Schwarzkiefer – Alternativbaumart im Klimawandel

Die Schwarzkiefer weist eine höhere Hitze- und Trockenheitstoleranz auf als die an kontinentale, trocken-kühle Klimabedingungen angepasste heimische Waldkiefer. Da der Schwarzkiefer deshalb eine steigende Bedeutung im Klimawandel zukommt, hat das Bayerische Amt für Waldgenetik (AWG) 2009 einen Versuch mit Herkünften aus dem gesamten Verbreitungsgebiet der Art als Grundlage für praxisorientierte Herkunfts- und Verwendungsempfehlungen angelegt.

TEXT: RANDOLF SCHIRMER, MARTIN TUBES, MUHIDIN ŠEHO, GERHARD HUBER

Foto: G. Huber

Abb. 1: : 350-jährige Schwarzkiefern der Unterart *Laricio* im Sila-Nationalpark, Kalabrien

Die Schwarzkiefer wird in fünf Unterarten eingeteilt [1]. Grundlage für ihre Abgrenzung sind morphologische Unterschiede, voneinander abweichende genetische Strukturen sowie geografisch getrennte Vorkommensregionen (Abb. 2). Scotti-Saintagne et al. [2] beschreiben folgende Unterarten: *Pinus nigra salzmannii*, *Pinus nigra laricio*, *Pinus nigra nigra*, *Pinus nigra pallasiana* und *Pinus nigra dalmatica*.

