



Tannenarten der Welt im Direktvergleich

Eine Fallstudie aus dem Arboretum Burgholz

Jana Melanie Hanke

Einleitung

Große Kalamitäten, ausgelöst durch Trockenheit, haben in den letzten Jahren (2018 bis heute) zu massiven Schäden geführt. So hat allein das Bundesland Nordrhein-Westfalen 47 Millionen Festmeter Fichte und damit 60 % des Fichtenvorrats verloren (Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2023).

Dies ist prekär, da die Fichte als Brotbaum der Forstwirtschaft bisher ca. 90 % der Erträge aus der Holzernte geliefert hat (Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, 2016). Daher ist es nicht verwunderlich, dass mit Hochdruck nach Ersatzbaumarten mit ähnlichen Verwendungsmöglichkeiten gesucht wird. Hierbei rücken schnell auch Tannenarten ins Interesse, da ihr Holz dem der Fichte ähnelt.

In diesem Artikel sollen Erfahrungen zu Tannenarten aus aller Welt geteilt werden, die auf einer Versuchsfläche gewonnen werden konnten, auf der diese Arten im direkten Vergleich zu Fichte angebaut wurden. Da es sich um eine Fallstudie handelt, sind die Ergebnisse nicht generalisierbar, können aber Hinweise geben.

Material und Methoden

Beschreibung der Versuchsfläche in Burgholz

Im Jahr 1978 wurde auf einer 2,6 ha großen gegatterten Fläche im Arboretum Burgholz ein Anbauversuch angelegt. Hierin werden in Reinbestandshorsten 13 verschiedene Tannenarten miteinander verglichen. Als Vergleichsbaumart wurde die Fichte mit angepflanzt.

Untersucht werden die Nordamerikanischen Arten: Felsengebirgstanne (*Abies lasiocarpa*) auf 0,2 ha, Purpur-Tanne (*Abies amabilis*) auf 0,1 ha, Edeltanne (*Abies procera*) auf 0,2 ha, Große Küstentanne (*Abies grandis*) 0,2 ha, Prachttanne (*Abies magnifica*) auf 0,1 ha, Grautanne/Koloradotanne (*Abies concolor*) auf 0,2 ha.

Die europäischen Arten: Türkische Tanne (*Abies bornmuelleriana*) auf 0,1 ha, Weißtanne (*Abies alba*) auf 0,15 ha, Nordmantanne (*Abies nordmanniana*) auf 0,15 ha, Spanische Tanne (*Abies pinsapo*) auf 0,1 ha, Gemeine Fichte (*Picea abies*) auf 0,4 ha. Unter diese Kategorie fallen die Tannenarten, bei denen man auf Grund der Nähe ihres natürlichen Verbreitungsgebiets zu Deutschland annehmen kann, dass sie natürlich einwandern könnten, wenn es heute nicht die durch den Menschen geschaffenen Ausbreitungsbarrieren gäbe und der Klimawandel nicht in einer solch hohen Geschwindigkeit ablaufen würde. Bei der Einführung dieser Arten kann daher von einer „assisted migration“ gesprochen werden (Ste-Marie et al., 2011).

Die asiatischen Arten: Nikkotanne (*Abies homolepis*) auf 0,2 ha, Veitchstanne (*Abies veitchii*) auf 0,1 ha, Sachalintanne (*Abies sachalinensis*) auf 0,15 ha.

Die standörtliche Beschreibung der Versuchsfläche ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Standort Versuchsfläche. Angaben zum Standort stammen aus Anbaubuch/Versuchsunterlagen Burgholz. Klimadaten stammen aus dem Klimaatlas NRW, Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW unter Verwendung von Daten vom Deutschen Wetterdienst (DWD).

Höhe ü. NN	240 m
Lage	Plateau
Bodenart	Feinsand; schluffiger, schwach steiniger Lehm
Bodentyp	Basenarme Braunerde
Gründigkeit	Meist tiefgründig
Wasserhaushalt	frisch bis sehr frisch
Nährstoffversorgung	mäßig
Vegetationsdauer	178 Tage
Jahresniederschlag	1237 mm (1981-2010)
Jahresmitteltemperatur	1174 mm (1981-2010)

Beschreibung des Aufnahmeschemas

Auf der Fläche wurden innerhalb der Reinbestandshorste Probekreise angelegt. In diesen Probekreisen wurden von jedem Baum folgende Parameter erhoben:

Waldwachstumskundliche Größen: Höhe (m), BHD (cm), Kronenansatz(m)

Soziologische Stellung: Kraft'sche Baumklasse

Qualitätsparameter: Ansatzhöhe des ersten Grünastes und Trockenastes (m), Wertästungshöhe (m) wo vorkommend, Qualitäts-Prognose-Baum: 1 = hoher Wertholzanteil, 2 = geringer Wertholzanteil, 3 = normale Qualität, 4 = ausreichende Qualität, 5 = fehlerhafte Qualität, 6 = Industrieholz; Astigkeit: 1 = sehr feinastig, 2 = feinastig, 3 = normalastig, 4 = starkastig, 5 = sehr starkastig;

Krümmung: 0 = ohne (zweischnürig), 1 = sehr leicht einseitig, 2 = leicht einseitig, 3 = mäßig einseitig oder leicht zweiseitig, 4 = stark einseitig oder geschlängelt, 5 = sehr stark (unschnürig); Zwiesel: 0 = kein Zwiesel, 1 = Hochzwiesel (> 2/3 Höhe Baum), 2 = Mittelzwiesel (> 1/3 u. < 2/3 Höhe Baum), 3 = Tiefzwiesel (< 1/3 Höhe Baum)

Vitalität: 0 = tot, 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = normal, 4 = schlecht, 5 = sehr schlecht.

Eine erste Aufnahme nach dieser Methodik erfolgte 2013 im Alter von 39 (38–40) je nach Alter bei Pflanzung). Eine Wiederholungsaufnahme wurde 2022 im Alter von 48 (47–49) durchgeführt.

Ergebnisse

Kulturerfahrungen aus dem Anbaubuch des Arboretum Burgholz

Europäische Arten

Abies alba	1984	B° 0,7; schwachwüchsig, kleine Lücken durch Ausfall
	1996	Schwachwüchsig, aber nicht so stark differenziert wie nordmanniana; leidet unter dem Druck des Laubholzstreifens an der Straße; größere Lücken durch Ausfälle, locker mit Lücken
A. bornmuelleriana	1984	B° 0,9; sehr wüchsig; allen anderen überlegen; geringe Ausfälle
	1996	Geringe Ausfälle; sehr wüchsig; locker bis geschlossen; geastet
A. nordmanniana	1984	B° 0,9; schwachwüchsig
	1996	Stark differenziert im Wachstum; Höhen von 1,5–8 m; teilweise Nadelvergilbung. Stangenholz bis geringes Baumholz, locker mit Lücken
Abies pinsapo	1984	B° 0,0; bis auf 1 Exemplar ausgefallen
	1996	Ein Exemplar schwachwüchsig.

