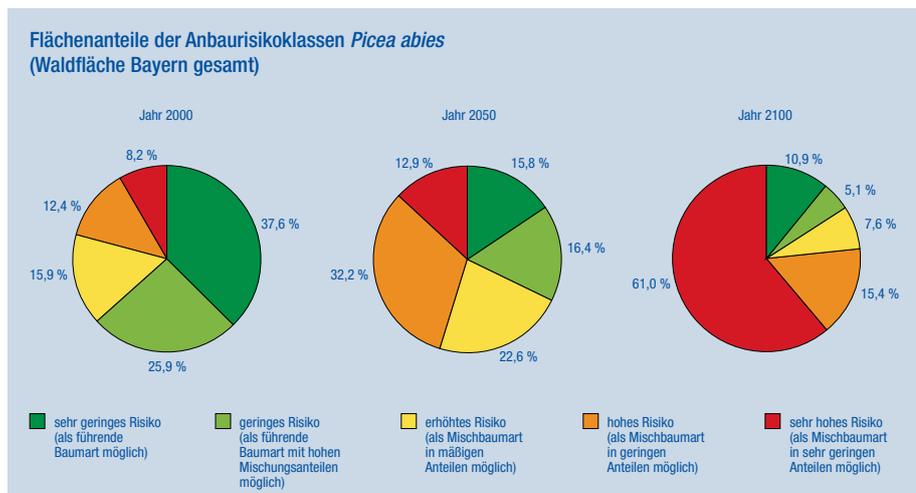


# Neue Schwerpunkte und Herausforderungen im Klimawandel

Das in weiten Teilen sehr trockene und warme Jahr 2018 zeigte wieder, wie groß die Herausforderungen für die einheimische Forstwirtschaft in der Zukunft sein werden. Der Klimawandel betrifft das ganze Waldökosystem sowie alle Leistungen und Güter, die die Wälder liefern. Aufgrund der Langlebigkeit von Bäumen ist dabei die Frage der richtigen Baumarten- und Herkunftswahl umso wichtiger geworden. Sowohl die aktuellen Ausfälle bei der Fichte als auch die Modellprognosen (Abb. 1) drängen alle Akteure des Forstwesens zu einer Lösung.



Beispiel der leichten Versauerung des Oberbodens durch die Fichtenstreu ist die Anwuchsphase für viele kalkliebende Baumarten sehr schwierig.

Um langfristige Engpässe bei der Nadelstammholzversorgung zu vermeiden, sollten potenzielle alternative Nadelbaumarten untersucht werden. In den Anpassungsstrategien an den Klimawandel der einzelnen Bundesländer wird insbesondere der Douglasie eine große Bedeutung zugesprochen. Diese kann sie aber nicht auf allen Standorten erfüllen.

Durch das Auftreten von unterschiedlichen Schadorganismen kann es zusätzlich zu einem raschen Verlust von Flächenanteilen bei wichtigen heimischen Baumarten kommen (z. B. Esche). Zusätzlich ist in bestimmten Regionen (Fränkische Platte, Oberrheinebene) aufgrund der prognostizierten Trockenheit, der Verschiebung der Sommerniederschläge auf die Wintermonate und der dadurch verursachten Sekundärschäden auch bei Buchen- und Eichenbeständen eine mögliche Destabilisierung zu erwarten. Infrage dafür

kommen klimaplastische Herkünfte von heimischen und nichtheimischen Baumarten. Besonders Augenmerk sollte auf die Herkunft des Vermehrungsguts gerichtet werden, da diese für die Anpassungsfähigkeit und den erfolgreichen Anbau eine entscheidende Rolle spielt.

