

Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die Biodiversität: wichtige Forschungsfragen (Essay)

Rolf Holderegger

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)*

Kurt Bollmann

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)

Peter Brang

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)

Thomas Wohlgemuth

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)

Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die Biodiversität: wichtige Forschungsfragen (Essay)

Für eine Beurteilung, ob die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) waldbaulich in der Schweiz integriert werden kann, ohne negative Auswirkungen auf die Waldbiodiversität zu haben, fehlen einige relevante wissenschaftliche Grundlagen. Dazu gehören sowohl die Erfassung der Ausbreitungsdistanz und der natürlichen Verjüngung an verschiedenen Standorten als auch die Beurteilung, bei welchem Mischungsgrad von Douglasie mit anderen Baumarten negative Auswirkungen auf die Biodiversität auftreten. In diesem Artikel zeigen wir, mit welchen Methoden diese Forschungsfragen beantwortet werden können.

Keywords: biodiversity, dispersal distance, Douglas fir, *Pseudotsuga menziesii*, invasiveness, research agenda
doi: 10.3188/szf.2017.0021

* Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail rolf.holderegger@wsl.ch

Die Diskussion um den vermehrten Anbau der trockenresistenten Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) angesichts des Klimawandels und die damit einhergehenden möglichen negativen Auswirkungen auf die Biodiversität in Europa ist von Emotionalität, ökonomischen Ängsten wegen des Ausfalls der Fichte und Sorgen um eine mögliche Gefährdung der Artenvielfalt und der natürlichen Lebensräume gekennzeichnet. Gefährdet der Anbau der nicht einheimischen Douglasie die Biodiversität? Ist die Douglasie invasiv, das heisst, vermag sie sich auf gewissen Standorten unkontrolliert auszubreiten und einheimische Arten zu beeinträchtigen oder zu verdrängen (Blackburn et al 2011)? Insbesondere in Deutschland gingen und gehen die Wogen rund um diese Fragen hoch (Eggert 2014).

Kürzlich haben, trotz verbleibenden unterschiedlichen Meinungen, Vertreter und Vertreterinnen von Forstwissenschaft und Naturschutz gemeinsame Empfehlungen für den Anbau der Douglasie in Deutschland abgegeben (Ammer et al 2016). In gekürzter Form lauten diese: 1) Auf der überwiegenden Anzahl von Waldstandorten stellt der Douglasienanbau in Deutschland derzeit keine erhebliche Gefährdung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen dar. 2) Auf bestimmten Sonderstandorten im Wald (z.B. flachgründige, nährstoffarme Felsrücken, Blockschuttgebiete, trocken-warme Eichen- und Eichen-

mischwälder, Naturvorranggebiete) soll die Douglasie nicht angebaut werden. Ausserdem soll der Douglasienanbau in einer Pufferzone rund um solche Standorte und Gebiete unterlassen werden. 3) Je nach den gesetzlichen Bestimmungen ist der Anbau der Douglasie in Deutschland in gewissen Schutzgebietstypen möglich (z.B. Landschaftsschutzgebiete), oder er unterliegt starken Einschränkungen (z.B. Naturschutzgebiete). 4) Der Anbau der Douglasie soll in Mischung, insbesondere mit der Buche, erfolgen.

Diese Empfehlungen sind zu begrüßen, der Teufel liegt aber im Detail. Welche räumliche Dimension ist unter «Nachbarschaft zu besonderen Waldstandorten» zu verstehen, und wie breit soll die Pufferzone sein? In welchem Mischungsverhältnis soll die Douglasie angepflanzt oder in der Naturverjüngung akzeptiert werden, sodass keine oder nur tolerierbare negative Auswirkungen auf die Biodiversität auftreten? Dass gerade für diese Punkte keine Empfehlungen abgegeben werden, ist nicht verwunderlich, denn es besteht sehr wenig konkretes und statistisch abgesichertes Wissen dazu.