Nordamerikanische Arten

Abies lasiocarpa	1984	B° 0,3; extrem schwachwüchsig; große Ausfälle
	1996	Sehr große Ausfälle; Restexemplare sehr schwachwüchsig; Frost- und Fegeschäden
Abies amabilis	1984	B° 0,6; schwachwüchsig; große Lücken
	1996	Extrem schwachwüchsig; große Lücken
Abies procera	1984	B° 0,8; hockend; einzelne Ausfälle und Verfärbungen
	1996	Sehr locker bestockt, stark differenziert
Abies grandis	1984	B° 0,9; gut wüchsig; vereinzelt Gelbfärbung der Nadeln
	1996	Gegenüber allen anderen vorwüchsig; geringes Baumholz; geschlossen bis gedrängt
Abies magnifica	1984	B° 0,4; normal wüchsig; große Ausfälle
	1996	Große Lücken; Restexemplare schwachwüchsig
Abies concolor	1984	B° 0,4; wüchsig; große Ausfälle, teilweise rote Nadeln und -verluste
	1996	Sehr lückig; Restexemplare gut wüchsig; zwei verschiedene Typen auf der Fläche (ein grüner, ein blauer).

Asiatische Arten

Abies homolepis	1984	B° 0,9; mittlere Wüchsigkeit, sehr vitale Nadelfarbe
	1996	Wüchsig; kaum Ausfälle; Stangenholz bis geringes Baumholz; geschlossen bis gedrängt; etwas hinter Fichte zurückbleibend
Abies veitchii	1984	B° 1,0; sehr wüchsig (wie Fichte)
	1996	Sehr gut wüchsig, hält mit der Fichte mit; starke Fegeschäden; Stangenholz bis geringes Baumholz, geschlossen bis gedrängt
Abies sachalinensis	1984	B° 1,0; wüchsig; stark differenziert
	1996	Wüchsig; kleinere Lücke durch Ausfälle; Fegeschäden; Gipfeltrieb zeigt Schlangelwuchs; Höhenwachstum stark differenziert.

Waldwachstumskundlicher Vergleich der Baumarten

Höhe

In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass bei einem Vergleich der Höhen der Baumarten mittels eines Kruskal-Wallis-Tests die Küstentanne die hochsignifikant höchsten Höhen erreicht. Weißtanne und Grautanne erreichen zumindest die gleichen Höhen wie die Fichte. Die übrigen Tannenarten liegen in beiden Messjahren darunter.

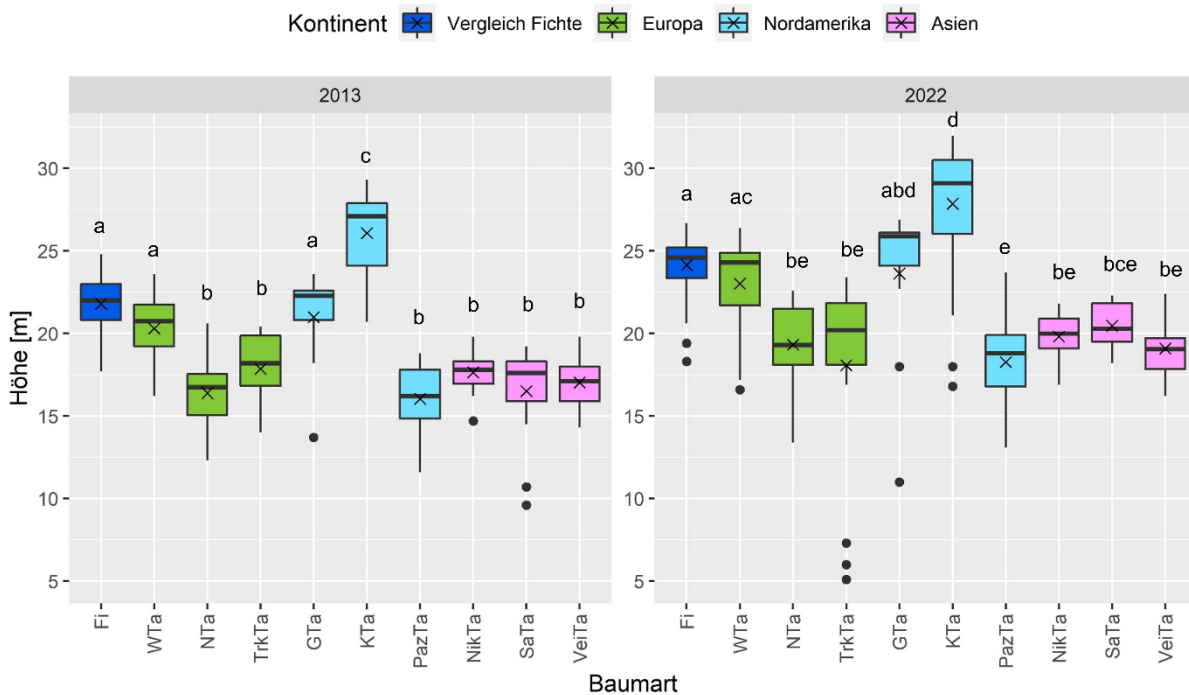


Abbildung 1: Erreichte Höhen pro Baumart pro Vegetationsjahr. Das x im Boxplot stellt den arithmetischen Mittelwert dar. Die Einfärbung zeigt, von welchem Kontinent die Baumarten ursprünglich stammen sowie die Vergleichsbaumart Fichte. Gesamtzahl Bäume pro Art (n): Fichte (Fi) 2013 = 63, 2022 = 51; Weißtanne (WTa) 2013 = 24, 2022 = 25; Nordmanntanne (NTa) 2013 = 18, 2022 = 17; Türkische Tanne (TrkTa) 2013 = 18, 2022 = 16; Grautanne (GTa) 2013 = 13, 2022 = 11; Küstentanne (KTa) 2013 = 29, 2022 = 27; Edel-Tanne (PazTa) 2013 = 34, 2022 = 33; Nikkotanne (NikTa) 2013 = 27, 2022 = 23; Sachalintanne (SaTa) 2013 = 17, 2022 = 12; Veitchtanne (VeiTa) 2013 = 21, 2022 = 18.

BHD

Beim Vergleich des Brusthöhendurchmessers der Arten fällt besonders die Grautanne/Koloradotanne mit ihren hohen Werten auf (Abbildung 2). Die niedrigsten Werte finden sich bei Veitchtanne und Nordmantanne; jedoch ist der Unterschied zu den anderen Tannenarten nur in Teilen signifikant.

