

Chancen und Risiken der Buche im Klimawandel

Hat die Buchenwaldwirtschaft angesichts der steigenden Risiken durch intensivere und häufigere Hitze- und Trockenphasen bei uns eine Zukunft? Dieser Frage ging der Verfasser bei der Tagung „20 Jahre Naturnahe Forstwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern“ am 7.10.2015 in Linstow (Mecklenburg-Vorpommern) nach.

Andreas Bolte

Die Buche (*Fagus sylvatica*) ist unsere verbreitetste heimische Laubbauart in Deutschland. Sie ist gut an die (noch) vielfach herrschenden Klima- und Standortbedingungen mit gemäßigten Sommertemperaturen, ausreichenden Niederschlägen und kürzeren Winterperioden angepasst. Ihre hohe Konkurrenzkraft gegenüber anderen Baumarten schöpft sie aus der ausgeprägten Fähigkeit zur Beschattung und gleichzeitigem Vermögen, sich im eigenen Schatten zu verjüngen und heranzuwachsen. Die Buche gilt aber als trockenheitsempfindlich. Daher stellt sich die Frage, ob und wie sich die Buche an den laufenden Klimawandel anpassen kann.

Verbreitung und klimatische Ansprüche der Buche

Die Buche gehört zu den dominanten Baumarten der Waldvegetation in Europa, und Deutschland liegt im Kerngebiet der heutigen Verbreitung. Sie bildet als besonders konkurrenzstarke Baumart Dominanzbestände in vielen natürlichen Waldgesellschaften Mitteleuropas sowie in höheren Lagen Südeuropas [3]. Diese naturnahen Buchenwälder bilden wertvolle Waldlebensräume für Pflanzen und Tiere und liefern gleichzeitig auch Holz für vielfältige Verwendungen. Die Anteilsfläche der Buche in Deutschland hat sich in den letzten zehn Jahren um mehr als 102.000 ha erhöht und betrug im Jahre 2012 1,68 Mio. ha [15]. Grund hierfür sind umfangreiche Umbauten von Nadelwaldbeständen in Laub- und Mischwälder.

Die Buche ist eine typische Baumart des gemäßigten Klimas mit mäßig warmen Sommern und milden, nicht zu langen Wintern mit weniger als 141 Frosttagen. Eine ausreichend lange Vegetationspe-

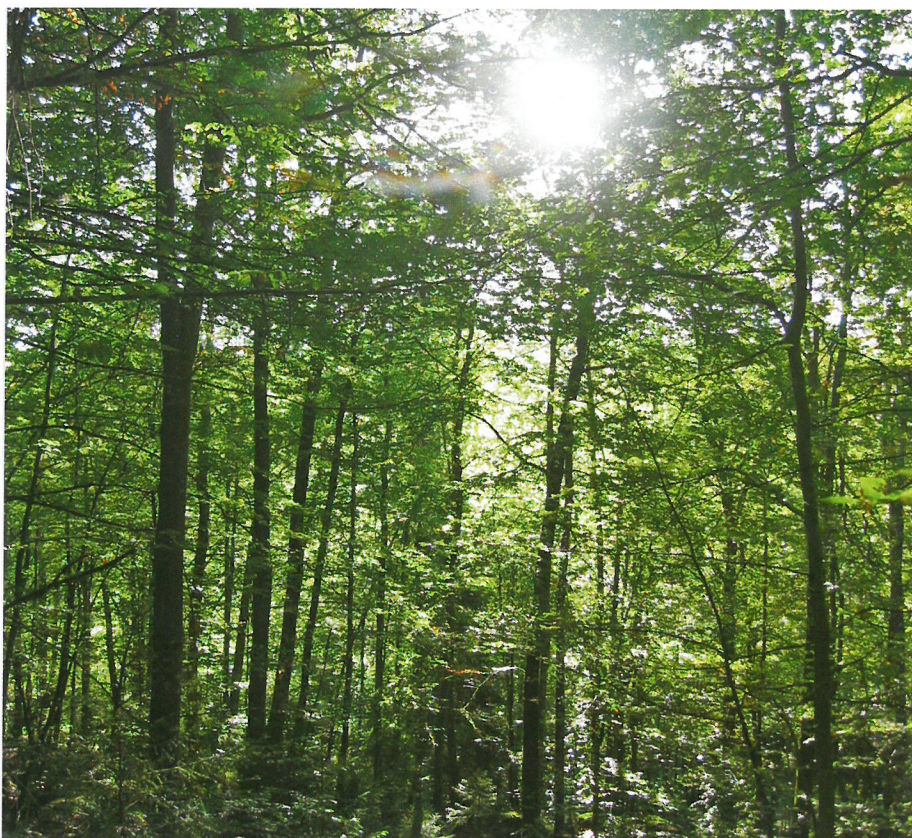


Foto: A. Bolte

Abb. 1: Mit etwa 15 % der deutschen Waldfläche belegt die Buche den dritten Platz unter den heimischen Holzarten im Wald sowie den ersten Platz unter den Laubbauarten. Von 2002 bis 2012 nahm die Buchenfläche um 102.000 ha bzw. 6 % zu.