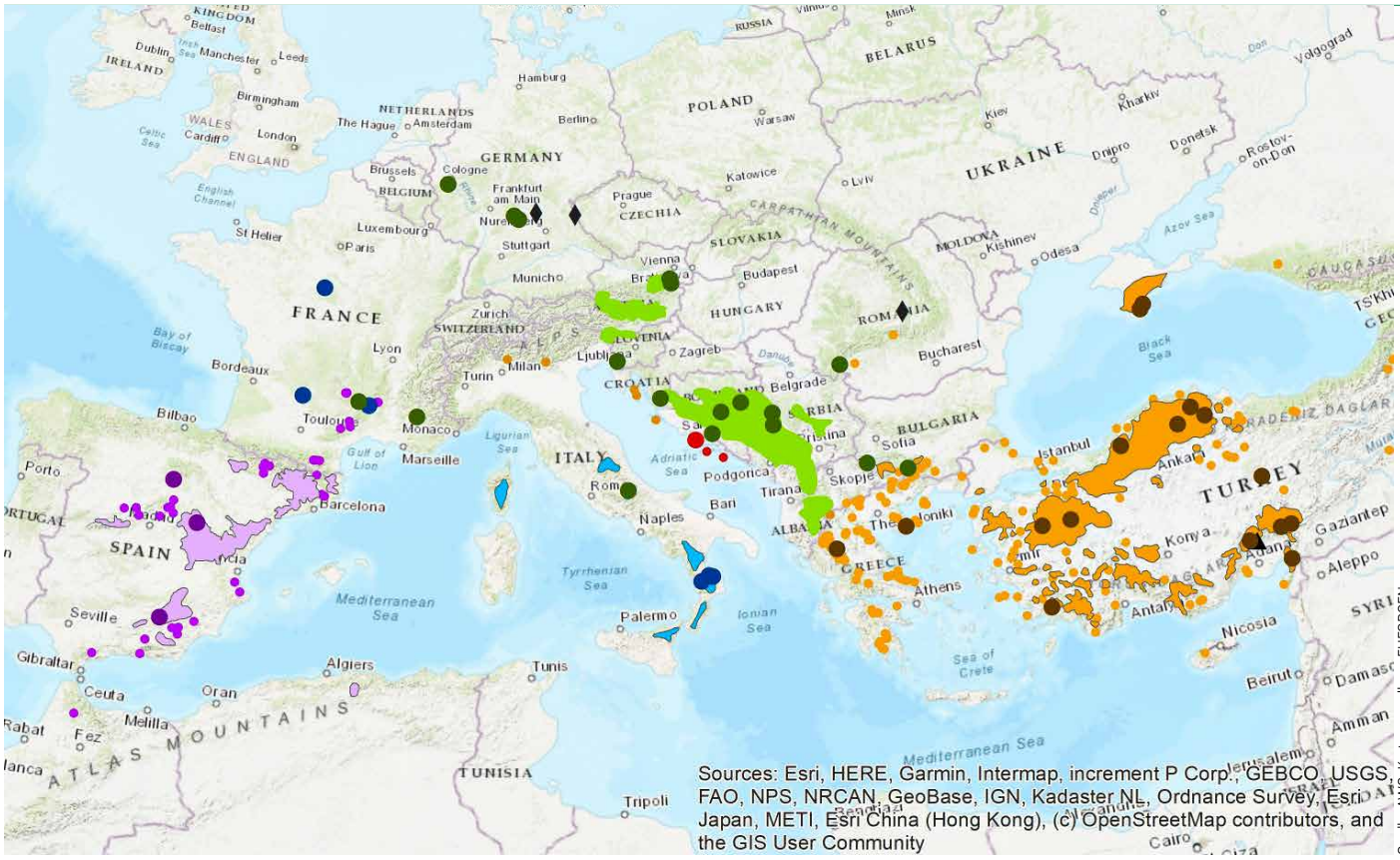
Verbreitung der Schwarzkiefer

Das Klima im Verbreitungsgebiet der im Versuch verwendeten Herkünfte weist deutliche Unterschiede auf. Die Herkünfte der Unterart *Laricio* stammen aus den Berglagen von Kalabrien und Korsika mit Jahresniederschlägen meist über 1.000 mm, überwiegend im Winterhalbjahr, aber ausgeprägter mehrmonatiger Sommertrockenheit. Die Herkünfte der Unterart *Nigra* kommen aus weniger niederschlagsreichen Regionen des Balkans mit Regenmengen um 750 mm. In beiden Vorkommensgebieten treten Jahresmitteltemperaturen um 9 °C auf. Sie entsprechen der Durchschnittstemperatur in vielen Regionen Deutschlands.

Die Herkünfte der Unterarten *Salzmannii* und insbesondere *Pallasiana* wachsen im sehr trocken-heißen Klima Spaniens, des Balkans und der Türkei mit weniger als 600 mm Jahresniederschlag und Mitteltemperaturen um 12 °C.

Zielsetzung und Versuchsbeschreibung

Zur Bewertung der Herkunftsunterschiede der Unterarten wurden im Jahr 2009 Pflanzen von 40 autochthonen Saatguterntebeständen und Samenplantagen aus dem gesamten Verbreitungsgebiet auf sechs Versuchsflächen in Bayern, Baden-Württemberg und Hessen ausgebracht. Da original korsische



Quelle: AWG; Kartengrundlage: EUFORGEN

Abb. 2: Verbreitung der Schwarzkiefer (*P. nigra*) und ihrer Unterarten: **violett** = *Salzmannii*; **blau** = *Laricio*; **grün** = *Nigra*; **gelb** = *Pallasiana. Die Lage der getesteten Erntebestände ist mit einem Kreissymbol gekennzeichnet.*

Bestandesabsaaten der Unterart *Laricio* nicht verfügbar waren, wurden Sekundärherkünfte aus Zentralfrankreich verwendet. Zu Vergleichszwecken wurde der Versuch mit Herkünften von Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) ergänzt.

Auf allen Versuchsflächen wurde im Versuchszeitraum ein Rückgang der Jahresniederschläge von 10 bis 15 % bei gleichzeitiger Zunahme der Jahresmitteltemperaturen um 1,8 °C beobachtet. Die trockenste Fläche befindet sich im hessischen Kirchhain bei Marburg, die wärmste in Liliental bei Freiburg.

Der Großteil der angebauten Herkünfte kommt aus Gebieten mit 550 bis 880 mm Jahresniederschlag. Diese Niederschlagsverhältnisse sind auch auf vielen Versuchsflächen vorherrschend. Nur die Herkünfte der Unterart *Laricio* kommen aus Regionen mit deutlich höheren Jahresniederschlägen.

Versuchsdesign war ein Blockmodell mit dreifacher Wiederholung. Es wurden Parzellen mit 50 Containerpflanzen (Alter 2/0) im Pflanzverband 2 m x 1 m ausgebracht (Abb. 3).

Bilddaten: GeoBasis-DE/BKG, GeoContent, Maxar Technologies 2022; Kartendaten: GeoBasis-DE/BKG 2022

Abb. 3: Versuchsfläche Geibenstetten mit unterschiedlich entwickelten Versuchsparzellen

Entwicklung der Flächen

Zehn Jahre nach Anlage der Versuche hatten die Pflanzen aller Flächen einen mittleren BHD von 6,1 cm und eine Höhe von 3,9 m. Die besten Schwarzkiefernherkünfte erreichten Mittelhöhen von 4,8 m. Einzelne Bäume wiesen Höhen bis zu 7,8 m auf. Es zeigten sich deutliche Unterschiede in der Standortleistungskraft: Die Bäume auf den nördlicher bzw. östlicher gelegenen Versuchsflächen Kirchhain und Vilseck entwickelten sich deutlich langsamer als die auf den weiter südlich gelegenen Testflächen Gickelhausen und Geibenstetten.

