

Gestern, heute, morgen – Forstpflanzenzüchtung am Beispiel der Fichte

Yesterday, today, tomorrow –
Forest tree breeding using the example of spruce

Katharina Volmer, Meik Meißner, Wilfried Steiner, Alwin Janßen

Zusammenfassung

Keine Baumart wurde häufiger gepflanzt, keine Baumart hat eine derart große ökonomische Bedeutung und keine Baumart polarisiert mehr. Für die einen der „Brotbaum“ ist die Fichte für andere zum Sinnbild einer unnatürlichen, klimasensitiven Baumart geworden.

In der mitteleuropäischen Forstpflanzenzüchtung war die Fichte von Anfang an eine der wichtigsten Baumarten. Schon früh wurden mittels phänotypischer Selektion hervorragende Einzelbäume aus überdurchschnittlichen Beständen ausgewählt. Das in Mutterquartieren und Samenplantagen gesicherte und in Herkunftsversuchen, Nachkommenschaftsprüfungen und Stecklingsversuchen noch vorhandene Material bildet heute die Selektionsgrundlage für die Erzeugung von leistungsfähigem und vitalem Vermehrungsgut für die nachfolgenden Generationen.

Insbesondere die Baumart Fichte profitiert von einer einzigartigen Datengrundlage aus 60 Jahren Forstpflanzenzüchtung. Auch unter sich ändernden Klimabedingungen werden für den Fichtenanbau geeignete Standorte verbleiben, auf denen qualitativ hochwertiges Fichtenholz regional und nachhaltig erzeugt werden kann. Für die dazu erforderliche Saatgutproduktion bedarf es vitaler Bäume mit hohem Anpassungspotenzial. Diese Bäume zu identifizieren und für die Forstpflanzenzüchtung zu nutzen ist das Ziel des deutschlandweiten Verbundprojekts „FitForClim“.

Am Beispiel der Fichte werden die einzelnen Auswahlsschritte von der Erstellung eines deutschlandweit einheitlichen Plusbaumaufnahmeschemas, der Sichtung und Auswertung bereits vorhandenen Datenmaterials, der phänotypischen Plusbaumauswahl in Beständen und Versuchsflächen bis hin zur Ausweisung neuer dynamischer Verwendungszonen dargestellt.

Stichworte: Fichte, Klimawandel, Forstpflanzenzüchtung, FitForClim

Abstract

No other tree species has been planted in such numbers, no other tree species is of such great economic importance, and no other tree species is as controversial. Seen by some as a “bread-tree”, for others spruce has become the symbol for unnatural and climate-sensitive tree species.

From the beginning spruce was one of the most important species in central European tree-breeding. Already at an early stage, outstanding trees were selected from above average stands by phenotype selection. This material, which was safeguarded in parent-tree nurseries and seed orchards, and which in provenance experiments, progeny tests and cuttings experiments is still available, forms the basis for generating productive and vigorous reproductive material for the next generation.

For spruce a unique data basis exists resulting from 60 years of forest tree-breeding. Even under changing climate conditions enough suitable sites for spruce will remain, where high quality spruce timber can be produced regionally and sustainably. Vigorous trees with a high adaption potential are required for the necessary seed production. Identifying these trees for use in forest tree-breeding is the goal of the Germany-wide joint project “FitForClim”.

Using spruce as an example, the individual selection steps will be described - from the establishing of a standardized German survey scheme, through the evaluation of available data and the phenotypic Plus-tree selection in stands and experimental plots, to the designation of new dynamic seed deployment zones.

Keywords: Norway spruce, climate change, forest tree breeding, FitForClim

1 Die „Gemeine Fichte“

Die Gemeine Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) prägt wie keine andere Baumart seit Generationen das Waldbild vieler Regionen. Nicht ohne Grund wurde diese boreale Nadelholzbaumart weit außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets angebaut (s. Abb. 1). Ihre Schnellwüchsigkeit und Anspruchslosigkeit hinsichtlich der Bodenqualität machten die Fichte seit jeher zur idealen Baumart für die Aufforstung großer, freier oder devastierter Flächen. Diese Eigenschaften und die im Vergleich zu Laubholz einfachere Ernte von Saatgut sowie das geringere Transportgewicht bei gleichzeitig langer Lagerbarkeit führten bis weit in das vergangene Jahrhundert zur Anlage großer Fichtenreinbeständen (SCHMIDT-VOGT 1988, BROSINGER u. ÖSTREICHER 2009, LIESEBACH et al. 2010).



Abbildung 1: Waldtrakte mit Fichte nach der BWT³ (grüne Punkte) sowie das potenziell natürliche Verbreitungsgebiet der Baumart (dunkelgrau) aus EUFORGEN 2009 (nach VOLMER et al. 2016)

1.1 Fichten von gestern für den Markt von heute

Auch heute noch gilt die Fichte als eine der schnellwüchsigsten und vielseitigsten Baumarten der gemäßigten Zone. Sie ist und bleibt mit 25 % am Gesamtflächenanteil des Waldes die wichtigste Wirtschaftsbaumart Deutschlands (KNOKE 2009, BMEL 2014). Wie keine andere Nadel- oder Laubholzbaumart sichert sie seit alters her die Rohstoffversorgung der Märkte und bildet mit einem Anteil von 51 % am gesamten Rohholzaufkommen bis heute die Basis der Wirtschaftlichkeit vieler Forstbetriebe (POLLEY et al. 2015).

Keine andere Baumart kann sich mit der universellen Einsetzbarkeit von Fichtenholz messen. Die Fichte in ihrer physiologischen Beschaffenheit ist für die Papier-, Zellstoff- und Bauindustrie nur schwer zu ersetzen (BMEL 2014).

Rohstoffe und deren nachhaltige Verfügbarkeit bilden heute die Grundlage jeder Volkswirtschaft. Der Rohstoff Holz, insbesondere Nadelholz ist einer der wenigen Rohstoffe, der innerhalb von Dekaden regenerativ entstehen kann. Bereits heute gilt es, nach dem forstlichen Prinzip der Nachhaltigkeit den einzigartigen Lebensraum Wald einschließlich seiner Leistungsfähigkeit für nachfolgende Generationen uneingeschränkt zu erhalten, um diesen einzigartigen Rohstoff auch in Zukunft nutzen zu können (SPELLMANN 2013, BMEL 2015).

