Wie verändert der Klimawandel die Verbreitung von Buche und Fichte in Deutschland?

Von Linnéa Jakob & Dorothea Hinsen

Erstellt vom 3. April 2012 – 22. Mai 2012

Inhalt

Titel	Seite
Einleitung	2
Die momentane Klimasituation in Deutschland	3
Vegetation in Deutschland	3
Wald allgemein	4
Laubbäume und Nadelbäume	5
Fichte (Picea abies)	5
Rotbuche, Gewöhnliche Buche (Fagus sylvatica)	7
Klimawandel in Deutschland	8
Schädlinge der Fichte	11
Auswirkungen des Klimawandels auf Fichte und Buche	12
Ausblick für die Forstwirtschaft	13
Quellennachweise	14

Einleitung

Der Wald spielt eine wichtige Rolle im Klimasystem. Aber auch er wird durch das Klima sehr stark beeinflusst. Wie wird der Wald in Deutschland auf die zukünftigen Klimaveränderungen reagieren?
Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der momentan am meisten angebauten Baumart, der Fichte (Picea abies). Der Laubbaum Buche (Fagus sylvatica) ist allerdings viel besser an das aktuelle deutsche und auch an das zukünftige Klima angepasst. Ohne die Gegenwart des Menschen wäre die Buche die Hauptbaumart des Deutschen Waldes.
Wir werden im Folgenden zuerst auf die momentane Klimasituation in Deutschland eingehen. Dann betrachten wir jeweils die Ansprüche und Eigenschaften der Baumarten Buche und Fichte. Diese lassen sich in Bezug auf den Klimawandel besonders gut in Klimahüllen darstellen. Danach betrachten wir den prognostizierten Klimawandel in Deutschland bis zum Ende des Jahrhunderts. Zum Schluss beschäftigen wir uns mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Buche und Fichte in Deutschland. Ganz am Ende geben wir noch einen Ausblick für die Forstwirtschaft.

Die momentane Klimasituation in Deutschland

Deutschland liegt in der warmgemäßigten Klimazone.[1]
Das Deutsche Klima wird sowohl von maritimen Einflüssen des Nordatlantiks als auch, vor allem im Osten, vom kontinentalen Klima Russlands beeinflusst. (S.230)[2]
Deutschlands Norden unterscheidet sich vom Süden, denn der Norden wird stark vom Meer beeinflusst. Dieser Einfluss nimmt vom Nordwesten zum Südosten hin ab. Die feuchten Winde des Atlantiks führen zu milden Wintern und eher kühleren Sommern.[1]
Im Norden liegt die aktuelle Durchschnittstemperatur zwischen 8 und 9°C, im Süden Deutschlands dagegen zwischen 7 und 8° C. Auch in den Gebirgen ist es kühler, dort liegt die Durchschnittstemperatur zwischen 4 und 7° C (S.53)[2]. Die Temperaturen sind im Jahresverlauf unterschiedlich, im Winter liegt die Durchschnittstemperatur Deutschlands bei ca. 0 – 2 °C, wobei Norddeutschland eher wärmer ist als Süddeutschland. In den Gebirgslagen sind die Temperaturen kühler, bis zu durchschnittlich -5 °C. Im Sommer hingegen ist es im Norden kühler, dort liegt die Durchschnittstemperatur bei ca. 15°C, im Süden bei 15-17°C, im Gebirge ist es bis zu 7,5 °C kalt. (S. 53, S.230)[2]
Auch beim Niederschlag gibt es Unterschiede: Im Nordosten liegt der Durchschnitt der Jahresniederschläge bei 500-600mm, im Flachland bei 600-1000mm, in den Gebirgslagen der Alpen sogar bis 2200mm. Durch die starke Strukturierung Deutschlands durch die Mittelgebirge gibt es beim Niederschlag große regionale Unterschiede.
Der Osten Deutschlands bekommt wenig Niederschlag, allerdings wirkt sich das nicht so stark aus, da die Temperaturen durch das eher kontinentale Klima hier kühler sind. Die deswegen geringe Verdunstung erlaubt die Existenz von Wäldern im Nordosten Deutschlands. (S.53)[2]

Vegetation in Deutschland

Deutschland liegt in der natürlichen Vegetationszone mit sommergrünem Laub- und Mischwald. In dieser Vegetationszone gibt es ausgeprägte Jahreszeiten mit milden Wintern und warmen Sommern. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt zwischen 6°C und 14°C, der jährliche Niederschlag liegt meist über 600 mm. In dieser Vegetationszone existiert eine große Artenvielfalt unter den Tieren. Außerdem eignet sich diese Vegetationszone gut für die Landwirtschaft[3], deshalb ist auch über die Hälfte der Fläche Deutschlands landwirtschaftliche Nutzfläche. (S. 16)[4] In den Alpen herrscht dagegen Gebirgsnadelwald. (S. 237)[2]

---

[1] Deutscher Wetterdienst, Das Klima von Deutschland, www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_2FOeffentlichkeit%2FKU%2FKU2%2FKU23%2Fdeutschlandklima%2Fteaser__deutschlandklima.html&_state=maximized&_windowLabel=T38600134241169726338086&lastPageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_ueberwachung_deutschland, ueberwachung_deutschland&T38600134241169726338086gsbDocumentPath=Content%, 11.05.2012

[2] Diercke Weltatlas 2008, Westermann, 2007

[3] Unser-Planet-Erde.de, Vegetationszonen: Laub-/ Mischwald, http://www.unser-planet-erde.de/vegetationszonen/laub-mischwald.html, 2011, Stand: 11.05.2012

[4] Daten zu Natur 2004: Bundesamt für Naturschutz, Daten zur Natur 2004, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, 2004

Die natürliche Vegetation Deutschlands besteht hauptsächlich aus Buchen- und Buchenmischwäldern.