Die Ausfallrate über alle Flächen betrug 31 %. Deutlich überdurchschnittliche Verluste mit 50 % waren in Kirchhain und Geibenstetten zu beobachten. Dagegen fielen in Liliental nur 5 % der Pflanzen aus. Die Ausfälle in der Anwuchsphase wurden hauptsächlich durch Rüsselkäfer, verdämmende Begleitvegetation und Hallimasch verursacht. Letzterer trat vor allem auf der Fläche Geibenstetten bei den Herkünften Valbelle, Brac, Lanuejols und den korsischen *Laricio*-Herkünf-

Ausfälle von Wald- und Schwarzkiefern im Vergleich

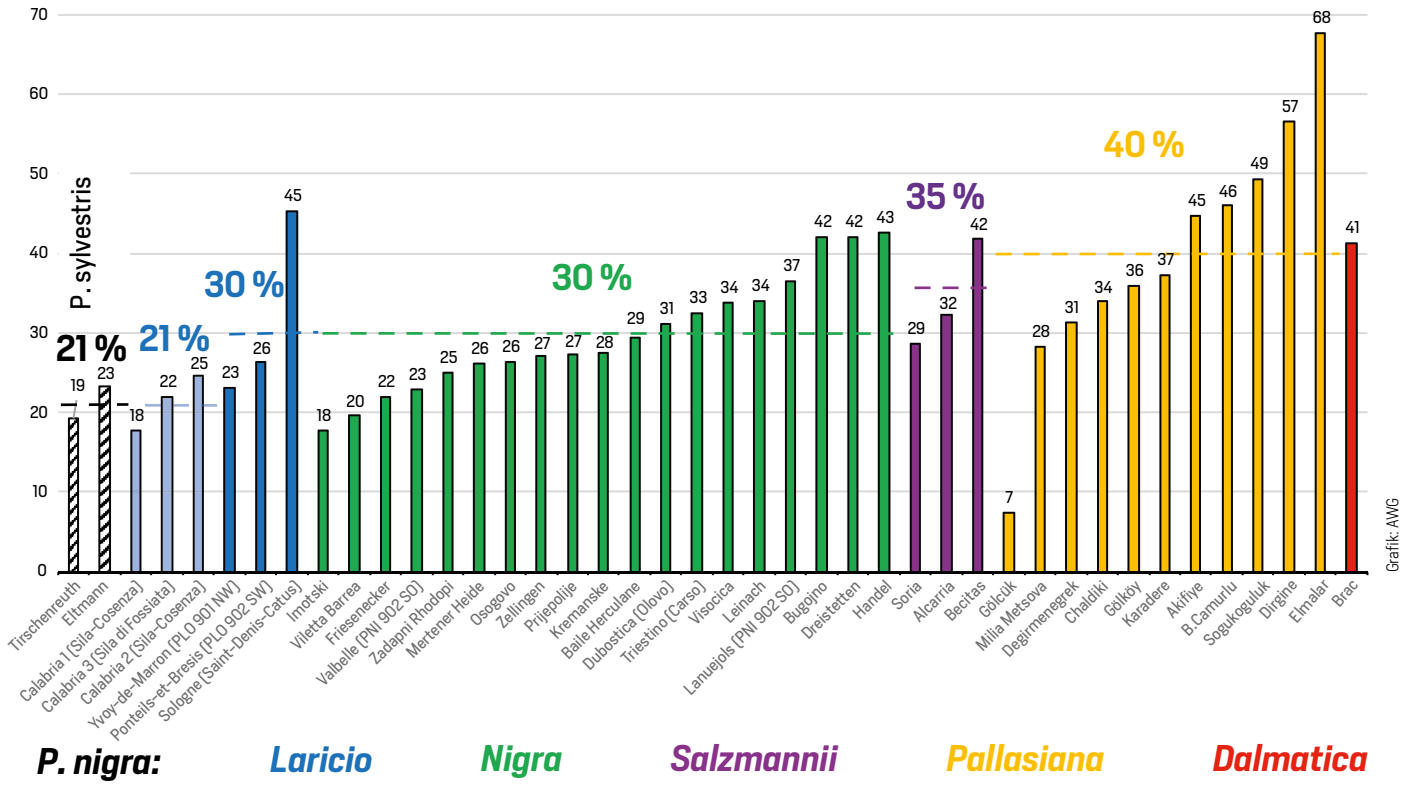


Abb. 4: Ausfallraten von Waldkiefern- und Schwarzkiefernherkünften der fünf Unterarten im Vergleich

ten auf. Ein Befall durch Diplodiapilze konnte nicht nachgewiesen werden.