In diesem Artikel zeigen wir, im Sinne einer Forschungsagenda, welche Fragen mit welchen Methoden beantwortet werden müssen, bevor die mögliche Invasivität und die allfälligen negativen Auswirkungen der Douglasie auf die Biodiversität beurteilt werden können.



Abb 1 Natürlich verjüngte Douglasie neben einem Eschenkeimling. Foto: Kathrin Kramer-Priewasser

Ausbreitungs- und mögliches Invasivitätspotenzial

Um abschätzen zu können, ob die Douglasie bei vermehrtem Anbau invasiv werden könnte, müssen drei Fragen beantwortet werden: Wie gross sind die Ausbreitungsdistancen der Samen der Douglasie? Unter welchen ökologischen Bedingungen verjüngt sich die Douglasie natürlich? Wie stark etabliert sich die Douglasie dort, wo sie sich natürlich verjüngt?

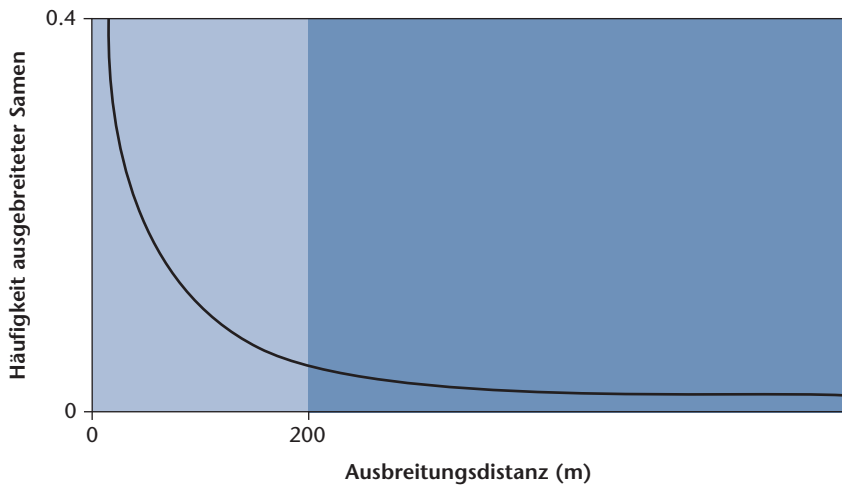


Abb 2 Typische (leptokurtische) Ausbreitungskurve der Samen einer windverbreiteten Nadelbaumart. Während die Nahausbreitung, welche die grosse Mehrzahl der ausgebreiteten Samen umfasst, mit ökologischen Methoden untersucht werden kann (hell hinterlegter Teil der Kurve), lässt sich Fernausbreitung über grosse Distanzen vor allem mit genetischen Methoden erfassen (dunkel hinterlegter Teil der Kurve).

Alle heute in der Schweiz bestehenden älteren Bestände oder Einzelvorkommen der Douglasie sind vom Menschen gepflanzt worden. Diese Standorte umfassen darum nicht unbedingt jene Standorte, auf denen sich die Douglasie natürlich ansiedeln und etablieren würde (Abbildung 1). Zur Abschätzung der Standorte und der Häufigkeit natürlicher Verjüngung, aber auch der möglichen Ausbreitungsdistancen reicht es deshalb nicht, nur in unmittelbarer Nähe von heutigen Douglasienvorkommen nach Naturverjüngung zu suchen, vielmehr müssen auch Standorte in der weiteren Umgebung einbezogen werden. Dies zeigen auch Hafner & Wohlgemuth (2016), welche zwei verschiedene Artverbreitungsmodelle für die Modellierung des möglichen Verbreitungsgebiets der Douglasie in der Schweiz verwendet haben: ein erstes Modell aufgrund der Umweltbedingungen von gepflanzten Vorkommen der Douglasie in der Schweiz und ein zweites Modell aufgrund der Umweltbedingungen der Douglasie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet in Nordamerika. Das zweite Modell zeigt ein weit grösseres potenzielles Verbreitungsgebiet der Douglasie in der Schweiz an als das erste. Nun lässt sich kaum bestimmen, welches der beiden Modelle der Wirklichkeit näherkommt. Die unterschiedlichen Resultate zeigen aber, dass die Douglasie auch Standorte besiedeln könnte, die ausserhalb des Standortspektrums ihrer heutigen Vorkommen liegen.

