

(KÜSTEN-) DOUGLASIE



1. Verbreitung und Ökologie

- 1. Natürliche Verbreitung:**

An der Pazifikküste im Westen Nordamerikas [8]; von Zentral-British Columbia bis Mittelkalifornien [2]. Im Herkunftsgebiet wurde eine Verschiebung der Populationen von der Küste ins Landesinnere unter zukünftigen Klimabedingungen prognostiziert [9].
- 2. Klimatische Kennziffern:**

Jährlicher Niederschlag zwischen 610 und 3.400 mm [10]; überwiegend im Winterhalbjahr. Juni und Juli fast regenfrei aber mit hoher Luftfeuchtigkeit [4]. In Europa hat sich gezeigt, dass mindestens 700-800 mm für gute Erträge notwendig sind, es werden aber auch weniger als 600 mm toleriert [1] (Abb. 1) [11]. Durchschnittstemperatur im Herkunftsgebiet: Januar (-9 bis 3 °C) und Juli (20 bis 30 °C) [10].
- 3. Natürliche Waldgesellschaft:**

Die Douglasie verjüngt sich in der Regel nach großflächiger Störung als Reinbestand. Erst im höheren Alter (80-100 Jahre) mit dem Ende des Haupthöhenwachstums und beginnender Lichtstellung kommen schattentolerante Mischbaumarten zur Verjüngung (z. B. Westamerikanische Hemlocktanne (*Tsuga heterophylla*), Riesen-Lebensbaum (*Thuja plicata*), Küsten-Tanne (*Abies grandis*) und Sitka-Fichte (*Picea sitchensis*)) [4].
- 4. Künstliche Verbreitung:**

Neuseeland [12], Australien und große Teile Europas [8].
- 5. Lichtansprüche:**

Mittlere Schattentoleranz, der Lichtbedarf nimmt mit dem Alter zu [4].

- 6. Konkurrenzstärke:**
 - 6.1. Verjüngungs-Dickungsphase:**

Konkurrenzschwach gegenüber europäischen Baumarten und Unkraut. Die Douglasie weist ein langsames Wachstum in den ersten Jahren auf, und erst ab dem 6. Lebensjahr ein rascheres Wachstum. Auf für die Fichte ungünstigen Standorten kann die Douglasie schnellerwüchsig sein [4].
 - 6.2. Baum- und Altholzphase:**

Sehr stark, da die Douglasie eine wüchsige Baumart ist. Mit zunehmendem Alter muss sie freigestellt werden, worauf sie bis ins hohe Alter reagiert. Seitliche Beschattung bei freiem Lichtgenuss der Krone wird vertragen [4].

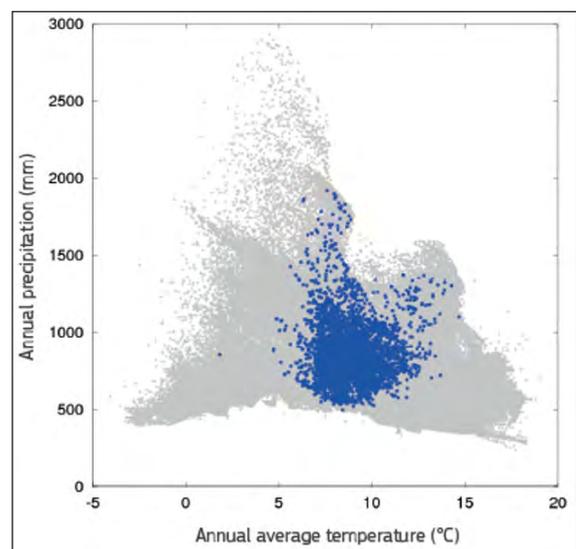


Abb. 1 Vorkommen der Art (blaue Punkte) in Bezug zum Niederschlag und zur Temperatur in Europa (graue Punkte: gesamter europäischer Klimaraum in den Inventurdaten) [11].

■ *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii* (KÜSTEN-) DOUGLASIE

■ FAMILIE: Pinaceae

Syn: *Pseudotsuga taxifolia* (Lamb.) Britton, *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* (Schwer.) Franco
Franz: douglas; Ital: douglasia; Eng: douglas fir; Span: pino real colorado.

- Die Douglasie ist die wichtigste Wirtschaftsbaumart in Nordamerika [1], und die häufigste angebaute fremdländische Baumart in Deutschland und Frankreich [2]. Sie stellt sich im Zuge des Klimawandels als potenzielle Alternative zur Fichte dar [3], da sie eine bessere Anpassung an Trockenheit zeigt [4-6]. Dabei sind die Wasserspeicherkapazität des Bodens [4] und die Herkunftswahl von entscheidender Bedeutung [1]. Allerdings sollte die Douglasie vorzugsweise in Mischwäldern angebaut werden, um Risiken zu streuen [7] und die Stabilität zu erhöhen [3]. Da sie eine bereits seit geraumer Zeit in Mitteleuropa eingeführte bzw. forstlich erfolgreich angebaute fremdländische Baumart ist, wurde sie in anderen Arbeiten bereits umfangreich untersucht. Ihre Auflistung hier in den knappen Baumartensteckbriefen dient deshalb ähnlich wie die Erwähnung der Roteiche überwiegend der Vollständigkeit und kann keine umfassende Darstellung der Primärliteratur leisten.