1.2 Eine Zukunft für die Fichte

Der Fichtenanbau weit über das potenziell natürliche Verbreitungsgebiet hinaus in großflächigen, kalamitätsempfindlichen Reinbeständen hat in der Vergangenheit immer wieder zu umfangreichen Schadereignissen geführt und schädigte das Ansehen dieser Baumart nachhaltig. Durch die klimatischen Verschiebungen hin zu höheren Temperaturen bei gleichbleibenden oder geringeren (Sommer-)Niederschlägen wird die Anbaueignung und -würdigkeit von Nadelbäumen zusätzlich eingeschränkt (KÖLLING et al. 2008, COLLINS et al. 2013, VOLMER et al. 2016). Dies betrifft bei der Fichte vor allem die tieferen Lagen unter 450 m ü. NN, die sich schon heute aufgrund ihrer Wasserverfügbarkeit (Kombination aus Temperatur, Niederschlag, Bodenqualität) für den Fichtenanbau als grenzwertig erweisen (s. Abb. 2) (SCHMIDT-VOGT 1988, BIERMEYER u. TRETTER 2016).

Nach der weiträumigen Überschreitung des potenziell natürlichen Verbreitungsgebietes dieser Baumart in der Vergangenheit wird es bei sich ändernden Klimabedingungen in den nächsten hundert Jahren in diesen Bereichen zu massiven Anbauflächenverlusten kommen (KÖLLING u. ZIMMERMANN 2007, KÖLLING et al. 2009, JANDL et al. 2012). Den rückläufigen Fichtenanbauflächen steht gleichzeitig eine konstante bis steigende Rohstoffnachfrage gegenüber (SPELLMANN 2013, DESTATIS 2016). Alleine im letzten Jahrzehnt wurden 15 % mehr Fichtenholz (teils verursacht durch Kalamitäten) genutzt, als nachwachsen konnte (POLLEY et al. 2015). Verstärkt wird dieser Effekt noch durch die großflächigen Flächenstilllegungen, z. B. im Rahmen der Bundeswaldstrategie.

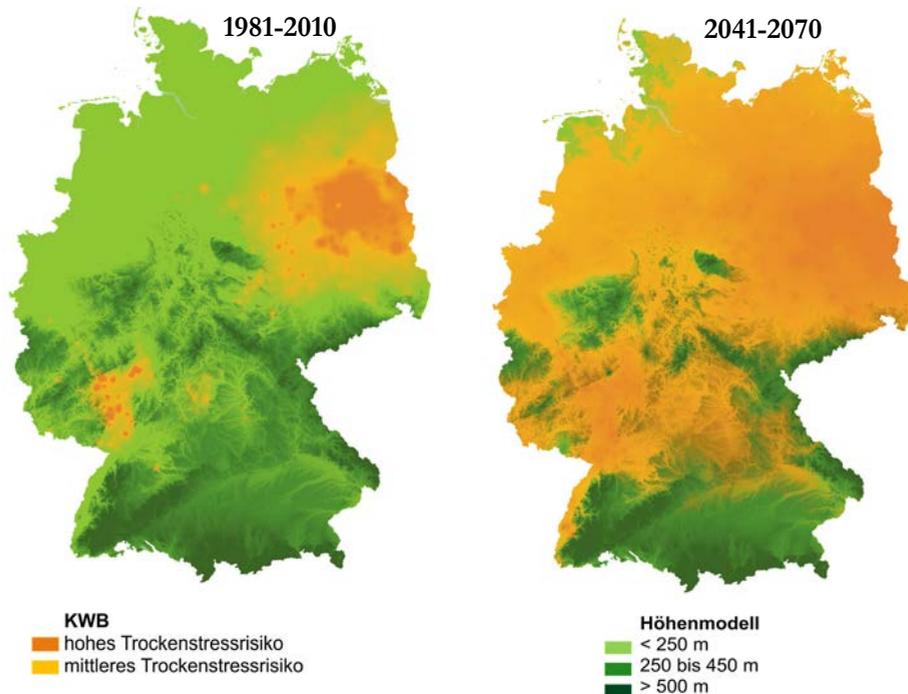


Abbildung 2: Darstellung der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) nach RCP 8.5 mit bobem (< -220) und mittlerem (-220 bis -140) Trockenstressrisiko der Fichte (verändert nach NAGEL u. SPELLMANN 2012 sowie SPELLMANN et al. 2011) erweitert um das Höhenmodell für Deutschland

Um einem Nachfrageüberhang entgegenzuwirken, strebt das Verbundprojekt FitForClim eine Erhöhung der Flächenproduktivität an. Zu diesem Zwecke wird genetisch hervorragendes sowie vitales Pflanzenmaterial mit geeigneter Standortamplitude und Wüchsigkeit für aktuelle und zukünftige Klima- und Vitalitätsanforderungen gezielt selektiert und vermehrt (LIESEBACH et. al. 2013, MEIBNER et al. 2015).

Auch wenn die züchterische Bearbeitung von Waldbäumen in Deutschland nicht mit der Kontinuität anderer Länder und an anderen Nadelbaumarten betrieben wurde, zeigen Nachkommenschaftsprüfungen von phänotypisch selektierten Samenplantagen überlegene Eigenschaften hinsichtlich ihrer Qualität- und Zuwachsleistung (GROTEHUSMANN 2014). Auf der Grundlage dieser Ergebnisse sowie Erkenntnissen aus der Züchtungsarbeit anderer Länder und an anderen Nadelbaumarten wird bei einer 15-jährigen Züchtungsarbeit mit einem Volumenmehrertrag von 10-30 % und mehr gerechnet (CORNELIUS 1994, LEE 1999a, LEE 1999b, PRESCHER 2009, LIESEBACH et. al. 2013).