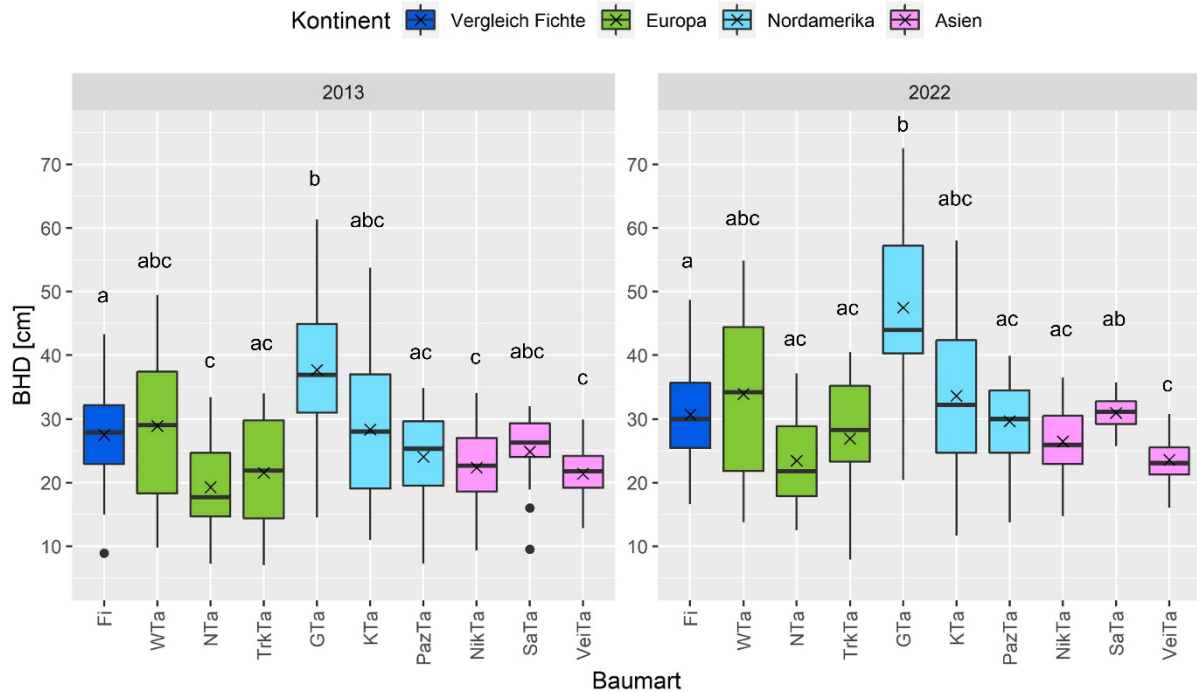


Abbildung 2: Erreichter BHD pro Baumart pro Vegetationsjahr. Das x im Boxplot stellt den arithmetischen Mittelwert dar. Die Einfärbung zeigt, von welchem Kontinent die Baumarten ursprünglich stammen sowie die Vergleichsbaumart Fichte. Gesamtzahl Bäume pro Art (n) ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Ertragsklassen und Grundflächen

Um einzuschätzen, wie die Tannenarten im Vergleich dastehen, wurden sie nach der Ertragstafel nach G. D. Schmidt 1955 bonitiert.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Waldwachstumskundliche Werte der Baumarten: n = Anzahl; dg = Durchmesser des Kreisflächenmittelstamms; hg = Mittelhöhe; G/ha = Grundfläche pro ha (aus Probekreisen der jeweiligen Art hochgerechnet); EKL = Ertragsklasse nach G. D. Schmidt 1955 in Schober 1975; B° = Bestockungsgrad.

Jahr	Werte	Fi	WT a	NTa	TrkT a	GTa	KTa	PazT a	NikT a	SaT a	VeIT a
2013	n	65	29	22	24	15	36	42	33	17	21
	dg	30,5	30,7	20,5	23,4	39,5	30,5	25,1	23,3	25,5	21,8
	hg	22,3	20,3	16,5	17,3	20,9	26,0	15,9	17,5	17,0	17,2
	G/ha	58,6	47,6	36,0	51,3	40,6	58,1	51,6	34,8	43,1	39,0
	EKL	IA,0	< I	I	I	< I	< I	I	I	I	I
	G Ertragstafel	38,6	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5
	B°	1,5	1,3	1,0	1,4	1,1	1,6	1,4	1,0	1,2	1,1
2022	n	51	25	17	16	11	27	33	23	12	18
	dg	31,4	36,0	24,6	28,9	49,6	35,8	30,4	27,1	31,1	23,9
	hg	24,4	23,8	20,0	20,1	24,8	29,1	18,8	20,0	20,5	19,3
	G/ha	49,3	56,4	40,1	52,4	47,0	60,0	59,6	32,7	45,3	40,2
	EKL	IA,0	< I	I	I	< I	< I	II	I	I	II
	G Ertragstafel	41,1	40,3	40,3	40,3	40,3	40,3	34,6	40,3	40,3	34,6
	B°	1,2	1,4	1,0	1,3	1,2	1,5	1,7	0,8	1,1	1,2

Qualitativer Vergleich der Baumarten

In die folgenden Auswertungen sind nur die Bäume der Kraft'schen Klasse 1–3 eingegangen, da diese die Wirtschaftsbäume des Bestandes darstellen und die bedrängten und unterständigen Bäume häufig auf Grund von Lichtkonkurrenz ungünstige Wuchsformen aufweisen.

Beim Vergleich der erreichten Qualitäten pro Baumart fallen besonders die Grautanne/Koloradotanne und die aus Asien stammenden Tannenarten negativ auf. Positiv stehen die Küstentanne und die Nordmantanne heraus.

Die Gesamtqualitätseinschätzung ergibt sich aus der Summe der Bewertungen der Baumarten hinsichtlich einzelner Qualitätsparameter. Die für die Tannenarten ausschlaggebenden Kriterien Astigkeit und Krümmung sind ebenfalls in Abbildung 3 dargestellt.

Alle überprüften Tannenarten sind Totasterhalter, weswegen die Ansatzhöhe der Äste nicht gesondert ausgewertet wurde. Hinsichtlich der Neigung zur Grobastigkeit fallen besonders die Grautanne, Nikkotanne und Sachalintanne negativ auf.

Starke Krümmungen sind in diesem Versuchsanbau vor allem ein Problem der Veitchstanne.

Mittel- und Tiefwiesel traten vereinzelt bei Grautanne, Nikkotanne, Nordmantanne und Sachalintanne auf. Hochwiesel kamen vereinzelt bei Nikkotanne, Küstentanne, Türkischer Tanne und Veitchstanne vor.