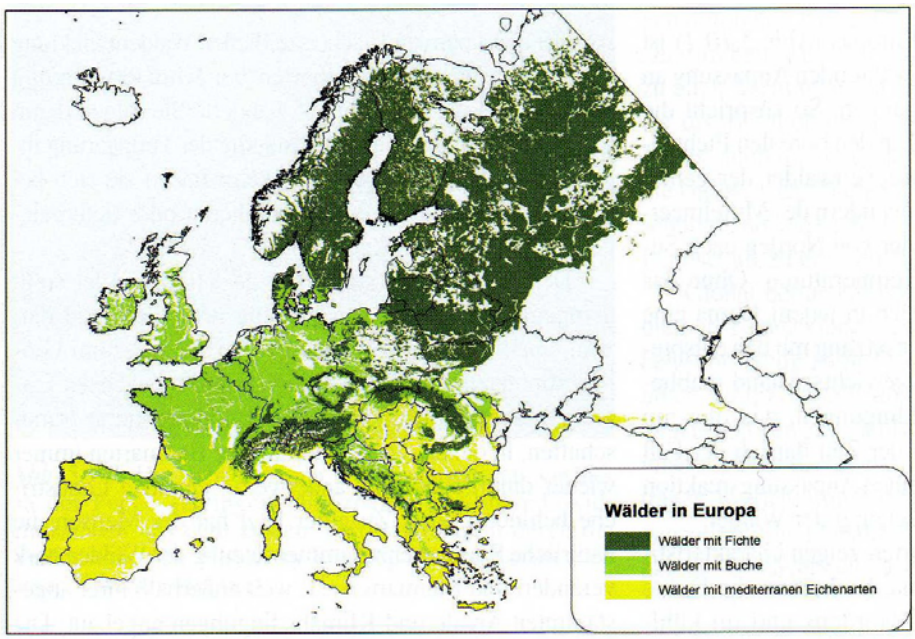


Abb. 5.10-1: Natürliche Waldtypen in Europa (nach BOHN et al. 2003).

A1: Natürliche Waldtypen in Europa *(Quelle: S. 358, Lozán, José L. et al., Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 2008, Email: An Dorothea Hinsen und Linnea Jakob: „Ja, Sie dürfen die Abbildungen verwenden! Bitte Quellen genau nennen. Viel Erfolg J.Lozán“*)

Wald allgemein

In Deutschland sind ca. 30 % (S. 16) der gesamten Fläche von Wald bedeckt. Allerdings sind unter 0,6 % (S. 30) naturbelassen.[4] Der Rest wird bewirtschaftet.
Auf Abbildung 1 ist die natürliche Vegetation Europas ohne Einfluss des Menschen dargestellt. Man erkennt deutlich, dass Deutschland von Buchenwäldern dominiert wird.
Die Realität der Wälder Deutschlands sieht zurzeit allerdings anders aus: 62% der Waldfläche besteht aus Nadelwäldern, nur 38 % aus Laubwäldern. Auf allein 28,2% der Waldfläche stehen Fichten, 23,3 % nehmen Kiefern ein, Buchen nur 14,8 % und Eichen 9,6 %.[5]
Die angebauten Baumarten richten sich nach dem Bedarf an Holz. Im 18. Jahrhundert wurde in Deutschland die Fichte als anspruchslose, schnell wachsende Baumart mit geradem, vielseitig einsetzbarem Holz entdeckt. (S.58)[6] Verglichen mit der Fichte war die Buche eine langsam wachsende Art. Mit der Zeit wurde immer mehr der Waldfläche von den naturnahen Laubwäldern zu Fichten- und anderen Nadelwäldern umgebaut.

---

[5] BWI: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bundeswaldinventur2: Alle Ergebnisse und Berichte, www.bundeswaldinventur.de/enid/d142fe7841ed73337567192d6c683604,0/4f.html, 2004, letzter Zugriff: 14.05.2012

[6] Kölling, Christian et al., Fichte im Klimawandel - Von der "Kleinen Eiszeit" zur "Großen Heißzeit", 2009, www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-aktuell/69/von-der-kleinen-eiszeit-koelling-zimmermann-borchert.pdf, 18.05.2012

Angesichts des Klimawandels stellt sich die Frage, wie lange der Fichtenanbau in Deutschland noch gut gehen kann, denn die Fichte kommt aus den kühleren Regionen Europas (s. A1). Das natürliche Verbreitungsgebiet der Fichte ist Skandinavien, der nördliche Teil Russlands und einige Gebirgslagen wie den Alpen.
Eine Möglichkeit, um die klimatischen Ansprüche verschiedener Baumarten darzustellen, sind die Klimahüllen. Sie sind Diagramme, auf denen die Ansprüche einer Baumart an die Faktoren Temperatur und Niederschlag eingezeichnet sind. Außerdem kann man die natürlichen Bedingungen eines Landes, in unserem Fall Deutschland, und seine zukünftigen Bedingungen im Klimawandel einzeichnen. (S. 584-585)[7]
Da die Buche die natürlicherweise vorherrschende Baumart Deutschlands wäre und die Fichte die momentan vorherrschende Baumart in Deutschland ist, gehen wir in unserer Arbeit auf diese beiden Baumarten genauer ein. Da die Fichte ein Nadelbaum und die Buche ein Laubbaum ist, erläutern wir zuerst die Unterschiede zwischen diesen beiden Pflanzengruppen.

Laubbäume und Nadelbäume

Die reinen Nadelwälder herrschen zurzeit in Deutschlands Wäldern vor, sie bedecken aktuell 62 % der Waldfläche, wobei sie natürlicherweise nur knapp 1,5% bedecken würden. (S.12)[4]
Nadelbäume werden großräumig angebaut, weil sie schnell und gerade wachsen und ihr Holz sich gut für Konstruktionen eignet. Außerdem wachsen sie meist auch gut auf nährstoffarmen Böden. Ihr Anbau ist profitabel.

Laubbäume wären von Natur aus in Deutschlands Wäldern vorherrschend[3]. Laubwälder und Laubmischwälder würden natürlicherweise ca. 98,5 % der Waldfläche in Deutschland ausmachen. Momentan sind nur 21% der Deutschen Waldfläche reine Laubwälder, 21% der Waldfläche sind Mischwälder. Die natürliche Hauptbaumart in Deutschland ist die Buche, eine weitere wichtige Laubbaumart ist die Eiche.[4]

Fichte (Picea abies)

Die gewöhnliche Fichte ist als wichtigster Nutzholzlieferant (S. 18)[8] einer der wichtigsten Baumarten Deutschlands. Sie gehört zu den immergrünen Nadelbäumen, hat helles Holz, wird zwischen 200 und 400 Jahre alt, wird bis zu 2m dick[9] und kann eine Höhe bis zu über 50m erreichen. (S. 18) Sie gehört damit zu einer der höchsten Baumarten der Welt. Die Fichte benötigt lockeren, humosen, winterkalten Boden. Sie ist den Boden betreffend recht anspruchslos und kann auf verarmten Böden gedeihen.[8]
Die Fichte hat, wie aus den oben angegebenen Fakten zu erkennen, eine hohe ökologische Amplitude. Die wohl einzigen abiotischen Faktoren, die sie real einschränken, sind Niederschlag und Temperatur. An der Klimahülle der Fichte (s. A3) kann man die ökologische Potenz,

