

# Douglasie ist nicht gleich Douglasie – zur Bedeutung von Herkünften und genetischen Ressourcen

Aki Michael Höltken, Martin Hofmann und Wilfried Steiner

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7347457>

Die Witterungsbedingungen der letzten Jahre haben von Vitalitätsverlusten einzelner Bäume bis zum Absterben ganzer Waldflächen geführt. Deshalb ist auch das Interesse an fremdländischen Baumarten, die potenziell besser an prognostizierte Trocken- und Hitzeperioden angepasst sind, enorm gestiegen. Eine Überführung in die forstliche Praxis kann aber nur dann von Erfolg sein, wenn verschiedene Anforderungen erfüllt sind. Dazu zählen einerseits Massen- und Wertleistung, Standortanpassung sowie die Widerstandsfähigkeit gegenüber abiotischen und biotischen Schadfaktoren. Andererseits müssen auch komplexe ökosystemare Kriterien geprüft werden wie z. B. Invasivität, bodenkundliche Effekte oder Wechselwirkungen mit anderen Tier- oder Pflanzenarten. Diese Prüfung kann viele Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Von überstürztem Handeln, insbesondere bei einer Reihe von „Alternativbaumarten“ aus dem mediterranen oder asiatischen Raum, kann deshalb nur abgeraten werden. Auch künftig werden Frostereignisse (Spätfröste, Früh- und Winterfröste) bei vielen dieser Baumarten hohe Ausfallraten bzw. erhebliche Beeinträchtigungen der Reproduktion verursachen. Bislang haben sich nach langjährigen Untersuchungen nur sehr wenige fremdländische Baumarten bei uns als uneingeschränkt anbauwürdig, ökologisch zuträglich und nicht invasiv erwiesen. Dazu zählt insbesondere die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [MIRB] FRANCO) (Nagel 2022). Sie ist eine der wichtigsten forstlich genutzten Baumarten Nordamerikas. In Europa geht ihre Einführung auf das Jahr 1827 zurück, wo sie recht schnell durch ihr überlegenes Wachstum beeindruckte. Erste forstliche Anbauten erfolgten schon zwischen 1880 und 1890. Systematische, wissenschaftlich begleitete Herkunftsversuche wurden in Deutschland bereits in den Jahren 1910 in Chorin und 1912 in Kaiserslautern angelegt. Am umfangreichsten war eine von der IUFRO (International Union

of Forest Research Organizations) im Jahr 1965 initiierte Einsammlung von Saatgut im nahezu gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet der Douglasie in den USA und Kanada, wovon in Deutschland ebenfalls umfangreiche Versuchsreihen angelegt wurden. Die Studien auf diesen Versuchsflächen dauern teilweise bis heute an, weshalb die Douglasie nicht nur die bei uns am häufigsten angebaute fremdländische Baumart ist, sondern auch die am besten untersuchte. Die abgeleiteten Ergebnisse ermöglichen eine sehr solide Grundlage zur Bewertung unterschiedlicher Douglasienherkünfte (=Provenienzen) hinsichtlich Leistung, Qualität und Anpassungsfähigkeit.

Geeignete Provenienzen der Douglasie zeigen auf den meisten Standorten Nordwestdeutschlands eine hohe Wuchsleistung und Qualität, obwohl sich die klimatischen Gegebenheiten teilweise deutlich von denen im natürlichen Verbreitungsgebiet unterscheiden. Jährlich wiederkehrende Großwetterlagen mit bis zu mehrere Monate andauernden sommerlichen Dürreperioden und hohen Temperaturen sind in ihren Ursprungsregionen der USA (Washington, Oregon) oder auch Kanadas (Britisch-Kolumbien) keine Seltenheit. Hierauf begründen sich nicht zuletzt die hohen Erwartungen an die Douglasie vor dem Hintergrund prognostizierter Klimaveränderungen. Darüber hinaus lässt sich die Douglasie waldbaulich leicht in heimische Waldökosysteme integrieren, um als Mischbaumart nicht mehr standortgemäße Baumarten abzulösen und damit waldbauliche Risiken zu senken bzw. zu verteilen (Spellmann et al. 2015, Höltken und Steiner 2022). Der Douglasie kommt auch für die Versorgung mit Nadelrohholz künftig eine steigende Bedeutung zu.