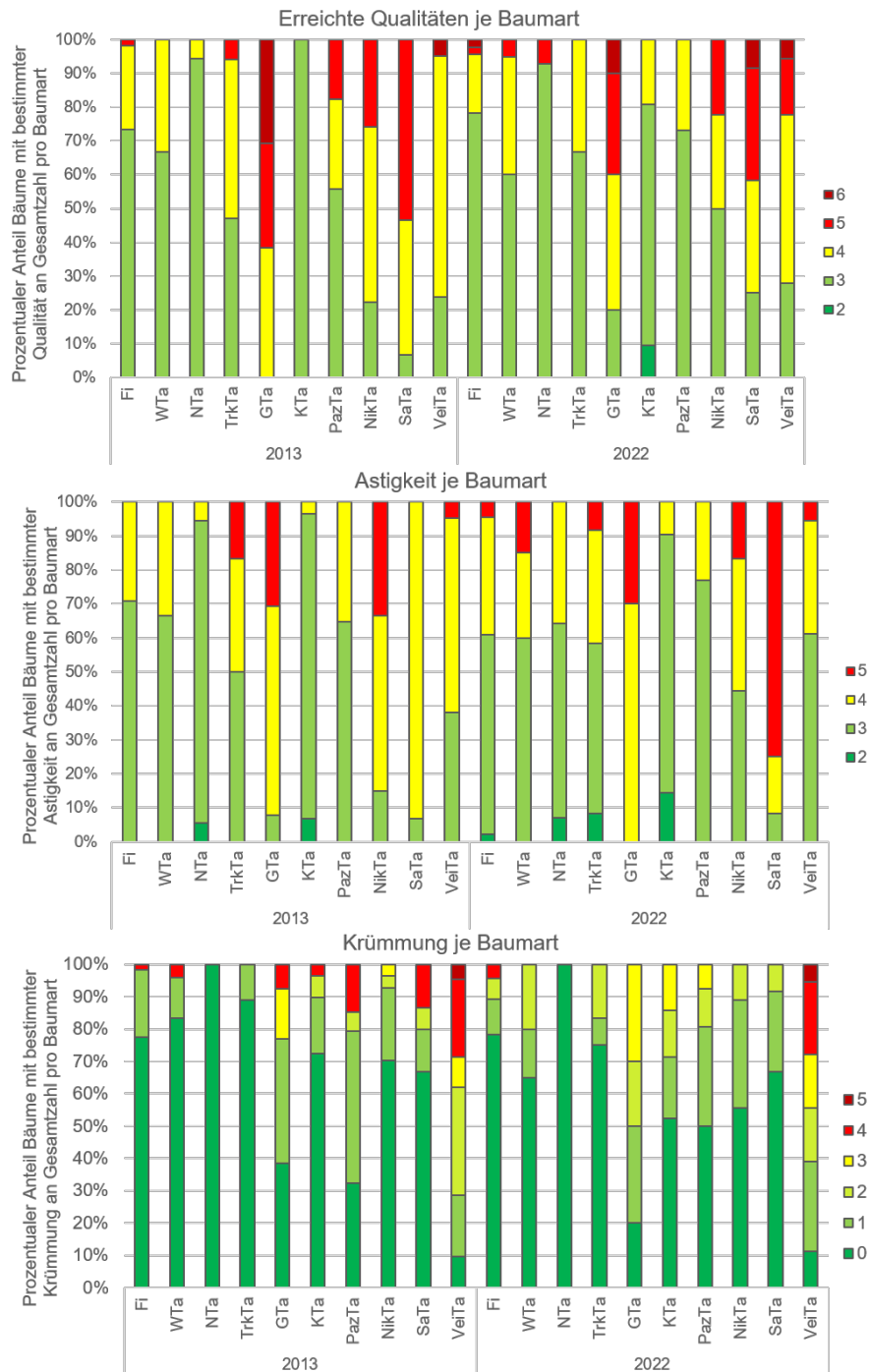


Abbildung 3: Prozentualer Anteil der Bäume mit a) einer bestimmten Qualität, b) einer bestimmten Astigkeit, c) einer bestimmten Krümmung an der Gesamtzahl der Bäume pro Art. Gesamtzahl Bäume pro Art (n): Fichte (Fi) 2013 = 62, 2022 = 46; Weißtanne (WTa) 2013 = 24, 2022 = 20; Nordmanntanne (NTa) 2013 = 18, 2022 = 14; Türkische Tanne (TrkTa) 2013 = 18, 2022 = 12; Grautanne (GTa) 2013 = 13, 2022 = 10; Küstentanne (KTa) 2013 = 29, 2022 = 21; Edel-Tanne (PazTa) 2013 = 34, 2022 = 26; Nikkotanne (NikTa) 2013 = 27, 2022 = 18; Sachalintanne (SaTa) 2013 = 15, 2022 = 12; Veitchtanne (VeiTa) 2013 = 21, 2022 = 18

Vitalitätsvergleich der Baumarten

Zwischen der ersten Aufnahme der Versuchsfläche nach dem beschriebenen Aufnahmeschema in 2013 und der zweiten Aufnahme 2022 lagen die Dürrejahre 2018 und folgende. Das Dürrejahr 2018 war auf der Versuchsfläche gekennzeichnet durch einen um 406 mm geringeren Jahresgesamtniederschlag und eine um 1,3 °C erhöhte Jahresmitteltemperatur verglichen mit der Klimanormalperiode von 1981–2010 (Klimaatlas NRW, Herausgeber: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW unter Verwendung von Daten vom Deutschen Wetterdienst (DWD)). Daher lässt die wiederholte Vitalitätsaufnahme Einschätzungen zu, wie hoch die Resilienz der verschiedenen Tannenarten gegenüber der Dürre ist.

In Abbildung 4 ist zu erkennen, dass Vitalitätsabnahmen zwischen 2013 und 2022 vor allem bei der Pazifischen Edeltanne und den asiatischen Tannenarten Nikkotanne, Sachalintanne und Veitchstanne vorkamen.

Die einzige Baumart, die über die Dürrejahre sogar an Vitalität zulegte, war die Grautanne.

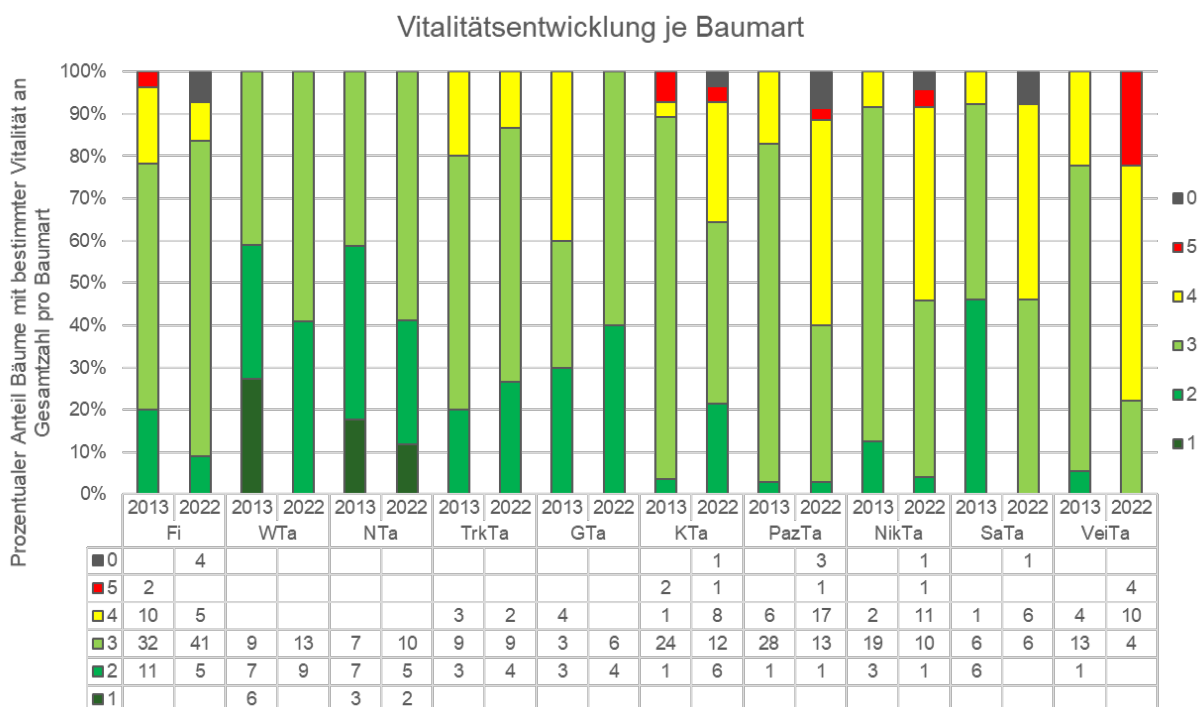


Abbildung 4: Prozentualer Anteil der Bäume einer Vitalitätsstufe pro Baumart und Aufnahmejahr. Gesamtzahl Bäume pro Art und Jahr unter der Abbildung

Diskussion

Europäische Arten

Weißtanne

Nachdem die Weißtanne in der Kulturphase einzelne Ausfälle aufwies, kam es im weiteren Bestandesleben nicht zu weiteren nennenswerten Absterbeerscheinungen.