Bewertung der Unterarten und Herkünfte

Ausfälle

Heimische Waldkiefernherkünfte wiesen mit 21 % deutlich niedrigere Ausfallraten auf als Schwarzkiefernprovenienzen mit im Mittel 10 % höheren Verlusten (Abb. 4). Offensichtlich zeigt die heimische Waldkiefer eine hohe lokale Anpassung.

Durch Frühjahrstrockenheit entstanden bei den Schwarzkiefern keine Schäden. Selbst im Trockensommer 2015 waren keine Verluste zu beobachten. Bei den wüchsigsten Herkünften konnte in diesem Jahr eine Zuwachssteigerung beobachtet werden [4]. Eine besondere Spätfrostanfälligkeit, wie in der Literatur besonders für korsische Herkünfte beschrieben, konnte nicht bestätigt werden: Trotz intensivem Spätfrost (-5 °C) im Frühjahr 2011 und einer lang anhaltenden Winterfrostphase im Folgejahr (bis -20 °C) wurden auf den Versuchsflächen auch bei den südlicheren Unterarten keine Schäden beobachtet.

Die Unterart *Laricio* schnitt hinsichtlich der Ausfälle am besten ab. Insbesondere die kalabrischen Herkünfte zeigten die geringsten Ausfälle. An zweiter Stelle überzeugten die korsischen Sekundärherkünfte aus Beständen in Südwestfrankreich.

Die Unterart *Nigra* lag mit 30 % Ausfall im Mittelfeld. Die Ausfälle streuten in einem weiten Bereich zwischen 18 und 43 %. Die kroatische Herkunft Imotski ist ein Beispiel für sehr gute Anwuchsraten. Herkünfte aus Deutschland (Leinach) und Österreich (Dreistetten) konnten dagegen nicht überzeugen.

Die Unterarten *Salzmannii*, *Pallasiana* und *Dalmatica* waren durch überdurchschnittliche Ausfälle gekennzeichnet. Da diese Herkünfte vorwiegend aus Regionen mit besonders ausgeprägter Sommertrockenheit stammen, kann das Ausfallverhalten ein Hinweis auf mangelnde örtliche Anpassung sein.

Viele Herkünfte der südosteuropäischen Unterart *Pallasiana* zeigten die höchsten Ausfallraten. Besonders die türkischen Herkünfte fielen im Versuchszeitraum zunehmend aus. Bereits der Rohmeder-Versuch von 1957/60 im unterfränkischen Zellingen zeigt, dass Herkünfte dieser Unterart mit den mitteleuropäischen Klimabedingungen sowie starker Begleitvegetation und Pilzbefall nicht gut zurechtkommen [8].

Ein Zusammenhang zwischen Ausfallrate und Wuchsleistung war nicht nachweisbar.

Wuchsleistung

Da bei allen Herkünften eine enge Korrelation zwischen BHD und Baumhöhe bestand, wird die Baumhöhe als Maßstab für die Bewertung der Wuchsleistung verwendet.

Die Waldkiefer als lichtbedürftige Pionierbaumart entwickelte sich mit 5,2 m Mittelhöhe signifikant besser als die auch für Halbschatten geeignete Schwarzkiefer. Die bayerischen Waldkiefernherkünfte aus Eltmann und Tirschenreuth lagen mit 5,7 m Mittelhöhe an der Spitze aller Herkünfte. Dagegen erreichte die Waldkie-