Abb. 1: Entwicklung (2000, 2050, 2100) der Anbaurisiko­klassen für die Fichte in Bayern

Muhidin Šeho, Alwin Janßen

Eine mögliche und geeignete Anpassungsstrategie zum Aufbau stabiler Waldbestände ist die Begründung von Mischwäldern. Durch die Ergänzung des bestehenden Baumartenspektrums und einen Baumartenwechsel kann das Anbaurisiko auf vielen Standorten in Mitteleuropa minimiert werden. Die Baumarten müssen ökologisch und ökonomisch integrierbar sein und dürfen keine Gefährdung für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt darstellen.

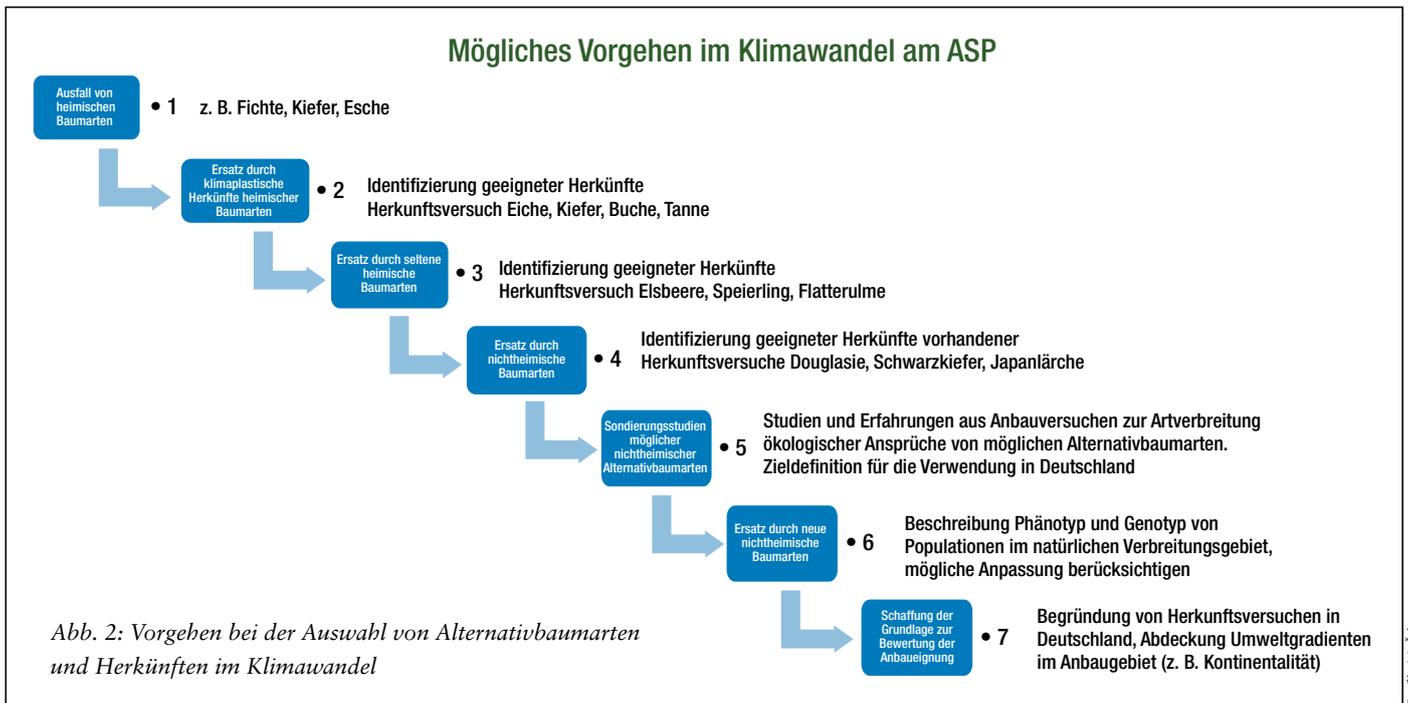
Durch ihre Langlebigkeit scheint eine natürliche Anpassung, die bei einem Generationenwechsel vonstatten geht, problematisch. Vom Keimling zum Samen produzierenden Baum vergehen je nach Baumart mehrere Jahrzehnte. Die durch den Klimawandel bedingten Veränderungen laufen aber so schnell ab, dass sich die Populationen durch natürliche Prozesse vielerorts nicht anpassen können [3, 11]. Eine natürliche Wanderung der Popula-

tionen nach Norden ist nur in längeren Zeiträumen möglich und die forstliche Praxis sollte hier lenkend und unterstützend nachhelfen. Anpassung in der Forstwirtschaft wird sowohl über natürliche als auch über künstliche Verjüngung über das Vermehrungsgut gelenkt. Die genetische Vielfalt ist die Grundvoraussetzung für Evolution und die schrittweise Anpassung zukünftiger Waldgenerationen an den Klimawandel [4, 5].

Das Saatgut von möglichen Alternativbaumarten und Herkünften muss mit der Verschiebung der Umweltbedingungen in die neuen Lebensräume gebracht werden. Die Bedingungen in den ersten Jahren spielen eine große Rolle bei der Anpassung an den neuen Standort. Am

## Schneller Überblick

- Neuer Name und neue Schwerpunkte am ASP
- Mögliches Vorgehen bei der Auswahl von Baumarten im Klimawandel
- Untersuchung klimaplastischer Herkünfte von heimischen Baumarten
- Untersuchung klimaplastischer Herkünfte von nicht heimischen und seltenen Baumarten



## Komplexität der Ursachen-Wirkungsprozesse im Klimawandel

Durch die Auswirkungen des Klimawandels kommt es zu direkten und indirekten Veränderungen im Waldökosystem. Durch die Frühjahrs- und Sommertrockenheit kann es zur Destabilisierung von Einzelbäumen kommen, die dann von Schadorganismen befallen werden (indirekte Wirkung) und anschließend ausfallen. Durch den Verlust von einzelnen Baumarten wie

Fichte, Kiefer oder Esche kommt es zu Veränderungen von Wachstum- und Konkurrenzbedingungen, wodurch sich langfristig die Mischungsverhältnisse verändern werden. Andererseits kann der Klimawandel Auswirkungen auf die genetischen Prozesse haben, die durch Veränderungen der Bestäubungs- und Fruktifikationshäufigkeiten sichtbar werden. Dadurch können sich das Naturverjüngungspotenzial und die Weitergabe der Erbanlagen an die Nach-

kommen verändern. Daraus ergeben sich anschließend unterschiedliche Selektionsbedingungen. Alle genannten Prozesse sind miteinander verbunden und können sich gegenseitig verstärken oder abschwächen. Es wurde bereits begonnen, durch nationale und internationale Langzeitbeobachtungssysteme (GenMon, LifegenMon und Gentree) diese Prozesse zu überwachen. Die Veränderungen der genetischen Parameter (z. B. genetische und allelische Vielfalt,



*Abb. 3: Eine ca. 54-jährige Douglasie aus einem Standraumversuch in Baden-Württemberg*

Heterozygotiegrad) können als Frühwarnsystem verwendet werden, bevor sie für den Menschen sichtbar werden.

### Vorgehen bei der Auswahl von Baumarten im Klimawandel

Durch die immer häufiger auftretenden Extremereignisse (z. B. extreme

Trockenheit [2003, 2015, 2018], Sturm, Starkniederschläge) steigt der Zeitdruck und Handlungsbedarf bei der Suche nach möglichen Alternativbaumarten. Sowohl die Praxis als auch die Wissenschaft suchen mit Hochdruck nach geeigneten Lösungen. In der Regel sind die erarbeiteten Erkenntnisse oft sehr

Einzelfall-bezogen und können nicht direkt in die Praxis übertragen werden. Ein mögliches Vorgehen, um die Baumartenpalette zu erweitern, wird durch ein Sieben-Punkte-Programm dargestellt. Ziel ist die Stabilisierung von labilen Waldbeständen durch Einbeziehung von klimaplastischen Herkünften heimischer und nichtheimischer Baumarten. Diese sollen unter den mitteleuropäischen Bedingungen – auf nationaler und internationaler Ebene – getestet und ihre Anbauwürdigkeit bewertet werden.

Nach dem Ausfall von heimischen Baumarten (z. B. Fichte, Kiefer und Esche) sollte der Ersatz zunächst durch klimaplastische Herkünfte heimischer Baumarten erfolgen. Diese Herkünfte sollen aus bestehenden Herkunftsversuchen identifiziert werden. Wertvolle Grundlage für die Bewertung liefern dafür die Herkunftsversuche, die in den letzten 30 Jahren angelegt wurden (z. B. Internationaler Buchen- oder Fichtenherkunftsversuch).

Falls es die Standortbedingungen zulassen, sollten bei der Erweiterung der Baumartenpalette auch seltene heimische Baumarten genutzt werden. Dafür sollten Genotyp und Phänotyp dieser Baumarten untersucht werden. Die Elsbeere kann als Beispiel für derartige Untersuchungen in Süddeutschland dienen. Bei der Auswertung eines Elsbeeren-Herkunftsversuchs wurden Herkünfte identifiziert, die sowohl beim Wachstum als auch hinsichtlich der phänotypischen Merkmale überdurchschnittlich abgeschnitten haben [9]. Anschließend erfolgte in einem weiteren Projekt die Bestandesbewertung von 106 Populationen in Bayern und Baden-Württemberg, die als mögliche Erntebestände genutzt werden sollten [1]. Davon wurden 26 Erntebestände (BY: 19, BW: 7), sieben Entwicklungsbestände und fünf Generhaltungsbestände ausgewählt, die anhand der Phänologie und Genetik die Mindestanforderungen erfüllen und empfohlen werden können. In den kommenden zwei Jahren werden identische Bewertungen für die Baumarten Speierling, Eibe, Flatterulme und Feldahorn vorgenommen.

In einem nächsten Schritt kann die Erweiterung der Baumartenpalette durch nichtheimische Baumarten erfolgen, für die Ergebnisse aus Herkunftsversuchen

## Neuer Name und neue Schwerpunkte

Die nachhaltige Waldbewirtschaftung hat das Ziel, die Biodiversität im Wald auf allen Ebenen (Ökosystem, Art und Gen) zu erhalten. Dadurch wird sichergestellt, dass die Anpassungsfähigkeit von zukünftigen Waldgenerationen erhalten bleibt. Durch die neuen Herausforderungen im Klimawandel und die zunehmende Bedeutung der Waldgenetik als wichtigster Maßstab für die Anpassungsfähigkeit von Waldökosystem auf unterschiedlichen Ebenen (Ökosysteme > Arten > Gene) werden die Schwerpunkte und Aufgaben des Bayerischen Amtes für forstliche Saat und Pflanzenzucht (ASP) neu geordnet. Das ASP wird zum Amt für Waldgenetik (AWG) umbenannt. Die Aufgaben werden in den zwei Hauptsäulen „Angewandte forstgenetische Forschung“ und „Herkunftsforschung“ (s. Abb.) neu organisiert. Hauptaugenmerk wird auf die Identifizierung von klimaplastischen Herkünften (Feldversuche) gelegt. Die gewonnenen Erkenntnisse bei der Baumarten- und Herkunftswahl sollten zeitnah in den Herkunftsempfehlungen aktualisiert werden. Neben der angewandten forstgenetischen Forschung und dem Versuchswesen wird mit dem Sachgebiet „Erhalten und Nutzen forstlicher Genressourcen“ die Umset-

zung des Generhaltungskonzeptes sichergestellt. Die Umsetzung liefert einen entscheidenden Beitrag zur Erhaltung der genetischen Vielfalt in Bayerns Wäldern und wird nach dem Prinzip „Schützen und Nutzen“ umgesetzt. Die Ausweisung von Generhaltungsbeständen leistet einen wichtigen Beitrag, damit die bayerischen Wälder auch noch in 100 Jahren vielfältig und anpassungsfähig sind und ihre Erbanlagen an die Nachkommen weitergeben. Des Weiteren soll im Rahmen von Nachkommenschaftsprüfungen Ausgangsmaterial geprüft und hochwertiges Saatgut der höchsten Kategorie „Geprüft“ auf dem Markt angeboten werden, bei dem z. B. höhere Widerstandsfähigkeit, Wachstum und Formigkeit nachgewiesen wurden, die in Zeiten des Klimawandels eine hohe Bedeutung haben.

Die Wahrnehmung hoheitlicher Tätigkeiten bleibt auch weiterhin der Garant für die erfolgreiche Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in die Praxis.

Durch die 50-jährige Tradition und wertvolle Arbeit unserer Kollegen wurden in den einzelnen Aufgabengebieten schon viele Erkenntnisse gewonnen, die in Zeiten des Klimawandels mit neuen Methoden und Forschungsansätzen weiterentwickelt werden sollen.

### Mittelfristiges Konzept als Planungsgrundlage

Angewandte forstgenetische Forschung	Herkunftsforschung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherung forstl. Genressourcen in Bayern (Monitoring)</li> <li>• Charakterisierung vorhandener Saatgutermtebestände und Samenplantagen (Nachkommenschaftsprüfungen)</li> <li>• Herkunftssicherung</li> <li>• Züchtung von hochwertigem Saatgut (Klonsammlungen, Züchtungsplantagen)</li> <li>• Identifizierung Erhaltungswürdigkeit und Erhaltungsdringlichkeit (ökonomisch-ökologisch)</li> <li>• Ausweisung von Generhaltungsbeständen</li> <li>• Ausweisung von Saatgutermtebeständen und Samenplantagen für seltene Baumarten (Bsp. Elsbeere, Feldahorn)</li> <li>• Begründung von Herkunftsversuchen (selten heimische Baumarten)</li> <li>• Speicherung der Daten in einer Datenbank</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifizierung klimaplastischer Herkünfte heimische Baumarten (z. B. Buche, Tanne, Waldkiefer)</li> <li>• Auswahl von geeigneten Herkünften bekannter nichtheimischer Baumarten, Weiterentwicklung der Erntebasis (z. B. Douglasie, Roteiche)</li> <li>• Sondierungsstudie zur Eingrenzung von möglichen nichtheimischen Baumarten als Ersatz (Zieldefinition Ersatz für welche Baumarten, Ansprüche an Standort und Klima, ökologische Eigenschaften)</li> <li>• Untersuchung im natürlichen Verbreitungsgebiet (Phänotyp und Genotyp)</li> <li>• Identifizierung möglicher Anbauorte in Bayern (Boden und Umweltgradienten)</li> <li>• Begründung von Anbau- und Herkunftsversuchen (national und international)</li> <li>• Erstellung einer Datenbank</li> </ul>

Quelle: AWG

**Angepasste Bestände + Anpassungsfähige Bestände**

Aufgaben und Schwerpunkte des AWG im Klimawandel

bereits vorhanden sind (z. B. Douglasie, Schwarzkiefer, Küstentanne). Die Douglasie gilt in den meisten Bundesländern als die Hoffnungsträgerin im Klimawandel und ist die am besten untersuchte Baumart in Europa. Geeignete Herkünfte für unterschiedliche Anbauregionen sind bekannt. Das benötigte Saat- und Pflanzmaterial ist ausreichend am Markt verfügbar. Am Beispiel der Douglasie konnte beobachtet werden, dass die Bewertung der Anbaueignung nicht zu früh gemacht werden darf, da es zu Rangverschiebungen kommen kann [6]. Eine erste Zwischenauswertung kann je nach der Ökologie der untersuchten Baumarten im Alter von 10 bis 15 Jahren vorgenommen werden.

Eine wichtige Rolle spielen auch ältere Anbauten (Arboreten, Exotenwälder und Parkbäume) von unterschiedlichen Baumarten, die jetzt immer mehr in den Fokus rücken. Die Aussagekraft solcher Anbauten sollte bei der Bewertung der Anbaueignung aber mit Vorsicht betrachtet werden. Die Physiologie und dadurch die Reaktionsfähigkeit (Resistenz und Resilienz) von jungen und alten Bäumen unterscheiden sich deutlich. Keinesfalls können dadurch systematische Versuchsanbauten ersetzt werden. Maßgeblich ist jedoch die Dokumentation des Saatgutes, weil ansonsten keine reproduzierbaren Ergebnisse erzielt werden können.

Das Ziel der Einführung dieser Baumarten war nicht die wissenschaftliche Untersuchung und Bewertung. Es wurden daher keine systematischen Versuche mit einem entsprechenden Design aufgebaut, die eine Bewertung zulassen. Des Weiteren standen die Herkunft und mögliche Anpassungsfähigkeit im Klimawandel zu dieser Zeit nicht im Fokus. Einzelne Erkenntnisse über die ökologischen Eigenschaften und Ansprüche dieser Baumarten können abgeleitet werden. Von diesen Einzelbäumen sollte kein Saatgut gewonnen und für forstliche Zwecke verwendet werden, da es zu genetischen Inzuchteffekten kommen kann. Viele diskutierte Baumarten unterliegen dem forstlichen Vermehrungsgutgesetz (FoVG). Das FoVG regelt ganz deutlich Erzeugung, Inverkehrbringen sowie Ein- und Ausfuhr von forstlichem Vermehrungsgut. Die Beerntung darf nur in Saatguterntebeständen im natürlichen

Verbreitungsgebiet erfolgen (z. B. Libanonzeder: natürliche Verbreitung Türkei, Libanon und Syrien). Die Einfuhr muss bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) angezeigt werden und ein gültiges phytosanitäres Zeugnis enthalten. Dadurch wird der Verbraucher geschützt und das Risiko von Betriebsausfällen (z. B. durch qualitativ minderwertiges Saatgut, Einschleppung von Schädlingen) reduziert.

Von großer Bedeutung bei der Auswahl möglicher Alternativbaumarten sind die sogenannten Sondierungsstudien. Dabei werden aus einer Vielzahl von möglichen Baumarten nach einem bestimmten Vorgehen solche ausgewählt, die durch ihre ökologischen Ansprüche und Eigenschaften (z. B. Anpassungsfähigkeit, Trocken- und Frosttoleranz, Mischungsfähigkeit, Standortsansprüche und Auswirkung auf den Boden, Wachstum) besser geeignet erscheinen als andere. Für diese Baumarten werden dann beispielsweise Artensteckbriefe erarbeitet. Besonders zu beachten ist, dass diese Erkenntnisse fast ausschließlich aus Literaturstudien gewonnen wurden. Die Anbaueignung von geeigneten Herkünften für die unterschiedlichen Regionen in Deutschland kann daraus nicht abgeleitet werden.

Eine weitere Methodik stellen die Artverbreitungsmodelle [10] dar, die mit Inventurdaten aus den Herkunftsländern arbeiten und eine mögliche Artverbreitung in Deutschland simulieren.

Nachdem die infrage kommende Baumartenpalette eingegrenzt wurde, sollten die natürlichen Populationen und Saatguterntebestände bereist und beschrieben werden. So lässt sich die Einfuhr von nicht geeignetem Material nach Deutschland verhindern. Durch die genetische Charakterisierung, Beschreibung des Phänotyps und der Umweltbedingungen kann eine Negativauslese von Populationen vorgenommen werden, die die Mindestanforderungen nicht erfüllen. Dieses Vorgehen wird auch bei seltenen heimischen Baumarten angewandt. Anschließend erfolgt der Aufbau von Herkunftsversuchen in Deutschland. Unter kontrollierten Bedingungen kann dann eine Bewertung der Anbaueignung vorgenommen werden. Dabei sollten Umweltgradienten abgedeckt werden,

wodurch die Aussagekraft auf größere Regionen übertragen werden kann. Die abschließende Bewertung kann unter der Berücksichtigung folgender Merkmale vorgenommen werden [8]:

- Anpassungsfähigkeit (Klima-/Standortseignung);
- genetische Ausstattung und Anpassung;
- Wüchsigkeit, Holzqualität;
- Trockenstresssensitivität, Frostresistenz;
- Anfälligkeit gegenüber Schadorganismen.

Gerade am Anfang muss ein hoher Arbeitsaufwand betrieben werden, um die Versuchsflächen zu sichern. Klädtke [7] beschreibt die Auswertbarkeit von waldwachstumskundlichen Versuchsflächen mit nichtheimischen Baumarten und stellt fest, dass viele Versuchsflächen wegen der hohen Zahl an Ausfällen nicht ausgewertet werden können.

## Literaturhinweise:

- [1] BAIER, R.; FUSSI, B.; KAVALIAUSKAS, D.; GRUBER, K.; GÜNZELMANN, G.; PAULLUS, A.; LANG, E.; LUCKAS, M.; WIENERS, M.; SCHMID, R.; KONNERT, M. (2017): Die Elsbeere – Generhaltung und Herkunftsfragen. AFZ-DerWald 20/2017. S. 14-18. [2] BROSINGER, F. (2017): Fichte – ja gerne, aber mit Vernunft! LWF Wissen 80, S. 6-12. [3] CHEN et al. (2011): Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. Science, 19 Aug 2011: Vol. 333, Issue 6045, pp. 1024-1026. [4] FUSSI, B.; WESTERGREN, M.; ARAVANOPOULOS, F.; BAIER, R.; KAVALIAUSKAS, D.; FINZGAR, D.; KRAIGHER, H. (2016). Forest genetic monitoring: an overview of concepts and definitions. Environmental monitoring and assessment, 188(8), 493. [5] KAVALIAUSKAS, D.; FUSSI, B.; WESTERGREN, M.; ARAVANOPOULOS, F.; FINZGAR, D.; BAIER, R.; KRAIGHER, H. (2018). The Interplay between Forest Management Practices, Genetic Monitoring, and Other Long-Term Monitoring Systems. Forests, 9(3), 133. [6] KENK, G.; THREN, M. (1984a): Ergebnisse verschiedener Douglasienprovenienzversuche in Baden-Württemberg. Teil I: Der Internationale Douglasien-Provenienzversuch 1958. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 155: S. 65-184. [7] KLÄDTKE, J. (2016): Zum Wachstum eingeführter Baumarten in Baden-Württemberg. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 187 (5/6), S. 81-92. [8] ŠEHO, M. (2014): Schwarzkiefer und Douglasie: Wachstum und phänotypische Eigenschaften verschiedener Provenienzen – ein Beitrag zum Potential fremdländischer Baumarten als Ersatzbaumarten im Klimawandel. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Dissertation: 167. [9] ŠEHO, M.; KAVALIAUSKAS, D.; KLEINSCHMIT, J. R. G.; KAROPKA, M.; FUSSI, B. (2018): Elsbeere – Bedeutung und Anlage von Herkunftsversuchen im Klimawandel. Eingereicht bei Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 189 Jg. 3/4, S. 41-57. [10] THURM et al. (2018): Alternative tree species under climate warming in managed European forests. Forest Ecology and Management (430), p. 485-497. [11] WARREN et al. (2013): Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss. Nature Climate Change Volume 3, Pages 678-682.

Dr. Muhidin Šeho,  
Muhidin.Seho@asp.bayern.de,  
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter  
im Sachgebiet Forstgenetisches  
Versuchswesen des Bayerischen  
Amtes für forstliche Saat- und  
Pflanzenzüchtung in Teisendorf.  
Dr. Alwin JanBen leitet das ASP.