Sie zeigte auf der Versuchsfläche eine besonders gute Wuchsleistung, besser als I.EKL (nach Schmidt 1995). Dies betraf sowohl die erreichte Höhe als auch den Durchmesser. Im Höhenwachstum erreichte sie nahezu das Niveau der Fichte. Ihr Durchmesserwachstum war sogar mit der schnellwachsenden Küstentanne zu vergleichen.

Auch die Qualität der Weißtannen in der Untersuchungsparzelle ist mit über 65 % der Bäume mit normaler Qualität (B – Stämme mit geringem C-Anteil) als gut einzuschätzen. Es bestand lediglich eine leichte Neigung zur Grobastigkeit, und es gab vereinzelt Bäume mit stärkeren Krümmungen. Die im Versuch ausgebildeten Qualitäten weisen auf eine gute wirtschaftliche Nutzbarkeit der Baumart hin, was auch durch Praxiserfahrungen und andere Versuchsflächen bestätigt wird. Dabei hat das Holz ähnliche Verwendungsbereiche wie Fichtenholz (Muck et al., 2008).

Unter dem Einfluss der Dürre in den Jahren 2018 und folgende wiesen die Weißtannen keine Vitalitätseinbußen auf. Es gab auch nach der Dürre im Jahr 2022 keine Weißtanne, deren Vitalität als geschwächt eingestuft wurde. Dies passt zu den Einschätzungen aus der Literatur, die die Weißtanne als geeignete Baumart für den Klimawandel einschätzt (George et al., 2018; Muck et al., 2008). Mehrere Studien konnten zeigen, dass ihre Zuwachseinbußen bei Dürreereignissen geringer sind als die der Fichte (George et al., 2015; Rothe et al., 2011).

Nordmantanne

Ausfälle traten bei der Nordmantanne in der Kultur- und Jungwuchsphase nicht im nennenswerten Umfang auf.

Die Wuchsleistung dieser Baumart blieb auf der Untersuchungsfläche weit hinter der Küstentanne und hinter der Fichte und Weißtanne zurück. Mit einem Mitteldurchmesser (d_g) von 24,6 cm im Alter von 48 Jahren wies sie den geringsten der untersuchten Tannenarten auf. Die damit verbundenen geringen Jahrringbreiten sprechen aber für eine gute Holzverwendbarkeit, da sie erwartungsgemäß die Vorgaben aus der DIN 4074-1 (2012) für Nadel-schnittholz erfüllen.

Die Qualität der Nordmantannen im Untersuchungsbestand war auffallend gut mit > 90 % der Bäume in der Qualitätsstufe 2 und 3 (B-Bäume mit nur geringem C-Anteil). Die Baumart zeigte keine Auffälligkeiten in den Qualitätsparametern. Daher ist zumindest nach äußeren Qualitätsmerkmalen davon auszugehen, dass das Holz gut verwendet werden kann, wenn keine großen holztechnologischen Probleme auftauchen, z. B. schwierige Trocknung etc.

Die Nordmantannen wiesen im Untersuchungsbestand keinerlei Vitalitätseinbußen nach der Dürre auf. Es wurde nach wie vor kein Baum mit abgeschwächter Vitalität vorgefunden. In einem Vergleichsversuch mit Weißtanne zeigte sie die höchste Resistenz gegen Trockenheit, ihre Resilienz war aber schwächer ausgeprägt als die der übrigen Arten (George et al. 2015). Das bedeutet, dass die Nordmantanne keine großen Schwankungen in den Jahrringbreiten aufwies. Auch (Aussenac, 2002) wies in seiner Studie nach, dass die Mittelmeertannenarten, zu denen die Nordmantanne gehört, eine hohe Trockenheitstoleranz aufweisen. Er führt dies auf eine sogenannte Dürrenvermeidungsstrategie zurück: So weisen diese Tannenarten eine sehr sensitive Stomata-Regulation auf, sodass sie bei Trockenheit nicht zu viel Wasser verlieren. Des Weiteren ist ihr

Höhenwachstum auf die ersten Monate der Vegetationszeit beschränkt, in welchen normalerweise eine gute Wasserversorgung herrscht (Aussenac, 2002). In Kombination mit der vorgefundenen Beibehaltung einer guten Vitalität deutet dies darauf hin, dass die Baumart im Klimawandel gut geeignet ist.

Türkische Tanne (Bornmüllertanne)

Die Bornmüllertanne fiel in der Kultur- und Jungwuchsphase positiv auf, da sie wenige Ausfälle aufwies und als sehr wüchsig eingeschätzt wurde.

Im weiteren Bestandesleben blieb die Wuchsleistung jedoch hinter der der Weißtanne, Küstentanne, Grautanne und Fichte zurück. In Mittelhöhe (hg) und Mitteldurchmesser (dg) lag sie etwas über der Nordmantanne, im arithmetischen Mittel erreichte sie ungefähr gleiche Werte, da es auch einzelne Bäume im Bestand gab, die unterständig, aber lebend waren. Die Ähnlichkeit im Wuchs der Türkischen Tanne zur Nordmantanne lässt sich damit erklären, dass erstere vermutlich als natürlicher Hybrid zwischen der Nordmantanne und der Griechischen Tanne (*Abies cephalonica*) angesehen werden kann (EUFORGEN, 2011).

Die auf der Versuchsfläche erreichte Qualität blieb durch eine Neigung zur Grobastigkeit deutlich hinter der der Nordmantanne zurück. Die Bestandesqualität konnte aber durch eine gezielte Durchforstung (Entnahme qualitativ schlechterer Bäume) zwischen 2013 und 2022 von 47 % auf 67 % qualitativ guter und normaler Bäume gesteigert werden.

Die Türkische Tanne zeigte keinerlei Vitalitätseinbußen während der Dürre. Sie gilt als trockenheitstolerant und kommt in ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet in Bereichen mit einer geringen Höhe über N.N. vor, in denen starke Sommerdürren auftreten können, während ausreichende Wasserzufuhr durch Niederschläge im Winter und Frühling stattfindet (Aussenac, 2002). Auf Grund dieser Eigenschaften in Kombination mit einem vergleichsweise späten Austriebszeitpunkt (Aussenac, 2002) und einer damit verbundenen geringen Spätfrostgefährdung wird sie als geeignete Alternativ-Baumart im Klimawandel angesehen (Aussenac, 2002; de Avila et al., 2021). Wegen der noch geringen Erfahrungen in Deutschland sind hier weitere Untersuchungen notwendig.