Schneller Überblick

- Die Anpassungsfähigkeit der Buche ist größer als vielfach angenommen.
- Eine präventive Abkehr von der Buchenwirtschaft ist daher und wegen der Unsicherheit der Klimaprojektion nicht begründbar.
- Steigende Risiken können mit Baumartenmischungen und einer gezielten Auswahl und Vermehrung von toleranten Herkünften und Einzelbuchen begegnet werden.

riode (217 Tage über 7 °C Mitteltemperatur) ist notwendig, um eine positive Kohlenstoffbilanz zu erzielen. Extreme Kälte unter -35 °C kann Kambialschäden unter der dünnen Borke verursachen. Die Baumart meidet trockene Klimate mit einem Durchschnittsniederschlag deutlich unter 500 mm (< 250 mm von Mai bis September, [4]). Lokale Standortbedingungen (Lokalklima, Bodeneigenschaften) können dabei die Wirkung der Klima- und Witterungsbedingungen abmildern oder verschärfen. Im Vergleich zu anderen Baumarten wie z. B. Eichenarten ist das Wasserleitsystem (Xylem) der Buchen empfindlich gegen-

über trockenheitsbedingte Kavitation, d. h. Lufteintritt in das Wasserleitgewebe (Embolien) und dadurch Unterbrechung der „Wasserfäden“ (Kohäsion). Dieser Vorgang reduziert schlagartig die Wasserleitfähigkeit der Bäume und kann zu einem Komplettersagen der Wasserleitung („Hydraulic failure“) und in der Folge zum Trockentod führen [6]. Neue Ergebnisse von Trockenstress-Experimenten mit Buchenjungpflanzen (2 Jahre) aus ganz Mitteleuropa zeigen, dass Buchenverjüngungen unterhalb eines Restgehalts von 20 % des nutzbaren Wasservorrats (bis 50 cm Bodentiefe) vermehrt absterben (Abb. 2, [5]).

Klimawandel und seine möglichen Folgen für die Buche

Der laufende Klimawandel hat zwischen den Jahren 1880 und 2012 zu einer mittleren Erwärmung der globalen Lufttemperatur über der Land- und Meeresoberfläche von 0,85 °C geführt [14]. Damit verbunden war eine signifikante Häufung von Extremwetterlagen wie Hitzewellen und Niederschlagsextreme (Trockenheit und Starkregen) in den Jahren von 2000 bis 2011 [7]. Klimaprojektionen des IPCC [14] deuten mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine weitere Häufung und Intensivierung von Hitzeperioden und Trockenheiten besonders zum Ende des 21. Jahrhunderts hin. Für Europa konnten Spinoni et al. [20] eine Verstärkung und Häufung von Trockenheiten in den Jahren von 1950 bis 2012 in Südwest-Europa nachweisen, die Tendenzen für Mitteleuropa sind weniger klar. Eine Erhöhung der Niederschläge lassen sich dagegen für Skandinavien und Teile Osteuropas ableiten. Projektionen bis zum Ende dieses Jahrhunderts zeigen eine ähnliche Dreiteilung mit mehr Niederschlägen und Wärme in Nord- und Nordwesteuropa, starke Trockenheits- und Hitzetendenzen in Südeuropa und dem Mittelmeerraum, aber weniger klare Niederschlagstrends bei sich erhöhenden Temperaturen in Mitteleuropa [13, 21]. Für die Zukunft der Buche lässt sich daraus Folgendes ableiten (Abb. 3):

- eine Tendenz zur Ausbreitung nordwärts in Skandinavien, den britischen Inseln und dem Baltikum, da die Erwärmung und Ausdehnung der Vegetationsperiode hier neue Besiedelungsräume schafft (vgl. [4]);