## Auf die Herkunft kommt es an

Im Ursprungsgebiet reicht die Verbreitung der Douglasie von Britisch-Kolumbien im Norden entlang der pazifischen Westküste bis nach Kalifornien im Süden (2200 km) und in einem zweiten Teilareal im Landesinneren bis nach Mexiko (fast 4500 km). Abweichende eiszeitliche Refugialgebiete, die Isolation von Teilarealen (geringer Austausch an Samen und Pollen) sowie standörtliche Unterschiede haben allerdings zu einer genetischen Differenzierung in verschiedene geographische Herkünfte geführt. Bereits bei der forstlichen Einführung der Douglasie in Deutschland zum Ende des 19. Jahrhunderts hat man eine „grüne“ Küstenform und eine „graue“ Inlandsform sowie Übergangsformen zwischen diesen beiden Varietäten unterschieden. Auch wenn die Abgrenzung im Einzelfall nicht immer einfach ist, ist diese Einteilung in den Grundzügen bis heute gültig.

Provenienzversuche haben gezeigt, dass auf den meisten Standorten NW-Deutschlands die „grüne“ Douglasie aus den Küstengebieten westlich der Kaskaden aus Washington und



Foto: M. Lau

Starke Küstendouglasie in einem Mischbestand mit Buche und Fichte

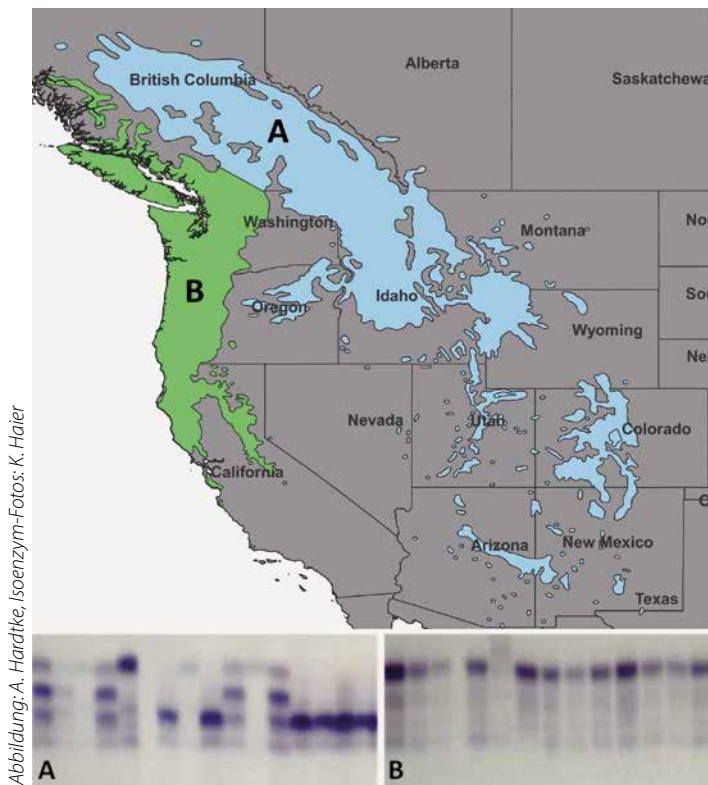


Abbildung: A. Hardtke, Isoenzym-Fotos: K. Häfner

Natürliche Verbreitung der Douglasie in den USA und in Kanada: Inlandsdouglasie (A, blaue Fläche), Küstendouglasie (B, grüne Fläche) und deren Unterscheidung mit Hilfe genetischer Methoden (hier: Isoenzym-Muster)

Oregon (USA) sowie aus dem Südwesten Britisch-Kolumbiens (Kanada) hinsichtlich Wuchsleistung und Qualität die besten Anbauerfolge liefert. Sie leidet durch ihr relativ spätes Austreiben bedeutend weniger an Spätfrostschäden und zeigt eine deutlich bessere Resistenz gegenüber Schadorganismen wie der Rostigen Douglasienschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*) als die Inlandsform. Auch wenn die „graue“ Inlandsform eine bessere Winterfrosthärte zeigt, werden nach Modellierungen von Schüler und Chakraborty (2021) im erwarteten zukünftigen Klima nahezu alle potenziell geeigneten kontinentalen Standorte nicht nur in Mittel- sondern auch in Osteuropa für die Inlandsherkünfte der Douglasie weitgehend verloren gehen. Eine Aufforstung mit diesem Material kann allein unter Berücksichtigung prognostizierter Klimaszenarien auf mitteleuropäischen Standorten deshalb nicht mehr empfohlen werden.