Bisherige Studien aus Mitteleuropa zeigen für die Douglasie eine gemessene maximale Ausbreitungsdistanz von etwa 200 m (Tschopp et al 2014, 2015). Für Nordamerika wird angegeben, dass die meisten Samen innerhalb von 100 m um einen Mutterbaum herum niedergehen, dass aber Douglasiensamen, wenn auch selten, Ausbreitungsdistancen bis 800 m erreichen (Fowells 1965). Dick (1955) gibt gar Ausbreitungsdistancen von 1 bis 2 km um Douglasienbestände herum an, diese seien aber selten. Genetische Studien messen bei windverbreiteten Baumarten Ausbreitungsdistancen von über 1 km (Kremer et al 2012). Eine genetische Studie zur Samenausbreitung der Douglasie existiert aber nicht.

Aus den oben angeführten Resultaten lässt sich also zumindest ein Potenzial zur Fernausbreitung der Douglasie ableiten. Für Untersuchungen zur natürlichen Etablierung der Douglasie schlagen wir aus pragmatischen Gründen vor, eine Fläche innerhalb eines Radius von 0.5 km um bestehende Vorkommen dieser Art zu berücksichtigen, wohl wissend dass damit möglicherweise ein Teil der Fernausbreitung verpasst wird (Abbildung 2). Die untersuchten Douglasienvorkommen müssen dabei räumlich von anderen Douglasienvorkommen getrennt sein. Sind die Standorte, auf denen sich die Douglasie natürlich verjüngt, einmal erfasst, können anschliessend dank der flächendeckenden Waldstandortkartierungen in vielen Kantonen der Schweiz die

für die Douglasie verjüngungsgünstigen Waldstandorttypen lokalisiert werden.

Die Erfassung der Standorte und der Häufigkeit von Douglasienetablierung innerhalb vieler 0.5-km-Radius-Flächen lässt auch die Bestimmung der Ausbreitungsdistanzen zu. Man nimmt dabei an, dass die aufgefundene Naturverjüngung aus Samen von den nächstliegenden adulten Douglasien abstammt. In einer ersten Näherung ist diese Methode sinnvoll. Das Problem dieses Vorgehens zur Erfassung der Ausbreitungsdistanzen liegt aber genau in der getroffenen Annahme. Genetische Studien an Bäumen haben nämlich gezeigt, dass die Annahme zwar für den grössten Teil der Naturverjüngung zutrifft, dass aber ein Teil der Verjüngung von Samen oft viel weiter entfernter Mutterbäumen abstammt (Jones et al 2005, Gerber et al 2014). Mit anderen Worten: Die Erfassung der Ausbreitungsdistanzen aufgrund der Entfernung der Naturverjüngung von vermutlichen Herkunftsbeständen zeigt an, wie weit sich die Samen in der Regel ausbreiten, sie unterschätzt aber die Fernausbreitung. Diese ist für die Abschätzung der Invasivität wichtig («dicker Schwanz» der Ausbreitungskurve in Abbildung 2). Eine zusätzliche genetische Untersuchung der Naturverjüngung der Douglasie und der daraus ableitbaren Ausbreitungsdistanzen wäre also wünschenswert. Dazu bieten sich zwei genetische Methoden an: Elternschaftsanalyse und Zuordnungstest. Leider ist die Anwendung beider Methoden bei der Douglasie mit Schwierigkeiten verbunden.

Bei der Elternschaftsanalyse (Holderegger & Segelbacher 2016) untersucht man sowohl natürliche Verjüngung als auch alle möglichen Elternbäume mit genetischen Methoden. Man weist dann mit statistischen Verfahren jedem Douglasienkeimling oder -jungbaum seine beiden wahrscheinlichsten Eltern, also Mutter- und Vaterbaum, zu. Zusätzlich bedient man sich des Umstands, dass Chloroplasten bei Nadelbäumen über den Pollen väterlich vererbt werden. Mittels der in den Chloroplasten enthaltenen DNA lassen sich also der Vaterbaum und per Ausschlussverfahren auch der Mutterbaum bestimmen. Die Distanz zwischen Mutterbaum und untersuchter Verjüngung entspricht dann der Ausbreitungsdistanz der Samen. Das Problem solcher Elternschaftsanalysen ist ihr beträchtlicher Aufwand (in der Grössenordnung einer Doktorarbeit).

Bei den deutlich weniger aufwendigen Zuordnungstests wird die Naturverjüngung aufgrund ihrer genetischen Zusammensetzung dem wahrscheinlichsten Herkunftsbestand zugewiesen (Holderegger & Segelbacher 2016). Die möglichen Herkunftsbestände müssen also ebenfalls genetisch charakterisiert werden. Bei dieser Methode besteht das Problem darin, dass die möglichen Herkunftsbestände wenigstens ein gewisses Mass an genetischen Unter-

schieden aufweisen müssen. Ist das nicht der Fall, ist eine Zuordnung der Verjüngung nicht möglich. Ob sich Douglasienbestände in der Schweiz für einen Zuordnungstest genetisch genügend unterscheiden, ist nicht bekannt.

Die Standorte und das Ausmass von natürlicher Douglasienverjüngung sowie die Ausbreitungsdistanzen der Douglasie sollten zuerst mit ökologischen Methoden erfasst werden (Kosten im Rahmen einer Doktorarbeit). Dabei lässt sich auch bestimmen, ob wertvolle Waldlebensräume wie Sonder- und Naturwaldreservate oder spezielle Waldgesellschaften natürlich von der Douglasie besiedelt werden. Entsprechende Untersuchungen laufen zurzeit an der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL an. Aufgrund der Ergebnisse kann später die Notwendigkeit zusätzlicher genetischer Untersuchungen abgeschätzt werden.

Auswirkungen auf die Biodiversität in Abhängigkeit vom Mischungsgrad

Die Frage ist, ab welchem Mischungsgrad von Douglasien mit anderen Baumarten – in der Schweiz vor allem der Buche – negative quantitative (Artenzahlen, Häufigkeit einzelner Arten) und qualitative (Einfluss auf Waldzielarten, national prioritäre Arten, Rote-Liste-Arten) Auswirkungen auf die Biodiversität auftreten. Gerade die qualitative Bewertung der Auswirkungen der Douglasie auf die Biodiversität wurde – mit wenigen Ausnahmen – bislang vernachlässigt (Tschopp et al 2014, 2015).

Konkret müssten zur Beantwortung der Frage viele Douglasienbestände mit verschiedenen Mischungsgraden in möglichst ähnlichen ökologischen Situationen verglichen werden. Dies ist recht schwierig zu bewerkstelligen, denn es braucht mehrere Douglasienbestände pro Mischungsgrad, um allgemeingültige, statistisch abgesicherte Aussagen zu erhalten. Wir schätzen, dass darum gesamthaft rund 20 Douglasienbestände mit verschiedenen Mischungsverhältnissen nötig wären.

Biodiversitätsuntersuchungen sind recht teuer. Während die Untersuchung der Vielfalt der Vegetation vergleichsweise günstig ist, belaufen sich die Kosten für die Erfassung der auf dem Waldboden oder epiphytisch wachsenden Moose, Pilze und Flechten ungefähr auf das Doppelte. Drei- bis viermal so teuer ist die Untersuchung der Insekten und der Mollusken, da hierfür aufwendige Fallen- oder Fangkampagnen und Spezialisten für die Bestimmung nötig sind. Einen rein auf Zielarten beschränkten Ansatz erachten wir als nicht zielführend. Die Aufnahme der Vögel und der Fledermäuse ist an sich mit tiefen Kosten verbunden, doch ob diese mobilen Organismengruppen für die heutigen Douglasienvorkommen, die meist aus wenigen Individuen