Nordamerikanische Arten

Grautanne

Die Grautanne hatte auf der Versuchsfläche bereits in der Kultur- und Jungwuchsphase große Probleme. Dies führte zu sehr hohen Ausfällen. Dies ist eher verwunderlich, da die Art in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet eine sehr weite Standortamplitude aufweist und auf einer Vielzahl verschiedener Böden mit verschiedenen Nährstoffverfügbarkeiten und pH-Werten vorkommt (Laacke, 1990). Des Weiteren wird sie in den USA als eine Art mit hoher Konkurrenzkraft und Schattentoleranz angesehen, die sich sogar in einigen Gebieten in Kalifornien massiv ausbreitet, seit dort die normalerweise natürlich auftretenden wiederkehrenden Feuer verhindert werden (Parsons & DeBenedetti, 1979). Was zum Ausfall der Grautanne in der Kultur führte, ist nicht dokumentiert.

Die übrigen Grautannen auf der Fläche erreichten im Höhenwachstum vergleichbare Werte wie die Weißtanne. Im Dickenwachstum war diese Art allen anderen überlegen, was aber dadurch beeinflusst wird, dass nach der Kulturphase nur noch wenige Bäume auf der Fläche standen, die nun einen Solitärcharakter aufweisen. Zu große Jahrringbreiten sind außerdem im Nadelholz negativ zu bewerten, weil das Holz dadurch Vorgaben aus der DIN 4074-1 (2012) für Nadelschnittholz nicht erfüllen und damit nur für minderwertigere Sortimente Verwendung finden kann.

Die Grautanne zeigte auf der Versuchsfläche trotz der Dürrejahre eine Verbesserung ihrer Vitalität zwischen 2013 und 2022. Sie kommt in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet auch in Regionen mit sehr geringen Sommerniederschlägen vor (Laacke, 1990). Diese ersten Eindrücke lassen eine Trockenheitstoleranz vermuten, was für eine Verwendung im Klimawandel sprechen würde. Die hohen Ausfallraten in der Kulturphase, die auch in weiteren Beständen im Arboretum Burgholz beobachtet wurden, sowie die Einschätzungen aus verschiedenen deutschen Instituten (Liesebach et al., 2021) lassen jedoch zum jetzigen Zeitpunkt keine Empfehlung zum Anbau zu.

Küstentanne

Die Große Küstentanne zeigte schon in der Kultur- und Jungwuchsphase eine Vorwüchsigkeit gegenüber den anderen Tannenarten. Diese hat sie, besonders was die erreichte Oberhöhe betrifft, nach wie vor beibehalten. Diese hohe Wuchsleistung ist auch aus ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet (Foiles et al., 1990) sowie aus der Untersuchung zahlreicher Versuchsflächen in Nordwestdeutschland bekannt (Spellmann et al., 2011). Sie geht jedoch mit großen Jahrringbreiten einher, die dazu führen können, dass die Vorgaben der DIN 4074-1 (2012) für Nadel-schnittholz nicht erfüllt werden. Dies kann jedoch durch angepasste waldbauliche Strategien, wie die frühzeitige Nutzung der vorwüchsigen Bäume im Bestand verhindert werden (Hapla, 2011; Spellmann et al., 2011).

Die am stehenden Stamm beurteilbaren Qualitätsmerkmale waren bei der Küstentanne durchweg positiv, sodass mehr als 80 % der Bäume eine gute Qualität (B-Holz mit geringem C-Anteil) zugeordnet werden konnten. Es tauchten jedoch an einigen Bäumen Trockenrisse auf, die vermutlich auf zu schnelles Wachstum zurückzuführen sind (Hartmann et al., 2007). Inwieweit diese sich im Holz wiederfinden, lässt sich von außen nicht beurteilen, sodass sie nicht zu einer qualitativen Abwertung der Bäume führten. Hier sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Die Küstentannen zeigten auf der Versuchsfläche Vitalitätseinbußen nach den Dürrejahren. Ergebnisse anderer Versuchsflächen (Spellmann et al., 2011) ließen jedoch eine hohe Trockenheitsresistenz erkennen. Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet der Küstentanne ist sehr groß mit einer sehr weiten Standortamplitude (Foiles et al., 1990). So ist es nicht verwunderlich, dass (Larsen et al., 1981) bei der Auswertung eines Herkunftsversuchs nachweisen konnten, dass sich Küstentannen-Herkünfte hinsichtlich ihrer Trockenheitsresistenz voneinander unterscheiden. Dabei wiesen die Herkünfte aus der südlichen Region der Kaskaden die höchste Trockenheitsresistenz auf.

Auf Grund der in anderen Versuchen nachgewiesenen Eigenschaften gilt die Küstentanne allgemein als anbauwürdig, auch in Zeiten des Klimawandels (Vor et al., 2015).



Pazifische Edeltanne

In der Kulturphase war die *Abies procera* auf der Versuchsfläche nicht besonders auffällig. Bei der Wuchsleistung fällt sie auf der Untersuchungsfläche durch eine geringe Höhenwuchsleistung auf, die jedoch auch durch ihre abgeschwächte Vitalität auf der Fläche erklärt werden kann. Beim Dickenwachstum übertrifft sie leicht die Nordmann- und Bornmüller-Tanne sowie die asiatischen Tannenarten. Aus ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet wird berichtet, dass die *Procera* die Douglasie in ihrer Volumenleistung übertrifft, jedoch startet die Pazifische Edeltanne deutlich langsamer (Franklin, 1990).

Die Qualität der Pazifischen Edeltanne im Versuch war bei Erstaufnahme eher mittelmäßig, was vor allem an Krümmungen und Grobastigkeit lag. Durch eine Durchforstung zwischen den Untersuchungsjahren konnte eine Qualitätssteigerung erreicht werden, da die Stämme mit der schlechtesten Qualität entnommen wurden. Auffallend waren ausgeprägte Trockenrisse bei der Edeltanne. Ob sich diese im Holzkörper wiederfinden, konnte am stehenden Stamm nicht beurteilt werden.

Die Pazifische Edeltanne fiel im Versuch besonders durch ihre Vitalitätsverluste in Folge der Trockenjahre zwischen der Erstaufnahme und der Wiederholung im Jahr 2022 auf. Dabei ist die Vitalitätsabnahme auf dieser Fläche im Vergleich zu weiteren Untersuchungsbeständen dieser Baumart im Arboretum Burgholz noch vergleichsweise gering. Eine langjährig beobachtete Fläche musste komplett aufgegeben werden, da die Edeltanne massive Ausfälle aufwies. An den Stämmen trat der Hyperparasit *Nematogonum ferrugineum* auf, der die Pilzarten *Nectria* und *Neonectria* besiedelt (Feemers et al., 2005). Es wurde daher vermutet, dass der Bestand von *Neonectria neomacrospora* befallen gewesen sein könnte, der seit einigen Jahren in Europa größere Schäden an verschiedenen Tannenarten anrichtet (Gonzalez et al., 2021) und auch in Deutschland bereits an verschiedenen Tannenarten nachgewiesen wurde (Feemers et al., 2005; Heydeck et al., 2020). Eine Abnahme der Vitalität der Edeltanne wurde auf verschiedensten Flächen vor allem in tieferen Lagen in NRW beobachtet.