Andererseits zeigten sich in den ersten Anbauversuchen jedoch schon bald auch Probleme bei der Küstendouglasie, und zwar mit Früh- und Winterfrösten. Bis heute werden deshalb eher Herkünfte aus dem nördlichen und nordöstlichen Teil oder sogar aus höheren Lagen des Verbreitungsgebietes der „grünen“ Küstenform für den Anbau in Deutschland empfohlen. Diese Herkünfte zeichnen sich durch späten Austrieb und frühen Vegetationsabschluss aus. Dies ist ein Beleg dafür, dass es selbst innerhalb der Vorkommensgebiete der Küstendouglasie häufig zu kleinräumig ausgeprägter Differenzierung in Teilpopulationen kommt. Dies bestätigen indirekt auch Ergebnisse aus deutschen Versuchen, bei denen deut-

liche Unterschiede zwischen Herkünften festgestellt wurden, die in ihrem Ursprungsgebiet relativ dicht beieinander liegen. Da die Weichen für den erfolgreichen Anbau der Douglasie bereits zum Zeitpunkt der Saatguternte gestellt werden, evaluiert die NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) potenzielle Saatgutquellen der Douglasie für ihre Trägerländer Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Es hat sich allerdings gezeigt, dass die Beurteilung von Douglasienbeständen hinsichtlich ihres geographischen Ursprungs in Nordamerika allein nach phänotypischen Merkmalen nicht immer zuverlässig ist (Rau 2002). Da sich Populationen der „grünen“ und „grauen“ Douglasien aber labortechnisch voneinander unterscheiden lassen, werden an der NW-FVA zur genauen Klärung der Provenienzfrage Isoenzym-Untersuchungen durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass die meisten Saatgutvorkommen der Küstenform zugeordnet werden können, ein nicht unerheblicher Teil aber auch Inlandsformen oder Mischungen zwischen beiden Varietäten aufweist. Diese Art der genetischen Analyse, die an Altbäumen sowie an Vermehrungsgut vorgenommen werden kann, stellt deshalb eine wichtige Entscheidungsbasis bei der Beschaffung hochwertigen Vermehrungsgutes dar.

### Hohe Nachfrage nach Vermehrungsgut

Nach Daten der letzten Bundeswaldinventur (BWI3 aus dem Jahre 2012) stammten 73 % der Verjüngungsfläche der Douglasie aus künstlicher Verjüngung. Dieser Anteil dürfte aufgrund der witterungsbedingt aufgetretenen Waldschäden eher eine noch zunehmende Tendenz aufweisen. Bislang wird Vermehrungsgut der Douglasie größtenteils in zugelassenen Saatguterntebeständen (SEB) gewonnen. Deren behördliche Zulassung verlangt bestimmte, gesetzlich vorgeschriebene Mindestkriterien: Neben Formeigenschaften und Vitalität müssen SEB aus fruktifikationsfähigen Bäumen bestehen, die so zahlreich und gut verteilt sind, dass zwischen den Bäumen eine ausreichende gegenseitige Befruchtung gewährleistet ist. Vorgeschrieben sind mindestens 40 Bäume mit einem Mindestalter von 60 Jahren. Schon die Einhaltung dieser Minimalvorgaben engt die Verfügbarkeit



Zapfen der Douglasie

Foto: T. Boehl



geeigneter SEB aufgrund sich ändernder Waldbaustrategien aber zunehmend ein. Einerseits hat die Förderung von Struktur- und Artenvielfalt homogen aufgebaute, leicht zu beerntende Saatgutbestände vielerorts immer seltener werden lassen. Andererseits kann Zielstärkenutzung ein weiteres Problem in SEB darstellen, denn dadurch werden kontinuierlich und gezielt die genetischen Leistungsträger aus den Beständen entfernt. Insgesamt ist der Trend eindeutig: Dem steigenden Bedarf an qualitativ hochwertigem Douglasien-Saatgut steht eine abnehmende Verfügbarkeit geeigneter SEB gegenüber.