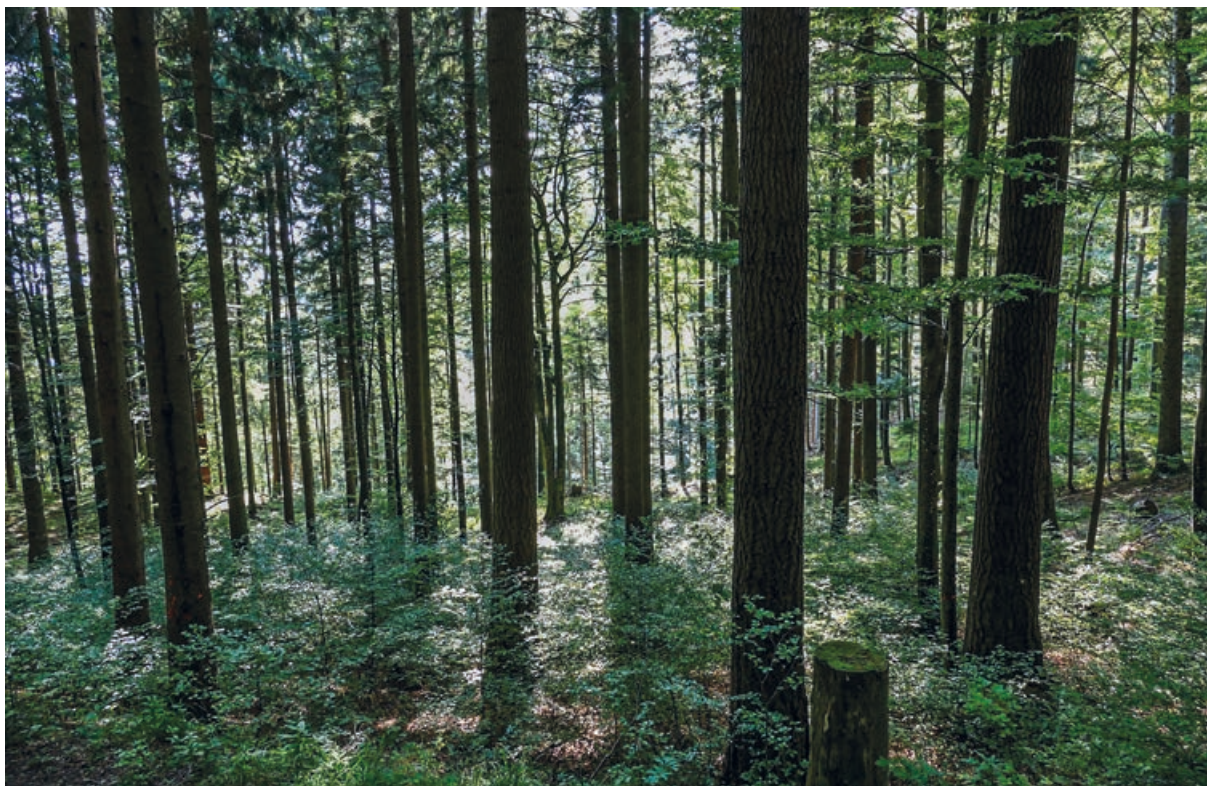


Abb 3 Für die Schweiz typisches, kleines Vorkommen von Douglasien. Foto: Thomas Reich

bestehen und räumlich klar abgrenzt sind (Abbildung 3), eine hohe Aussagekraft besitzen, wird von uns bezweifelt. Wir schätzen die Kosten für die Untersuchung der Auswirkungen der Douglasie auf die Diversität der übrigen genannten Artengruppen (Vegetation, Moose, Pilze, Flechten, Insekten, Mollusken) entlang von Mischungsgradienten auf rund 400 000 Schweizer Franken.

Doch selbst wenn die Auswirkungen verschiedener Mischungsgrade der Douglasie auf die Biodiversität einmal bestimmt sind, muss man sich bewusst sein, dass die Festlegung, welche Auswirkungen auf die Biodiversität tragbar sind, eine politische und gesellschaftliche Güterabwägung ist. Die Forschung

kann diese Güterabwägung mit Grundlagen unterstützen, durchführen kann sie sie aber nicht (Duelli et al 2007).