---

[7] Kölling, Christian et al., Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte?, 2011,www.lwf.bayern.de/mitarbeiterverzeichnis/j-m/koelling/31732/index.php, 10.05.2012
[8] Kremer, Bruno P., Steinbachs Naturführer: Bäume – Erkennen & Bestimmen, Mosaik Verlag München, 2001
[9] Payer, Margarete, Materialien zur Forstwissenschaft: 1. Waldpflanzen als Einzelwesen: A. Wichtige Waldpflanzen: 1. *Coniferophytina (=Gymnospermae)* – Nacktsamer, http://www.payer.de/cifor/cif0101.htm#Picea

beeinflusst von Temperatur und Niederschlag, erkennen. Auf der x-Achse ist der durchschnittliche Niederschlag in Millimeter pro Jahr und auf der y-Achse ist die Jahresdurchschnittstemperatur in Celsius angeben. Die grün gefärbte Fläche stellt den Bereich dar, in dem die Fichte gedeihen kann. Die gelbe Fläche gibt an, in welcher Klimalage Deutschland sich heutzutage befindet und die rot umrandete Fläche zeigt, in welcher Klimalage Deutschland in der Zukunft sein wird. Die Fichte kann bei Temperaturen von -4 °C bis 9 °C überleben und kann sich bei Niederschlagsmengen von 475 mm bis 1375 mm vermehren. Dabei fällt allerdings auf, dass die hohen Niederschlagsmengen nur in wärmeren Klimalagen zu Wachstum führen. Im Temperaturbereich -4 °C bis 0 °C hingegen gedeiht sie nur bei 475mm bis 675mm. Das aus der Grafik zu schließende Optimum liegt um die 4°C in regenreichen Gebieten. (S. 45)[10]

Diese Informationen würden zu dem Ergebnis führen, dass die Fichte überwiegend in den Gebieten des kühl-trockenen borealen Nadelwaldes und in den höheren Gebirgslagen in Mittel- und Osteuropa verbreitet ist. (S.43)[11] Dies ist allerdings nicht das gesamte von der Fichte bewaldete Gebiet, denn die Verbreitung der Fichte wurde durch die Forstwirtschaft sehr beeinflusst, da die Fichte die höchste Massenleistung von den vertretenen Baumarten in unseren klimatischen Verhältnissen besitzt.[12] (S.341)[13]Deshalb wurde sie auch in Gegenden angepflanzt, die nicht dem optimalen Bereich der Fichte entsprechen. Die Fichte eignet sich gut für den Anbau, da sie auch gut auf schlechten Böden wächst. Sie ist eine anspruchslose Art und liefert bei schnellem Wachstum gerades Holz, das sich vielfältig verwenden lässt.

Ihr heutiges Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Mitteleuropa über Nordeuropa bis Osteuropa. (S.45)[10] Die Fichte ist der häufigste Baum Deutschlands mit eine Anteil von 28 % an den bewaldeten Flächen[14](S.205)[15], obwohl (s. A3) die deutsche Klimalage schon für die Fichte im ungünstigeren Bereich ihrer ökologischen Potenz liegt.

---

[10] Hecker, Ulrich, Nadelgehölze: Wildwachsende und häufig angepflanzte Arten, BLV Verlagsgesellschaft, München, 1985

[11] Kölling, Christian, Überlegung zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels, waldundklima.org/klima/klima_docs/forstarchiv_2009_fichte_01.pdf, 2009

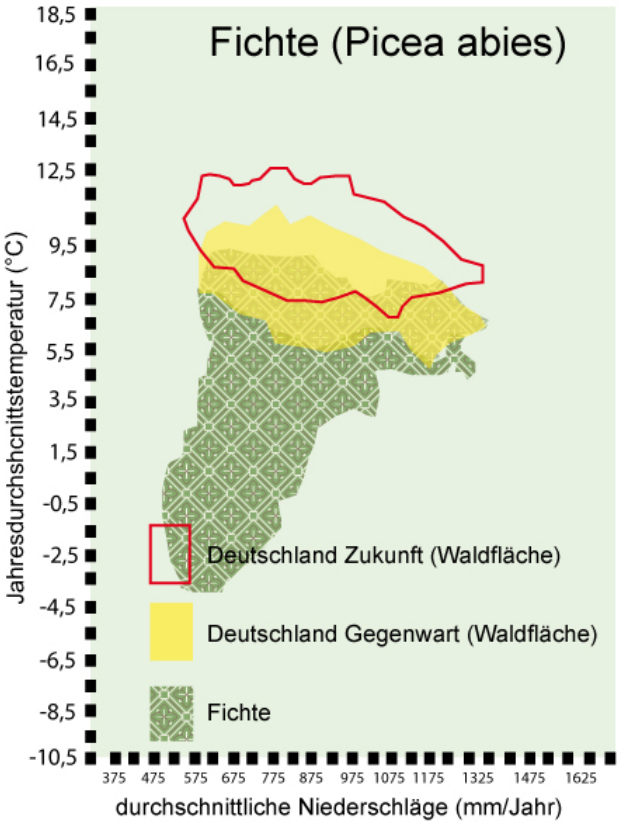
[12] Gabriel, Christian, RFA Siegen-Wittengestein: Der Wald im Forstamtbereich, www.wald-und-holz.nrw.de/wald-und-holz-nrw/forstaemter-und-einrichtungen/regionalforstaemter/siegen-wittgenstein/mehr-informationen.html, 03.05.2012

[13] Schütt, P., Lexikon der Baum- und Straucharten: Das Standardwerk der Forstbotanik, Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hamburg, 2011

[14] Kasang, Dieter , Klimawiki: Wälder im Klimawandel: Deutschland, klimawiki.org/klimawandel/index.php/W%C3%A4lder_im_Klimawandel:_Deutschland, 01.05.2012

[15] Elling, Wolfram, Schädigung von Waldökosystemen: Auswirkungen anthropogener Umweltveränderungen und Schutzmaßnahmen, Elsevier GmbH, München, 2007

A2: Die gewöhnliche Fichte *(Quelle: Eigenes Foto)*



A3: Klimahülle der Fichte *(Quelle: Kasang, Dieter, Klimawiki Wälder im Klimawandel Deutschland, http://klimawiki.org/klimawandel/index.php/W%C3%A4lder_im_Klimawandel:_Deutschland, 2012, letzter Zugriff: 16.05.2012* –Bild neu gezeichnet nach Christian Kölling (2007): Klimahüllen für 27 Waldbaumarten, AFZ-DerWald 23, 1242-1245*)*

Rotbuche, Gewöhnliche Buche (Fagus sylvatica)