2 Projektstatus Gemeine Fichte

Der Verbund der Institutionen:

- Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Waldgenressourcen,
- Thünen-Institut für Forstgenetik,
- Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht,
- Staatsbetrieb Sachsenforst,
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg,
- Landesbetrieb Forst Brandenburg,
- Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen,
- Landesforst Mecklenburg-Vorpommern,
- Landesforsten Rheinland-Pfalz,
- und ThüringenForst

ermöglicht erstmalig den deutschlandweiten Zugriff auf Versuchsdaten aus den vergangenen sechs Jahrzehnten (MEIBNER et al. 2015).

2.1 Versuchsflächen und Plusbaumauswahl

Aufgrund ihres wirtschaftlichen Wertes für die Forstbetriebe wurde bis Mitte der 80er Jahre die Fichte zum Teil intensiv züchterisch bearbeitet. Deutschlandweit existieren bis heute über 370 Fichten-Versuchsflächen (s. Abb. 3) sowie etwas mehr als 2.000 ausgewählte Plusbäume aus sechs Jahrzehnten Züchtungsarbeit in Samenplantagen. Die Versuchsflächen und Samenplantagen verfügen teilweise über genetische Informationen von Herkünften bzw. Einzelbäumen, die in Beständen schon seit Jahrzehnten verloren gegangen sein können. Der Zugriff auf diese breite Datengrundlage sowie bereits geprüftes, selektiertes und in der Vergangenheit gesichertes Material ermöglicht die zielgerichtete, im Projekt einheitliche, Auswahl geeigneter Plusbäume. Insbesondere über 180 Versuche mit vegetativ vermehrten Material im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA bieten zusätzliches Daten- und Erkenntnispotenzial (VOLMER et al. 2016).

Versuchsflächen, die nach wissenschaftlichen Grundsätzen angelegt wurden, erlauben den objektiven Vergleich verschiedener „Prüfglieder“, beispielsweise Nachkommenschaften unterschiedlicher Mutterbäume. Dies ermöglicht die Auswahl der besten Generalisten mit breiten Umweltgradienten und guter Anpassungsfähigkeit hinsichtlich der für die Fichte ausgewählten Kriterien Durchmesser- und Höhenwachstum sowie, bei entsprechender Datenlage, Vitalität und Qualität (Überleben, Stammform, Astigkeit usw.) (VOLMER et al. 2016). Insbesondere Versuchsserien mit mehr als zwei unterschiedlichen Versuchsflächenstandorten, einer möglichst zeitnahen letzten Aufnahme der Flächen und einem Alter von mehr als 20 Jahren wurden bei der Plusbaumsuche berücksichtigt.

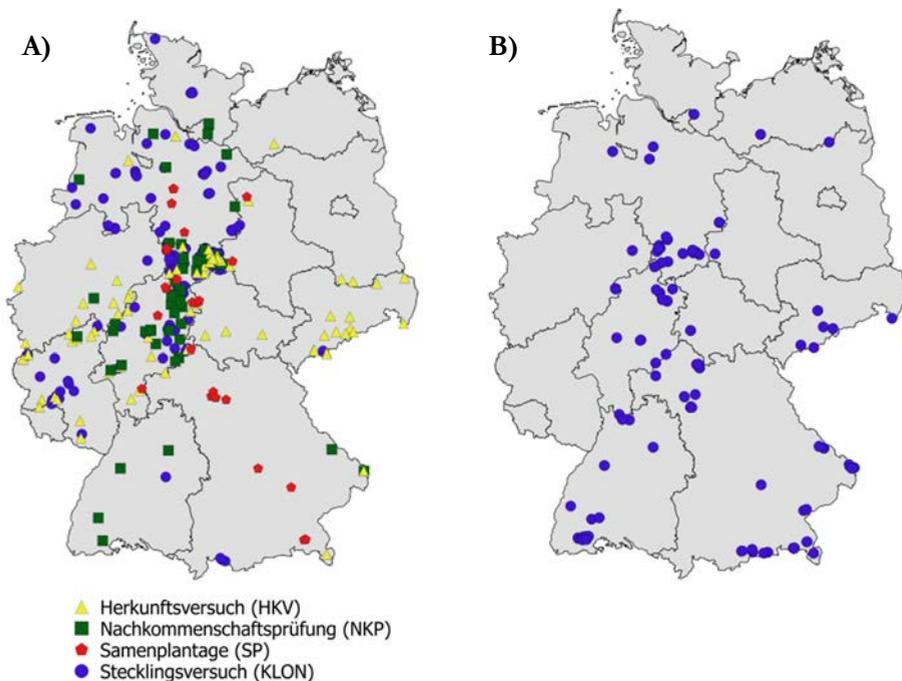


Abbildung 3: A) Versuchsflächen und Samenplantagen aus sechs Jahrzehnten Fichtenzüchtung (Stand: Mai 2016). B) Lage ausgewählter Plusbäume (Stand: Mai 2016, $n = 391$, teilweise überlagert)

Alle Berechnungen wurden mit der Statistiksoftware R 3.2.3 durchgeführt (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008). Die Berechnung der Prüfgliedmittel erfolgte mittels eines gemischten Modells aus dem Paket ‚lme4‘, um die Wiederholung im Versuch als Zufallsvariable zu berücksichtigen. Anschließend wurde die Adjustierung der Parzellenmittelwerte mit Hilfe der Funktion ‚lsmmeans‘ aus dem Paket ‚lmerTest‘ vorgenommen. Zuletzt erfolgte eine Standardisierung der Parameter innerhalb jeder Versuchsfläche mittels z-Transformation.

Abschließend wurden die Prüfglieder innerhalb einer Versuchsserie mittels eines Selektionsindex gewichtet. Für die Plusbaum-Auswahl geeignet waren Prüfglieder, die nach den Selektionsindizes zum besten Viertel, mindestens jedoch zur besseren Hälfte aller Prüfglieder gehörten.

An die statistische Auswertung der Versuchsserien schließt sich ein weiterer Selektionsschritt an. Aus den identifizierten Prüfgliedern werden die phänotypisch herausragendsten Individuen als Plusbäume für das Verbundprojekt FitForClim ausgewählt und mittels der projekteigenen Datenbank verwaltet. Dieses mehrfach selektierte Material wird anschließend durch Pfropfung vermehrt und bildet die Basis für den Aufbau künftiger Zuchtpopulationen (VOLMER et al. 2016).