Faktoren, die die Baumhöhe der Herkünfte beeinflussen

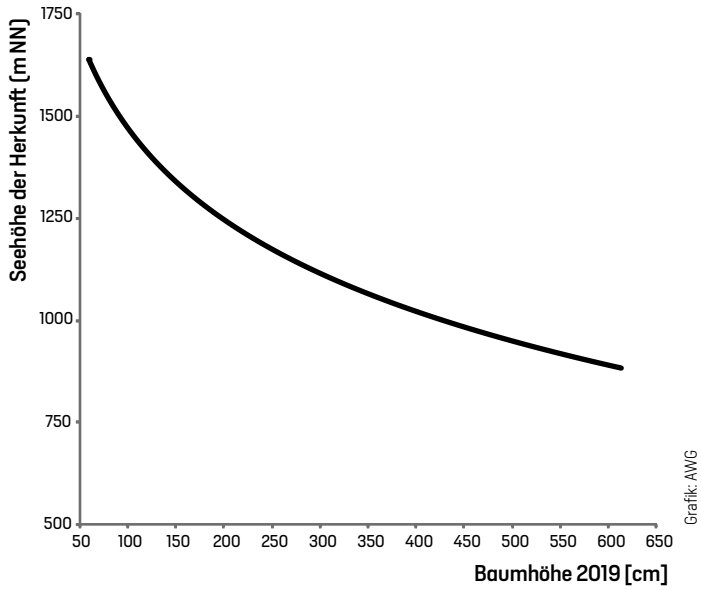


Abb. 5a: Zusammenhang zwischen Seehöhe der Herkunft und Baumhöhe, bezogen auf alle Herkünfte

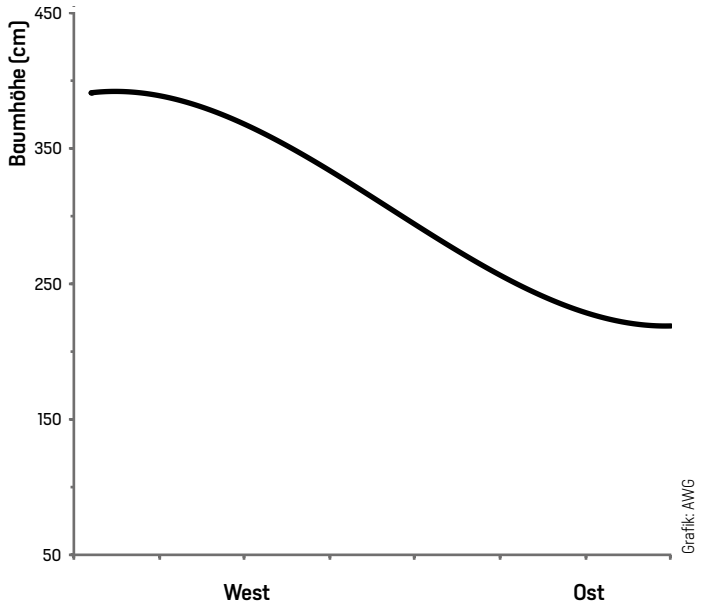


Abb. 5b: Zusammenhang zwischen Baumhöhe und West–Ost–Verbreitung der Herkünfte der Unterart *Pallasiana*

fer *Rupea* aus den Karpaten nur 80 % dieser Leistung.

Die Schwarzkiefern wiesen nur etwa 70 % der Höhe der heimischen Waldkiefernherkünfte auf. Bei Provenienzen aus Regionen mit sehr hohen Sommermitteltemperaturen und besonders geringen Niederschlägen war diese verringerte Leistung noch stärker ausgeprägt.

Schwarzkiefernherkünfte aus Tieflagen hatten tendenziell bessere Höhenwuchsleistungen als solche aus Hochlagen (Abb. 5a). Ein Zusammenhang zwischen Wuchsleistung und West–Ost-Verbreitung der Herkünfte war bei Herkünften innerhalb der Unterart *Pallasiana* zu beobachten (Abb. 5b): Die westlichen, griechischen Herkünfte Chaldiki und Milia Metsova wuchsen deutlich besser als die östlichen, türkischen Herkünfte.

Die Herkünfte der Unterart *Laricio* zeigten mit Mittelhöhen von 4,48 m signifikant bessere Wuchsleistungen als alle anderen Unterarten (Abb. 6). Ein Wuchsvorsprung war bereits zwei Jahre nach Pflanzung nachweisbar. Die Samenplantagenabsaat Sologne lag deutlich vor allen anderen Herkünften. Herkünfte aus Korsika und Kalabrien konnten in den Folgejahren ihre Spitzenposition weiter ausbauen. Die korsischen Herkünfte Ponteils-et-Bresis und Yvoy-de-Marron erreichten 10 % mehr Höhe als die kalabrischen Provenienzen. Die Unterart *Laricio* weist derzeit 86 % der Höhe der heimischen Waldkiefernherkünfte auf.

Herkünfte der Unterart *Salzmannii* aus den spanischen Hochlagen über 1.000 m NN zeigten die zweitbeste Wuchsleistung aller Unterarten.

