne liegt demnach bei etwa 70 Jahren, für die Fichte weisen WIEDEMANN (1936) und ASSMANN und FRANZ (1965) den Kulminationspunkt etwa um das Alter 40 aus. Gleichzeitig bleibt die Tanne auf einem höheren Zuwachsniveau, die Fichte lässt schneller nach. Auch bei den untersuchten Tannen zeigt sich über alle Versuchsbestände eine höhere Produktivität als bei der Fichte. Diese Überlegenheit scheint teilweise

durch eine höhere Standraumeffizienz bedingt zu sein, wobei der verfügbare Standraum an sich nicht entscheidend ist. Die höhere Standraumeffizienz läßt sich teilweise durch den höheren Blattflächenindex erklären.

Der langjährige Zuwachstrend beider Baumarten in vorliegender Studie deckt sich mit dem anderen Untersuchungen. WILSON und ELLING (2004) zeigen beispielsweise anhand einer vergleichenden Untersuchung zwischen Fichte und Tanne im ostbayerischen Raum ebenfalls den hier aufgezeigten Verlauf. Vor 1950 folgen beide Baumarten einer etwa gleichen Zuwachszillation, wobei das Niveau bei der Tanne etwas höher ist. Ab etwa 1950 verläßt bei dieser Untersuchung der Zuwachs der Tanne die langfristige Trendlinie und erreicht in den 1970er Jahren einen vorher nicht erreichten Tiefpunkt. Ab Ende der 1980er Jahre nimmt dann der Zuwachs der Tanne dergestalt zu, dass bereits 1997 ein bisheriger Höchststand erreicht wird.

Die Resilienz beider Baumarten auf Extremereignisse scheint neben der eigentlichen Einflussvariablen von zusätzlichen Prädispositionen beeinflusst zu sein. Insbesondere die Tanne reagiert im Zuwachsverhalten auf die Trockenjahre 1976 und 2003 unterschiedlich. Das Jahr 1976 fällt dabei in eine Phase, in der die Waldbäume einer höheren Schadstoffimmission, beispielsweise durch Schwefel ausgesetzt waren. Insgesamt zeigte die Tanne in dieser Periode einen schlechten Gesundheitszustand. Grundsätzlich scheint die Tanne ansonsten eher weniger anfällig gegenüber Trockenheit wie beispielsweise die Fichte und zeigt eine geringere Zuwachsdepression bei schnellerer Erholung (ZANG, 2010). Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung belegen ein ähnliches Muster, indem im Jahr 2003 die Tanne durch die Trockenheit wesentlich weniger beeinflusst war. Einem Zeitpunkt also, als sich der Gesundheitszustand der Tanne allgemein wieder verbessert hatte.

Danksagung

Wir danken den Bayerischen Staatsforsten für die Erlaubnis zur Beprobung von Tannen und Fichten in ihren Beständen.

Literaturverzeichnis

- ASSMANN, E. und FRANZ, F. (1965): Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 84 J., H. 1, S. 13-43.
- GRUNDNER, F. und SCHWAPPACH, A. (1952): Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Hrsg. SCHOBER, R., Paul Parey Verlag. 216 S.
- HAUSSER, K. (1956): Tannen-Ertragstafel. In: SCHOBER, R. (Hrsg) (1975): Ertragstafeln wichtiger Baumarten. J. D. Sauerländer's Verlag. S. 86-97.
- HOLMES, R. L. (1983): Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin 43:69–78.
- WIEDEMANN, E. (1936/42): Fichtenertragstafel, mäßige Durchforstung. In: SCHOBER, R. (Hrsg.) (1975): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Sauerländersverlag, Frankfurt, 154 S.
- WILSON, R. UND ELLING, W. (2004): Temporal instability in tree-growth/climate response in the Lower Bavarian Forest region: implications for dendroclimatic reconstruction. Trees 18:19-28
- ZANG, CH. (2010): Growth reactions of temperate forest trees to summer drought - a multispecies tree-ring network approach. Dissertation, Technische Universität München, 137 S.