Zur Sicherung und Ergänzung der genetischen Vielfalt wurden zusätzlich Plusbäume aus den hochwertigsten (Saatguternte-)Beständen der Bundesländer nach einheitlich festgelegten phänotypischen Charakteristika ausgesucht. Mit der Sicherung dieses Materials durch Pfropfungen wurde im Winter 2014/2015 begonnen (VOLMER et al. 2016).

2.2 Bildung von Verwendungszonen

Neben der Charakterisierung und Identifizierung von Plusbäumen wurde auch die Ausweisung von großräumigen Verwendungszonen für hochwertiges Vermehrungsgut (als Erweiterung der bisherigen Herkunftsgebiete) mittels klimatisch relevanter Parameter fokussiert (MEIßNER et al. 2015). Geprüft wird, ob eine angeordnete Aufgliederung der Verwendungszonen nach Höhenstufen und Risikopotenzial für Trockenstress durch die Ergebnisse aus großen Herkunftsversuchsreihen gestützt werden kann (VOLMER et al. 2016).

Ein erster Ansatz zur Identifizierung von Variablen, die zur späteren Abgrenzung der Verwendungszonen dienen könnten, besteht in der *Multivariate Regression Tree Analysis* (MRT) (DE'ATH 2002). Das MRT-Modell kann die Wuchsleistung von Prüfgliedern auf verschiedenen Versuchsflächen durch klimatische Kennwerte des ursprünglichen Standorts des Prüfglieds (Ort der Saatgutgewinnung) erklären. Auf dieser Basis können Gruppierungen der Prüfglieder nach ihren standörtlichen Anpassungen vorgenommen und Zuchtpopulationen für Verwendungszonen zusammengestellt werden. Hierzu wurden die Serien mit der höchsten orthogonalen Prüfgliedübereinstimmung zwischen den Versuchsflächen und mit einer möglichst großen Differenz zwischen den Versuchsflächenstandorten ausgewählt (s. Abb. 4).

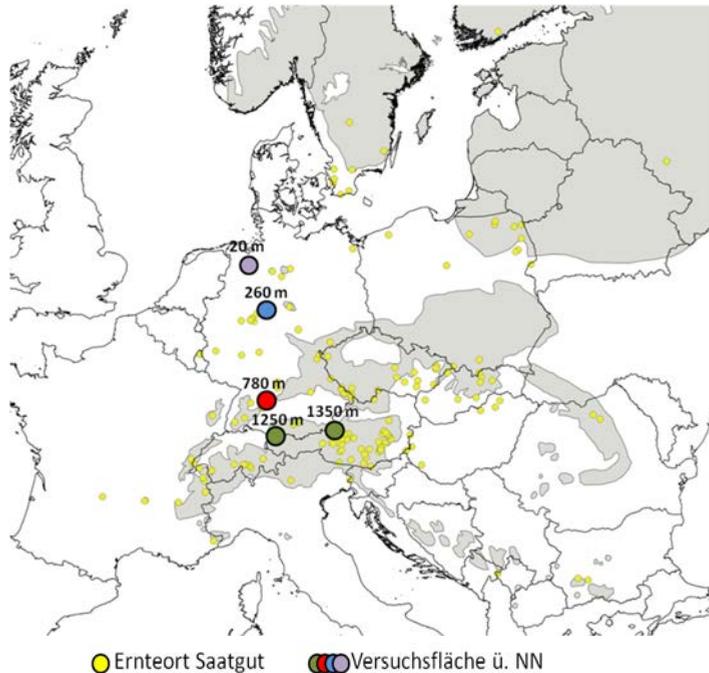


Abbildung 4: Versuchsflächen des Internationalen Fichtenberkuntsversuchs von 1962 (farbige Punkte mit Angabe der Lage ü. NN) sowie Ursprungsorte (gelbe Punkte) der verwendeten 178 Prüfglieder. Das potenziell natürliche Verbreitungsgebiet der Fichte wurde zusätzlich in hellgrau gekennzeichnet (EUFORGEN 2009).

Die Ermittlung der biologisch relevanten Klimadaten als Rechengröße für das MRT-Modell erfolgte mit der Software ClimateEU (<http://tinyurl.com/ClimateEU>, 11.05.2016), die auf dem *Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model* (PRISM) beruht (DALY et al. 2008). Für die Analysen wurden Klimadaten der Normperiode 1981-2010 extrahiert. Anschließend erfolgte die Berechnung der Prüfgliedmittel wie in Kap. 2.1 beschrieben. Das Modell verwendet jährliche und saisonale Klimadaten sowie die aktuellsten Baumhöhendaten der Prüfglieder auf den verschiedenen Versuchsflächen.

Mittels der durch das MRT ausgegebenen Variablengrenzen (Durchschnittstemperatur Frühjahr, Niederschlagsmenge Herbst, Breitengrad und Climatic Moisture Deficite - CMD) lässt sich eine Aufteilung der Prüfglieder in verschiedene Gruppen vornehmen (s. Abb. 5A+B).