Die Herkünfte der Unterart *Nigra* lagen im vierten Wuchsjahr im Mittelfeld und fielen danach im Ranking im Vergleich zu *Laricio* zunehmend ab. Serbische und bulgarische Herkünfte aus höheren Lagen des Balkans (z. B. Zadapni Rhodopni, Prijepolje) wuchsen besser als Tieflagenprovenienzen (z. B. Dubostica, Lanuejols). Die bayerische Herkunft Zellingen – vermutlich aus österreichischen Saatgutquellen – lag über dem Durchschnitt und erreichte das Niveau von *Laricio*-Herkünften.

Innerhalb der Unterart *Pallasiana* hatten nur griechische Herkünfte überdurchschnittliche Leistungen.

Schnelle ÜBERBLICK

- **Auf Herkunftsversuchsflächen in Süddeutschland wurde die Wuchsentwicklung von 40 Herkünften aus dem gesamten Verbreitungsgebiet der Schwarzkiefer im Alter 12 verglichen**
- **Die wüchsigsten und vitalsten Herkünfte gehören der Unterart *Laricio* an; sie kommen aus Korsika und Kalabrien**
- **Nachkommenschaften aus Samenplantagen zeigen eine überdurchschnittliche Wüchsigkeit**
- **Vermehrungsgut der Unterart *Nigra* sollte nur noch aus vitalen, genetisch charakterisierten Erntebeständen verwendet werden**

Schlussfolgerungen für die Praxis

Maßstab für die Bewertung der Jugendentwicklung der Herkünfte war ihre Höhen- und Durchmesserentwicklung. Es wurde unterstellt, dass der Standort zwar das Niveau der Wuchsleistung der Herkünfte beeinflusst, die genetischen Unterschiede der Herkünfte aber zu einer ähnlichen Rangfolge bei den Herkünften führten. Empfehlenswerte, anpassungsfähige Herkünfte zeigten

Wie wüchsig sind die Herkünfte?