2. Standortsbindung

Die Douglasie bevorzugt lockeren, gut durchlüfteten, tiefgründigen (mind. 80-100 cm durchwurzelbarer Bodenraum), warmen und frischen Boden. Verdichtete Horizonte und flach anstehendes Grund- oder Stauwasser sind sowohl für das Wachstum als auch für die Sturmresistenz problematisch [4].

- 1. Nährstoffansprüche:**
Nährstoffreiche Böden werden bevorzugt [1]; sehr arme Böden sind ungeeignet [4].
- 2. Kalktoleranz:**
Kalkhaltige Böden haben sich in Europa als ungeeignet gezeigt, können aber in Frage kommen, wenn der Unterboden kalkhaltig, der Oberboden aber mindestens 20 cm tief kalkfrei ist [1].
- 3. pH-Wert:**
Überwiegend Böden mit pH 5-5,5 (Nordamerika). In Europa zwischen 5 und 6 [1].
- 4. Tontoleranz:**
Schwere Lehm- und Tonböden sind ungeeignet [4].
- 5. Staunässe- und Grundwassertoleranz:**
Schwere und nasse Böden sollen gemieden werden [4].
- 6. Blattabbau (Streuzersetzung und Nährstoffe):**
Gut trotz ungünstigem C:N-Verhältnis [4]. In Europa wurde beobachtet, dass sich ihr Anbau durch Entsäuerung und Verbesserung der Humusform positiv auf den Waldboden auswirken kann [13].

3. Bestandesbegründung

1. Naturverjüngung:

Ab dem 15. Lebensjahr beginnt die Douglasie zu fruktifizieren und alle 3-4 Jahre kommt es zu einem Mastjahr [4]. Sie kann sich problemlos etablieren wenn die Bodenvegetation, etwa auf armen Standorten, konkurrenzschwach ist [14]. Eine bei Pflanzungen mögliche Wurzelaustrocknung kann durch Naturverjüngung verringert werden. Junge Pflanzen müssen aber intensiv gepflegt werden [15]. In Frankreich wurden Erfahrungen mit Naturverjüngung unter Schirm gesammelt. Für eine ausreichende Lichtversorgung und günstige Wurzelentwicklung der Jungbäume sowie zur Vermeidung starker Kronenkonkurrenz innerhalb des Altbestandes sollte die Bestandesgrundfläche des Altbestandes auf weniger als 30 m²/ha begrenzt werden. Bei dichter Naturverjüngung sollte mittels Läuterung/Jungbestandspflege die Bestandesdichte auf ca. 2.000 Pflanzen/ha oder weniger verringert werden [6]. Anders als in ihrem Herkunftsgebiet kann die Douglasie in Europa eine Überschirmung bis in ein Alter von 20-25 Jahren vertragen [4].



Zapfen der Douglasie

2. Künstliche Verjüngung:

Herbstsaat des Saatgutes wird für die Erzielung höherer Keimzahlen und kräftigerer Pflanzen empfohlen. Bei der Frühjahrsaussaat sollten die Samen vorgekeimt oder vorgequollen sein. Die

Auspflanzung sollte im Frühjahr stattfinden, wenn die Knospen anzuschwellen beginnen. Die jungen Pflanzen sollten vor direkter Sonne, Wind und Frost geschützt werden [4]. Es muss aber ausreichend Licht für die Pflanzen vorhanden sein. Die Pflanzendichte sollte zwischen 1.000 und 2.000 Individuen/ha liegen, um optimales Wachstum, Ertrag, Stabilität und Qualität zu erzielen [16]. Die Lochpflanzung mit Pflanzen ohne deformierte oder trockene Wurzeln ist erfolgreicher [15]. Die gruppen- und horstweise Mischung sollte bevorzugt angewandt werden und kann sowohl das Wachstum unterstützen als auch die anderen Arten vor dem raschen Wachstum und der Konkurrenzstärke der Douglasie schützen [4, 6].

3. Keimfähigkeit und Überdauerungszeit des Saatgutes:

Zwischen 50 und 80 %. Die Samen können einige Jahre bei 2-3 °C in trockenen und luftdicht abgeschlossenen Glasballons gelagert werden [4]. Saatgut aus Süddeutschland zeigt hohe Variabilität in der Keimfähigkeit (zwischen 18 und 95%). Bei 20 °C und 10 % Wassergehalt können die Samen über 10 Jahre ohne Keimverluste gelagert werden [17].