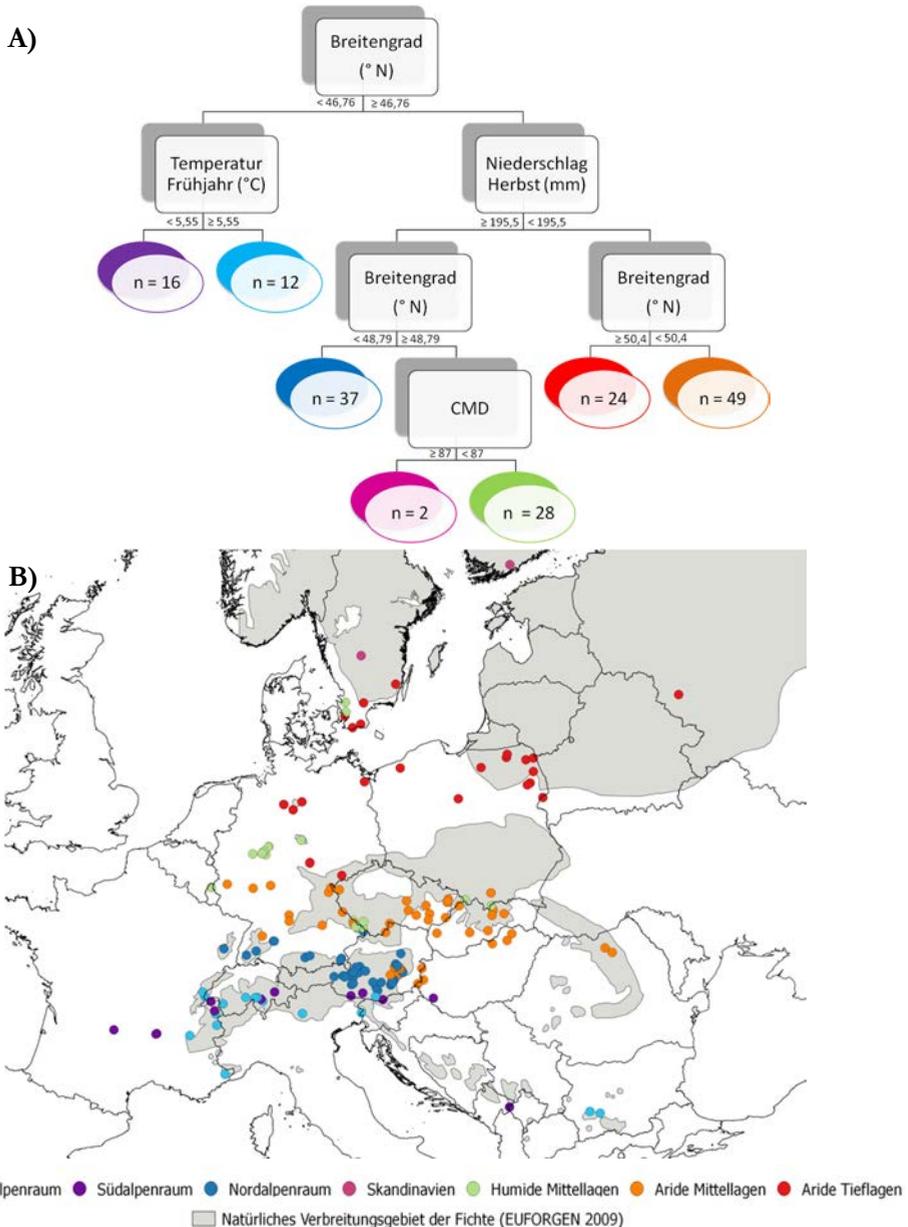


Abbildung 5: Prüfliedgruppierung des Internationalen Fichtenberkungsversuchs von 1962 durch Multivariate Regression Tree Analysis (MRT). A) Die entscheidenden Variablen Temperatur im Frühjahr, Niederschlag im Herbst, Breitengrad und Climatic Moisture Deficits – CMD und ihre Schwellenwerte für die Gruppierung. B) Geografische Visualisierung der Gruppierung unter Verwendung des gesamten Prüfliedsatzes ($n = 168$), wie im Entscheidungsbaum (A) gezeigt.

Bei der in Abb. 5A+B dargestellten Gruppenbildung wurden alle verfügbaren 168 Fichtenherkünfte berücksichtigt, darunter auch zahlreiche von außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes. Zur Klärung der Fragestellung, ob autochthones und somit höchstwahrscheinlich gut an das Ursprungsklima angepasstes Material über ein ähnliches Gruppierungsmuster verfügt, wurde der Datensatz auf Prüfglieder mit vermutlich autochthonem Ursprung reduziert. Durch die in den vergangenen Jahrhunderten stattgefundenene weitläufige, unkontrollierte Verbreitung von Fichtensaatgut lässt sich heute die Autochthonie vieler Bestände nicht mehr eindeutig klären (LIESEBACH et al. 2010). Als näherungsweise Kriterium für Autochthonie wurde daher die Lage innerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets verwendet und der Datensatz so auf 98 Prüfglieder reduziert. Das Ergebnis ist in Abb. 6A+B dargestellt.

Trotz der Unterschiede zwischen den Gruppierungsmustern in Abb. 5 und 6 lassen sich bereits bei der Auswertung nur einer Versuchsserie klare Tendenzen erkennen. Für beide Datensätze zeigte sich eine deutliche Trennung zwischen dem südlichen sowie dem nördlichen Alpenraum (inklusive Alpenvorland) und den skandinavischen Herkünften. Im auf „Autochthonie“ reduzierten Datensatz fand keine Gruppierung in Mittel- und Tieflagen statt, diese wurden zusammenfassend als eher sommerrockene Lagen mittels Summer Heat-Moisture Index ausgewiesen (s. Abb. 6B). Insgesamt weist der auf „Autochthonie“ reduzierte Datensatz mit 98 Prüfgliedern vier, der Gesamtdatensatz mit 168 Prüfgliedern sieben Gruppen aus. Eine umfangreiche Datengrundlage mit einer Prüfglied- und Versuchsflächenverteilung über verschiedenste Standorte kann somit zur Bildung detailgenauerer Verwendungszonen genutzt werden.

Das Ergebnis dieser Auswertung stellt den derzeitigen Stand der Arbeiten dar, weitere Auswertungen stehen noch an. Insbesondere der Abgleich mit anderen Herkunftsserien soll Aufschluss darüber geben, ob bestimmte Variablenmuster/-grenzen sich häufen und wie diese hinsichtlich der Ausweisung von Verwendungszonen zu interpretieren sind. So erscheint eine Beeinflussung des Breitengrads durch die Rückzugsgebiete der Fichte während der letzten Eiszeit möglich und sollte bei zukünftigen Auswertungen weitergehend überprüft werden. Eine Aufteilung von Verwendungszonen nach Höhenstufen sowie dem Risiko für Trockenstress ist somit denkbar.