Die Rotbuche ist der wichtigste sommergrüne Laubbaum Mitteleuropas. (S.136)[9] Sie hat rötlich weißes Holz und wird bis zu 300 oder manchmal auch 500 Jahre alt. (S.167)[13] Sie wird zwischen 20 und 30m hoch und benötigt basischen bis mäßig sauren, frischen, nährstoffreichen, tiefgründigen, kalkreichen Boden (S. 96)[9]
Ihre ökologische Potenz ist auf A5 zu erkennen, beeinflusst von Niederschlag und Temperatur. Auf der x-Achse ist die Niederschlagsmenge in Millimeter pro Jahr und auf der y-Achse die Jahresdurchschnittstemperatur in Celsius dargestellt. Die hellgrün gefärbte Fläche ist der Bereich, in dem die Rotbuche wächst. Die gelb gepunktete, schwarz umrandete Fläche stellt das aktuelle Klima in Deutschland dar und die rot umrandete Fläche das Deutsche Klima in der Zukunft bei einer Erwärmung von 2°C.
Wie auf der Grafik gut zu erkennen ist, gedeiht die Rotbuche bei Temperaturen von 3,5 °C bis 13,5 °C gut und verträgt Niederschlagsmengen von 475mm bis 1400mm. Dieser Toleranzbereich

der Buche stimmt sowohl mit der jetzigen Klimahülle Deutschlands als auch mit dem zukünftigen Klima Deutschlands überein, bis auf die sehr warmen, trockenen Klimalagen. Trotzdem ist die Rotbuche aber sehr anpassungsfähig und kann nicht zu lange Trockenphasen gut überstehen. (S.15)[16] Ihr optimaler Bereich sind die wärmeren trockeneren Gebiete, wo sie die höchsten Wachstumsleistungen erreicht (S.262)[13]. Obwohl sie die konkurrenzstärkste Baumart Mitteleuropas ist (S.167)[13] und ideal im Mischbestand mit der Fichte wächst[17], nimmt die Rotbuche jedoch nur 20% der Waldfläche in Deutschland ein. (S.169)[13]
Natürlicherweise würden Buchen- und Buchenmischwälder ca. 67% der Deutschen Waldfläche einnehmen (S. 12)[18] (s. Vegetationszonen in Deutschland und Wald allgemein). Dieser Unterschied kommt durch den anthropogenen Eingriff in den Waldbewuchs Deutschlands zustande.
Die Buche ist aktuell verbreitet von Nordspanien über Mitteleuropa und Südskandinavien bis zum Schwarzmeergebiet, wobei sie in den südlichen Lagen hauptsächlich im Bergland wächst. (S. 96)[8] Ihr Holz findet für Möbelbau, Hausbau, Musikinstrumente, als Brennholz und als Sperrholz Verwendung. Allerdings ist es nicht gut nutzbar für Holzkonstruktionen, da es schwindet und quillt. (S. 96)[8] [19] (S.264, Bild 9)[20]

---

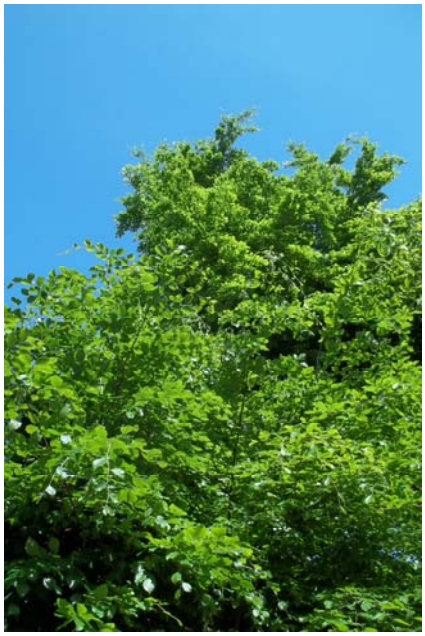
[16] Roloff, Prof. Dr. Andreas, Klimawandel und Baumarten- Verwendung für Waldökosysteme, www.wald-in-not.de/download/KLAM.pdf, 01.05.2012

[17] Muck, P., Die Rotbuche - Mutter des Waldes, www.waldwissen.net/wald/baeume_waldpflanzen/laub/lwf_rotbuche_mutter_wald/index_DE, 2011

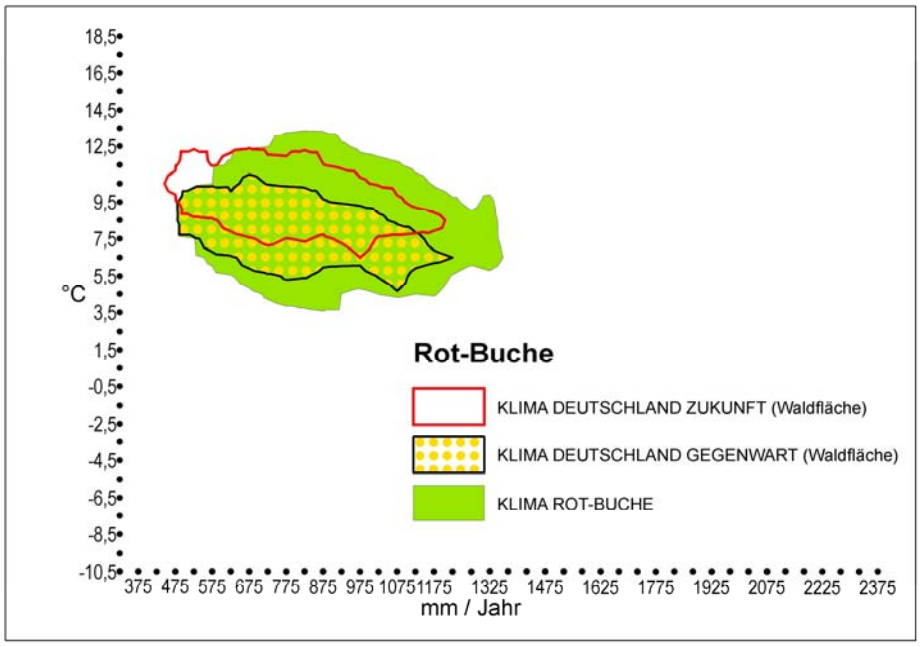
[18] Bundesamt für Naturschutz, Daten zur Natur 2004, Landwirtschaftsverlag GmbH, Bonn, 2004

[19] Kruse, Rüdiger, Die Buche (Fagus Sylvatica) – auch Rotbuche Genannt, www.wald.de/die-rotbuche-fagus-sylvatica/#more-42, 01.05.2012

[20] C. Kölling, L. Zimmermann, Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel, www.lwf.bayern.de/mitarbeiterverzeichnis/j-m/koelling/31732/linkurl_6.pdf, 2007



A4: Die Rotbuche
(Quelle: Eigenes Foto)



A5: Klimahülle der Rotbuche *(Quelle: S. 264, Kölling, Dr. Christian, Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel,* Gefahrstoffe- Reinhaltung der Luft - Ausgabe 6/2007; www.lwf.bayern.de/mitarbeiterverzeichnis/j-m/koelling/31732/linkurl_6.pdf, 2007 Christian Kölling: „Hallo Frau Hinsen und Frau Jakob, von mir aus dürfen Sie alles verwenden. Falls es dann im www eingestellt wird, sollten Sie vorsichtshalber beim Verlag nachfragen lassen. Anbei die Grafiken als Bild-Dateien. Mit freundlichen Grüßen Christian Kölling"; vom Verlag/Fr. Dr. Zimmermann genehmigt mit Mail an D.Kasang am 10.8.2012.)