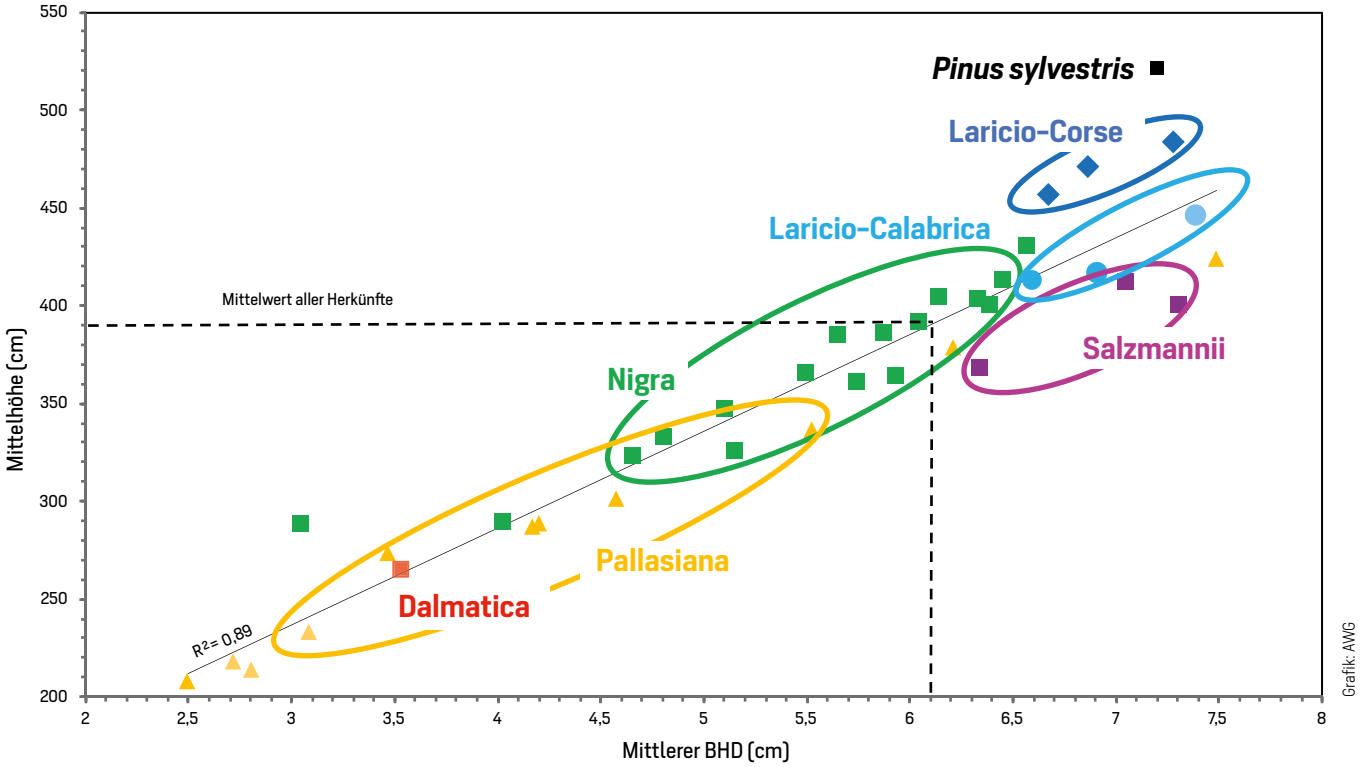


Abb. 6: Wuchsleistung der Herkünfte verschiedener Schwarzkiefernunterarten in Abhängigkeit von Höhe und BHD im Alter 12

auf allen Standorten eine höhere Wüchsigkeit.

Die überdurchschnittliche Wuchsleistung der Unterart *Laricio* wurde auch schon in älteren Versuchen beobachtet [7]. Bei Verwendung korsischer Originalherkünfte ist zu beachten, dass es aufgrund der kleinräumigen Reliefunterschiede auf der Insel erhebliche lokale Unterschiede bei Niederschlag und Temperatur gibt, die sich auf das Wuchsverhalten der Herkünfte auswirken.

Die Bäume der Unterart *Salzmannii* wiesen trotz überdurchschnittlicher Durchmesserentwicklung geringere Höhen als *Laricio* auf. Offensichtlich neigen die spanischen Herkünfte zu höherer Abholzigkeit. Die Unterart *Nigra* zeigte eine sehr starke Streuung der Wuchsleistung zwischen den Herkünften. Die Nachkommenschaften der Samenplantage Mertener Heide zeigten überdurchschnittliche Höhenwuchsleistungen.

Die Unterart *Pallasiana* hatte – abgesehen von griechischen Herkünften – unbefriedigende Leistungen und sollte daher nur in Praxisanbauversuchen ausprobiert werden.

„Bei der Etablierung von Schwarzkiefernkulturen sollte vorrangig Plantagensaatgut der Unterart *Laricio* verwendet werden."

RANDOLF SCHIRMER

Die Bewertung der Herkünfte erfolgte durch Einstufung in vier Kategorien anhand der Wuchsleistung unter Berücksichtigung der Ausfälle (Tab 1).

Bis zum Alter 12 konnten die Schwarzkiefernherkünfte hinsichtlich Wuchsleistung und Überlebensrate nicht mit der Waldkiefer konkurrieren. Es gibt jedoch Hinweise, dass in höherem Alter Schwarzkiefern auf ausreichend wasserversorgten Standorten die Gesamtwuchsleistung der Waldkiefernherkünfte übertreffen können [9].

Bei steigenden Temperaturen und zunehmender Sommertrockenheit bleibt abzuwarten, wie sich die Wuchsverhältnisse der Herkünfte auf den Versuchsflächen künftig verschieben werden. Der Versuch liefert jedoch schon heute wichtige Daten und ist Grundlage für die neuen bayerischen Herkunfts- und Verwendungsempfehlungen.

Für die Praxis zusammengefasst bedeutet das:

- *Bei der Pflanzung von Schwarzkiefernherkünften sollte vorrangig Saatgut aus Samenplantagen verwendet werden, da Plantagenbäume hinsichtlich Qualität, Wuchsleistung und Vitalität selektiert wurden. Sie lassen aufgrund hoher genetischer Vielfalt eine gute Anpassungsfähigkeit im Klimawandel erwarten. Die Nachkommenschaften der französischen Laricio-Plantage Sologne und der nordrhein-westfälischen Plantage Mertener Heide sind besonders empfehlenswert.*
- *Pflanzen aus Saatguterntebeständen der Unterart Laricio sind wegen ihrer überdurchschnittlichen Entwicklung vorrangig zu verwenden. Korsische, aber auch*

Bewertung der Schwarzkiefernherkünfte

Tab. 1: Klassifizierung der Herkünfte nach ihrer Wüchsigkeit (angegeben sind Herkunftsort, Land und Region)