Die Regionen für die Ausweisung zukünftiger Verwendungszonen werden nach deren zukünftiger Relevanz für den Fichtenanbau ausgewählt bzw. abgegrenzt. In den außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets gelegenen Regionen wird der Fichtenanbau zunehmend risikoreicher und unbedeutender werden. Der Bereich für Züchtungsaktivitäten der Fichte im Projekt FitForClim wird sich von der Mitte bis in den Süden Deutschlands erstrecken. Dieser Bereich wird in Verwendungszonen unterteilt, für die zukünftige Zuchtpopulationen zusammengestellt und neue Samenplantagen aufgebaut werden (s. Abb. 7).

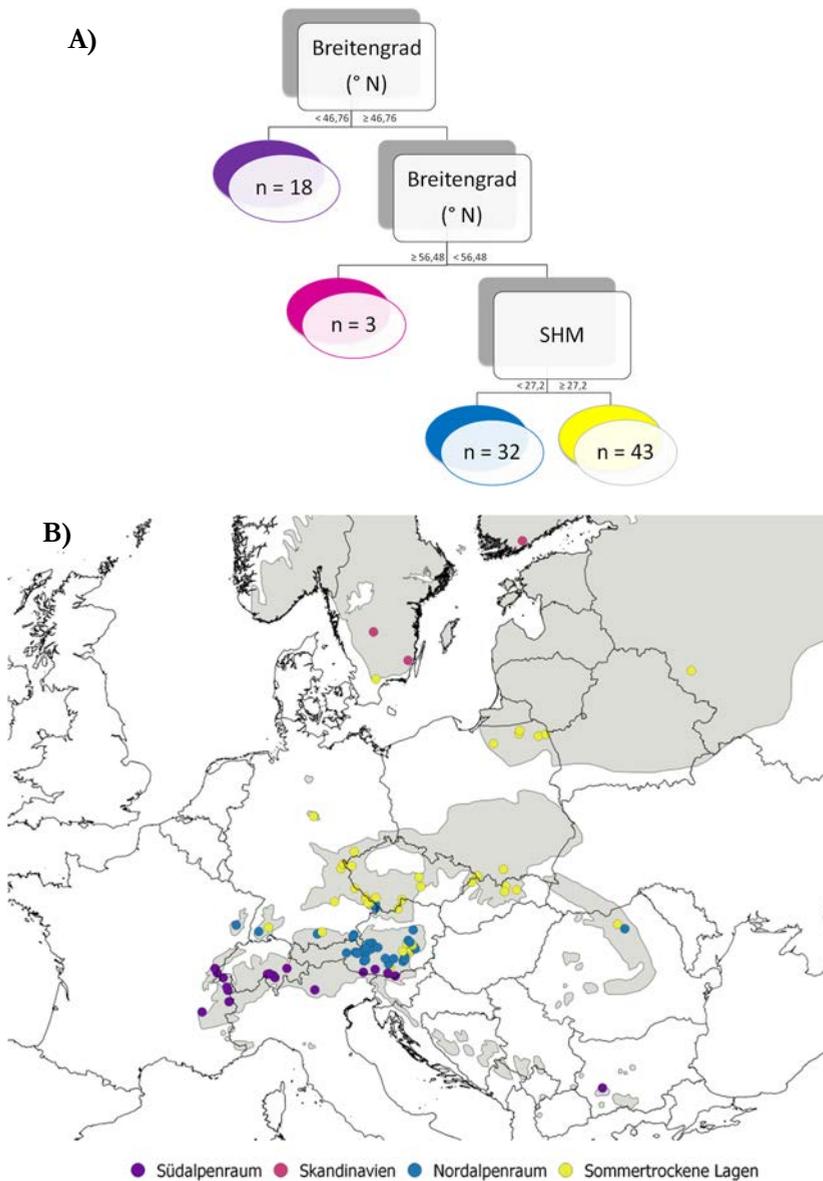


Abbildung 6: Prüfliedergruppierung des Internationalen Fichtenberkungsversuchs von 1962 durch Multivariate Regression Tree Analysis (MRT). A) Die entscheidenden Variablen Breitengrad und Summer Heat-Moisture – SHM und ihre Schwellenwerte für die Gruppierung. B) Geografische Visualisierung der Gruppierung unter Verwendung des als autochthon eingeteilten Prüfliersatzes ($n = 98$), wie im Entscheidungsbaum (A) gezeigt.

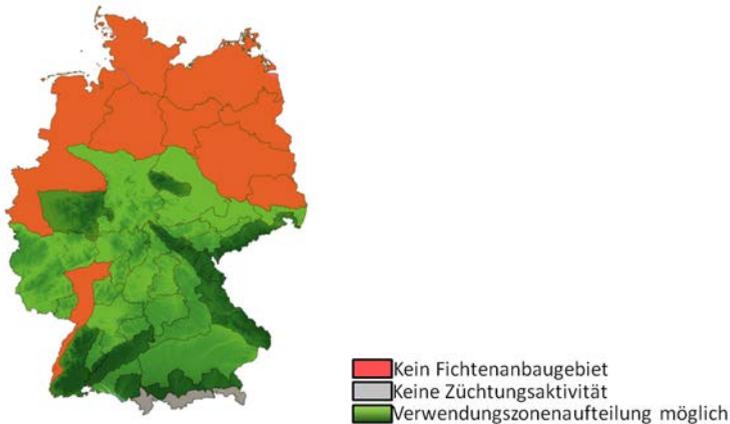


Abbildung 7: Regionale Gliederung Deutschlands für die Züchtungsaktivitäten bei der Baumart Fichte für Deutschland. Die „grünen“ Bereiche sind für eine Verwendungszoneneinteilung ange-dacht.

3 Erkenntnis und Ausblick

Zahlreiche Publikationen der nahen Vergangenheit beschäftigen sich mit der waldbaulichen und forstwirtschaftlichen Zukunft der Baumart Fichte und geben Waldbesitzern detaillierte Handlungsempfehlungen (KNOKE 2009, KÖLLING et al. 2009, BIERMEYER u. TRETTER 2016). In keinem anderen Wirtschaftszeug und bei keiner anderen Baumart stehen sich dabei die wechselseitigen Ansprüche von Ökologie und Ökonomie derart ausgeprägt gegenüber (PICKENPACK 2013).