Negative Auswirkungen der Douglasie auf die Biodiversität könnten einen linearen Verlauf mit dem Mischungsgrad zeigen oder Schwellenwerte aufweisen (Abbildung 4). Schwellenwerte würden die politische und gesellschaftliche Entscheidung erleichtern.

Einschleppung von nicht einheimischen Schadorganismen

Eine andere Auswirkung der Douglasie auf die Biodiversität ist die Einschleppung neuer invasiver Schadorganismen. Einige Autoren betrachten dies als die grösste Gefahr bei vermehrtem Douglasienanbau (Schmid et al 2014). Die Einschleppung von neuen Schadorganismen mit Pflanz- oder Saatgut aus dem Ausland oder das plötzliche Überspringen eines Schadorganismus von einem bekannten zu einem neuen Wirt kann nie ganz ausgeschlossen werden. Doch es gibt Gründe, um anzunehmen, dass sich die Douglasie kaum als besonders anfällig oder gefährlich erweisen wird. Die Douglasie wird seit über hundert Jahren in Mitteleuropa angebaut. Dabei treten zurzeit keine auffälligen Schadsymptome auf. Einzig die Douglasienschildlaus (*Gilletteela cooleyi*) hat sich in Europa etabliert, befällt aber fast ausschliesslich die Douglasie selbst und führte bis anhin nicht zu relevanten Schäden in Europas Wäldern. Wir betrachten deshalb die Einschleppung neuer

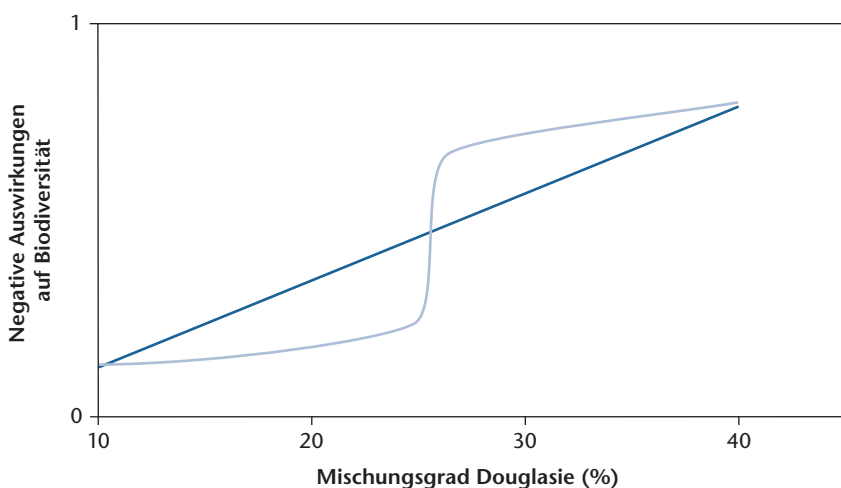


Abb 4 Hypothetischer Zusammenhang (linear oder mit Schwellenwert) zwischen den möglichen negativen Auswirkungen auf die Biodiversität und dem Mischungsgrad der Douglasie.

Schadorganismen im Vergleich zur möglichen Invasivität und zu anderen Auswirkungen auf die Biodiversität nicht als das prioritäre Problem eines vermehrten Douglasienanbaus.