4. Mineralbodenkeimer:

Mineralboden ist am besten geeignet. Auf ihm zeigen die Pflanzen die besten Überlebenschancen [4, 10, 14].

5. Stockausschlagfähigkeit:

Nein [10, 14].

6. Forstvermehrungsgutgesetz:

Ja [18].

7. Mögliche Mischbaumarten:

Die Mischung mit Fichte [7] und/oder Buche kann zu erhöhter Stabilität gegen Sturm beitragen. Außerdem kann die Mischung mit der Buche zur Produktivitätssteigerung und zur besseren Erholung des Zuwachses nach Trockenheit bei der Douglasie beitragen [3]. Die Westamerikanische Hemlocktanne, die heimische Weißtanne, die Linde und der Bergahorn könnten als Unterbau zur Douglasie eingebracht werden [4].

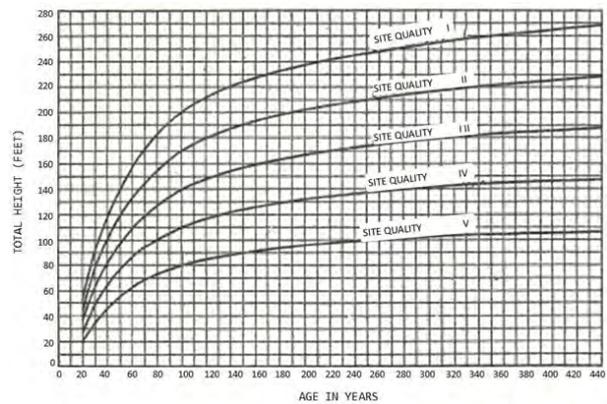


Abb. 2 Höhenbonitätsfächer für die für den Pazifischen Nordwesten (1 Foot = 0,3048 m) [20].

4. Leistung und Waldbau

1. Wachstum:

Im Herkunftsgebiet kann die Douglasie über 1000 Jahre alt werden und eine Höhe von über 80 m erreichen [19] (Abb. 2) [20]. Die Douglasie ist eine schnellwüchsige Baumart [8], die ein höheres Wachstum als alle anderen Nadelbaumarten in Frankreich und Deutschland aufweist [6]. In Deutschland wird die Douglasie vorzugsweise in Mischbeständen angebaut. Es werden Zieldurchmesser von mindestens 50 cm (in BW 60 cm [21]) bei Umtriebszeiten von über 60 Jahren angestrebt [2]. Je nach Bestandesdichte sollte früher oder später mit der Läuterung/Jungbestandespflege begonnen und diese wiederholt werden, damit kein Gedränge entsteht, denn die Douglasie benötigt ausreichend Wuchsraum [4]. Die Durchforstungsintensität sollte an das Durchmesserziel angepasst werden, denn um einen größeren Zieldurchmesser zu erreichen sind häufige und stärkere Durchforstungen notwendig [6]. Allerdings sollten mindestens 200 Z-Bäume/ha verbleiben, damit die Holzqualität und die Bestandesstabilität nicht beeinträchtigt werden [22]. Die Douglasie verfügt über eine schlechte natürliche Astreinigung [4], und muss für die Produktion von Wertholz geästet werden [22]. Um Wachstumseinbußen zu vermeiden, sollte mindestens die Hälfte des Stammes mit grüner Krone verbleiben [6]. Für die Erzielung von hochwertigem Holz sollte ein geringerer Anteil an juvenilen Holz und eine gleichmäßige Jahrringstruktur mit Jahrringbreiten unter 6 mm erzielt werden [23].

2. Ökonomische Bedeutung:

Die Douglasie ist eine der wichtigsten Wirtschaftsbaumarten in Nordamerika [1, 7] und

weltweit [1]. Auch in Deutschland ist das Holz auf dem Markt etabliert [24].