Die hohen Ausfälle der Vergangenheit lehren uns die ökologischen und klimatischen Grenzen des Fichtenanbaus besser zu verstehen und zu berücksichtigen. Nadelholz, Nachhaltigkeit und naturnahe Waldbewirtschaftung müssen einander nicht ausschließen (VOLMER et al. 2016). Durch den standortgerechten Anbau in Mischungen mit Laubhölzern kann auch die Fichte einen wertvollen Betrag für die Vielfalt der Wälder von morgen leisten (BIERMEYER u. TRETTER 2016). Aufgrund der hauptsächlich energetischen Nutzung des Laubholzanteils stellt Fichtenholz zusätzlich die ökonomische Basis für Forstbetriebe sowie die Rohstoffbasis der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie dar (SPELLMANN 2009).

Um zukünftig nicht am Markt vorbei zu produzieren, wird Nadelholz auf geeigneten Standorten weiterhin eine wichtige Rolle für die Forst- und Holzwirtschaft haben (SPELLMANN 2005, BROSINGER u. ÖSTREICHER 2009, KNOKE 2009). Schon SPELLMANN (2009) forderte einen langfristig angemessenen, standortgerechten Nadelbaumanteil bei der Bestandesbegründung zu sichern und Kalamitätsnutzung durch die Entwicklung stabiler Mischbestände zu begrenzen. Zur Erreichung dieser Forderung kann hochwertiges und anpassungsfähiges Vermeh-

rungsgut mit geeigneter Standortamplitude und Wüchsigkeit einen hohen Beitrag leisten.

Die Bereitstellung von Züchtungsmaterial in Kombination mit der Ausweisung von Verwendungszonen für das zukünftig produzierte Forstsaatgut ist das mittelfristige Ziel des Verbundprojekts FitForClim. Durch die Selektion genetisch und phänotypisch hervorragender Plusbäume sowie der begonnenen Ausweisung der Verwendungszonen wird die Basis für eine neue klimadynamische Züchtungsarbeit gelegt.

Die langfristig geplanten Zuchtpopulationen und die aus diesen etablierten Samenplantagen für die verschiedenen Verwendungszonen basieren auf diesem ersten Schritt und dienen der Sicherung der Rohstoffversorgung folgender Generationen (s. Abb. 8).

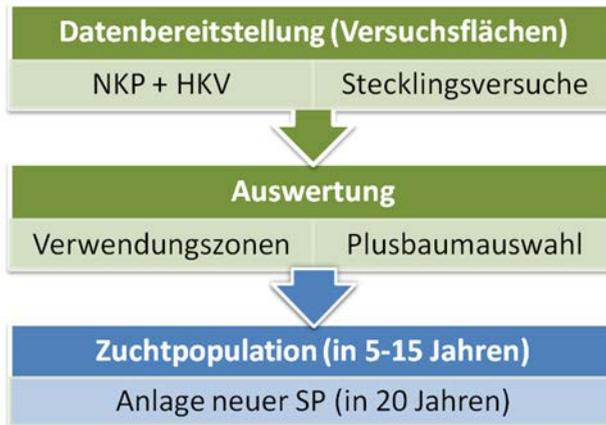


Abbildung 8: Schematische Darstellung der für die Baumart Fichte im Projekt FitForClim laufenden (grün) sowie zukünftig geplanten Arbeiten (blau) (Stand: Juli 2016) (NKP = Nachkommenschaftsprüfung, HKV = Herkunftsversuch, SP = Samenplantage) (verändert nach VOLMER et al. 2016)

Zur mittelfristigen Saatgutversorgung verbleibt die Möglichkeit, bereits vorhandene und fruktifizierende Versuchsflächen mittels der ausgewerteten Datenlage qualitativ zu selektieren und in hochwertige Saatguterntebestände zu überführen. Zudem könnten durch eine genauere Standortkartierung weitergehende Aussagen hinsichtlich der Bodenwasserbeschaffenheit und Nährstoffversorgung der verschiedenen Fichtenstandorte und deren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und möglicherweise die Trockenstressresistenz ausgewählter Plusbäume getroffen werden.