Fazit

Die oben dargestellten offenen Fragen zur möglichen Ausbreitung und den Auswirkungen der Douglasie auf die Biodiversität sind nicht einfach zu beantworten, und ihre Untersuchung ist teuer. Ohne wissenschaftliche Fakten werden wir jedoch nicht über die relevanten Grundlagen für die Einschätzung des Einflusses eines vermehrten Douglasienanbaus auf die verschiedenen Ökosystemfunktionen im Allgemeinen und die Biodiversität im Speziellen verfügen. ■

Eingereicht: 11. Juli 2016, akzeptiert (ohne Review): 14. Juli 2016

Literatur

- AMMER C, BOLTE A, HERBERG A, HÖLTERMANN A, KRÜSS A ET AL (2016) Vertreterinnen und Vertreter von Forstwissenschaft und Naturschutz legen gemeinsame Empfehlungen für den Anbau eingeführter Waldbaumarten vor. Gemeinsames Papier des DVFFA und des BfN. Natur Landsch 91: 141.
- BLACKBURN TM, PYSEK P, BACHER S, CARLTON JT, DUNCAN RP ET AL (2011) A proposed unified framework for biological invasions. Trends Ecol Evol 26: 333–339.

- DICK J (1955) Studies of Douglas fir seed flight in south western Washington. Tacoma: Weyerhaeuser Timber Company. 4 p.
- DUELLI P, BAUR P, BUCHECKER M, GUGERLI F, HOLDEREGGER R ET AL (2007) The role of value systems in landscape research. In: Kienast F, Gosh R, Wildi O, editors. A changing world: challenges for landscape research. Dordrecht: Springer. pp. 27–34.
- EGGERT M (2014) Wie verjüngt sich die Douglasie? AFZ/DerWald 69 (11): 27–29.
- FOWELLS HA (1965) Silvics of forest trees of the United States. Washington DC: US Department Agriculture, Forest Service. 762 p.
- GERBER S, CHADOEUF J, GUGERLI F, LASCoux M, BUI TEVELD J ET AL (2014) High rates of gene flow by pollen and seed in oak populations across Europe. Plos One 9: e85130.
- HAFNER J, WOHLGEMUTH T (2016) Potentielle Invasivität der Douglasie in der Schweiz: eine standortsbezogene Evaluation. Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt WSL. 33 p.
- HOLDEREGGER R, SEGELBACHER G (2016) Naturschutzgenetik. Ein Handbuch für die Praxis. Bern: Haupt. 247 p.
- JONES FA, CHEN J, WENG GJ, HUBBELL SP (2005) A genetic evaluation of seed dispersal in the neotropical tree *Jacaranda copaia* (Bignoniaceae). Amer Nat 166: 543–555.
- KREMER A, RONCE O, ROBLEDO-ARNUNCIO JJ, GUILLAUME F, BOHRER G ET AL (2012) Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change. Ecol Lett 15: 378–392.
- SCHMID M, PAUTASSO M, HOLDENRIEDER O (2014) Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. Eur J For Res 133: 13–29.
- TSCHOPP T, HOLDEREGGER R, BOLLMANN K (2014) Die Douglasie in der Schweiz: Auswirkungen auf Biodiversität und Lebensräume im Wald. Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt WSL, Ber 20. 52 p.
- TSCHOPP T, HOLDEREGGER R, BOLLMANN K (2015) Auswirkungen der Douglasie auf die Waldbiodiversität. Schweiz Z Forstwes 166: 9–15. doi: 10.3188/szf.2015.0009

Les effets de la culture du sapin de Douglas sur la biodiversité: questions de recherche importantes (essai)

Pour évaluer si le sapin de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) peut être intégré dans la sylviculture suisse sans effet négatif sur la biodiversité des forêts, il manque des connaissances scientifiques pertinentes. Celles-ci comprennent le recensement des distances de propagation et l'étendue et l'emplacement du rajeunissement naturel ainsi que les effets éventuellement négatifs sur la biodiversité du Douglas dans différents degrés de mélange avec d'autres espèces d'arbres. Dans cet article, nous montrons avec quelles méthodes nous pouvons répondre aux questions de recherche posées.

Effects of Douglas fir cultivation on biodiversity: important research questions (essay)

Relevant scientific knowledge is still missing for a sound assessment of whether Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) can be silviculturally integrated in Switzerland without having negative effects on forest biodiversity. This includes the assessment of dispersal distances and the extent and locations of natural regeneration as well as the possible negative impacts on biodiversity of Douglas fir in different mixing ratios with other tree species. In this article, we show with what kinds of methods these research questions can be addressed.