Auf Grund dieser in NRW häufig auftretenden Schäden ist ein Anbau zumindest in tieferen Lagen nicht empfehlenswert. Inwieweit die Edeltanne in höheren Lagen eine Empfehlung erhalten kann, ist mit dieser Fallstudie nicht zu klären und Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Asiatische Arten

Die Asiatischen Tannen Nikkotanne, Sachalintanne und Veitchstanne wurden in der Kultur- und Jungwuchsphase positiv bewertet, wie die Anbaubücher zeigen. Dieser Eindruck lässt sich in der nun aufgenommenen späteren Lebensphase nicht bestätigen und zeigt, wie wichtig die lange Beobachtung von Anbauversuchen ist.

Nikkotanne

Die Nikkotanne erreichte im Versuch eine der eher geringen Wuchsleistungen, die unter der von Weißtanne und Fichte, aber auf ähnlichem Niveau wie die der Nordmann-Tanne, Türkischen Tanne und der anderen beiden asiatischen Tannenarten lag. Das passt auch zu den Erkenntnissen von Schober & Spellmann (2001), die die Nikkotanne auf deutschen Versuchsflächen als weniger wüchsig einstufen.

Auffällig war die eher mäßige Qualität der Nikkotanne im Versuch. So erreichten nur 50 % der Bäume B/C-Qualität. Über 20 % der Bäume wurden sogar in eine mangelhafte Qualitätsstufe einsortiert. Größtenteils waren hierfür die festgestellte Grobastigkeit und die vorhandenen Mittel- und Hochzwiesel ausschlaggebend.

Die Dürreperiode zwischen 2018 und 2021 führte bei der Nikkotanne zu deutlichen Vitalitätseinbußen, die jedoch nicht so stark ausgeprägt waren wie bei der Veitchstanne, die aus einem ähnlichen natürlichen Verbreitungsgebiet stammt. Die Vitalitätseinbußen bei Dürre waren zu erwarten, wenn man in Betracht zieht, dass in den natürlichen Verbreitungsgebieten 1.500 bis 2.000 mm Jahresniederschläge vor allem innerhalb der Vegetationszeit fallen (Schober & Spellmann, 2001). Auf Grund dieser Tatsache scheint die Nikkotanne für einen Anbau im Klimawandel nicht die geeignetste Tannenart zu sein.

Sachalintanne

Die Sachalintanne erreicht im Versuch höhere Wuchsleistungen als die anderen beiden asiatischen Tannenarten. Im BHD hält sie sogar mit der Fichte mit. Allerdings sind von der Sachalintanne auch nur noch wenige Exemplare im Versuch vorhanden. Ob dies auf Spätfrostschäden zurückzuführen ist, ist nicht dokumentiert. Bei deutschlandweiten Versuchsflächen war die Sachalintanne jedoch nicht auswertbar, da die Ausfälle durch Spätfrostschäden so massiv waren (Schober & Spellmann, 2001). Die hohen Ausfälle in unserem Versuch führten vermutlich frühzeitig dazu, dass die verbliebenen Exemplare viel Platz zur Ausbildung einer ausladenden Krone hatten.

Dies könnte auch ein Grund für die extreme Grobastigkeit der Baumart im Versuch sein, die letztendlich dazu führte, dass unter 30 % der Bäume B/C-Qualität erreichten und > 40 % der Bäume der Holzqualität D und schlechter entsprachen.

Die Dürreperiode führte auch bei der Sachalintanne zu Vitalitätseinbußen. Anders als die beiden anderen asiatischen Tannenarten kommt diese Art auf der Insel Hokkaido vor, wo der Jahresniederschlag mit 1.006 mm (Schober & Spellmann, 2001) geringer ist als im Verbreitungsgebiet der Nikko- und Veitchstanne.

Auf Grund der Vitalitätseinbußen während der Dürre, der von Schober & Spellmann (2001) berichteten Spätfrostschäden und der gebildeten Holzqualitäten in dieser Fallstudie würden wir nach derzeitigem Wissensstand den Anbau dieser Baumart nicht empfehlen. Jedoch kann dies nur ein erster Eindruck sein, da die Anzahl der Untersuchungen in Deutschland zu dieser sehr gering ist.

Veitchstanne

Die Veitchstanne war eine der Tannenarten mit den geringsten Wuchsleistungen im Versuch. Dies ist erstaunlich, da sie bei Auswertungen deutschlandweiter Versuchsflächen durch Schober & Spellmann (2001) als gut wüchsig, fast das Niveau der Küstentanne erreichend, eingestuft wurde. Eventuell ist dies auf die Nutzung einer falschen Herkunft zurückzuführen. So konnten auch Schober & Spellmann (2001) bei ihren Auswertungen nachweisen, dass Veitchstannen aus ursprünglich sehr hohen Höhenlagen nur schlechte Wuchsleistungen in Deutschland zeigen.

Die Qualität, die mit dieser Baumart auf den Versuchsflächen erreicht werden konnte, war vergleichsweise gering mit einem Anteil der Bäume mit B/C-Qualität von < 30 % und Bäumen mit einer Qualität D unterhalb von > 20 %. Zurückzuführen war dies auf die Grobastigkeit und auf die Neigung zu bisweilen starken Krümmungen des Stamms.

Der Vitalitätsverlust während der Trockenperiode ist bei der Veitchstanne im Versuch sehr stark ausgeprägt. So zeigten 2022 nur knapp 20 % der Bäume eine normale Vitalität. Dies ist erstaunlich, da Song et al. (2021) bei dieser Art eine nur geringe negative Reaktion des Wachstums auf Dürreereignisse im Vergleich zu anderen Koniferen und auch im Vergleich zur Weißtanne nachwies. Allerdings zeigten auch Schober & Spellmann (2001), dass die Veitchstanne stärker auf Dürren reagiert als die Nikkotanne. Da die Veitchstanne aus einem ähnlichen natürlichen Verbreitungsgebiet wie die Nikkotanne stammt, genießt auch sie ursprünglich hohe

Jahresniederschläge, die hauptsächlich in der Vegetationszeit fallen. So könnte die von Song et al. (2021) gefundene ausbleibende Reaktion auf Trockenheit auch als eine mangelnde Anpassung interpretiert werden, sodass die Art einfach gar nicht in der Lage ist, auf Trockenheit mit wassersparenden Anpassungen – wie die Schließung von Stomata – zu reagieren, weil sie es in ihrem Verbreitungsgebiet nicht muss. Zusammen bewertet lassen die Ergebnisse unseres Versuchs, die Einschätzungen von Schober & Spellmann (2001) und das natürliche Verbreitungsgebiet der Veitchstanne nicht erwarten, dass sie als alternative Baumart für den Klimawandel angesehen werden kann.