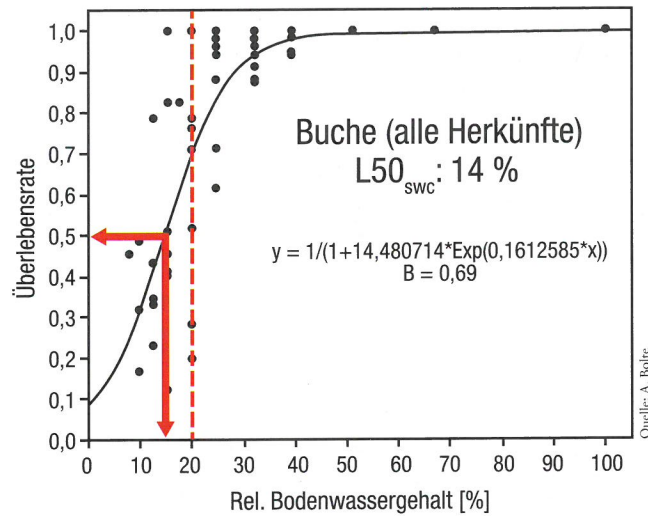


Abb. 2: Kritische Grenze des relativen Bodenwassergehalts (bezogen auf nutzbare Wasserspeicherkapazität im Wurzelraum, nWSK) für junge Buchen sowie konservativer, kritischer Schwellenwert (20 % relativer Bodenwassergehalt, nFK, gestrichelte rote Linie). L50_{SWC}: Relativer Bodenwassergehalt, bei dem 50 % der Buchenpflanzen abgestorben sind [5].

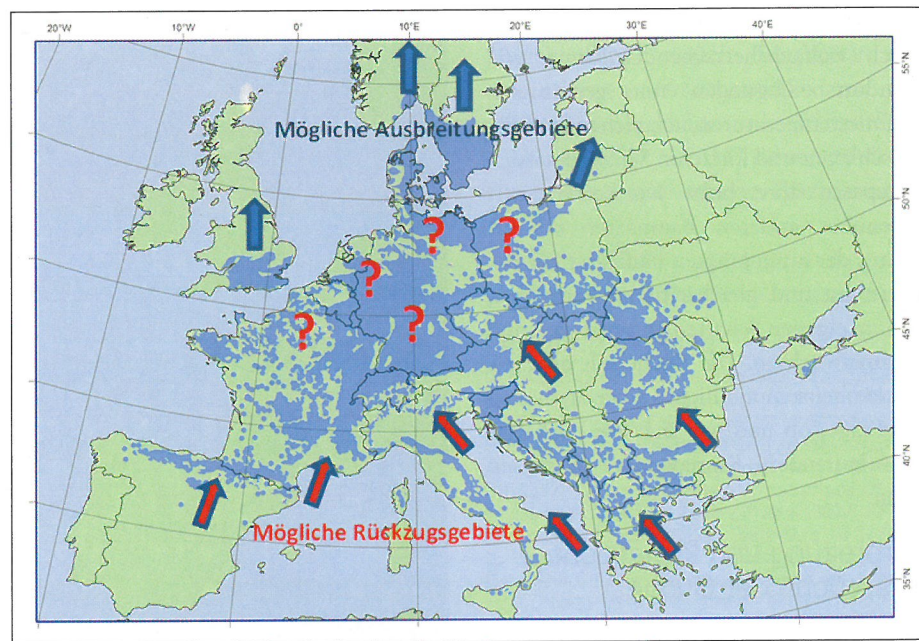


Abb. 3: Natürliches Verbreitungsgebiet der Buche (*Fagus sylvatica* L., [10], verändert). Rote Pfeile zeigen südliche und südöstliche Randverbreitungsgebiete mit zukünftig wahrscheinlich ungünstigeren Wuchsbedingungen an, blaue Pfeile mögliche nördliche Ausbreitungsgebiete im Zuge des Klimawandels (vgl. [5]). Fragezeichen markieren Teile des zentralen Verbreitungsgebiets mit unklarer Entwicklung der Wuchsbedingungen.

- ein Rückzug im Bereich des südlichen Verbreitungsrandes in Südeuropa, insbesondere in höhere Berglagen (vgl. [17]) und
- eine unsichere Situation im mitteleuropäischen Kerngebiet der Verbreitung. Hier kann es entweder sogar zu einer Verbesserung der Wuchsbedingungen kommen, wenn eine Erwärmung und Verlängerung der Wachstumsperiode mit höheren Niederschlägen einhergeht oder zu verstärkten Trockenheitsrisiken, wenn häufigere und intensivere Trockenphasen auftreten. Sehr gut möglich ist aber auch eine Kombination von grundsätzlich besseren Wuchs-

bedingungen mit häufigeren kritischen Trockenphasen. Diese würde bei einer insgesamt höheren Produktivität der Buche das Trockenstress- und Absterberisiko steigen lassen.