KATEGORIE	Unterart				
	Laricio	*Salzmannii*	*Nigra*	*Pallasiana*	*Dalmatica*
Deutlich überdurchschnittliche Herkünfte	Yvoy-de—Marron (F/Corse) Ponteils-et-Bresis (F/Corse) Sila-Consenza 1 (I/Kalabrien) Sila-Consenza 2 (I/ Kalabrien) Sila di Fossiata (I/Kalabrien)		Samenplantage Mertener Heide (D/NRW)		
Überdurchschnittliche Herkünfte	Samenplantage Sologne (F/Corse)	Soria (E/Castilla y Leon) Alcarria (E/Guadalajara))	Zellingen (D/Ufr) Prijepolje (SRB/Zlatibor) Kremanske (SRB/Zlatibor) Viletta Barrea (I/Abruzzen) Osogovo (BG/Kjustendil)	Chaldiki (GR – Makedonien)	
Unterdurchschnittliche Herkünfte		Becitas (E/Andalusien - Jaén)	Leinach (D/Unterfranken Zadapni Rhodopi (BG/Pazardzhik) Valbelle (F/Provence) Triestino (I/Friaul) Dreistetten (A/NÖ) Bugojno (BiH) Dubostica (BiH) Lanuejols (F/Languedoc) Imotski (HR/Split)	Mila Metsova (GR – Epirus) Gölcük (TR/Kütahya)	
Deutlich unterdurchschnittliche Herkünfte			Visocica (HR/Senj) Friesenecker (A – NÖ) Baile Herculane (RO/Caras)	Dirgine (TR/Zonguldag) Degirmenegrek (TR/Balikesir) Gölköy (TR/Samsun) Karadere (TR/Kastamonu) Sogukoguluk (TR/Adana) B. Camurlu (TR/Hatay) Akifye (TR/Kahramanramas) Elmalar (TR/ Kahramanramas)	Brac (HR/Split))

kalabrische Herkünfte aus Höhenlagen von 1.400 bis 1.500 m NN des süditalienischen Silanationalparks bringen die besten Erträge.

- *Die meisten Laricio-Herkünfte kommen aus Gebirgsregionen mit über 1.000 mm Jahresniederschlag, aber langanhaltender Sommertrockenheit. Der erfolgreiche Anbau korsischer Herkünfte in niederschlagsarmen Regionen Frankreichs unterstreicht die gute Fähigkeit zur Anpassung an Trockenperioden.*
- *Für Praxisanbauversuche auf Trockenstandorten kommen auch spanische Herkünfte der Unterart Salzmannii in Betracht. Allerdings ist bei dieser Unterart die Saatgutversorgung nicht gesichert.*
- *Die bisher häufig angebaute Unterart Nigra aus den nördlichen Regionen des Balkans kann in der Wuchsleistung nicht mit der Unterart Laricio mithalten und ist nur eingeschränkt zu verwenden. Wegen der hohen Leistungsunterschiede der Herkünfte innerhalb dieser Unterart ist auf einzelne, vitale Saatguterntebestände zurückzugreifen. Sie müssen hinsichtlich genetischer Vielfalt und Unterartzugehörigkeit überprüft werden.*
- *Türkische Herkünfte der Unterart Pallasiana sind wegen hoher Ausfälle und geringer Wuchsleistung vor allem aus dem östlichen Verbreitungsgebiet ungeeignet. In Praxisanbauversuchen können jedoch griechische Tieflagenherkünfte getestet werden.*

Das Amt für Waldgenetik bedankt sich bei Manuel Karopka (FVA Freiburg) und Martin Hoffmann (NW-FVA in Hann. Münden) für die Bereitstellung der baden-württembergischen und hessischen Versuchsflächendaten.

Literaturhinweise:
Download des Literaturverzeichnisses in der digitalen Ausgabe von AFZ-DerWald (https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald) sowie unter: www.forstpraxis.de/downloads

Randolf Schirmer
Randolf.Schirmer@awg.bayern.de
ist stellvertretender Behördenleiter am Bayerischen Amt für Waldgenetik (AWG) und leitet das Sachgebiet „Forstgenetisches Feldversuchswesen“. **Martin Tubes** ist Mitarbeiter in diesem Sachgebiet. **Dr. Muhidin Šeho** leitet das Sachgebiet „Erhalten und Nutzen forstlicher Genressourcen“. **Gerhard Huber** war am AWG bis 2017 tätig und hat die Versuchsserie mit Schwarzkiefer angelegt.