5. Erfahrung in Baden-Württemberg und Deutschland

In Deutschland und Baden-Württemberg liegen umfangreiche und langfristige, aus forstlicher Sicht positive Erfahrungen sowohl im Versuchswesen als auch im praktischen Waldbau vor [24]. Nach den Ergebnissen der aktuellen III. Bundeswaldinventur von 2012 kommt die Douglasie in Deutschland auf einen Anteil von 2, in Baden-Württemberg von 3,3 %. Sowohl in Deutschland insgesamt als auch in Baden-Württemberg wuchs ihr Holzvorrat im rechnerischen Reinbestand zwischen 2002 und 2012 um durchschnittlich ca. 19 m³/ha/J zu [25]. Die Douglasie ist Bestandteil der Waldentwicklungstypenrichtlinien der meisten Bundesländer inklusive BW [21]. Die Douglasie macht einen großen Teil der Waldfläche der Stadt Freiburg aus [14] und ist auf Versuchsflächen der FVA-BW vorhanden. In ausgewerteten Parzellen wies sie in 2016 im Alter von 36 Jahren eine Oberhöhe von 22,8 m und einen IG_{ZV} von 22,8 m³/ha/J auf [26]. Die Ergebnisse einer Untersuchung über die Auswirkungen der Standraumgestaltung nach 40-jähriger Beobachtung zeigen, dass Ausgangsbaumzahlen von 1000-2000 Pflanzen/ha zu besseren H/D-Werten und ökonomischeren Holzerträgen führen (Abb. 3) [16]. Neben dem flächendeckenden Vorkommen in ganz Baden-Württemberg wurde die Douglasie u. a. auch im Forstamt Heidelberg [27], im Forstbezirk Nagold [28] sowie im Exotenwald Weinheim angepflanzt [29]. In Nagold wurden Mischbestände mit Douglasie, Fichte und Tanne begründet [28]. Für Bonitätsfächer in BW siehe Bösch (2001) [30].

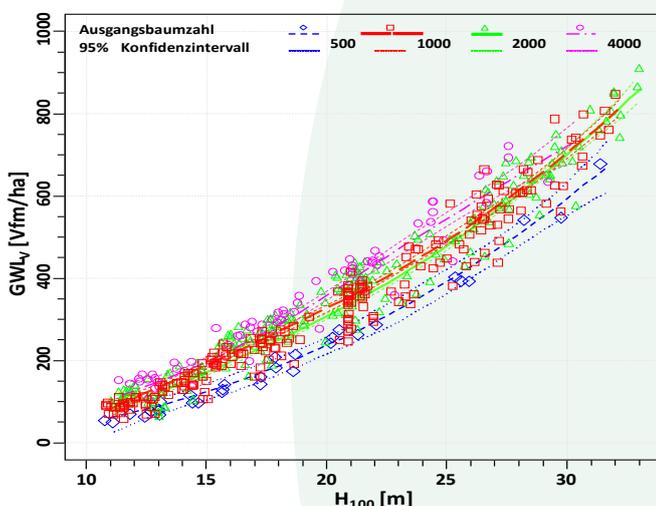


Abb. 3 Gesamtwuchsleistung der Douglasie in verschiedenen Ausgangsbaumzahlen nach 40-jähriger Beobachtung [16].

6. Holzeigenschaften und Holzverwendung

Die Douglasie ist weltweit eines der wichtigsten Nutzhölzer. Zu verdanken hat sie diese wirtschaftliche Stellung vor allem ihrer hohen Wuchsleistung verbunden mit hervorragenden Holzeigenschaften [31]. Das Holz wird in Europa hauptsächlich als Sägeholz verwendet. Auch Holzfasern werden gewonnen [6]. Die Holzeigenschaften der Douglasie sind für die Verwendung als Bauholz sehr gut [23].

- Holzdicke:**
0,40 ... 0,54 ... 0,73 g/cm³ (r_{12...15}) [32].
0,50 g/cm³ (r12) im Durchschnitt in Europa [23].
- Dauerhaftigkeitsklasse:**
3-4 (mäßig bis wenig dauerhaft) [33]. Das Splintholz lässt sich bei hoher Feuchte imprägnieren [34]. Das Holz weist eine lange Dauerhaftigkeit als Bauholz im Innenbereich auf [23].
- Konstruktionsbereich (Bauholz, Massivholzwerkstoffe):**
Sehr gut als Bau- und Konstruktionsholz geeignet [35]. Es wird sowohl in Europa [23] als auch in Nordamerika [36] benutzt, vor allem für mittlere Beanspruchungen im Innen- und Außenbau [34].
- Innenausbau, Möbelbau:**
Tischlerarbeiten, Furnier (Bastien et al. (2013) zitiert nach [11]), Türen, Fußböden, Möbelbau [35].
- Holzwerkstoffe (OSB, LVL, Spanplatte, MDF):**
Spanplattenverwendung (Bastien et al. (2013) zitiert nach [11]), Sperrholzverwendung [35].
- Zellstoff, Papier, Karton:**
Geeignet für die Papier-[36], Zellstoff- und Faserindustrie [34].
- Energetische Nutzung:**
Keine Literatur gefunden.
- Sonstige Nutzungen:**
Spezialholz für Masten und Pfähle, Furnierholz, Ausstattungsholz für Vertäfelung, Parkett, Fußböden, Treppen, Wasser-, Brücken- [34] und Bergbau, sowie Zäune, Schiffsbau, Kisten und Paletten [35].

7. Sonstige Ökosystemleistungen

1. Nicht-Holzverwendung:

In Nordamerika wird die Douglasie zur Verwendung als Weihnachtsbaum angebaut [10]. Terpentin und Gerbstoffe lassen sich wirtschaftlich verwenden [36]. Harz als Oregonbalsam [37].