Klimawandel in Deutschland

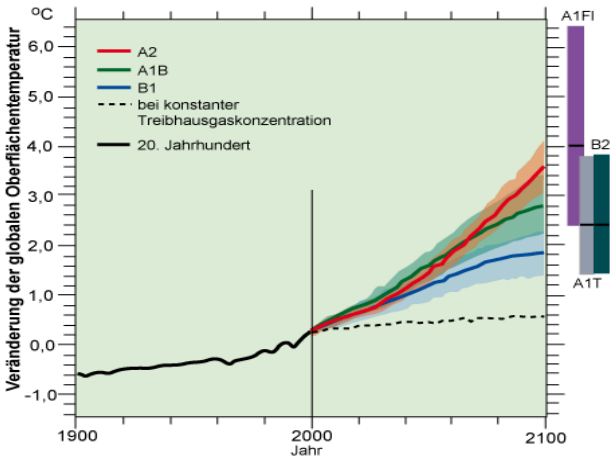
Durch den Menschen gibt es einen hohen Anstieg an Treibhausgasen in der Atmosphäre. Dadurch wird der Treibhauseffekt unnatürlich verstärkt und führt zu einer Klimaerwärmung.[21] Da die Veränderung des Klimas sehr vom zukünftigen Handeln der Menschen abhängt, gibt es eine große Spanne von möglichen Temperaturen. Diese reicht von 1,4°C bis 6,4°C (s. A6).[22] Um die Klimaveränderung realistisch darzustellen und vorhersagen zu können, wurden vom IPCC verschiedene Szenarien entwickelt, die in vier Klassen eingeteilt werden, A1, A2, B1 und B2.[23]

---

[21] Kasang, Dieter, Klimawiki: Aktuelle Klimaänderung, klimawiki.org/klimawandel/index.php/Aktuelle_Klima%C3%A4nderungen, 2012, letzter Zugriff: 16.05.2012

[22] Dieter, Klimawiki: Klimaprojektionen, klimawiki.org/klimawandel/index.php/Klimaprojektionen, 2012, letzter Zugriff: 14.05.2012

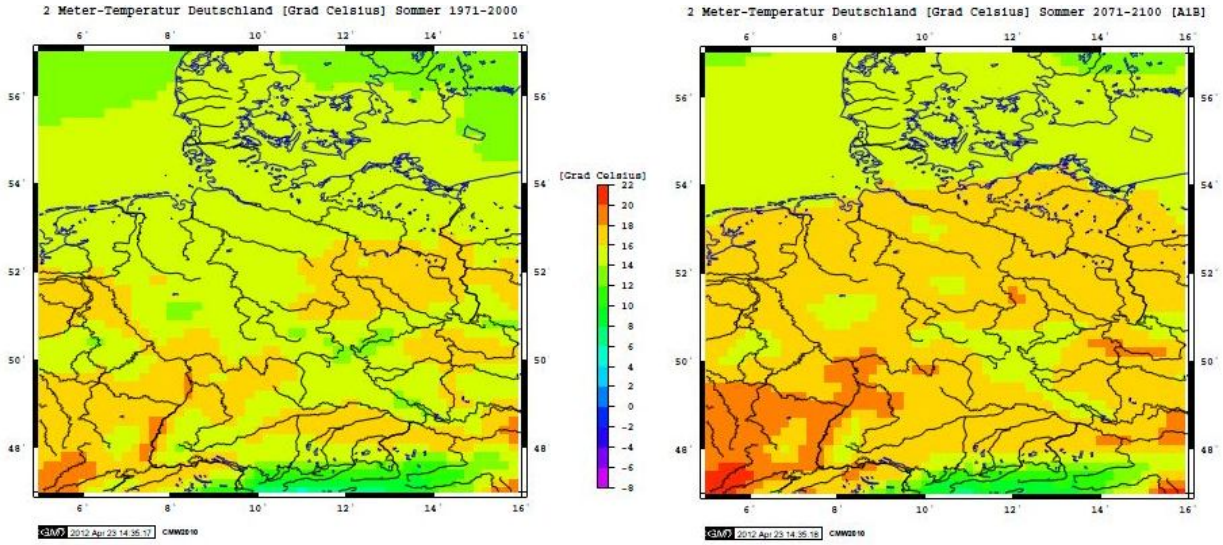
[23] Kasang, Dieter, Klimawiki: Klimaszenarien, klimawiki.org/klimawandel/index.php/Klimaszenarien, 2012, letzter Zugriff: 14.05.2012



Am wahrscheinlichsten und deswegen meistens für Prognosen genutzt ist das A1B-Szenario. Auch unsere Grafiken basieren auf dem A1B-Szenario des 4. IPCC-Berichts 2007.[23] (S.11)[24]

A6: Mögliche globale Temperaturänderungen bei verschiedenen Szenarien *(Kasang, Dr. Dieter, Klimaprojektionen, klimawiki.org/klimawandel/index.php /Klimaprojektionen, 2012)*

Der Klimawandel ist allerdings nicht nur etwas Zukünftiges, er hat bereits begonnen. Während Prognosen über den Zustand der Erde ohne den Menschen davon ausgehen, dass die Temperatur im 20. Jahrhundert leicht abgenommen hätte (S. 255)[25], hat sich die Temperatur global im letzten Jahrhundert bereits um 0,74°C erwärmt, dabei war die zweite Hälfte des Jahrhunderts fast doppelt so stark von der Erwärmung betroffen wie die erste. (S.11)[24] Außerdem häufen sich seit ca. 1995 die sehr warmen Jahre, viele zählen zu den wärmsten der aufgezeichneten Jahre. Die Erwärmung der Erde ist über dem Ozean schwächer, weil dort ein größeres Volumen erwärmt werden muss. Deshalb betrug die durchschnittliche Erwärmung auf dem Land in den letzten 20 Jahren ca. 0,54°C, auf dem Ozean dagegen nur 0,26° C. (S. 11)[24]