Genetische Analysen haben gezeigt, dass sich in den SEB je nach Bundesland ein sehr differenziertes Bild bezüglich der Zugehörigkeit zur Küsten- bzw. Inlandsform der Douglasie ergibt. In Sachsen-Anhalt konnte nahezu die Hälfte der untersuchten SEB der reinen Inlandsform bzw. Mischungen zwischen Küsten- und Inlandsformen zugeordnet werden. Diese Tatsache geht wahrscheinlich auf erste Auswertungen der zu Beginn des letzten Jahrhunderts angelegten Provenienzversuche in ostdeutschen Landesteilen zurück. Hier erwiesen sich einige Inlandsherkünfte als deutlich toleranter gegenüber Winterfrost und Frostrocknis. Dies führte dazu, dass bestimmte kanadische Inlandsherkünfte für höhere Lagen der Mittelgebirge sowie für die kontinentaler geprägten Klimaregionen des Pleistozäns Ostdeutschlands besonders empfohlen wurden. Die SEB Niedersachsens, Schleswig-Holsteins und Hessens stellten sich bis auf wenige Ausnahmen als reine Küstenherkünfte heraus (Höltken und Steiner 2022).

Eine weitere Saatgutquelle sind Samenplantagen (SP). SP sind gewissermaßen forstliche Sonderkulturen, die ausschließlich der Produktion von forstlichem Saatgut dienen (Paul et al. 2020). Die Ausgangsbäume einer SP sind bei der Douglasie das Ergebnis einer sogenannten „Plusbaumauswahl“. Das heißt, hier sind besonders vitale, angepasste, wüchsige, gutgeformte Bäume aus verschiedenen Vorkommen ausgewählt worden. Diese „Plusbäume“ werden, wie im Obstbau, über Pfropfreiser vegetativ vermehrt, so dass zu jedem Plus-

baum mehrere genetisch identische Kopien als Pfropflinge erzeugt werden. Anschließend werden die Pfropflinge nach einem speziellen Verteilungsmuster zu einer Reproduktionseinheit in SP gepflanzt, um hochwertiges forstliches Saatgut zu produzieren.

Vorteile von SP gegenüber SEB liegen in deutlich gesteigerten Erntemengen bei zeitlich-technisch einfacheren Beerntungsmöglichkeiten. Darüber hinaus haben genetische Untersuchungen ergeben, dass sich die bislang untersuchten SP im Bereich der NW-FVA ausnahmslos aus reinen Küstenprovenienzen der Douglasie zusammensetzen. Dies ist auch zu erwarten, da es sich entweder um Originalmaterial aus Ursprungsgebieten der „grünen“ Küstenvariante handelt oder problematische Herkünfte in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich entfernt wurden, auch in Verbindung mit genetischen Analysen (Höltken und Steiner 2022).