2. Biomassefunktionen:

Die Douglasie weist eine der höchsten Kohlenstoffbindungsraten unter den Koniferen der gemäßigten Zonen auf [38]. Biomassefunktionen wurden für die oberirdische Biomasse z. B. für den Staat Washington erstellt [39] und für verschiedene Kompartimente in Deutschland entwickelt (z. B. [40, 41]).

3. Landschaftliche und ökologische Aspekte:

Die Samen der Douglasie sind im Herkunftsgebiet Nahrungsquelle für zahlreiche Tierarten [10]. Der Douglasienanbau ändert die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften, sie wird aber von einer großen Anzahl einheimischer, oft allerdings generalistischer, Tier-, Pflanzen- und Pilzarten als Lebensraum genutzt [42]. Auswirkungen auf die Pflanzengesellschaft können von Managementstrategien beeinflusst (Lichtverhältnisse) werden [14]. In nicht bewirtschafteten Buchen-Douglasien Wäldern in Deutschland

wurden mehr Mikrohabitate gefunden als in bewirtschafteten Wäldern [43].



(Küsten-) Douglasie

8. Biotische und abiotische Risiken

1. Pilze:

Die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) stellt ein großes Infektionsrisiko in luftfeuchten Lagen sowie bei dichtem Stand und feuchten Frühsommern dar. Wiederholte Jahre mit günstigen Infektionsbedingungen für die Rußige Douglasienschütte können den Befall mit Dunklem Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) begünstigen [15]. Die Rotband- (*Dothistroma* sp.) sowie die Rindenschildkrankheit (*Phacidium coniferarum*) können auch vorkommen. Das Sirococcus-Triebsterben (*Sirococcus conigenus*) wurde in Belgien im Jahr 2015 nachgewiesen [15]. Stockfäule kommt überwiegend auf sandigen Böden mit ehemaligen Kieferbeständen vor. Die Haupterreger sind der Kiefern-Braunporling (*Phaeolus schweinitzii*) und der Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*) [44].

2. Insekten:

Im Herkunftsgebiet stellen der Douglasienborckenkäfer (*Dendroctonus pseudotsugae*) und der Douglasienspinner (*Orgyia pseudotsugata*) eine besondere Gefährdung dar. Die Douglasienwolllaus (*Adelges cooleyii*) wurde bereits nach Europa importiert [44] und befällt überwiegend junge Pflanzen [12]. In Europa ist die Douglasie vor allem durch verschiedene Borkenkäferarten (z.B. Kupferstecher – *Pityogenes chalcographus*) gefährdet, die überwiegend bei jungen Pflanzen (bis zu Stangenhölzern) erhebliche Schäden hervorrufen können [45]. Der große braune Rüsselkäfer (*Hylobius abietis*) stellt eine Gefahr in den ersten beiden Kulturjahren, vorwiegend nach Nadelholzrieben dar [44]. Der Schlehen-Bürstenspinner (*Orgyia antiqua*) und die Nonne (*Lymantria monacha*) können zu bestandesbedrohenden Schäden führen [12].

3. Sonstige Risiken:

Auf wechselfeuchten Sandböden unter sehr hohem Trockenstress können intra-annuelle Radialrisse im Holz auftreten [44]. Wurzelauströcknung bei der Pflanzung und Anwuchsphase kommt vor [15].

4. Herbivoren/Verbissemempfindlichkeit:

Hoch [24]; sie wird vom Wild verbissen, gefegt und geschält [44].

5. Dürretoleranz:

Sämlinge und junge Pflanzen (bis zum 25. Lebensjahr) sind sehr anfällig gegenüber langen Trockenperioden, während alte Bäume besser damit zurechtkommen [1]. Die Bodenwasserspei-

cherkapazität spielt dabei eine wesentliche Rolle [1, 4]. Bei älteren Bäumen können wiederholte Sommertrockenheit und ein Bodenwasserdefizit zu niedrigem Wachstum und sogar zum Absterben führen [1]. Massive Sommertrockenheit kann ein Wipfelsterben und den Befall von Borkenkäfern und Hallimasch begünstigen [44].

6. Feueranfälligkeit:

Waldbrände sind ein natürliches Phänomen im natürlichen Verbreitungsgebiet [1, 4, 19], und die Douglasie zeigt gute Resistenz und gute Verjüngung nach solchen Ereignissen [10].

7. Frosttoleranz:

Die Douglasie ist bis ins Dickungsalter durch Spätfröste gefährdet. Lange Frost- und Eistageperioden (ohne Schnee) wirken sich ungünstig aus [4]. Wenn der Boden im Frühling noch gefroren ist und eine starke Sonnenstrahlung erfolgt, können junge Pflanzen durch Frosttrocknis stark geschädigt werden [1, 46].

8. Sturmanfälligkeit:

Hoch wie bei der Fichte, und das Risiko wird vermutlich von tondominierten, flachgründigen und kalkreichen Bodenbedingungen begünstigt. Das Risiko kann durch frühe Läuterung der Naturverjüngung oder niedrige Pflanzendichte bei der Bestandsbegründung minimiert werden [47]. Allerdings ist die Douglasie sehr empfindlich gegenüber Wind und reagiert mit geringerem Wachstum und/oder Säbelwuchs [4].

9. Schneebruch:

Anfällig gegenüber Schneebruch, vorzugsweise in sehr dichten Beständen zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr [1].

10. Invasivitätspotenzial:

Die Douglasie ist weltweit [14] und nach der schwarzen Liste des Bundesamts für Naturschutz [48] als invasiv eingestuft. Von forstfachlicher Seite hingegen wurde sie als „nicht invasiv“ eingestuft, da sich ihre Verjüngung und Ausbreitung steuern lassen [49]. In einer gemeinsamen Auswertung wurde festgestellt, dass die Douglasie keine gravierenden Auswirkungen auf die Biodiversität und Ökosystemleistungen in den meisten deutschen Wäldern hat. Sie soll aber nicht in und um schützenswerte Biotope und vorzugsweise in Beimischung mit heimischen Baumarten angebaut werden [50]. In Europa zeigten Studien, dass sie ein höheres Invasivitätspotenzial auf sauren, armen, trockenen und lichten Waldstandorten sowie auf offenen Felsstandorten und Blockhalden aufweist [51]. Auf frischen und nährstoffreichen Böden nimmt die Konkurrenz der Douglasie ab und ihre Ausbreitung lässt sich einfacher steuern [52].

9. Zusätzliche Information

Die Douglasie weist ein großes natürliches Verbreitungsgebiet mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen auf. Es existieren drei Hauptvarietäten der Douglasie: die Küsten- (*P. menziesii* var. *menziesii*) und Gebirgsformen (*P. menziesii* var. *caesia* und *P. menziesii* var. *glauca*) [8]. Die Küstendouglasie hat eine größere Bedeutung und ist besser für den Anbau in Deutschland [4] und Europa [15, 24] angepasst. Der Großteil des nach Europa exportierten Saatguts kommt aus dem nördlichen Verbreitungsgebiet [19, 46]. Im Zuge des Klimawandels sollte aber Saatgut südlicher Herkunft bevorzugt werden (z. B. Oregon für West- und Mitteleuropa bzw. Kalifornien für südeuropäische Länder). Allerdings gibt es bereits in Europa und Deutschland geeignete und geprüfte Erntebestände, aus denen Saatgut gewonnen werden kann [46]. Jedoch ist dieses Material nicht optimal im Hinblick auf den Klimawandel und für längere Umtriebszeiten [7]. Im Herkunftsgebiet nimmt die Dürretoleranz mit abnehmendem Breitengrad zu während die Produktivität abnimmt [1]. Ergebnisse von Versuchsflächen mit verschiedenen Provenienzen zeigten, dass die Herkünfte aus niedrigen Höhenstufen der Küstengebiete besseres Wachstum und eine geringe Anfälligkeit gegenüber Krankheiten (inklusive gegenüber der Rostigen Douglasienschütte) in Europa aufweisen [2, 15, 46]. Herkunft aus mittleren Höhenstufen des Kaskadengebirges (südwestliches Oregon und nördliches Kalifornien) werden für Zielanbauregionen mit Herbst- und Winterfrost empfohlen [46]. Ergebnisse aus Bayern zeigen, dass Herkünfte aus Oregon (45. Breitengrad) bessere Überlebensraten und besseres Wachstum aufweisen. Südliche Herkünfte zeigten aber unzureichende Frostresistenz [17]. Die Anpassung der Douglasie muss im Zuge des Klimawandels weiter untersucht werden, denn die Vitalität und das Wachstum der Douglasie kann bei hohen Temperaturen und starken sowie wiederholten Wasserdefizitperioden beeinträchtigt werden [53].

Literatur

- [1] NICOLESCU, V.-N. (2019): Natural range, site requirements and shade tolerance. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 33-72.
- [2] VAN LOO, M. und DOBROWOLSKA, D. (2019): Douglas-fir distribution in Europe. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 21-32.
- [3] THURM, E.A., et al. (2017): Mixed stands of Douglas-fir and European beech compared to pure stands. 200 ed. Forstliche Forschungsberichte München. Freising: Technische Universität München. 184 S.
- [4] WAGENKNECHT, E. (1958): Waldbauliche Eigenschaften und Behandlung der Douglasie. In: GÖHRE, K., (Hrsg.) Die Douglasie und ihr Holz. Berlin: Akademie Verlag. S. 241-306.
- [5] VITALI, V. (2017): Drought tolerance of Douglas-fir, Norway spruce and Silver fir in the Black Forest region - a dendrochronological analysis. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau. 72 S.
- [6] KOHNLE, U., et al. (2019): Management of Douglas-fir. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 73-83.
- [7] KNOOK, J. und HANEWINKEL, M. (2019): Economics of growing Douglas-fir. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 99-104.
- [8] FLÖHR, W. (1958): Kennzeichnung, Varietäten und Verbreitung der Douglasie. In: GÖHRE, K., (Hrsg.) Die Douglasie und ihr Holz. Berlin: Akademie Verlag. S. 1-18.
- [9] WEISKITTEL, A.R., et al. (2012): Projected future suitable habitat and productivity of Douglas-fir in western North America. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 163(3): S. 70-78.
- [10] HERMANN, R. und LAVENDER, D.P. (1990): *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco: Douglas-fir. In: BURNS, R.M. und HONKALA, B.H., (Hrsg.) Silvics of North America: 1. Conifers. Washington U. S. Department of Agriculture, Forest Service S. 527-540.
- [11] DA RONCH, F., et al. (2016): *Pseudotsuga menziesii* in Europe: distribution, habitat, usage and threats, In: European Atlas of Forest Tree Species, SAN-MIGUEL-AYANZ, J., DE RIGO, D., CAUDULLO, G., HOUSTON DURRANT, T., und MAURI, A., (Hrsg.) EU: Luxembourg. e01a4f5+.
- [12] ROQUES, A., et al. (2019): Pests and diseases in the native and European range of Douglas-fir. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 63-72.
- [13] PRIETZEL, J. und BACHMANN, S. (2011): Verändern Douglasien Wasser und Boden? LWF aktuell. 84: S. 50-52.
- [14] WOHLGEMUTH, T., et al. (2019): Impact of Douglas-fir on forests and open land habitats. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 57-62.
- [15] DUBACH, V. und QUELOZ, V. (2017): Douglasie: weniger robust als erhofft. Wald und Holz 98(5), 28-30.
- [16] KLÄDTKE, J., et al. (2012): Wachstum und Wertleistung der Douglasie in Abhängigkeit von der Standraumgestaltung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 163(3): S. 96-104.
- [17] KONNERT, M., et al. (2008): Fragen zum forstlichen Vermehrungsgut bei Douglasie. LWF Wissen. 59: S. 22-26.
- [18] BGBl. (2002): Forstvermehrungsgutgesetz vom 22. Mai 2002. In: BGBl. I S. 1658, BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ.
- [19] PÜTTMANN, K. (2010): Die Douglasie in ihrer Heimat. FVA-einblick 33-5.
- [20] MCARDLE, R.E. (1949 (1961)): The Yield of Douglas fir in the Pacific Northwest. Washington: US Department of Agriculture. 74 S.
- [21] WICHT-LÜCKGE, G. (2014): Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen (WET). BIEWALD, G., GÖCKEL, C., JACOB, A., KILIAN, M., KOHNLE, U., MICHIELS, H.-G., NAGEL, J., SCHABEL, A., und SCHMALFUß, N. Landesbetrieb Forst Baden-Württemberg, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg: Stuttgart. 116 S.
- [22] HEIN, S., et al. (2008): Effect of wide spacing on tree growth, branch and sapwood properties of young Douglas-fir [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] in south-western Germany. European Journal of Forest Research. 127(6): S. 481-493.
- [23] HENIN, J.-M., et al. (2019): Technological properties of Douglas-fir wood. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 89-97.
- [24] SPIECKER, H. (2019): Executive summary. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 13-16.
- [25] POLLEY, H., et al. (2014): Der Wald in Deutschland: Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Berlin: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). 52 S.
- [26] KLÄDTKE, J. (2016): Zum Wachstum eingeführter Baumarten in Baden-Württemberg. Allgemeine Forst und Jagdzeitung. 187 (5/6): S. 81-92.
- [27] SCHENCK, C.A. (1939): Fremdländische Wald- und Parkbäume: Die Nadelhölzer. Bd. 2. Berlin: Paul Parey.
- [28] HANISCH, B. (1997): Fremdländeranbauten in Baden-Württemberg im Forstbezirk Nagold seit 1955. In: LFV BADEN-WÜRTTEMBERG, (Hrsg.) Versuchs-anbauten mit nicht heimischen Baumarten: histori-

sche Entwicklung in Baden-Württemberg. Stuttgart: Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. S. 15-66.

[29] KREISFORSTAMT RHEIN-NECKAR-KREIS.

(2009): Baumartenliste der Bestandesflächen im Exotenwald Weinheim. Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis: Weinheim. 5 S.

[30] BÖSCH, B. (2001): Neue Bonitierungs- und Zuwachshilfen. Wissenstransfer in Praxis und Gesellschaft – FVA Forschungstage. ed. FORSCHUNG, S.F.F. Bd. 18. Freiburg: FVA - BW. S. 266-276.

[31] BORCHERT, H. und HAHN, J. (2008): Die Douglasie: Eine wirtschaftlich lohnende Baumart. LWF aktuell. 65: S. 51-53.

[32] SCHWAB, E. (2003): Sammlung technologischer Untersuchungen an Holz und Holzwerkstoffen. ed. HOLZWIRTSCHAFT, B.F.F.-U. Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes der Universität Hamburg.

[33] EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG.

(2016): Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Prüfung und Klassifikation der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff - EN 350.

[34] WAGENFÜHR, R. (2007): HOLZatlas. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. 816 S.

[35] ROSS, R.J. (2010): Wood handbook: Wood as an engineering material. Madison, WI: General Technical Report FPL- GTR-190. 509 S.

[36] GÖHRE, K. (1958): Das Holz der Douglasie. In: GÖHRE, K., (Hrsg.) Die Douglasie und ihr Holz. Berlin: Akademie Verlag. S. 437-562.

[37] DIETERICH, K. und STOCK, E. (1930): Analyse der Harze, Balsame und Gummiharze: nebst ihrer Chemie und Pharmakognosie: zum Gebrauch in wissenschaftlichen und technischen Untersuchungslaboratorien unter Berücksichtigung der älteren und neuesten Literatur. 2 ed. Berlin: J. Springer.

[38] BASTIEN, J.-C. (2019): Douglas-fir biomass production and carbon sequestration. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 84-88.

[39] SWAN, R.J. (2019): Prediction of aboveground component biomass for coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). in School of Environmental and Forest Sciences College of the Environment, University of Washington.

[40] PRETZSCH, H., et al. (2014): Nährstoffentzüge durch die Holz- und Biomassennutzung in Wäldern. Teil 1: Schätzfunktionen für Biomasse und Nährelemente und ihre Anwendung in Szenariorechnungen. Allgemeine Forst- u. Jagdzeitung. 185(11/12): S. 261-285.

[41] VONDERACH, C., et al. (2018): Consistent set of additive biomass functions for eight tree species in Germany fit by nonlinear seemingly unrelated regression. Annals of forest science. 75(2): 49 S.

[42] TSCHOPP, T., et al. (2014): Auswirkungen der Douglasie auf die Waldbiodiversität: eine Literaturübersicht. WSL Berichte Bd. 20. 52 S.

[43] WINTER, S., et al. (2015): Association of tree and plot characteristics with microhabitat formation in European beech and Douglas-fir forests. European Journal of Forest Research. 134(2): S. 335-347.

[44] METZLER, B. (2010): Waldschutzaspekte bei Douglasie. FVA-einblick 36-8.

[45] TOMICZEK, C. (2008): Ist die Douglasie hinsichtlich des Forstschutzes weniger problematisch als heimische Koniferen? BFW-Praxisinformation Bd. 16. S. 17-18.

[46] KONNERT, M. und BASTIEN, J.-C. (2019): Genealogy of Douglas-fir and tree improvement strategies. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 46-56.

[47] ALBRECHT, A., et al. (2013): Storm damage of Douglas-fir unexpectedly high compared to Norway spruce. Annals of Forest Science. 70(2): S. 195-207.

[48] NEHRING, S., et al. (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352. Bundesamt für Naturschutz. 202 S.

[49] SPELLMANN, H., et al. (2015): Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). In: VOR, T., SPELLMANN, H., BOLTE, A., und AMMER, C., (Hrsg.) Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten: Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. Göttingen: Universitätsverlag Göttingen. S. 187-217.

[50] AMMER, C., et al.: Vertreter von Forstwissenschaft und Naturschutz legen gemeinsame Empfehlungen für den Anbau eingeführter Waldbaumarten vor: Gemeinsames Papier des DVFFA und des BfN, unter: https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Aktuelles/2016/Gemeinsames_Papier_BfN_DVFFA_eingefuehrte_Baumarten.pdf [Stand: 24.02.2020].

[51] HÖLTERMANN, A., et al. (2008): Naturschutzfachliche Bewertung der Douglasie aus Sicht des Bundesamtes für Naturschutz (BfN). LWF Wissen. 59: S. 74-81.

[52] KNOERZER, D. (1999): Zur Naturverjüngung der Douglasie im Schwarzwald. Dissertationes Botanicae. Bd. 306. Stuttgart: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

[53] BASTIEN, J.-C. (2019): Potential of Douglas-fir under climate change. In: SPIECKER, H., LINDNER, M., und SCHULER, J., (Hrsg.) Douglas-fir - an option for Europe. cost (European Cooperation in Science and Technology). S. 33-72.