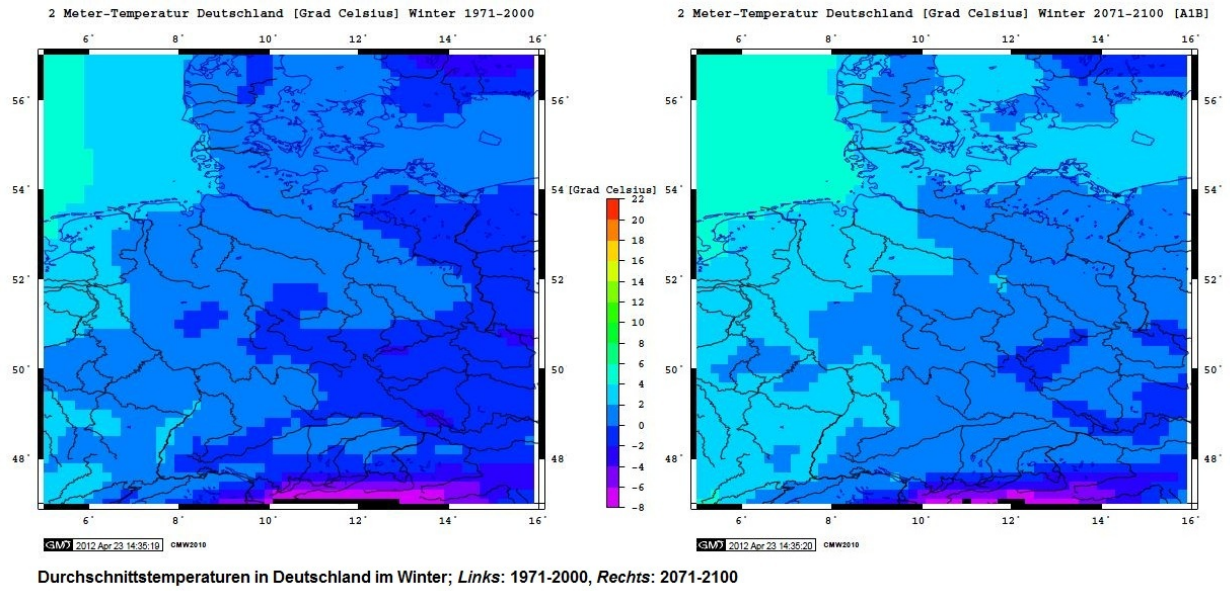
A7:Durchschnittstemperaturen in Deutschland im Sommer *(Quelle: Im Klimarechenzentrum (DKRZ) erstellt)*

---

[24] Lozán, José L. et al., Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen., Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 2008

[25] Wallner, Dr. Ruth M., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Herausgeber), Wald: Biotop und Mythos, Böhlau Verlag, 2011, Wien

Die Temperatur in Deutschland ist im letzten Jahrhundert bereits um 1°C gestiegen, im Süden sogar um 1,2 °C. Besonders stark war die Erwärmung am Ende des Jahrhunderts: neun der zehn wärmsten Jahre ab 1901 lagen nach 1990.[26]
Nach dem A1B-Szenario werden die Temperaturen in Deutschland bis zum Ende des Jahrhunderts zwischen 2,5 und 3,5 °C steigen. Dabei ist der Süden von der Erwärmung stärker betroffen als der Norden, in Norddeutschland erhöht sich die Durchschnittstemperatur im Sommer nur um 2-3 °C (s. A9), von durchschnittlich etwa 15° zu etwa 17°C (s. A7). Im Süden könnten sich die Temperaturen sogar um bis zu 4°C (s. A9) erwärmen, von ca. 16° im Sommer zu ca. 17,5 °C (s. A7). (S.30)[24] Die Unterschiede zwischen Norden und Süden sind auf die ausgleichende Eigenschaft des Ozeans zurückzuführen (s. Klima in Deutschland).[1] Die Erwärmung wird im Winter vergleichsweise stärker ausfallen als im Sommer. (s. A9)
Das liegt zum einen daran, dass im Winter (s. A8) warme atlantische Wetterlagen häufiger und kontinentale Hochdrucklagen seltener werden.[27] Außerdem verstärkt die verringerte Albedo-Abstrahlung durch weniger Eis und Schnee die Erwärmung.
Im Sommer wird die Erwärmung außerdem durch die Trockenheit begünstigt: Die verringerte Verdunstung führt zu weniger dabei auftretender Verdunstungskälte.[26]



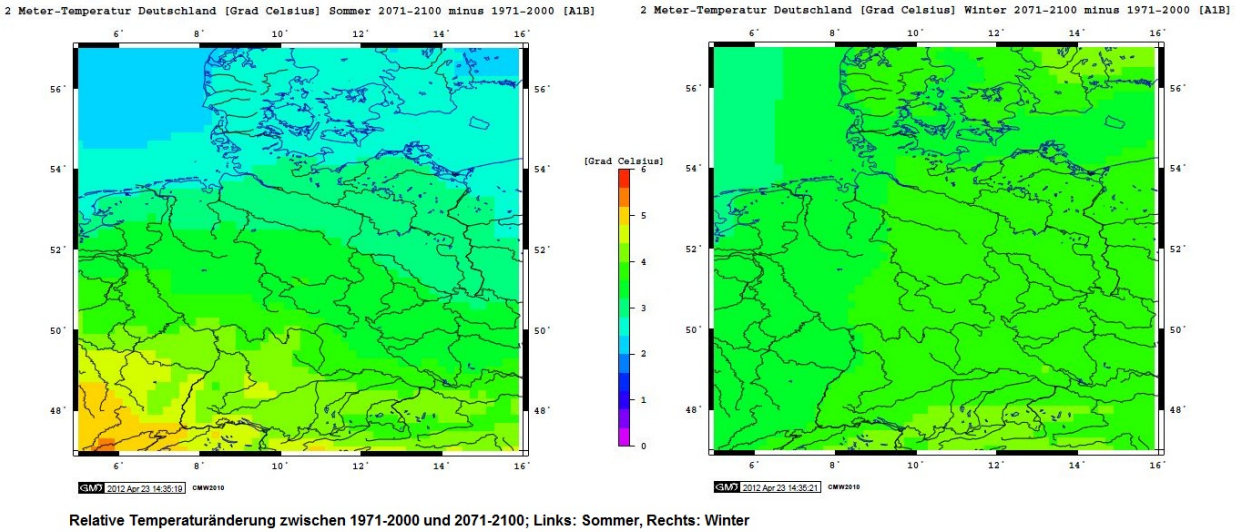
Durchschnittstemperaturen in Deutschland im Winter; *Links*: 1971-2000, *Rechts*: 2071-2100

A8: Durchschnittstemperatur in Deutschland im Winter *(Quelle: Im Klimarechenzentrum DKRZ erstellt)*

---

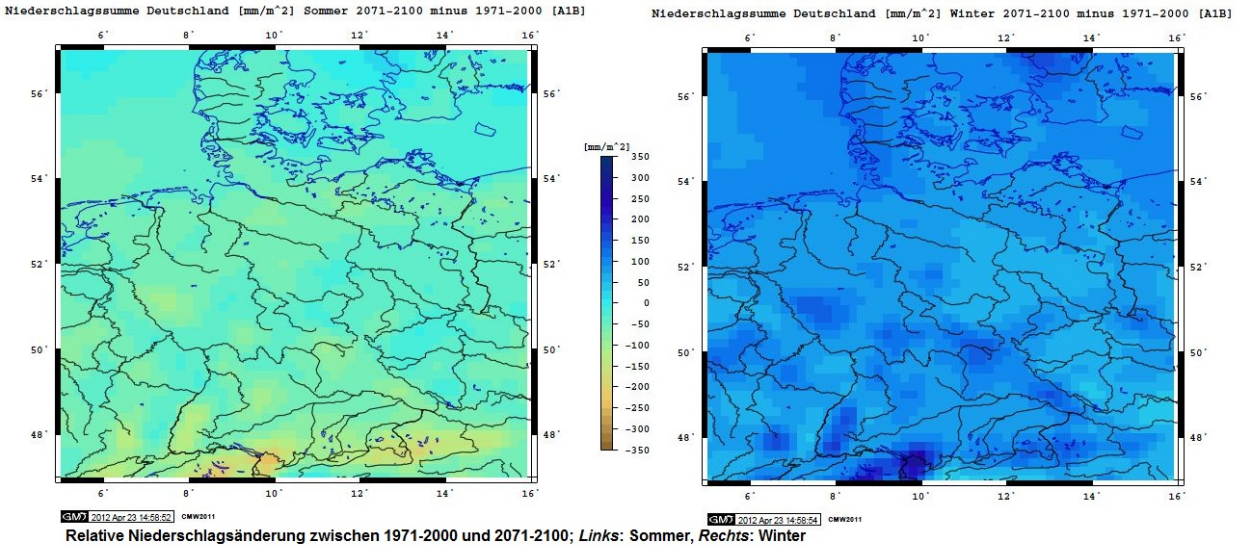
[26] Kasang, Dr. Dieter, Klimawiki: Klimaänderungen in Deutschland, klimawiki.org/klimawandel/index.php/Klima%C3%A4nderungen_in_Deutschland, 2012, letzter Zugriff: 28.04.2012

[27] Kasang, Dr. Dieter, Klimawiki: Klimaprojektionen in Deutschland, klimawiki.org/klimawandel/index.php/Klimaprojektionen_Deutschland, 2012, letzter Zugriff: 28.04.2012



A9: Relative Temperaturänderung zwischen 1971-2000 und 2071-2100 *(QuelIe: Im Klimarechenzentrum DKRZ erstellt)*

Die Jahresniederschläge werden sich insgesamt kaum verändern, die Verteilung der Niederschläge über das Jahr hingegen sehr. In A10 ist deutlich zu erkennen, dass die Niederschläge im Sommer zurückgehen werden und im Winter ansteigen werden.
Im Sommer werden die Niederschläge um 50-100 mm weniger werden und dagegen im Winter um 50-150 mm ansteigen. (s. A10) Das bedeutet eine Änderung im Sommer um ca. 20% weniger und im Winter ca. 20 % mehr.[27] Am stärksten von beiden Änderungen betroffen sind die Gebirge und der Süden Deutschlands. (s. A10) Im Osten Deutschlands, wo es bereits jetzt wenig regnet, wird durch die Temperaturerhöhung und die daraus folgende höhere Verdunstung ein sehr warmes und trockenes Klima geschaffen. (Grafiken 2-6, S. 30)[24]



A10: Relative Niederschlagsänderung zwischen 1971-2000 und 2071-2100 *(Quelle: Im Klimazentrum erstellt)*

Von den generellen Veränderungen des Klimas abgesehen wird außerdem die Anzahl der Extremereignisse wie Stürme, Hitzewellen oder Starkniederschläge ansteigen. (S.11, S.31)[2]
Vor allem im Sommer kommt es zu einer Zunahme der hohen Temperaturextreme und einer Abnahme der tiefen Temperaturen.[26]
Die Klimaveränderungen lassen sich also so zusammenfassen: Bis zum Ende des Jahrhunderts werden die Temperaturen um bis zu 4°C steigen. Die Sommer werden trockener und die Winter feuchter werden, wobei allerdings die Gesamtniederschlagsmenge etwa gleich bleiben wird.

Schädlinge der Fichte

Der Klimawandel beeinflusst nicht nur die Wälder in Deutschland durch die Veränderung der abiotischen Faktoren Temperatur und Niederschlag, sondern auch durch die Veränderung der biotischen Faktoren wie z.B. die Schädlinge. Denn diese Schädlinge sind auch temperatur- und niederschlagsabhängig, und so ändert sich die Verbreitung der Schädlinge zusätzlich durch den Klimawandel.
Im folgenden Text wird der Schädling, der in der Zukunft die Wälder in Deutschland wohl am meisten beeinflussen wird, vorgestellt: der Borkenkäfer (Scolytinae).

Es gibt verschiedene Arten von Borkenkäfern. Die wohl für deutsche Fichten gefährlichsten Arten sind der Buchdrucker und der Kupferstecher, wobei man den Buchdrucker aber als noch schädlicher bezeichnen kann. Borkenkäfer legen ihre Eier unter der Rinde ab und ernähren sich von dem Bast, dadurch sorgen sie fürs Absterben von dem jeweiligen Baum. Etwa 20.000 Jungkäfer verlassen einen einzigen Wirtsbaum[28] (S.27)[29] Für Borkenkäfer ist es optimal, wenn die Bäume kränkeln oder schon absterben, weshalb nach Schadereignissen wie z.B. Trockenheit die Population stark steigt.[30] Sonst befallen sie häufig gesunde Bäume erst, wenn sie schwärmen. Da er temperaturabhängig ist, fängt er mit 16,5 °C an zu schwärmen und schwärmt bis zu 28 °C immer intensiver und weiter. (S. 12)[31] Zusätzlich wird auch seine Brutaktivität höher um diesen Temperaturbereich, was bedeutet, dass dann in einem Sommer mehr als nur eine Generation entstehen kann. (S. 13)[31] [32]Außerdem reagiert er anfällig auf hohe Niederschläge. Für Buchdrucker sind Monokulturen von Fichten günstig, da sie sich nur auf diesen fortpflanzen. [33]

---

[28] Kruse, Rüdiger, Borkenkäfer, www.wald.de/borkenkaefer/, 03.05.2012
[29] Dr. Mößmer, Eva-Maria, Manche mögen's heiß: Waldschädlinge im Klimawandel,www.wald-in-not.de/download/Schaedlinge.pdf, 03.05.2012
[30] Neumeyer, Martin, Borkenkäfer- Buchdrucker und Kupferstecher, www.forst.bayern.de/waldschutz/borkenkaefer/, 03.05.2012
[31] Nadelnutzholzborkenkäfer: Biologie und Verhaltensweisen, www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/waldschutz/downloads/borkenkaefer/nadelnutzholzborkenkaefer.pdf, 03.05.2012
[32] Tomiczek, Christian, Was bedeutet der Klimawandel für den Borkenkäfer, www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/bfw_klimawandel_borkenkaefer/index_DE, 03.05.2012
[33] Der (Fichten-) Borkenkäfer, www.greenpeace-muenchen.de/index.php/gruppen/wald-papier/waldschutzgebiete/582-borkenkaefer.html, 03.05.2012

Folglich ist der Borkenkäfer ein Käfer, der sich optimal in warmen, trockenen Gegenden vermehrt und damit den Fichtenbestand stark minimiert.