### Genetischer Flaschenhals bei der Douglasie?

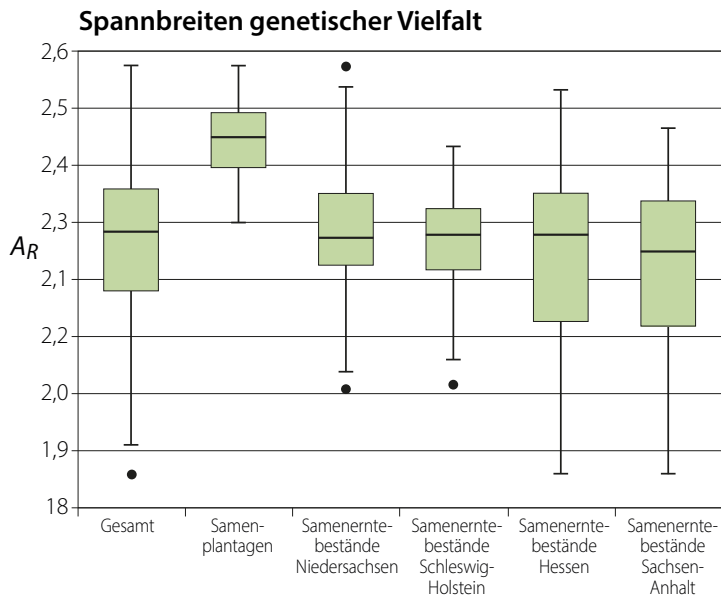
Eine wichtige Voraussetzung für genetische Anpassungsprozesse an sich ändernde Umweltbedingungen ist die Verfügbarkeit genetischer Vielfalt auf Bestandesebene. Nur dann können im Rahmen der geschlechtlichen Vermehrung verschiedene genetische Varianten zu einer Vielzahl von Samen und Sämlingen mit potenziell neuen Eigenschaften rekombiniert werden. Damit auch ein möglichst großes Zufallsangebot an unterschiedlichen Genotypen in den Beständen produziert wird und natürlichen Anpassungsprozessen zur Verfügung steht, haben Bäume besonders effiziente Strategien entwickelt: Mechanismen zur Inzuchtvermeidung, eine effiziente Pollen- und Samenausbreitung sowie eine enorme Anzahl an Nachkommen in überlappenden Generationen. In der Biologie spricht man von „effektiv großen Populationen“. Diese Eigenschaften gelten natürlich nicht nur für heimische, sondern auch für eingeführte Baumarten wie die Douglasie. Da die Douglasie in ihrer nordamerikanischen Heimat bestandesbildend ist und aus „effektiv großen Populationen“ besteht, kann davon ausgegangen werden, dass die teilweise deutlich geringeren Größen der künstlich angelegten mitteleuropäischen Bestände bezüglich der generationenübergreifenden Erhaltung genetischer Vielfalt eher nachteilig sind. Diverse Studien konnten eine Abnahme genetischer Vielfalt zwischen Elternbäumen und ihren Nachkommen bereits beobachten (Neophytou et al. 2019). Es besteht also die Gefahr, dass in nachfolgenden Generationen mit einem verstärkten genetischen Flaschenhals und damit einer immer geringeren genetischen Anpassungsfähigkeit oder sogar inzuchtbedingten Problemen (hoher Hohlkornanteil, Wertverluste in den Beständen) gerechnet werden kann (Liesebach et al. 2020). Diese negativen Auswirkungen können noch verstärkt werden, wenn es sich schon bei den Saatguterntebeständen um Nachkommen effektiv kleiner „Populationen“ (schlimmstenfalls einzelner Bäume) handelt.



Foto: T. Boehl

Ein Zapfenpflücker in der Krone einer Douglasie während der Beerntung

Um auch künftig Douglasienbestände mit hohen Anpassungskapazitäten zu etablieren, werden an der NW-FVA genetische Analysen nicht nur für die Unterscheidung der geographischen Herkünfte (Küsten- und Inlandsformen) vorgenommen, sondern auch für die Beurteilung der genetischen Vielfalt innerhalb einzelner Erntevorkommen.



Spannbreiten genetischer Vielfalt von Samenplantagen und Saatguterntebeständen der Douglasie (Parameter:  $A_R$  = allelic richness, nach Daten aus Höltken und Steiner 2022)

## Genetische Vielfalt: Vorteile von Samenplantagen

Die genetische Vielfalt unserer Samenplantagen (SP) liegt auf einem konstant höheren Niveau als in zugelassenen Saatguterntebeständen (SEB). Das betrifft nicht nur die Durchschnittswerte. In SEB sind auch größere Schwankungen in deutlich niedrige Wertebereiche zu verzeichnen.

Der  $A_R$  (allelic richness) ist eines von vielen Maßen für genetische Vielfalt und reagiert sensibel auf die Auswirkungen geringer Bestandsgrößen und damit auch auf Gefahren der genetischen Einengung (Flaschenhalseffekt). Es zeichnet sich ab, dass die Zusammenstellung von Plusbäumen in SP tendenziell zu einer Erhöhung genetisch „effektiver“ Populationsgrößen führt. Möglicherweise kann in SP eine deutlich geringere Mindestzahl an Genotypen für die Weitergabe genetischer Vielfalt an die Nachkommen ausreichend sein, da in SP meist deutlich mehr Pollen produziert wird und durch die zufällige Anordnung der Klone auf der Fläche eine viel bessere Durchmischung stattfinden kann. Auch Inzuchterscheinungen und eine damit verbundene Bildung von Hohlkörnern scheinen in SP deutlich geringer auszufallen als in SEB (Liesebach et al. 2020).