Fazit

In der vorgestellten Fallstudie fielen die europäischen Tannenarten Weißtanne, Nordmanntanne und Türkische Tanne positiv auf. Ausgehend von diesen Ergebnissen könnte man ihren Anbau daher im Klimawandel empfehlen, zumal in ihrem Fall von einer assisted migration gesprochen werden kann. Dies meint eine menschenunterstützte Migration, die unter natürlichen Bedingungen über einen längeren Zeitraum und ohne von Menschen geschaffene Ausbreitungsbarrieren auch natürlich hätte stattfinden können. Von den nordamerikanischen Arten zeigte in dieser Fallstudie nur die Große Küstentanne so positive Ergebnisse, dass man ihren Anbau empfehlen könnte. Die asiatischen Arten zeigten schlechte Qualitäten und Vitalitätsabnahmen bei der Dürre, sodass nach diesen Ergebnissen kein Anbau zu empfehlen wäre.

Insgesamt ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die durchgeführte Untersuchung nur auf einer Fläche stattfand. Daher sind die Ergebnisse zu den Arten nicht abschließend, sondern müssen durch weitere Studien unter den Standortbedingungen Deutschlands verifiziert werden.

Literatur

- Aussenac, G. (2002): Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change. *Annals of Forest Science* 59 (8), pp. 823–832.
- De Avila, A. L.; Häring, B.; Rheinbay, B.; Brüchert, F.; Hirsch, M. & Albrecht, A. (2021): Artensteckbriefe 2.0 – Alternative Baumarten im Klimawandel (Redaktion Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg). www.waldwissen.net.
- EUFORGEN (European forest genetic resources programme) (2011): *Abies bornmuelleriana* – Turkish fir. EUFORGEN. <https://www.euforgen.org/species/abies-bornmuelleriana>.
- Feemers, M.; Blaschke, M. & Lang, K. J. (2005): Tannen-Rindennekrose – eine Komplexkrankheit an der Weißtanne. *AFZ-DerWald* 2005 (4), S. 178–179.
- Foiles, M. W.; Graham, R. T. & Olson, D. F. Jr. (1990): *Abies grandis* – Grand Fir. In *Silvics of North America: Vol. 1. Conifers* (pp. 52–59). Forest Service United States Department of Agriculture.
- Franklin, J. F. (1990): *Abies procera* – Noble fir. In *Silvics of North America: Vol. 1. Conifers* (pp. 80–87). Forest Service United States Department of Agriculture.
- George, J.; Eberhardt, M.; Weißenbacher, L. & Hofmann, M. (2018): Eignung von *Abies alba* im Klimawandel. *Forstzeitung* 129 (6), S. 12–14.
- George, J.-P.; Schueler, S.; Karanitsch-Ackerl, S.; Mayer, K.; Klumpp, R. T. & Grabner, M. (2015): Inter- and intra-specific variation in drought sensitivity in *Abies spec.* and its relation to wood density and growth traits. *Agricultural and Forest Meteorology*, pp. 214–215, 430–443. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.08.268>.
- Gonzalez, M.; Reynolds, C.; Forster, J.; van der Linde, S.; Parrat, M.; Dvorak, M.; Robertshaw, B., & Perez-Sierra, A. (2021): Incidence of the emerging pathogen *Neonectria neomacrospora* on *Abies taxa* in the National Arboreta in England (UK). *Forest Ecology and Management*, 492, 119207.
- Hapla, F. (2011): Verwendungsmöglichkeiten für Küstentannen-Schnittholz. *LWF Wissen* 66, S. 74–75.
- Hartmann, G.; Nienhaus, F. & Butin, H. (2007): *Farbatlas Waldschäden: Diagnose von Baumkrankheiten* (3., neu bearb. und erw. Aufl.). Stuttgart.
- Heydeck, P.; Merkel, R.; Lange, U.; Hielscher, K.; Dahms, C.; Moritz, G. & Pfannenstill, T. (2020): Erste Nachweise von *Neonectria neomacrospora* (C. Booth & Samuels) Mantiri & Samuels als Krankheitserreger an *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr. im Nordostdeutschen Tiefland. *Journal of Cultivated Plants / Journal Für Kulturpflanzen* 72(6).
- Laacke, R. J. (1990): *Abies concolor* – White Fir. In R. M. Burns & B. H. Honkala (Eds.), *Silvics of North America: Vol. 1. Conifers* (pp. 36–46). Forest Service United States Department of Agriculture.
- Larsen, J. B.; Magnussen, S. & Rossa, M.-L. (1981): Untersuchungen über die Trockenresistenz und den Wasserhaushalt verschiedener Herkünfte von *Abies grandis* (Dougl.) Lindley. In: E. Röhrig (Hrsg.): *Neuere Grundlagen für den Anbau von Abies grandis*. Göttingen (Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 71).
- Liesebach, M.; Wolf, H.; Beez, J.; Degen, B.; Erley, M.; Haverkamp, M.; Janßen, A.; Kätzel, R.; Kahlert, K.; Kleinschmit, J. R. (2021): Identifizierung von für Deutschland relevanten Baumarten im Klimawandel und länderübergreifendes Konzept zur Anlage von Vergleichsanbauten: Empfehlungen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ zu den Arbeitsaufträgen der Waldbaureferenten (Thünen Working Paper 172).

- Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg., 2023): Waldzustandsbericht 2023 – Bericht über den ökologischen Zustand des Waldes in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- Muck, P.; Borchert, H.; Elling, W.; Hahn, J.; Immler, T.; Konnert, M.; Walentowski, H. & Walter, A. (2008): Die Weißtanne – ein Baum mit Zukunft. LWF Aktuell 67, S. 56–58.
- Parsons, D. J., & DeBenedetti, S. H. (1979): Impact of fire suppression on a mixed-conifer forest. *Forest Ecology and Management* 2, pp. 21–33.
- Rothe, A.; Dittmar, C. & Zang, C. (2011): Tanne – vom Sorgenkind zum Hoffnungsträger. LWF Wissen 66, S. 59–62.
- Schmidt, G. D. (1955): Tannen-Ertragstafel (Nordwestdeutschland). In: Schober, R. (Bearb., 1995): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. 4. Aufl. Frankfurt/Main.
- Schober, R. (Bearb., 1995): Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Frankfurt/Main.
- Schober, R. & Spellmann, H. (2001). Von Anbauversuchen mit Tannen und anderen Koniferen aus Japan, Nordamerika und Europa. Frankfurt/Main (Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 130).
- Schutzgemeinschaft Deutscher Wald (Hrsg., 2016): Fichte – der Brotbaum der Forstwirtschaft. Bonn.
- Song, Y.; Sass-Klaassen, U. Sterck, F.; Goudzwaard, L.; Akhmetzyanov, L. & Poorter, L. (2021): Growth of 19 conifer species is highly sensitive to winter warming, spring frost and summer drought. *Annals of Botany* 128(5), pp. 545–557.
- Spellmann, H.; Geb, M.; Nagel, J.; Nagel, R. & Schmidt, M. (2011): Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände. LWF Wissen 66, S. 63–73.
- Ste-Marie, C.; Nelson, E. A.; Dabros, A.; Bonneau, M.-E. (2011): „Assisted migration: Introduction to a multifaceted concept“. *The Forestry Chronicle* 87, Nr. 6, pp. 724–730.
- Vor, T.; Spellmann, H.; Bolte, A. & Ammer, C. (Hrsg., 2015): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten: Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. Universitätsverlag Göttingen.