Auswirkungen des Klimawandels auf Fichte und Buche

Nachdem wir nun das aktuelle Klima Deutschlands den Klimaänderungen gegenübergestellt und uns mit den Standortansprüchen von Buche und Fichte beschäftigt haben, möchten wir nun die Auswirkungen des Klimawandels in der Zukunft auf den Deutschen Wald zusammenfassend betrachten.
Einen guten Aufschluss darüber geben die Klimahüllen (s. Rotbuche/Fichte). Auf A3 erkennt man deutlich, dass der benötigte Temperaturbereich der Fichte (s. Fichte) bereits jetzt im unteren Temperaturbereich Deutschlands liegt. Deshalb ist die Fichte auch eine anfällige Art für den Schädlingsbefall, beispielsweise des Borkenkäfers (s. Schädling der Fichte). Wenn sich nun die Jahresdurchschnittstemperatur Deutschlands im Klimawandel erwärmt, erkennt man an dem roten Umriss (s. A3), dass die Bedingungen in Deutschland aus dem Gebiet der möglichen Standortbedingungen der Fichte (grüner Bereich) hinauswandern. Die Grafik bezieht sich auf eine Erwärmung von 2°C. Wie wir im Abschnitt über den Klimawandel erläutert haben, wird sich Deutschland aber bis zum Ende des Jahrhunderts voraussichtlich um bis zu 4 °C erwärmen. Wie man sich leicht an der Klimahülle vorstellen kann, wird das Deutsche Klima dann endgültig aus dem Toleranzbereich der Fichte herausgewandert sein. Hinzu kommt die höhere Häufigkeit von Extremereignissen. Stürme können ganze Fichtenwälder vernichten, weil Fichten Flachwurzler sind. Von Extremereignissen wie Hitzewellen und Trockenheiten angeschlagene Fichtenwälder sind sehr anfällig für den Schädlingsbefall. Der Fichtenanbau wird also mit einem großen Risiko verbunden sein.
Bei der Buche verhält es sich dagegen anders: Das deutsche Klima verschiebt sich in einen wärmeren Bereich, aber die Standortansprüche der Buche tolerieren diese Temperaturerhöhung gut. (s. A5) Außerdem verträgt die Buche Trockenheiten im Vergleich zu anderen Baumarten wie der Fichte gut. Nur sehr lang anhaltender Trockenstress kann bei ihr zu Wachstumsreduktion führen. (S. 262-264)[34]
Die Buche hat eine hohe genetische Variabilität, deshalb ist auch die genetische Anpassung an den Klimawandels nicht auszuschließen. Die Buche hat sich oft an verschiedene Standorten angepasst. (S. 1077)[35]
Weitere mögliche Auswirkungen auf den Wald: Es wird eine allgemeine Wachstumszunahme aller Bäume durch längere Vegetationsperioden und höheren Stoffwechsel durch höhere Temperaturen bereits beobachtet und verstärkt vorausgesagt. Vor allem bei der Fichte wurde diese Veränderung beobachtet. (S. 212)[34] Eine erhöhte CO_2-Konzentration führt außerdem zu einer höheren Photosyntheserate und damit schnellerem Wachstum. Außerdem steigert eine höhere CO_2 -Konzentration die Wassernutzungseffizienz. Das könnte den Bäumen bei Trockenheiten behilflich sein. (S. 155-156)34

---

[34] Elling, Wolfram et al., Schädigung von Waldökosystemen, 1. Auflage 2007, Spektrum Akademischer Verlag, 2007, München

[35] Bolte, Andreas, AFZ-DerWald 20/2005, Zur Zukunft der Buche in Mitteleuropa, www.waldundklima.net/klima/klima_docs/buche_meuropa_bolte_01.pdf, 2005

Ausblick für die Forstwirtschaft

Nach Beantwortung der Leitfrage wird nun folgendes Problem deutlich: Die Forstwirtschaft muss ihre Anbaumethoden verändern. Da Bäume sehr langlebig sind und der Anbau lange dauert, muss sehr vorausdenkend gehandelt werden. Obwohl die Auswirkungen des Klimawandels vielleicht noch eher zukünftig erscheinen, müssen beim Waldanbau bereits jetzt die Auswirkungen einkalkuliert werden.
Einerseits sollte nicht mehr auf die Fichte als Hauptbaumart gesetzt werden, wie wir im Abschnitt über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Fichte begründet haben. Die Fichte wird sich in Zukunft in Deutschland nicht mehr wohlfühlen, da die Temperaturen zu hoch werden.
Der Buche dagegen muss zukünftig noch mehr Beachtung geschenkt werden. Sie wird sich auch trotz der veränderten Bedingungen im Klimawandel noch in Großteilen Deutschlands recht wohl fühlen. (s. Auswirkungen des Klimawandels auf Fichte und Buche)
Allgemein können Waldbestände gemischt werden. Die großen Monokulturen sollten abgeschafft werden. Das führt einerseits zu einer Risikoverringerung, da zumindest einige Baumarten im Klimawandel überstehen werden. (S. 267)[20] (S. 1078)[35] Auch bei Schädlingsbefall einer Baumart fällt nicht gleich die gesamte Waldfläche aus.
Wichtig ist außerdem die Naturverjüngung. Dabei kann beispielsweise bei der Buche das große genetische Anpassungspotenzial genutzt werden, denn durch Naturverjüngung kann sich eine Baumart durch natürliche Selektion den neuen Umweltansprüchen anpassen. (S. 1078)[35]
Eine weitere Möglichkeit ist es, Samen von Bäumen anzupflanzen, die aus wärmeren und trockeneren Gebieten stammen. So kann der lokale Genpool sinnvoll erweitert werden und die Bäume werden sich besser anpassen. (S. 1078)[35]
Natürlich können auch die verschiedenen Ansätze und Methoden gemischt werden, um sicher ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erreichen.