SP stellen deshalb ein wichtiges Element für die Erzeugung von Vermehrungsgut für die künstliche Begründung von Douglasienbeständen dar, insbesondere hinsichtlich der Erhaltung von genetischer Vielfalt und damit Anpassungs-

potenzial. Weitere Vorteile liegen auch in deren technisch einfacheren Beerntbarkeit und Pflege. Dennoch wird in absehbarer Zeit der größte Teil des Vermehrungsgutes der Douglasie aus SEB stammen. Mehrere, unabhängig voneinander durchgeführte wissenschaftliche Studien kommen hier aber zu dem Ergebnis, dass die bislang geltenden gesetzlichen Mindestkriterien für SEB und deren Beerntung gerade hinsichtlich der Erhaltung genetischer Vielfalt nicht ausreichen und dringend überarbeitet werden sollten. Diese Kriterien betreffen im Wesentlichen die minimale Anzahl an Altbäumen, Bestandesstrukturen (räumliche Anordnung der Bestäubungseinheiten) sowie die Anzahl der zu beerntenden Bäume (Liesebach et al. 2020).

## Empfehlungen für die Praxis

Vermehrungsgut aus Samenplantagen ist für die forstliche Praxis vorrangig zu empfehlen, denn dies verspricht nicht nur gute Wuchseigenschaften, sondern vor allem eine besonders hohe genetische Vielfalt und damit Anpassungsfähigkeit. In den forstlichen Herkunftsempfehlungen der Bundesländer werden Erkenntnisse aus genetischen Untersuchungen und Herkunftsversuchen berücksichtigt. Sie stellen somit eine praxistaugliche Entscheidungshilfe für die Wahl geeigneten Vermehrungsguts dar. Hier finden sich – soweit vorhanden – auch Hinweise auf Vermehrungsgut der Kategorie „Geprüft“, d. h. Material, das seine Wuchsüberlegenheit in Vergleichsprüfungen gezeigt hat.

## Literatur

- Höltken AM, Steiner W (2022): Genetische Ressourcen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) in Nordwestdeutschland: Erkenntnisse aus 15 Jahren Inventur. AFJZ, in Druck
- Liesebach H, Wojacki J, Pakull B, Eusemann P (2020): Genetische Diversität von Douglasiensaatgut aus zugelassenen Erntebeständen und Samenplantagen – Schlussfolgerungen für die Praxis. In: Liesebach M. (ed.), Forstpflanzenzüchtung für die Praxis, 6. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 16.-18. Sept. 2019 in Dresden: Tagungsband, Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, S. 246-259
- Nagel R (2022): Geht da noch mehr? Eingeführte Baumarten in Nordwestdeutschland für Vielfalt und Klimaanpassung. proWALD, Magazin des Deutschen Forstvereins 2, 4–8
- Neophytou C, van Loo M, Hasenauer H (2019): Genetic diversity in introduced Douglas-fir and its natural regeneration in Central Europe. *Forestry* 2019: 1-10
- Paul M, Steiner W, Schleich S, Lau M, Leisten D, Moos M, Schmidt C (2020): Samenplantagen und Mutterquartiere als Beitrag zur Biologischen Vielfalt. In: Waldzustandsbericht 2020 für Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein
- Rau H-M (2002): Merkmale problematischer Douglasien-Herkünfte. *AFZ/Der Wald* 57:1276-1277
- Schüler S, Chakraborty D (2021): Limitierende Faktoren für den Douglasienanbau in Mitteleuropa im Klimawandel. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 172: 84-93
- Spellmann H, Weller A, Brang P, Michiels H-G, Bolte A (2015): Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). In: Vor, Spellmann, Bolte, Ammer (Hrsg.) Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten; Universitätsverlag Göttingen, Göttinger Forstwissenschaften, Band 7, S. 187-217