Literatur

- BIERMAYER, G.; TRETTER, S. (2016): Wie viel Fichte geht noch im Klimawandel? Vorschlag für eine Übergangsstrategie für Hochleistungsstandorte. LWF-aktuell Nr. 108, 44-49
- BROSINGER, F.; ÖSTREICHER, S. (2009): Die Fichte im Wandel. Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft – Wissen Nr. 63, 11-15
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2014): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur, 56 S.
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2015): Nachwachsender Rohstoff Holz, https://www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/03_Holz/_texte/NachwachsenderRohstoffHolz.html, Stand: 12.03.15 (abgerufen am 08.07.2016)
- COLLINS, M.; KNUTTI, R.; ARBLASTER, J.; DUFRESNE, J.-L.; FICHEFET, T.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GAO, X.; GUTOWSKI, W.J.; JOHNS, T.; KRINNER, G.; SHONGWE, M.; TEBALDI, C.; WEAVER, A.J.; WEHNER, M. (2013): Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. In: STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; DOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (Hrsg.): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 1029-1136, doi:10.1017/CBO9781107415324.024
- CORNELIUS, J. (1994): The effectiveness of plus-tree selection for yield. *Forest Ecology and Management*, Jg. 67, 1-3, 23-34
- DALY, C.; HALBLEB, M.; SMITH, J.I.; GIBSON, W.P.; DOGGETT, M.K.; TYLOR, G.H.; CURTIS, J.; PASTERIS, P.P. (2008): Physiographically sensitive mapping of climatological temperature and precipitation across the conterminous United States. *International Journal of Climatology*, 28 Jg., 15, 2031-2064. doi: 10.1002/joc.1688
- DE'ATH, G. (2002): Multivariate regression trees: a new technique for modeling species-environment relationships. *Ecology*, Jg. 83, 4, 1105-1117
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT) (2016): <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/WaldundHolz/Aktuell.html;jsessionid=FFA944FDC48F11A39015E5F72B3AB3FC.cae2> (abgerufen am 08.07.2016)
- EUFORGEN (EUROPEAN FOREST GENETIC RESOURCES PROGRAMME) (2009): Distribution maps. <http://www.euforgen.org/distribution-maps/> (abgerufen am 07.07.2016)
- GROTEHUSMANN, H. (2014): Prüfung von Fichten-Samenplantagen. *AFZ/DerWald*, Jg. 69, 5, 6-9
- JANDL, R.; GSCHWANTNER, T.; ZIMMERMANN, N. (2012): Die künftige Verbreitung der Baumarten im Simulationsmodell. Bundesforschungszentrum für Wald – Praxisinformation Nr. 30, 9-12
- KNOKE, T. (2009): Die ökonomische Zukunft der Fichte. Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft – Wissen Nr. 63, 16-21
- KÖLLING, C.; ZIMMERMANN, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 67 Jg., 6, 259-268
- KÖLLING, C.; KONNERT, M.; SCHMIDT, O. (2008): Wald und Forstwirtschaft im Klimawandel. Antworten auf 20 häufig gestellte Fragen. *AFZ/Der Wald*, 63 Jg., 15, 804-807
- KÖLLING, C.; KNOKE, T.; SCHALL, P.; AMMER, C. (2009): Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. *Forstarchiv*, 80 Jg., 2, 42-54
- LEE, S. J. (1999a): Predicted Genetic Gains from Sitka Spruce Production Populations. Research Information Note. Forestry Commission, Edinburgh
- LEE, S. J. (1999b): Genetic Gain from Scots Pine: Potential for New Commercial Seed Orchards. Research Information Note. Forestry Commission, Edinburgh
- LIESEBACH, M.; RAU, H.-M.; KÖNIG, A.O. (2010): Fichtenherkunftsversuch von 1962 und IUFRO-Fichtenherkunftsversuch von 1972. Ergebnisse von mehr als 30-jähriger Beobachtung in Deutschland. *Beiträge aus der NW-FVA*, Bd. 5, 467 S.

- LIESEBACH, M.; DEGEN, B.; GROTEHUSMANN, H.; JANBEN, A.; KONNERT, M.; RAU, H.-M.; SCHIRMER, R.; SCHNECK, D.; SCHNECK, V.; STEINER, W.; WOLF, H. (2013): Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep. 7, 78 S.
- MEIBNER, M.; JANBEN, A.; KONNERT, M.; LIESEBACH, M.; WOLF, H. (2015): Vermehrungsgut für klima- und standortgerechten Wald. FitForClim ist ein Projekt zur Bereitstellung von leistungsfähigem und hochwertigem Vermehrungsgut für den klima- und standortgerechten Wald der Zukunft. AFZ/Der Wald, 70 Jg., 11, 24-26
- NAGEL, R.-V.; SPELLMANN, H. (2012): Klimaänderung – Wirkung auf Waldbestände und veränderte Risiken. PowerPoint Präsentation. Fortbildung in Remsfelden/Kassel/Witzenhausen, 27 S.
- PICKENPACK, L. (2013): Fichte ist Brotbaum für die Wertschöpfungskette Forst und Holz. Bundesforschungszentrum für Wald – Praxisinformation Nr. 31, 23-34
- POLLEY, H.; KROHNER, F.; RIEDEL, T.; SEINTSCH, B.; SCHMIDT, U. (2015): Buche und Fichte – beliebt und begehrt. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen á la carte 3, 6 S. doi:10.3220/ca1444828309000
- PRESCHER, F. (2009): Erhöhung der forstlichen Produktion in Schweden durch Forstpflanzenzüchtung. In: MAURER, W.D. u. HAASE, B. (Hrsg.): Holzproduktion auf forstgenetischer Grundlage im Hinblick auf Klimawandel und Rohstoffverknappung. 28 Internationale Tagung der Arbeitsgemeinschaft (ARGE) für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung am 4.-6. November 2009 in Treis-Kalden (Mosel). Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 69/11, 139-148
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- SCHMIDT-VOGT, H. (1988): Die Fichte. Band I-III. 2. Auflage. Paul Parey, Hamburg und Berlin
- SCHÜLER, S.; ZÜGER, J.; GEBETSROITNER, E.; JANDL, R. (2012): Managementstrategien zur Anpassung von Wäldern im Alpenraum an die Risiken des Klimawandels. Bundesforschungszentrum für Wald – Praxisinformation Nr. 30, 5-8
- SPELLMANN, H. (2005): Produziert der Waldbau am Markt vorbei? AFZ/Der Wald, 60 Jg., 9, 454-459
- SPELLMANN, H. (2009): Sicherung einer nachhaltigen Rohholzversorgung in Deutschland. In: MAURER, W.D. u. HAASE, B. (Hrsg.): Holzproduktion auf forstgenetischer Grundlage im Hinblick auf Klimawandel und Rohstoffverknappung. 28 Internationale Tagung der Arbeitsgemeinschaft (ARGE) für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung am 4.-6. November 2009 in Treis-Kalden (Mosel). Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 69/11, 8-24
- SPELLMANN, H.; ALBERT, M.; SCHMIDT, M.; SUTMÖLLER, J.; OVERBECK, M. (2011): Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. AFZ/Der Wald, 66 Jg., 11, 19-23
- SPELLMANN, H. (2013): Masse statt Klasse? Waldbauliche Konsequenzen aus einer veränderten Rohholznachfrage. 33. Freiburger Winterkolloquium. AFZ/Der Wald, 68 Jg., 9, 10-15
- VOLMER, K.; MEIBNER, M.; STEINER, W.; JANBEN, A. (2016): Plusbäume für klima- und standortgerechten Fichtenanbau. AFZ/Der Wald, 71 Jg., 9, 39-41

Korrespondierende Autorin:

Dr. Katharina Volmer
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Abteilung Waldgenressourcen
Prof.-Oelkers-Str. 6
D-34346 Hann. Münden
katharina.volmer@nw-fva.de
www.nw-fva.de
www.fitforclim.de

Dr. Meik Meißner
Dr. Wilfried Steiner
Dr. Alwin Janßen
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt