

forstarchiv 86, 3-12
(2015)

DOI 10.4432/0300-
4112-86-3

© DLV GmbH

ISSN 0300-4112

Korrespondenzadresse:
Andreas.Weller@
nw-fva.de

Eingegangen:
26.06.2014

Angenommen:
20.10.2014

Potenzial und Risiken der Sitkafichte im deutschen Anbaubereich

Potential and risks of Sitka spruce in the German growing area

ANDREAS WELLER und KARL JOSEF MEIWES

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Grätzelstr. 2, 37079 Göttingen, Deutschland

Kurzfassung

Die Anbaumöglichkeiten und -risiken der Sitkafichte (*Picea sitchensis* [Bong.] Carr.) in Deutschland werden in diesem Beitrag in erster Linie auf der Grundlage einer eingehenden Literaturlauswertung dargestellt. Lediglich bezüglich phänotypischer Herkunftsunterschiede und in Bezug auf das waldwachstumskundliche Verhalten der Baumart werden auch eigene Ergebnisse aus langfristig beobachteten ertragskundlichen Versuchen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) vorgestellt und im Kontext der zitierten Auswertungen diskutiert. Folgenden zentralen Fragestellungen wird nachgegangen: (1) Welche Ansprüche stellt die Sitkafichte an den forstlichen Standort und wie beeinflusst sie diesen? (2) Welches waldbauliche und ertragskundliche Potenzial besitzt die Sitkafichte auf ihr zusagenden Standorten im deutschen Anbaubereich? (3) Mit welchen Risiken ist beim Anbau der Sitkafichte außerhalb ihres natürlichen Vorkommens zu rechnen?

Die im äußersten Westen Nordamerikas vom südlichen Alaska bis Nordkalifornien vorkommende und dort außergewöhnlich wuchskräftige Sitkafichte wird seit Ende des 19. Jahrhunderts in Deutschland forstlich angebaut. Aufgrund ihrer ökologischen Bindung an luftfeuchte, kühle Küstenklimate mit hohen Jahresniederschlägen und aufgrund ihrer Fähigkeit, grundnasse Böden zu erschließen, liegt ihr Anbauschwerpunkt in Deutschland im Bereich grundwasserbeeinflusster Standorte des küstennahen Raumes. An deutschen Anbauorten mit einem nachhaltig frischen Bodenwasserhaushalt ist die Sitkafichte deutlich leistungsfähiger als die meisten heimischen Baumarten. Die unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse im natürlichen Verbreitungsgebiet führten zur Ausbildung genetisch differenzierter Populationen mit für den Anbauwert der jeweiligen Herkunft bedeutenden phänotypischen und phänologischen Eigenschaften. Die Einflüsse der Sitkafichte auf den forstlichen Standort beziehen sich auf den Nährstoffbedarf und die Streuqualität. Der Nährstoffbedarf der Sitkafichte kommt etwa dem der Gemeinen Fichte gleich. Auf vergleichbaren Standorten entspricht die Zersetzbarkeit der Streu ungefähr der von Gemeiner Fichte und Waldkiefer. Typisch ist die Bildung von Auflagehumus. Wegen ihrer ganzjährigen Benadelung und der damit einhergehenden hohen Filterleistung ist in Sitka-Beständen mit höheren Depositionsraten als in Laubholzbeständen zu rechnen. Aufgrund ihrer auch im deutschen Anbaubereich gezeigten hohen Wuchsleistung ist auf geeigneten Standorten eine Übernahme der oft sehr zahlreich aufkommenden Naturverjüngung als Mischbaumart, je nach Wuchszone mit Rotbuche, Japan-Lärche, Douglasie oder Gemeiner Fichte, sinnvoll. Als Mineralbodenkeimer ist das Ankommen von Naturverjüngung an ein entsprechendes Keimbett gebunden, hierzu zählen Ausgangslagen mit geringer Streuauflage oder mit Bodenverwundung beispielsweise durch Holzerntemaßnahmen. Außerhalb des ihr zusagenden engen Standort- und Klimabereiches besitzt die Sitkafichte im deutschen Anbaubereich eine geringe Resistenz gegenüber biotischen und abiotischen Gefährdungen.

Schlüsselwörter: *Picea sitchensis*, Standortansprüche, Klimaänderung, ökologische und biologische Eigenschaften, Anbaupotenzial, Anbaurrisiken, fremdländische Baumart

Abstract

The present scientific examination of Sitka spruce (*Picea sitchensis* [Bong.] Carr.) chiefly focuses on an assessment evaluation. However, as to phenotypical differences of provenance and increment behaviour of this tree species, the results of long-termed yield trials obtained by the Northwest German Forest Research Station (NW-FVA) are presented and discussed in the context of this evaluation. The following main questions are dealt with: (1) What are the requirements of Sitka spruce in respect to soil quality and what are the effects of Sitka spruce on soil properties? (2) What is the silvicultural and yield potential of Sitka spruce on suitable sites in the German growing area? (3) What are the risks posed by the cultivation of Sitka spruce outside its area of natural distribution?

Sitka spruce, which is indigenous to the extreme western part of North America ranging from southern Alaska to northern California, and where it is characterised by a very high growth increment, has been cultivated in German forests since the end of the 19th Century. Because it is ecologically tied to atmospheric moisture, cool littoral climates with high annual rainfall and also because of its ability to thrive on saturated ground, the main area of cultivation in Germany lies in ground-water influenced sites in coastal vicinity. On German sites with a sustained moist soil water budget, Sitka spruce performs far better than most indigenous tree species. The varying climatic conditions in its natural distribution area have led to the formation of genetically differentiated populations, with site-specific denotative phenotypical and phenological properties. The effects of Sitka spruce on soil properties pertain to nutrient demand and litter quality. Nutrient demand of Sitka spruce is similar to Norway spruce. Litter decomposition is more or less commensurate with that of Norway spruce and Scots pine and is linked to humus accumulation in the organic layer. Because of the perennial foliation, which is attended by an advanced filtration, deposition of air pollutants is expected to be higher than in deciduous stands. Because of Sitka spruce's high growth incre-

ment on suitable sites in the German growing area, it appears advisable to admit second growth specimens from natural regeneration as admixed tree species. Depending on ecological site-related factors, this could be done in admixture with European beech, Japanese larch, Douglas-fir or Norway spruce. As Sitka spruce is a mineral soil germinator, the success of natural regeneration is dependent on a suitable germination bed, such as may be provided in areas with a scarce litter layer or such that have been damaged by logging. Outside of its suitable growing area and appropriate climatic zone in Germany, Sitka spruce shows only low resistance versus biotic and abiotic hazards.

Key words: *Picea sitchensis*, forest site demands, climate change, ecological and biological properties, cultivation potential, cultivation risks, alien tree species

Einleitung

Die Sitkafichte (*Picea sitchensis* [Bong.] Carr.) wurde zu Beginn des 19. Jahrhunderts in Europa eingeführt. Vegetationsökologisch ist diese Baumart aufgrund des Zeitpunktes ihrer Einbürgerung in Europa als Neophyt einzustufen (Kowarik 2003, Klingenstein et al. 2005). In Deutschland kommt sie seit dem Jahr 1831 vor (Röhe 1997), erlangte jedoch erst ab dem Jahr 1881 forstliche Bedeutung mit der Begründung zahlreicher Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten durch die Forstlichen Versuchsanstalten. Diese Versuchsanbauten zeigten, dass die Sitkafichte im luftfeuchten Küstenklima und in kühl-feuchten Mittelgebirgslagen sehr gut wächst (Schober 1962, Noack 2013, 2014). Hier erreicht sie auf gut durchwurzelbaren, gut wasserversorgten Böden ihren höchsten Zuwachs. Das Holz der Sitkafichte wird aufgrund seines geringen Gewichtes bei gleichzeitig guten mechanischen Eigenschaften geschätzt (Knigge 1962). Die Summe dieser positiven Eigenschaften führte vor allem in den norddeutschen Küstenländern zu einer stärkeren Berücksichtigung der Sitkafichte bei Aufforstungen, wobei die Anbauwelle Mitte der 1950er-Jahre ihren Höhepunkt erreichte. Nach den Ergebnissen der dritten Bundeswaldinventur (BWI 2012) beträgt die Anbaufläche der Sitkafichte über alle Waldeigentumsarten in Niedersachsen 5.210 ha (0,5 %) und in Schleswig-Holstein 5.080 ha (3,1 %) (BMEL 2014). Weitere Verbreitungsschwerpunkte existieren in den küstennahen Regionen Mecklenburg-Vorpommerns (ca. 2.500 ha bzw. rd. 0,5 %; Noack 2014), aber auch im westlichen Hunsrück und im privatwaldgeprägten Sauerland (BfN 2013).

Nomenklatur und Systematik

Die Sitkafichte zählt zur Familie der Kieferngewächse (Pinaceae). Der deutsche Botaniker August von Bongard beschrieb die Sitkafichte im Jahr 1833 unter dem Namen *Pinus sitchensis* als Art der Gattung *Pinus* (Bongard 1833). Élie Abel Carrière ordnete die Sitkafichte unter der heute gültigen botanischen Bezeichnung *Picea sitchensis* in die Gattung *Picea* ein (Carrière 1855; Tabelle 1). Innerhalb der Gattung *Picea* wird die Sitkafichte der Untergattung *Casicta*, Sektion *Sitchensis*, Serie *Ajanensis*, zugeordnet.

Tab. 1. Systematik der Sitkafichte.
Systematics of Sitka spruce.

Taxonomische Kategorie	Bezeichnung
Familie	Pinaceae
Unterfamilie	Piceoideae
Gattung	<i>Picea</i> (Fichten)
Art	<i>Picea sitchensis</i> , Sitkafichte, Sitka spruce

Natürliche Verbreitung

Die Sitkafichte kommt in einem schmalen Streifen entlang der Westküste Nordamerikas vom südlichen Alaska (61° N) bis ins nördliche Kalifornien (39° N) über eine Entfernung von 2.500 km vor (Harris 2004) und dringt bestandesbildend selten tiefer als 60 km ins Landesinnere ein (Betts 1945). Einzelstamm- bis horstweises Vorkommen von erstaunlicher Wuchsleistung findet man in Lagen bis 600 m ü. NN an den Westhängen des Kaskadengebirges (Querengässer 1953, Schober 1962). Aufgrund ihrer spezifischen Ansprüche an ein ausgeprägt ozeanisches Klima ist ihre Verbreitung in der vertikalen Ausdehnung in den Küstengebirgen (*coastal-ranges*) in Washington, Oregon und Kalifornien auf 300 m ü. NN beschränkt. Im südlichen Alaska steigt sie, die Baumgrenze bildend, auf 900 m ü. NN (Harris 2004). Die letzten unberührten Sitka-Altbestände befinden sich auf Vancouver-Insel (Britisch Kolumbien, Kanada), wo zugleich auch die wuchskräftigsten Bestände stocken, mit 2.900 m³ ha⁻¹ Derbholzvorrat (mit Rinde) im Alter 200 Jahre (*site index I: height equal 200 ft at the age of 100 years*, wobei 200 ft 61 m entsprechen) (Meyer 1937).



Abb. 1. Kartendarstellung der natürlichen Verbreitung der Sitkafichte in Nordamerika (Quelle: Karnstedt 2009).

Chart of the natural distribution of Sitka spruce in North America (reference: Karnstedt 2009).

Die Sitkafichte ist eine Baumart des nebel- und regenreichen Küstenklimas (*fog-belt*) mit milden Wintern und kühlen Sommern (Eidmann 1953, Harris 2004, Noack 2014). Als Art der nemoralen Feuchtkoniferenwälder stellt sie hohe Ansprüche an ein humides und zugleich luftfeuchtes Klima. Sie bevorzugt tiefgründige, gut durchwurzelbare und vorratsfrische Böden, auf denen sie mit ihrer Wurzel bis in Bodentiefen von 2 m vordringt. Bodenverdichtungen im Oberboden und Staunässe wirken sich negativ auf das Wurzelwachstum aus und führen einerseits zu nachlassendem Wuchs und andererseits zu einem flachstreichenden Wurzelsystem und damit zu ausgesprochener Windwurfgefährdung. Die Sitkafichte wächst auf genetisch jungen Böden ohne bzw. mit sehr schwach ausgeprägter Horizontabfolge (Entisole und Inceptisole), auf Podsolen sowie auf stark kohlenstoffhaltigen Böden (Histosole) unterschiedlichen geologischen Ausgangsmaterials (United States Department of Agriculture o. J.). Die pH-Werte dieser Böden liegen zwischen 4,0 und 5,7. An die Nährstoffausstattung der Böden stellt *Picea sitchensis* höhere Ansprüche als beispielsweise Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*). Ihre optimale Leistung im natürlichen Areal ist an alluviale Standorte oder wasserzügige Hanglagen gebunden, wo sie Baumhöhen von 60–80 m erreichen kann (Harris 2004).

Die Sitkafichte bildet nur in frühen Sukzessionsstadien Reinbestände (Harris 2004). Als ausgesprochener Mineralbodenkeimer ist sie auf nackten Böden, Kiesbänken und Dünen im Vorteil. Im gesamten Verbreitungsgebiet ist sie mit Küsten-Hemlocktanne (*Tsuga heterophylla*) vergesellschaftet: Im südlichen Areal kommen Douglasie, Scheinzypresse (*Chamaecyparis lawsoniana*), Küstenkiefer (*Pinus contorta*), Küstenmammutbaum (*Sequoia sempervirens*) und Riesenlebensbaum (*Thuja plicata*) hinzu. Im nördlichen Vorkommen werden die vorgenannten Mischbaumarten durch Nootka-Scheinzypresse (*Xanthocyparis nootkatensis*), Berg-Hemlocktanne (*Tsuga mertensiana*) und Felsengebirgs-Tanne (*Abies lasiocarpa*) abgelöst (Harris 2004). Unter den Bedingungen einer ungestörten Sukzession ist die Sitkafichte eine Subklimaxbaumart.

Genetische Differenzierung und Provenienzen

Die Ausdehnung des natürlichen Areals über 22 Breitengrade mit unterschiedlichen Klimabedingungen ist die Ursache für eine genetische Differenzierung, die von bedeutendem Einfluss auf den Anbauwert der Sitkafichte ist (Stratmann 1988). Die verschiedenen Provenienzen (synonym Herkünfte) lassen sich anhand morphologischer, holzanatomischer und chemosystematischer Merkmale unterscheiden (Daubenmire 1968, Harris 1978, Forrest 1980, Ying 1990). Anders als bei Douglasie oder Großer Küstentanne (*Abies grandis*) fehlen Provenienzen aus kontinental getönten Regionen. Die Herkunftsfrage der Sitkafichte ist aufgrund der geografischen Ausdehnung ihres Verbreitungsgebietes daher eine Frage der nördlichen Breite des Ursprungsortes, und das Wuchsverhalten verschiedener Provenienzen ist korreliert mit dem Breitengrad.

Internationale Herkunftsversuche mit Sitkafichte belegen den Zusammenhang zwischen der Ausprägung phänotypischer und phänologischer Merkmale, wie Wuchsleistung, Frostgefährdung oder Austriebsverhalten, und dem Herkunftsort. In britischen und irischen Versuchen bestand nach 7-jähriger Beobachtung ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Breitengrad des Herkunftsortes und der Länge der Wachstumsperiode, die bei Herkünften aus Alaska gegenüber Provenienzen aus dem südlichen Vorkommen um 50 % kürzer war (Lines und Mitchell 1965). Diese phänologischen Herkunftsunterschiede wurden auch in norwegischen Versuchen bestätigt (Baugar 1970). Mit dem späteren Wachstumsabschluss geht jedoch eine erhöhte Früh- und Winterfrostgefährdung der Kulturen

und Jungwüchse einher. Im norwegischen IUFRO-Herkunftsversuch zeigen Provenienzen im Bereich des 54. nördlichen Breitengrades (Queen Charlotte-Inseln, Britisch Kolumbien, Kanada) eine maximale Leistung; nördlichere und südlichere Herkünfte sind umso mattwüchsiger, je weiter sie vom 54. Breitengrad entfernt sind (Magnesen 1986). Gleichlautende Ergebnisse wurden in Belgien (Nanson 1978) und Dänemark (Larsen 1983) gefunden. In den beiden von Geyr von Schweppenburg begründeten hessischen Versuchen waren im Alter 30 Jahre ähnliche Korrelationen zwischen Breitengrad, Wuchsleistung und Frostschadensgrad zu beobachten (Schober 1962). Mit dem vergleichsweise kontinentaleren Klima der hessischen Versuchsstandorte verschiebt sich der Gipfel der Herkunftsleistungskurve hin zu den Provenienzen von der Olympic-Halbinsel (Washington, USA, 47° N).

Den Einfluss der Herkunft auf das Wachstum der Sitkafichte auf norddeutschen Versuchsstandorten verdeutlicht Abbildung 2. Die provenienzspezifische Wuchsleistung wird anhand des durchschnittlichen Gesamtzuwachses (dGZ; m³ Derbholz mit Rinde) bewertet. Die untersuchten nordamerikanischen Herkünfte decken einen weiten, für den Anbau in Norddeutschland infrage kommenden Bereich des natürlichen Vorkommens der Sitkafichte ab. Zu Vergleichszwecken werden die Untersuchungsergebnisse für zwei deutsche Sitka-Absaaten („Flensburg“ und „Schleswig“) angeführt¹.

Der durchschnittliche Gesamtzuwachs streut herkunfts- und standortabhängig in einem weiten Rahmen: 3,9 m³ ha⁻¹ a⁻¹ (Herkunft Petersburg, Alaska, USA) und 18,7 m³ ha⁻¹ a⁻¹ (Herkunft Columbia-River, Washington, USA) markieren Minimum und Maximum der Versuchsreihe.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Wuchsleistung der untersuchten nordamerikanischen Herkünfte und Breitengrad des Ursprungsortes ist nicht erkennbar: Im Bereich des nördlichen Vorkommens weichen die Herkunftswerte von einer Optimumkurve ab, denn die nördlichste Provenienz (Juneau, Alaska, 58° N) übertrifft ihre südlicheren Nachbarn in Alaska. Vom südlichen Britisch Kolumbien bis ins nördliche Washington nimmt die provenienzspezifische Wuchsleistung zu, um dann im mittleren Oregon wieder nachzulassen. Eindeutig negativ korreliert waren in der vorliegenden Versuchsreihe Frostschäden und geografische Breite des Ursprungsortes (vgl. Stratmann und Tegeler 1987). Nach diesen Ergebnissen aus 45- bis 58-jährigen Sitka-Beständen waren auf geeigneten Standorten in Norddeutschland nordamerikanische Provenienzen mit überdurchschnittlicher Zuwachsleistung aus einem Gebiet zwischen 53° N und 44° N für den Anbau empfehlenswert (siehe Abbildung 2). Die deutsche Bestandesabsaat Schleswig kann mit den leistungsfähigsten nordamerikanischen Herkünften mithalten bzw. übertrifft diese sogar. Die deutsche Herkunft Flensburg befindet sich mit einer dGZ-Leistung von 10,2 m³ ha⁻¹ a⁻¹ dagegen unter dem arithmetischen Versuchsmittelwert. Nach Erfahrungen von Schjøtt (2012) vermag sich die Sitkafichte in Dänemark in waldwachstumskundlich überschaubaren Zeiträumen durch die Bildung von Landrassen (synonym Provenienzen, Herkünften) den klimatischen Bedingungen am jeweiligen Anbauort anzupassen: Die Nachkommen sind nach nur einer Generation in Bezug auf Wachstum und Vitalität besser als die importierte Originalherkunft (Miljøministeriet 2005, Schjøtt 2012).

In einem 1976 von der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt auf 4 norddeutschen Standorten im Rahmen der IUFRO-Einsammlung mit 42 horizontal gut über das Ursprungsgebiet verteilten Herkünften angelegten Versuch reichte die Spannweite des durchschnittlichen Gesamtzuwachses bis zum Alter 30 Jahre von 7,7 m³ ha⁻¹ a⁻¹ bei Provenienzen aus Alaska und Nordkanada bis zu 16,5 m³ ha⁻¹ a⁻¹ bei Herkünften aus dem Südwesten Vancouver-Inlands (Britisch Kolumbien, Kanada) (Kleinschmit und Svobla 1993,

¹ Auswertung des Versuchsflächenmaterials der NW-FVA durch Weller (2012, unveröffentlicht).

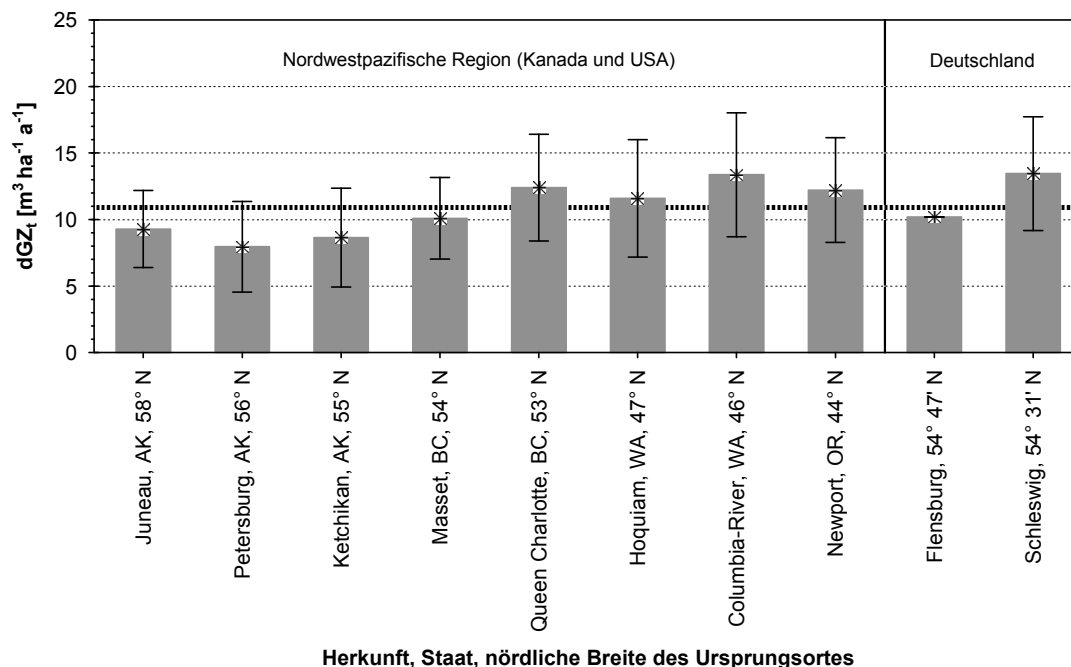


Abb. 2. Durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGZ_t) [m³ ha⁻¹ a⁻¹] im Alter t nach Herkunftsn auf nordwestdeutschen Versuchsflächen: Mittelwerte und Standardabweichung. Absteigende Sortierung der nordamerikanischen Provenienzen anhand der nördlichen Breite des Ursprungsortes (AK = Alaska; BC = British Columbia; WA = Washington; OR = Oregon). Versuchsmittelwert: 10,9 m³ ha⁻¹ a⁻¹ (unterbrochene horizontale Linie).

Provenance-specific mean annual increment (m.a.i. = dGZ_t) [m³ ha⁻¹ a⁻¹] at age t on northwestern German trial plots: mean values and standard deviation. Downward sorting of North American provenances according to the northern latitude of the place of origin (AK = Alaska; BC = British Columbia; WA = Washington; OR = Oregon). Trial mean: 10.9 m³ ha⁻¹ a⁻¹ (dashed horizontal line).

Goeckede et al. 2014). Bei der Ausprägung der Ästigkeit (Astanzahl je Quirl) oder beim Auftreten von Steilästen oder Zwieseln waren ebenfalls Herkunftsunterschiede festzustellen, jedoch ohne einen erkennbaren Nord-Süd-Trend wie bei Wuchsleistung und Frostschaadensgrad (Goeckede et al. 2014).

Das Forstvermehrungsgutgesetz vom 22. Mai 2002 schränkt den Import und Vertrieb von bewährtem Saat- und Pflanzgut nordamerikanischer Sitkafichte stark ein. Material für den heimischen Markt kann daher nur in Deutschland geerntet oder aus EU-Ländern eingebracht werden, wobei Bestandesnachkommenschaften aus EU-Ländern bisher nicht auf ihre Leistung, Qualität und Anpassungsfähigkeit hin geprüft wurden. Zum 31. Dezember 2004 waren in Deutschland 7 Sitka-Bestände mit einer Fläche von 28 ha für die Gewinnung von ausgewähltem Vermehrungsgut zugelassen (BLAG 2012).

Vor dem Hintergrund der für Deutschland projizierten Klimaänderungen mit höheren Jahresdurchschnittstemperaturen und größerem Sommertrockenheitsrisiko (Spekat et al. 2007) erscheint es sinnvoll, langfristig trotz deren geringerer Leistungsfähigkeit auf Saatguterntebestände zurückzugreifen, die mit nordamerikanischen Herkunftsn aus dem südlicheren Verbreitungsgebiet begründet wurden.

Ökologische und biologische Eigenschaften

Standortansprüche der Sitkafichte

Schober (1962) beschreibt umfassend die Standortansprüche der Sitkafichte im deutschen Anbaubereich und stützt sich dabei auf einen Vergleich der Ergebnisse bodenkundlicher und klimatischer Untersuchungen im natürlichen Areal (Day 1957) mit den Ergebnissen aus 129 Versuchsneubauten unter verschiedenen Standortbedingungen in Deutschland. Dabei werden die Ansprüche der Sitkafichte an Klima, bodenphysikalische und bodenchemische Ausstattung des Standorts wie folgt zusammengefasst: atlantisch getöntes, luftfeuchtes Klima mit hohen Jahresniederschlagssummen und ausgeglichene Jahresgang der Temperatur; physiologisch tiefgründiger, gut wasserversorgter Boden; mäßige Nährstoffversorgung (vgl. Schenck 1939, Lembcke 1959, 1966). Die Ergebnisse ertragskundlicher Versuchsflächen mit Sitkafichte im küstennahen nordwestdeutschen Pleistozän haben gezeigt, dass *Picea sitchensis* bei mittleren Jahresniederschlagssummen um 800 mm und bei gleichzeitig frischem bis vorratsfrischem Bodenwasserhaushalt beste Ertragsklassen nach der Sitka-Ertragstafel (Schober 1955: mäßige Durchforstung) erreichen kann. Schober (1962) grenzt im deutschen Anbaubereich unter standortökologischen Gesichtspunkten drei Straten zur Gesamtbeurteilung der Standortansprüche ab:

1. Küstennahes nordwestdeutsches Pleistozän

Die leistungsfähigsten Standorte (≥ I. Ertragsklasse, Schober 1955: mäß. Df.) gehen auf gut wasserversorgte Geschiebe- und Schichtlehme zurück, aus denen sich bodentypologisch flach- bis mittel-

tiefgründige Stauwasserpodsole und tiefgründige Grundwassergleye entwickelten, sowie auf tiefgründige, basenarme und podsolierte Braunerden auf Decksanden über Geschiebelehmen. Standorte mittlerer und geringerer Leistungsfähigkeit (II.–III. Ertragsklasse, Schober 1955: maß. Df.) waren durch physiologische Flachgründigkeit aufgrund ausgeprägter Vergeleyung des Oberbodens charakterisiert. Geringere Leistung war auch auf podsolierten Braunerden trockener Sander und auf Decksanden größerer Mächtigkeit zu beobachten. Zum küstennahen Raum des nordwestdeutschen Diluviums, in dem die Sitkafichte ein gutes Wachstum erwarten lässt, gehören die Waldbauregionen Niedersächsischer Küstenraum sowie Schleswig-Holstein Nordwest und Schleswig-Holstein Südwest.

2. Küstenfernes Pleistozän ohne unmittelbaren ozeanischen Klimateinfluss

Der Bonitätsrahmen der Sitkafichte ist gegenüber den küstennahen diluvialen Bereichen allgemein niedriger (\leq II. Ertragsklasse, Schober 1955: maß. Df.). Standorte besserer Ertragsleistung sind gut wasserversorgte, tiefgründige, podsolierte Braunerden aus teilweise lössüberlagerten Geschiebelehmen oder aus grundwassernahen Talsanden. Standorte geringerer Ertragsleistung sind flachgründige Gleyböden und Moorgleye mit Wurzelzonen von 20–40 cm.

3. Deutsche Mittelgebirge

Die untersuchten Mittelgebirgsstandorte sind durch unterschiedliche geologische Formationen, Bodenarten und -typen in verschiedenen Hanglagen mit wechselnder Gründigkeit, Nährstoff- und Wasserversorgung gekennzeichnet. In ebenen und schwach geneigten Lagen erreicht die Sitkafichte eine hohe Leistung auf Gleyböden, wenn der wasserstauende Horizont sich im Unterboden befindet. Standorte guter Ertragsleistung sind verschiedene Braunerden über unterschiedlichen Ausgangsgesteinen in durch Hangwasserzug gekennzeichneten, mäßig geneigten bis steilen Hanglagen. In Kuppenlagen mit trockenem Bodenwasserhaushalt nimmt das Bonitätsniveau ab (\leq III. Ertragsklasse, Schober 1955: maß. Df.).

Einflüsse der Sitkafichte auf den Standort

Die Auswirkungen des Sitka-Anbaus auf den forstlichen Standort umfassen den Nährstoffbedarf und den Einfluss der Streuqualität auf die Zersetzung der Streu. Der Nährstoffbedarf der Sitkafichte entspricht etwa dem der Gemeinen Fichte (*Picea abies*). In Schottland waren auf gleichem Standort in 50-jährigen Beständen von Sitkafichte und Gemeiner Fichte die Nährelementvorräte [kg ha^{-1}] im Stammholz mit Rinde wie auch in der gesamten oberirdischen Biomasse etwa gleich groß. Unterschiede gab es zwischen Sitkafichte und Waldkiefer (*Pinus sylvestris*). Im Stammholz mit Rinde von Sitkafichte waren die Vorräte von Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Calcium (Ca) gegenüber den Vorräten in der Waldkiefer um den Faktor 1,7–2,5 höher. Der Magnesium-Vorrat (Mg) entsprach etwa dem der Waldkiefer. Gegenüber der Waldkiefer waren in der gesamten oberirdischen Biomasse die Vorräte von P, K und Mg um den Faktor 1,8–2,7 höher, die Ca-Vorräte waren um den Faktor 5,3–6,0 erhöht (Miller et al. 1993). Irische Untersuchungen zur Entwicklung der Stickstoff- und Phosphorgehalte in den Nadeln auf einem armen Moorstandort zeigen, dass der Bedarf der Sitkafichte an Stickstoff und Phosphor im Jugendstadium aufgrund der höheren Wachstumsraten größer ist als bei Gemeiner Fichte (Miller und Miller 1987, Renou-Wilson und Farrel 2007).

Die Zersetzbarkeit der Streu der Sitkafichte entspricht auf vergleichbaren Standorten etwa der von Gemeiner Fichte und Waldkiefer, darauf deuten Kurz- und Langzeitversuche zur Zersetzung der Nadelstreu hin. Die Anfangsphase der Streuzersetzung ist durch eine hohe Freisetzungsrates an Kohlenstoff (C) gekennzeichnet: Die Koh-

lenstoffveratmung war bei Sitkafichte ähnlich hoch wie bei Gemeiner Fichte und Waldkiefer (McTiernan et al. 1997). In 5-jährigen Versuchen zur Streuzersetzung war der Masseverlust von Nadeln der Sitkafichte ähnlich hoch wie der von Nadeln der Waldkiefer (Berg et al. 1982, Titus und Malcolm 1999). Wie bei Gemeiner Fichte und Waldkiefer bildet sich unter der Sitkafichte ein Auflagehumus, dessen Aufbau infolge der Entkopplung von Nährstoffaufnahme im Mineralboden und Zersetzung in der Auflage mit einer Versauerung des Mineralbodens verbunden ist.

In Bezug auf die Fähigkeit, Stoffe aus der Luft auszufiltern, unterscheidet sich die Sitkafichte aufgrund ihrer ganzjährigen Benadelung nicht von anderen Nadelbaumarten, mit Ausnahme der Lärche (*Larix* ssp.). Dementsprechend ist auch bei Sitkafichte mit höheren Raten der (trockenen) Deposition als bei Laubbaumarten zu rechnen.

Verjüngung

Die Samen der Sitkafichte werden mit dem Wind verbreitet; die Ausbreitungsstanz beträgt durchschnittlich 30 m. Alle 3–5 Jahre ist mit einem Mastjahr zu rechnen (Harris 2004). Im deutschen Anbaugebiet wurde ein reges Naturverjüngungsvermögen auf gut wasserversorgten Standorten festgestellt, wobei die Sitkafichte sich bevorzugt im Halbschatten von Bestandesrändern oder -lücken verjüngt. Aufgrund ihrer Produktionsleistung ist eine teilweise Übernahme der oft sehr zahlreich aufkommenden Naturverjüngung als Mischbaumart auf geeigneten Standorten sinnvoll.

Die Sitkafichte besitzt neben der generativen Vermehrung die Fähigkeit zur vegetativen Ausbreitung durch die Bildung von Stockauschlägen und durch Stecklingsvermehrung. Ihr Invasivitätspotenzial, in angestammte Ökosysteme einzuwandern und endemische Arten zu verdrängen, ist aufgrund ihrer engen standörtlich-klimatischen Amplitude dennoch gering. Diese Einschätzung wird durch die im natürlichen Verbreitungsgebiet in evolutionär bedeutsamen Zeiträumen beobachteten Eigenschaften der Sitkafichte, wie geringe Mobilität, gering ausgeprägte Konkurrenzkraft und geringe ökologische Plastizität, untermauert. Einwanderungstendenzen auf Sonderstandorten, wie beispielsweise Böden mit geringer Nadelstreu, blocküberlagerte und bodensaure Standorte, Kiesbänke und Dünen, lassen sich mit geringem Aufwand kontrollieren. Bei der Bestandesbegründung durch Pflanzung ist zu berücksichtigen, dass die Sitkafichte einerseits zur Grobästigkeit neigt und als sogenannter Totasterhalter gilt (Schober 1962), andererseits aufgrund ihres Lichtbedarfs nicht im Dichtstand erwachsen sollte. Röhe (1997) empfiehlt daher eine Bestandesbegründung mit 2.500–3.000 Pflanzen ha^{-1} (vgl. Noack 2014). Bezüglich ihrer juvenilen Schattenerträgnis gilt die Sitkafichte als Intermediärbaumart (Noack 2014). Die relative Schattentoleranz der Sitkafichte in der Jugend ermöglicht einen kurzfristigen Voranbau unter Schirm (Stratmann 1988); dadurch kann die (Spät-) Frostgefahr verringert werden (Ebert 2004).

Wachstum und Ertrag

In Deutschland zeigt die Sitkafichte auf geeigneten Standorten und bei guter Herkunftswahl eine außergewöhnliche Wuchsleistung. Bezogen auf die I. Bonität (Schober 1955: maß. Df.) ist sie im Alter von 70 Jahren in der Bestandeshöhe (hg) und im durchschnittlichen Gesamtzuwachs (dGZ) den entsprechenden Werten der Fichten-Ertragstafel (Wiedemann 1936/42: maß. Df.) um 23 % (hg) bzw. um 48 % (dGZ) überlegen (Röhe 1997).

Der Übersicht ausgewählter Auswertungen zu Wachstum und Ertrag der Sitkafichte im europäischen und insbesondere im deutschen Anbaugebiet wird eine Untersuchung zum standort- und altersabhängigen Wachstum der Baumart auf Versuchsflächen

Tab. 2. Übersicht ertragskundlicher Versuche der NW-FVA mit Sitkafichte in Nordwestdeutschland und Angabe der geografisch-klimatisch-standörtlichen Kenngrößen. Für die Charakterisierung der Kontinentalität wurde der von Martonne (1926) entwickelte Index (Ai) verwendet. Survey of yield trials with Sitka spruce carried out by the NW-FVA in northwestern Germany and specification of the geographical, climatical and location characteristics. For the characterisation of continentality the index (Ai) developed by Martonne (1926) was used.

Versuchsbezeichnung	Alter [Jahre]	Höhe ü. NN [m]	Wuchsbezirk ¹	N ² _{Jahr} [mm]	N _{VZ} [mm]	T ³ _{Jahr} [°C]	T _{VZ} [°C]	GW-Stufe ⁴	Trophie (Nährstoffziffer) ⁵	Ariditätsindex (Ai) ⁶
Ahlhorn 542	53	8	15.01	760	360	8,6	14,5	Moore (nass)	A (2)	40,9
Arenberg-Meppen 387	50	6	14.01	670	330	8,5	14,3	grundfrisch	Z (2+)	36,2
Neuenburg 1239	51	4	14.02	780	370	8,2	14,1	frisch	A/Z (2/2+)	42,9
Neuenburg 2383	56	4	14.02	780	370	8,5	14,2	grundfrisch	K (4+)	42,2
Nienburg 206	58	32	15.02	700	325	8,6	14,7	grundfrisch	M (3+/4-)	37,6
Nordfriesland 547	53	0	1.03	820	390	7,9	14,0	frisch	Z (2+)	45,8
Nordfriesland 625	57	15	1.03	840	390	7,9	14,0	frisch	M (3)	46,9
Rantzau 507	45	25	3.02	820	390	8,0	14,3	mäßig frisch	Z (3-)	45,6
Rotenburg 2044	47	50	15.02	730	350	8,3	14,2	Moore (feucht)	A (2)	39,9
Segeberg 950	56	35	2.02	700	325	8,3	14,5	mäßig frisch	M/K (4/4-)	38,3

¹ Quelle: Gauer und Krohier (2012)

² N = Niederschlag (VZ = Vegetationszeit)

³ T = Temperatur (VZ = Vegetationszeit)

⁴ GW = Gelände-/Bodenwasserhaushalt

⁵ Trophie (Nährkraftstufe): A = arm, Z = ziemlich arm, M = mittel, K = kräftig

⁶ Ariditätsindex (Ai): Ariditätsgrenze = 20

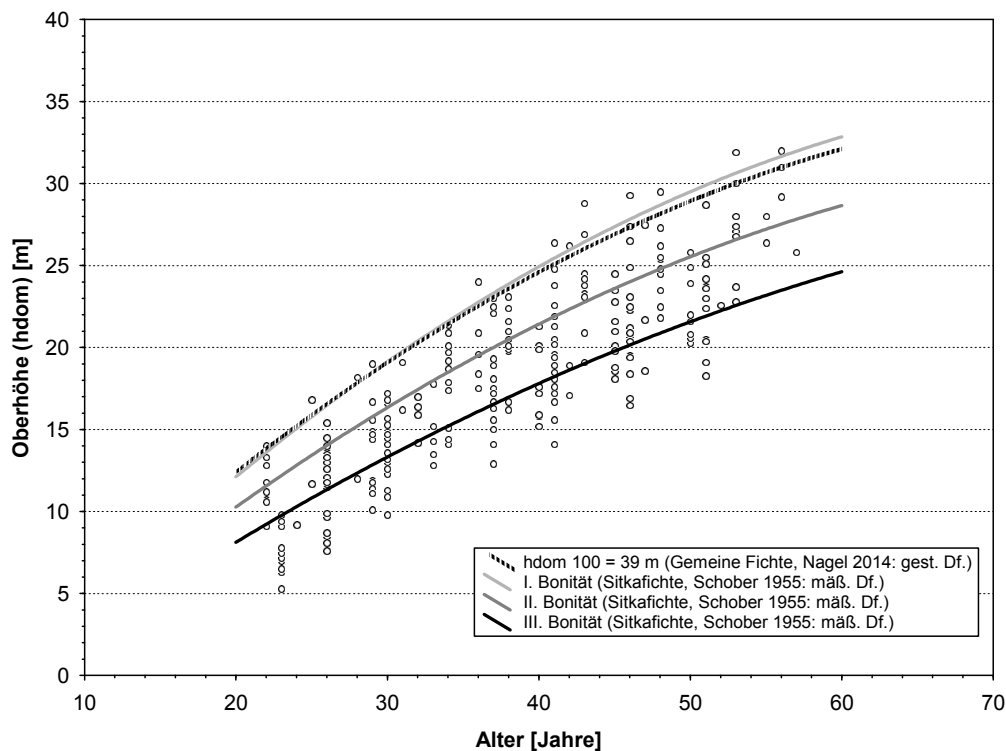


Abb. 3. Oberhöhe (hdom) [m] über dem Alter [Jahre]; alle Versuche der NW-FVA mit Sitkafichte in Nordwestdeutschland (Anzahl Datenpunkte n = 300). Entwicklung der Oberhöhe I.–III. Bonität (Schober 1955: maß. Df.). Zum Vergleich: simulierte Oberhöhenentwicklung der Gemeinen Fichte (absolute Oberhöhenbonität (hdom 100) = 39 m; II. Bonität) in Nordwestdeutschland; dargestellt durch eine unterbrochene Linie (Nagel 2014: gest. Df.). Stand top height (H100) [m] over age [years]; all trials with Sitka spruce in northwestern Germany carried out by the NW-FVA (extent of data n = 300). Top height development site class I–III (Schober 1955: moderate thinning). As comparison: modeled stand top height development of Norway spruce (absolute site quality assessment by top height = 39 m at the age of 100 years; site class II) in northwestern Germany; represented by dashed line (Nagel 2014: graded thinning).

der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt vorangestellt². Die standörtlich-klimatischen Kennwerte der im nordwestdeutschen Pleistozän gelegenen Versuchsorte enthält Tabelle 2.

Die Bestandesoberhöhe (hdom) in der Definition von Assmann (1959, 1961), d. h. die Grundflächenmittelhöhe der 100 durchmes-

serstärksten Bäume je Hektar, ist ein besonders geeigneter Maßstab der Standortleistungsfähigkeit (u. a. Eckmüllner 1999, Zingg 1999, Bachmann 2001). Die Oberhöhenentwicklung der nordwestdeutschen Sitka-Versuchsfächen entspricht im Wesentlichen dem Bonitätsfächer der westdeutschen Sitka-Ertragstafel (Schober 1955: maß. Df.) (siehe Abbildung 3). Zum Vergleich wird die simulierte Oberhöhenentwicklung (absolute Oberhöhenbonität im Alter 100 Jahre (hdom 100) = 39 m) der Gemeinen Fichte in Nordwestdeutschland

² Auswertung des Versuchsflächenmaterials der NW-FVA durch Weller (2012, unveröffentlicht).

(Nagel 2014) grafisch dargestellt. Dem Wachstumsmodell liegt eine gestaffelte Durchforstung der Gemeinen Fichte zugrunde.

Mit der Zunahme der Beobachtungsdauer nimmt das Bonitätsniveau ab. Bis Alter 40 Jahre wird die beobachtete Oberhöhenentwicklung durch den Kurvenverlauf der III. Bonität nach unten begrenzt: Der zugehörige mattwüchsige Anbaustandort ist durch einen grundwasserfernen, silikatarmen, primär stark podsolierten, kaum anlehmigen Feinsand mit orterdeartigen Verfestigungen im B-Horizont gekennzeichnet. Im gleichen Zeitraum zeichnen sich die leistungsfähigsten Standorte durch eine gegenüber der Ertragstafel bessere Oberhöhenentwicklung aus, die im Altersrahmen 26–40 Jahre einer Steigerung gegenüber der I. Bonität um mehr als eine halbe Ertragsklasse entspricht. Diese Standorte werden charakterisiert als grundwasser-nahe, humose Sandböden mit Geschiebelehm im Untergrund oder als grundwasserbeeinflusste, mäßig podsolierte, stark humose Sandböden. Bis zum Ende des Zeitraums im Alter 58 Jahre führt die beobachtete Oberhöhenentwicklung auch auf den leistungsfähigsten Standorten zu einer Bonitätsabsenkung auf das Niveau der I. Ertragsklasse, während die Bestandesoberhöhen auf den leistungsschwächeren Standorten unter den Kurvenverlauf der III. Bonität absinken.

Schober (1962) bewertet die Ertragsleistung der Sitkafichte basierend auf Bestandeshöhe (hg), Bestandesdurchmesser (dg) und durchschnittlichem Gesamtzuwachs (dGZ) anhand mitteleuropäischer Versuchsflächendaten. Die Entwicklungskurven der Mittelhöhen (hg) über dem Alter entsprechen dabei weitgehend dem Bonitätsfächer der westdeutschen Sitka-Ertragstafel, mit einem deutlich erkennbaren Standort- und Klimaeinfluss auf Steigung und Verlauf der Kurven: Bestände auf küstennahen Standorten mit günstigem Bodenwasserhaushalt zeichnen sich durch eine gegenüber der Tafel steilere Höhenentwicklung aus, mit einer Bonitätssteigerung um bis zu einer halben Güteklasse, bezogen auf die I. Ertragsklasse (Schober 1955: maß. Df.). Bestände auf küsternen, niederschlagsärmeren und trockeneren Standorten lassen ein verlangsamtes Höhenwachstum erkennen. Die altersabhängige Durchmesserzunahme der mäßig durchforsteten deutschen Versuchsflächen zeigt ebenfalls eine gute Anpassung an die Sitka-Ertragstafel. Die positiven Abweichungen der Durchmesserentwicklung dänischer und britischer gegenüber deutschen Versuchsflächen ist auf deren höhere Durchforstungsintensität und die damit einhergehende rechnerische Verschiebung des dg nach stärkerer Entnahme schwächerer Stämme zurückzuführen. Den nachhaltigsten Eindruck bezüglich des Ertragsvermögens der Sitkafichte vermitteln die langfristigen Zuwachswerte: Die dGZ-Leistung beträgt je nach Altersrahmen und Standortleistung in Deutschland 12–27 m³ ha⁻¹ a⁻¹, in Großbritannien 17–31 m³ ha⁻¹ a⁻¹ und in Dänemark 18–37 m³ ha⁻¹ a⁻¹. Die Tafelwerte der Gemeinen Fichte (Wiedemann 1936/42: maß. Df.) betragen in gleichen Zuwachszeiträumen und bei gleicher Ertragsklasse 10–16 m³ ha⁻¹ a⁻¹.

Stratmann (1988) teilt Inventurergebnisse aus Sitka-Anbauten in Niedersachsen und den dort unmittelbar angrenzenden Gebieten mit. Hier wird zur Absicherung der Ergebnisse nur auf Anbauten höheren Alters Bezug genommen. Im niedersächsischen und nordrhein-westfälischen Bergland wurden wüchsige Bestände bis ca. 600 m ü. NN auf frischen und tiefgründigen Standorten mit hohen Niederschlägen und häufigen Nebellagen gefunden. Die Sitkafichten waren in der Höhenentwicklung benachbarten, gleichaltrigen Douglasien geringfügig und in der Nachbarschaft stockenden Gemeinen Fichten gleichen Alters deutlich überlegen. Auf weniger humiden Berglandstandorten mit geringerer Wasserhaltekapazität des Bodens oder mit wechselfeuchtem Bodenwasserhaushalt lässt die Leistungsfähigkeit der Sitkafichte deutlich nach, und die Bestände fallen im Höhenwachstum hinter benachbarte und gleichaltrige Fichtenbestände zurück. Im küstennahen nordwestdeutschen Pleistozän wurden die besten Leistungen des Berglandes auf frischen, tiefgründigen, teilweise podsolierten Sandern oder Geschiebesanden übertroffen. Dougl-

sien im gleichen Bestand erreichten noch größere Höhen und stärkere Durchmesser, die Gemeine Fichte blieb in der Höhenentwicklung geringfügig zurück. Mit zunehmender Entfernung zur Küste und auf Moorstandorten sowie bei ausgeprägter Staunässe des Oberbodens und bei Wechselfeuchte lässt das Wachstum der Sitkafichte auch im nordwestdeutschen Tiefland erheblich nach (Stratmann 1988).

Basierend auf Forsteinrichtungsdaten beschreibt Röhe (1997) Wachstum und Ertragsvermögen der Sitkafichte auf mineralischen Nässtandorten, ziemlich arm, feucht und küstenfeucht (Stamm-Standortsgruppe NZ2 f/lf; SEA 95), auf denen die Baumart in Mecklenburg-Vorpommern ihren Verbreitungsschwerpunkt hat, anhand von Bestandeshöhe (hg), Bestandesdurchmesser (dg) und Vorratsentwicklung (vgl. Noack 2013). Die Entwicklung der Mittelhöhe (hg) verläuft unterhalb der II. Bonität (Schober 1955: maß. Df.), mit einem Bonitätsabfall im Altersintervall 50–60 Jahre, und ähnlich wie bei der Höhe verläuft auch die Entwicklungskurve für den Mitteldurchmesser (dg). Die Bestandesvorräte liegen daher ebenfalls deutlich unter dem Kurvenverlauf der II. Bonität, um dann im Intervall 50–60 Jahre gegenüber diesem nochmals weiter abzunehmen. 70-jährige Bestände besitzen in Mecklenburg-Vorpommern auf NZ2 f/lf-Standorten im Durchschnitt nur noch einen Derbholzvorrat von 330 m³ ha⁻¹ gegenüber einem Hektarvorrat von 570 m³ (Derbholz mit Rinde) der westdeutschen Sitka-Ertragstafel (II. Ertragsklasse, Schober 1955: maß. Df.). Dabei spiegelt die Vorratsentwicklung auch die gegenüber der Sitka-Ertragstafel von Schober intensivere Durchforstung mit geringerer Anzahl produktiver Bäume je Flächeneinheit wider.

Lockow (2002) wertete die unter Schwappach ab dem Jahr 1881 im brandenburgischen Freienwalde und Chorin mit 23 Baumarten, darunter auch die Sitkafichte, begründeten Anbauversuche nach 110-jähriger Beobachtung und weitgehend erreichter Hiebsreife der untersuchten Baumarten abschließend aus. Lembcke (1973) berichtete diese Versuchsarbeiten betreffend bereits vom zunehmenden Absterben der Sitkafichte auf den als nährstoffkräftig (Stamm-Standortsgruppe K2; SEA 95), mäßig frisch bis mäßig trocken charakterisierten Standorten ab Alter 60 Jahre. Über Vitalitätsprobleme mittelalter Sitka-Bestände in Mecklenburg-Vorpommern auf Talsand-, Schwemmsand-, Flugsand- und Dünenstandorten mit ungünstigem Bodenwasserhaushalt informiert auch Noack (2012). Die Leistungsfähigkeit der Sitkafichte auf den weichselstadialen Bändersand-Braunerden in der Klimastufe „mäßig trocken“ (Kopp und Schwanecke 1991), bewertet über die relative Mittelhöhenbonität (hg) im Alter 70 Jahre, entspricht einer II,8. Ertragsklasse der westdeutschen Sitka-Ertragstafel (Schober 1955: maß. Df.). Lockow (2002) beurteilt die Sitkafichte im nordostbrandenburgischen Jungmoränengebiet als ungeeignet für den forstlichen Anbau und führt ihr ertragskundliches Versagen auf die hohen Ansprüche der Baumart an den Bodenwasserhaushalt und an ein kühl-feuchtes Klima zurück.

Die den heimischen Nadelhölzern auf gut wasserversorgten Standorten in kühl-feuchten Klimagebieten überlegenen ertragskundlichen Leistungskennwerte belegen die grundsätzliche Eignung der Baumart für den forstlichen Anbau in Deutschland. Aufgrund ihrer engen klimatischen Ansprüche ist ihr Anpassungsvermögen an die für Deutschland projizierten Klimaänderungen (Spekat et al. 2007) allerdings gering.

Waldbauliche Behandlung

Potenzielle Anbaubereiche der Sitkafichte in Deutschland umfassen grundwasserbeeinflusste, basenärmere Standorte im küstennahen Raum sowie feucht-kühle Mittelgebirgslagen mit einem nachhaltig frischen Bodenwasserhaushalt und mäßiger Trophie.

Zur Minimierung der verschiedenen Risiken sind Mischbestände, je nach Standort und Klimaregion mit Rotbuche (*Fagus sylvatica*),

Japan-Lärche (*Larix kaempferi*), Douglasie oder auch mit Gemeiner Fichte, vorteilhaft; auf Nassstandorten ist eine Mischung mit Roterle (*Alnus glutinosa*) möglich. Die Sitkafichte ist nach Durchlaufen der juvenilen Entwicklung durch ein hohes Lichtbedürfnis gekennzeichnet (Röhe 1997), die Kronen der Hauptzuwuchsträger sollten daher ab dem Beginn der Durchforstungsphase (Oberhöhe (h_{dom}) = 12–15 m) über das weitere Bestandesleben hinweg freigestellt sein, um das Zuwachspotenzial optimal ausnutzen zu können. Eine gestaffelte Niederdurchforstung mit intensiver waldbaulicher Pflege zu Beginn, die sich im fortschreitenden Bestandesalter zu mäßiger Wiederkehr und Stärke abschwächt, trägt weiterhin dazu bei, den Wasserstress zu minimieren und eine nachfolgende Gefährdung der Sitkafichte durch Insektenschädlinge (z. B. *Dendroctonus micans*) zu vermeiden. Die Anzahl der Zukunftsbäume liegt mit 150–200 Stck. ha⁻¹ aufgrund der Kronenexpansion wüchsiger Sitkafichten unter der der Gemeinen Fichte (200–250 Stck. ha⁻¹; Niedersächsische Landesforsten 1997). Auf labilen Standorten, d. h. physiologisch flachgründig und/oder schlecht wasserversorgt, sind kürzere Umtriebszeiten mit intensiven und regelmäßig wiederkehrenden Durchforstungen zur raschen Erzeugung starker Dimensionen wirtschaftlich. Auf physiologisch tiefgründigen und gut wasserversorgten Standorten lässt sich mit der Sitkafichte hochwertige Sägeware in größeren Produktionszeiträumen erzielen.

Biotische und abiotische Gefahren

Sturmschäden stellen in der Heimat der Sitkafichte die bedeutendsten abiotischen Schadfaktoren dar. Im Ursprungsgebiet befällt zudem eine ganze Reihe von Insekten- und Pilzarten die Baumart: Die gravierendsten Insektenschäden gehen von den Rüsselkäferarten *Pissodes strobi* und *Steremnius carinatus* aus, die in Jungbeständen zu Ausfällen führen können. Der Sitka-Riesenbarkkäfer (*Dendroctonus rufipennis*) tritt zyklisch auf und zerstört vor allem in Britisch Kolumbien seit den 1990er-Jahren immer wieder große Sitka-Bestände. Die Sitkafichte ist nach Verletzungen der Wurzel oder des Stammes sehr anfällig gegenüber pathogenen Pilzen, beispielsweise gegenüber dem Dunklen Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) und dem Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*) (Harris 2004, Schütt et al. 2008).

Im deutschen Anbaubereich spielen wegen veränderter Standort- und Klimabedingungen andere Schadfaktoren eine Rolle, und biotische Schäden haben hier eine größere Bedeutung als abiotische Gefährdungen. Bisher wurden nur wenige Insektenschädlinge aus der Heimat der Sitkafichte in das europäische Anbaubereich eingeschleppt, darunter die Sitka-Gallenlaus (*Gilletteella cooleyi*), deren Sekundärwirt die Douglasie ist. Die Befallsmerkmale beschränken sich jedoch auf Triebgallen und Verformungen der Äste. Bedeutsamer kann ein starker und mehrjähriger Befall der auch in Europa verbreiteten Sitka-Laus (synonym Fichtenröhrenlaus) (*Liosomaphis abietinum*) sein, der je nach Schadensgrad zu Zuwachsverlusten oder bis hin zum Absterben ganzer Bestände führen kann. Insbesondere im atlantischen Klimagebiet und nach milden Wintern kann es zu Massenvermehrungen kommen, die aber durch die Einwirkung von Antagonisten wie beispielsweise Marienkäfer- und Schwebfliegenlarven meist wieder zusammenbrechen (Hartmann et al. 2007).

Der Riesenbarkkäfer (*Dendroctonus micans*) kann zum Absterben ganzer Sitka-Bestände beitragen, wenn dem Befall eine Schwächung der Bäume durch unzureichende Wasserversorgung vorausgeht. In geschwächten Beständen finden auch andere sekundäre Käfer bruttaugliches Material. Bei der Sitkafichte besteht jedoch keine artspezifische Anfälligkeit gegenüber den verschiedenen Borkenkäferarten.

Auch bei den pilzlichen Schaderregern werden in Mitteleuropa bedeutendere Schäden meist erst nach vorheriger Schwächung oder häufiger durch eine standortabhängige Disposition ausgelöst: Wurzelschwamm und Dunkler Hallimasch treten besonders bei staunas-

sen und wechselfeuchten Bedingungen auf. Wurzelloch (*Rhizina undulata*), Kiefern-Braunporling (*Phaeolus schweinitzii*), laminierte Wurzelfäule (*Phellinus weirii*) und der Schimmelpilz *Cylindrocarpon destructans* sind Wurzelfäuleerreger, die das Windwurf- und -bruchrisiko bei Sitkafichte erhöhen (Schütt und Lang 1995, Butin 1996, Hartmann et al. 2007). Eine besondere Gefährdung stellt der pilzähnliche Quarantäneschaderreger *Phytophthora ramorum* dar, der seit 2009 seine Pathogenität geändert hat und erstmals ganze Nadelholzbestände zum Absterben bringt: In Großbritannien wird der Pilz seit März 2011 auch an Sitkafichte beobachtet (EPPO 2012, Forestry Commission Great Britain 2012).

Zu den häufigsten abiotischen Gefährdungen zählen Frost- und Trocknisschäden. Die Sitkafichte wird im deutschen Anbaubereich in gefährdeten Mittelgebirgslagen durch Schneebruch geschädigt: Gefährdete Lagen sind typische Nassschneelagen zwischen 400 und 600 m ü. NN. Schober (1962) stuft die Resistenz der Sitkafichte gegenüber Schneebruch aufgrund der günstigeren elastomechanischen Holzeigenschaften jedoch höher ein als die der Gemeinen Fichte.

Auf nachhaltig frischen Standorten in niederschlagsreichen und luftfeuchten Klimaten hat die Sitkafichte im deutschen Anbaubereich Risikovorteile gegenüber den einheimischen Nadelbaumarten. Außerhalb des ihr zusagenden engen Standort- und Klimabereiches besitzt *Picea sitchensis* jedoch eine geringe Resistenz gegenüber biotischen und abiotischen Schäden.

Gesamtbewertung der Anbaueignung der Sitkafichte in Deutschland

Langjährige wissenschaftliche Versuche (u. a. Schober 1962, Strammann 1988, Kleinschmit und Svolba 1993, Goeckede et al. 2014) und praktische Anbauverfahren (Röhe 1997) belegen die Anbauwürdigkeit der Sitkafichte in Misch- und kleinflächigen Reinbeständen auf nachhaltig frischen Standorten im luftfeuchten Küstenklima und in kühl-feuchten Mittelgebirgslagen. Auf geeigneten Böden und bei guter Herkunftswahl zeigt die Sitkafichte eine außergewöhnliche Wuchsleistung; an deutschen Anbauorten mit einem nachhaltig frischen Bodenwasserhaushalt ist die Sitkafichte deutlich leistungsfähiger als die meisten heimischen Baumarten. In Bezug auf die standörtliche Nachhaltigkeit ist Sitkafichte wie Gemeine Fichte zu bewerten: Auf gleichem Standort sind die Nährelementvorräte im Stammholz (mit Rinde) wie auch in der gesamten oberirdischen Biomasse ungefähr gleich groß. Die Streuzersetzung der Sitkafichte entspricht auf vergleichbarem Standort etwa der von Gemeiner Fichte und Waldkiefer.

Auf ihr zusagenden Standorten in niederschlagsreichen und luftfeuchten Klimaten ist die Sitkafichte nicht über ein Normalmaß hinaus durch abiotische und biotische Schadfaktoren gefährdet.

Das Anpassungsvermögen der mit einer geringen klimatischen Amplitude ausgestatteten Sitkafichte an die für Deutschland projizierten Klimaänderungen mit höheren Jahresdurchschnittstemperaturen und größerem Sommertrockenheitsrisiko (Spekat et al. 2007) ist gering.

Aufgrund ihrer Verjüngungsökologie, ihrer spezifischen standortökologischen Anforderungen und der Kontrollierbarkeit von Naturverjüngungen ist die Sitkafichte nicht invasiv. Sie stellt in der Regel für die natürlich vorkommenden Ökosysteme, Biotope und Arten keine Gefährdung dar.

Danksagung

Wir danken Herrn Hans-Martin Rau und Herrn Andreas Rommerskirchen, beide waren bzw. sind Mitarbeiter der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Sie haben Ideen zu dieser Publikation beigesteuert und uns bei der Literaturrecherche unterstützt.

Literatur

- Assmann E. 1959. Höhenbonität und wirkliche Ertragsleistung. Forstw. Cbl. 78, 1–20
- Assmann E. 1961. Waldertragskunde. München
- Bachmann M. 2001. Der Bayerische Kiefern-Herkunftsversuch von 1950/1951. Allg. Forst- und Jagdztg. 173, 104–114
- Bauger E. 1970. Growth of some Sitka spruce provenances in older plantations in West and Nord Norway. Medell. F. Vestlandets, F. Forsøgsstasjon 54
- Berg B., Hannus K., Popoff R., Theander O. 1982. Changes in organic chemical components of needles litter during decomposition: long-term decomposition in a Scots pine forest I. Can. J. Bot. 60, 1310–1319
- Betts H.S. 1945. Sitka spruce American Woods. USDA For. Serv.
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) 2013. Verbreitung/Areal für Sitkafichte (*Picea sitchensis* [Bong.] Carr.). <http://www.floraweb.de/webkarten/karte.html?taxnr=6914> (abgerufen am 15.8.2014)
- BLAG (Bund-Länder-Arbeitsgruppe) 2012. Forstliche Genressourcen und Saatgutrecht. <http://www.blag-documents.genres.de/berichte/ber-0104/pdf/018.pdf> (abgerufen am 15.8.2014)
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) 2014. Bundeswaldinventur 3. Bonn
- Bongard A.G.H. von 1833. Observations sur la végétation de l'île de Sitcha. In: Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. Sér. 6, Sciences mathématiques, physiques et naturelles, II, 1833, 164
- Butin H. 1996. Krankheiten der Wald- und Parkbäume – Diagnose, Biologie, Bekämpfung. 3. Aufl. Thieme, Stuttgart
- Carrière É.A. 1855. Traité général des conifères ou description de toutes les espèces et variétés aujourd'hui connues, avec leur synonymie, l'indication des procédés de culture et de multiplications qui'il convient de leur appliquer. <http://www.archive.org/details/traitegnral00carruoft> (abgerufen am 7.6.2012)
- Daubenmire R. 1968. Some geographic variations in *Picea sitchensis* and their ecologic interpretation. Can. J. Bot. 46, 787–798
- Day W.R. 1957. Sitka spruce in British Columbia. For. Comm. Bull. No. 28
- Ebert H.P. 2004. Die Behandlung seltener Baumarten. Schriftenreihe der Fachhochschule Rottenburg, Nr. 8, 144–147
- Eckmüllner O. 1999. Unerwünschte Einflüsse auf Oberhöhen. Cbl. ges. Forstw. 116, 17–24
- Eidmann F.E. 1953. Zur Entwicklungsdynamik westamerikanischer Waldgesellschaften. Forstarchiv 24, 59–64
- EPPO 2012. *Phytophthora ramorum*. http://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/fungi/PHYTRA.htm?utm_source=www.eppo.org&utm_medium=int_redirect (abgerufen am 14.9.2012)
- Forestry Commission Great Britain 2012. *Phytophthora ramorum* in Larch trees – update. <http://www.forestry.gov.uk/forestry/INFD-8EJKP4> (abgerufen am 20.9.2012)
- Forrest G. 1980. Geographic variation in the monoterpene composition of Sitka spruce cortical oleoresin. Can. J. For. Res. 10, 108–115
- Forstvermehrungsgutgesetz 2002. Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) vom 22. Mai 2002, BGBl. I, S. 1658, geändert durch die Verordnung vom 31. Oktober 2006, BGBl. I, S. 2407
- Gauer J., Kroiher F. (Hrsg.) 2012. Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke. Bundesforschungsinstitut für ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI), Sonderheft 359
- Goeckede J., Grothmann H., Rau H.-M. 2014. Eignung verschiedener Provenienzen von Sitka-Fichte für den Anbau in Nordwestdeutschland. Forstarchiv 85, 75–83
- Harris A.S. 1978. Distribution, genetics and silvical characteristics of Sitka spruce. In: IUFRO Joint Meeting Working Parties Vol. 1, 95–122
- Harris A.S. 2004. Sitka spruce. *Picea sitchensis* [Bong.] Carr. In: Burns R.M., Honkala B.H. (tech. coords.) Silvics of North America, Vol. 1, Conifers. USDA For. Serv. Agr. Handbook No. 654, Washington DC, 513–526. http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/volume_1/silvics_vol1.pdf (abgerufen am 7.6.2012)
- Hartmann G., Nienhaus F., Butin H. 2007. Farbatlas Waldschäden. Diagnose von Baumkrankheiten. 3. Aufl. Ulmer, Stuttgart
- Karnstedt A. 2009. Verbreitung der Sitka-Fichte (*Picea sitchensis*) in Nordamerika. http://www.de.wikipedia.org/wiki/Sitka-Fichte#mediaviewer/File:Picea_sitchensis_distribution_map.png (abgerufen am 15.8.2014)
- Kleinschmit J., Svolba J. 1993. IUFRO Sitka spruce provenance experiment in northern Germany. Proceedings of the Sitka spruce working group meeting, Edinburgh. Published Ministry of Forests BC, 131–144
- Klingenstein F., Kornacker P.M., Martens H., Schippmann U. 2005. Gebietsfremde Arten – Positionspapier des Bundesamtes für Naturschutz. BfN Skripten 128
- Knigge W. 1962. Die Holzeigenschaften der Sitka. In: Schober R. (Hrsg.) Die Sitka-Fichte. Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Mitt. Nieders. Forstl. Versuchsanstalt 24/25, 205–210
- Kopp D., Schwanecke W. 1991. Raumgliederung im Forst. Forstliche Wuchsgebiete der ostdeutschen Bundesländer. Der Wald 41, 388–389
- Kowarik I. 2003. Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Ulmer, Stuttgart
- Larsen J.B. 1983. Danske Skortraeer, raceforhold, froforsyning og Proveniensvaig. Dansk Skov forenings Tidsskrift 68
- Lembcke G. 1959. Ertragskundliche Untersuchungen an ausländischen Holzarten in den Lehroberförstereien Freienwalde und Chorin unter besonderer Berücksichtigung von *Thuja plicata*, *Chamaecyparis lawsoniana* und *Carya*-Arten. Dissertation Humboldt-Universität Berlin
- Lembcke G. 1966. Richtlinien für den Anbau und die Behandlung der Sitkafichte, der Küstentanne, der Japanlärche, der Weymouthskiefer und des Riesenlebensbaumes. In: Waldbau- und Holzartenrichtlinien. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 223–231
- Lembcke G. 1973. Der gegenwärtige Stand des unter Schwappach begründeten Freienwalder Anbauversuchs mit ausländischen Baumarten. Beitr. Forstw. 7, 24–37
- Lines R., Mitchell A.F. 1965. Differences in phenology of Sitka spruce provenances. Report on Forest Research 173
- Lockow K.-W. 2002. Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.) Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern, 41–101
- Magnesen S. 1986. The international Sitka spruce provenance experiment in West Norway. Norweg. F. Research Inst. Rapport 1
- Martonne E. de 1926. Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. Météorologie 2
- McTiernan K.B., Ineson P., Couward P.A. 1997. Respiration and nutrient release from tree litter mixtures. Oikos 78, 527–538
- Meyer W.H. 1937. Yield of even-aged stands of Sitka spruce and western Hemlock. USDA Techn. Bull. No. 544, III/1937
- Miljøministeriet 2005. Statskovenes Planteavlstation. Oversigt over frøkildebekrivelser – A 8 Sitkagran. <http://www.sns.dk/planteavl/beskrivelser/frøkildebekrivelserne/frkildeA8.htm> (abgerufen am 15.8.2014)
- Miller H.G., Miller J.D. 1987. Nutritional requirements of Sitka spruce. Proc. Royal Soc. Edinburgh 983B, 75–83
- Miller J.D., Cooper J.M., Miller H.G. 1993. A comparison of above-ground component weights and element amounts in four forest species at Kirkton Glen. J. Hydrology 1245, 419–438
- Nagel J. 2014. Wuchsmodell Fichte, gestaffelte Durchforstung, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen (unveröffentlicht)
- Nanson A. 1978. Provenances Recommandables pour la Silviculture. Bulletin de la Société Royal Forestière de Belgique, 217–246
- Niedersächsische Landesforsten 1997. Entscheidungshilfen zur Behandlung und Entwicklung von Fichtenbeständen. Merkblatt 34
- Noack M. 2012. Ein mehrdimensionaler Ansatz zur standortökologischen Vitalitätsanalyse von Sitka-Fichte (*Picea sitchensis*) in Mecklenburg-Vorpommern. Peygarten/Ottenstein (Österreich): Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Tagungsband, 160–163
- Noack M. 2013. Waldbaulich-standortökologische Untersuchungen zur Sitka-Fichte (*Picea sitchensis* [BONGARD] CARRIÈRE) im Ostseeraum des Landes Mecklenburg-Vorpommern als Beitrag für eine zukunftsgerechte forstliche Ressourcennutzung. Dissertation TU Dresden
- Noack M. 2014. Die Sitka-Fichte – eine schnellwachsende Baumart auch im deutschen Küstenklima. Mitt. d. Gesellschaft zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Norddeutschland, Heft 2. <http://www.gesellschaft-schnellwachsende-baumarten.de/images/mitteilungsblatt/mtb2-2014-sitka-fichte.pdf> (abgerufen am 15.10.2014)
- Querengässer F. 1953. Beiderseits der Kaskaden-Kammlinie. Forstarchiv 24, 48–58

- Renou-Wilson F, Farrel E.W. 2007. The use of foliage and soil information for managing the nutrition of Sitka and Norway spruce on cutaway peatlands. *Silva Fennica* 41, 409–424
- Röhe P. 1997. Die forstlich wichtigsten nichtheimischen Baumarten in Mecklenburg-Vorpommern. Mitt. Forstl. Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern 1
- Schenck C.A. 1939. Fremdländische Wald- und Parkbäume. Band I–III. Parey, Frankfurt a. M.
- Schjøtt P.F. 2012. Herkunft – Hinweise für jede Baumart. <http://www.planetskole.dk/herkunft.html> (abgerufen am 15.8.2014)
- Schober R. 1955. Ertragstafel für Sitka in Westdeutschland, mäßige Durchforstung. In: Schober R. 1987. Ertragstafeln wichtiger Baumarten. 3. Aufl. J.D. Sauerländer, Frankfurt a. M.
- Schober R. 1962. Die Sitka-Fichte. Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Mitt. Nieders. Forstl. Versuchsanstalt 24/25. J.D. Sauerländer, Frankfurt a. M.
- Schütt P., Lang U.M. 1995. *Picea sitchensis* [Bong.] Carr., 1855. In: Schütt P., Weisgerber H., Schuck H.J., Lang U.M., Stimm B., Roloff A. (Hrsg.) Enzyklopädie der Holzgewächse. Losebl.-Ausg., 3. Erg.-Lfg. 12/95, 1–14
- Schütt P., Weisgerber H., Schuck H.J., Lang U.M., Stimm B., Roloff A. (Hrsg.) 2008. Lexikon der Nadelbäume. Nikol, Hamburg
- SEA 95 [Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland] von Schulze G., Kopp D. 1995. 2. Auflage der SEA 74, Teil A bis C. Eberswalde (unveröffentlicht)
- Spekat A., Enke W., Kreienkamp F. 2007. Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarien mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG 2005 auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM 5/MPI – OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES – Szenarien B1, A1B und A2. Umweltbundesamt, Dessau
- Stratmann J. 1988. Ausländeranbau in Niedersachsen und den angrenzenden Gebieten. Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen u. Mitt. Nieders. Forstl. Versuchsanstalt, Band 91. J.D. Sauerländer, Frankfurt a. M.
- Stratmann J., Tegeler R. 1987. Die Sitkafichten-Provenienzversuche der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. Allg. Forst- u. Jagdztg. 158, 11–18
- Titus B.B., Malcolm D.C. 1999. The long-term decomposition of Sitka spruce needles in brush. *Forestry* 72, 207–221
- United States Department of Agriculture o. J. Soil orders. http://www.fps-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Orders/ (abgerufen am 11.6.2012)
- Wiedemann E. 1936/42. Ertragstafel für Fichte, mäßige Durchforstung. In: Schober R. 1987. Ertragstafeln wichtiger Baumarten. 3. Aufl. J.D. Sauerländer, Frankfurt a. M.
- Ying C.C. 1990. Adaptive variation in Douglas-fir, Sitka spruce, and True fir: A summary of provenance research in coastal British Columbia. Proceedings IUFRO working party meeting S 2.02.05 "Douglas-fir improvement", Olympia, Washington, Aug. 20–25, 1990
- Zingg A. 1999. Genauigkeit und Interpretierbarkeit von Oberhöhen. *Cbl. ges. Forstw.* 116, 25–34