Anpassung von Buchenwäldern an den Klimawandel

Bäume und Wälder sind langlebige Organismen bzw. Ökosysteme, die sich an sehr unterschiedliche Umweltbedingungen anpassen können und müssen. Grundsätzlich lassen sich drei Prozesse auf Ebene von einzelnen Bäumen, Baumarten bzw. Populationen und Ökosystemebene unterscheiden (Abb. 3, [19]). Die



Abb. 4: Anpassungsprozesse in Buchenwäldern durch Trockenheit

phänotypische Plastizität ermöglicht bei Trockenheit durch einen Gestaltwandel (z. B. Veränderung des Spross-Wurzel-Verhältnisses, Laubabwurf) und/oder eine Änderung der physiologischen Prozesse (stärkere Verringerung der Transpiration durch Schluss der Spaltöffnungen) einzelner Buchen die schnelle Anpassung an Wasserknappheit. Baumpopulationen passen sich über Generationen evolutionär an, indem nur die an Trockenheit

angepassten Buchen ihre Gene an die nächste Generation weitergeben (Selektion) und so die Anpassung der Population langfristig optimieren. Dies geschieht besonders gut, wenn bei extremen Umweltbedingungen isolierte lokale Randpopulationen vom Genfluss im zentralen Verbreitungsgebiet einer Art getrennt sind [11]. Werden die Umweltbedingungen durch Trockenheit für eine Art zu extrem, wird sie durch besser angepasste Arten ersetzt und es kommt zur Ablösung einer Waldgesellschaft durch eine andere. So könnten z. B. Buchenwälder bei extremen Trockenheiten durch Eichenwälder abgelöst werden.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Buche besonders plastisch und anpassungsfähig auf Umweltänderungen zum Beispiel durch Trockenheit durch Änderung reagieren kann [1, 13, 16]. Zudem konnten vielfach deutliche Unterschiede in der Trockenheitstoleranz unterschiedlicher Lokalpopulation und -herkünfte der Buche gefunden werden, wobei Populationen bzw. Herkünfte aus trockeneren Gebieten meist besser mit Trockenheit zurecht kamen [8, 9, 18, 22]. Eine Ablösung von Buchenwaldgesellschaften durch flä-

chiges Absterben ganzer Bestände wie z. B. bei der Kiefer im Schweizer Wallis [2] wurde bisher selbst im extremen Trockenjahr 2003 nicht beschrieben. Dies zeigt ein erhebliches Anpassungspotenzial der Buche, das nicht zu unterschätzen ist.

Folgerungen für die zukünftige Buchenwaldbewirtschaftung

Angesichts des hohen Anpassungspotenzials der Buche an den Klimawandel und die Unsicherheiten der Projektionen ist Panik und Aktionismus, wie z. B. die präventive Abkehr von der Buche, in weiten Teilen Deutschlands und Mitteleuropas nicht begründbar. Allerdings sollte den zukünftig wahrscheinlich steigenden Risiken für Buchenwälder durch intensivere und häufigere Trockenphasen Rechnung getragen werden durch:

- eine gezielte Mischung von Buchen mit anderen Baumarten. Dies kann Risiken verteilen und für den Mischbestand minimieren.
 - Versuchsanbauten mit toleranten Buchenherkünften aus heute schon trockeneren Klimaten. Die gezielte Einmischung von besser angepassten Herkünften in naturverjüngte Bestände mit Buche und anderen Baumarten kann die Anpassungskapazität von Buchenbeständen vermutlich steigern.
 - Die gezielte Auswahl und Vermehrung von toleranten Einzelbuchen. Dies kann die Basis für gezielt ausgewähltes/geprüftes Vermehrungsgut zur Einmischung in naturverjüngte Bestände sein.
- Weitere Möglichkeiten liegen in der Ausweitung von Anbau-, Mischungs- und Durchforstungsversuchen, wobei neben dem Testen von Mischungen mit bewährten und neuen eingeführten Baumarten die Wirkung von Weitbestandskonzepten mit einer verminderten Wurzelkonkurrenz um knappe Wasserressourcen wichtige Ansatzpunkte sind.

Literaturhinweise:

- [1] BECK W.; SANDERS, T. G. M.; POFAHL, J. (2013): CLIMTREG: Detecting temporal changes in climate – growth reactions – A computer program using intra-annual daily and yearly moving time intervals of variable width. *Dendrochronologia* 31(3):232-241. doi:10.1016/j.dendro.2013.02.003. [2] BIGLER, C.; BRÄKER, O. U.; BUGMANN, H.; DOBBERTIN, M.; RIGLING, A. (2006): Drought as an Inciting Mortality Factor in Scots Pine Stands of the Valais, Switzerland. *Ecosystems* 9,3: 330–343. doi: 10.1007/s10021-005-0126-2. [3] BOHN, U.; GOLLUB, G.; HETTWER, CH.; NEUHÄUSLOVÁ, Z.; RAUS, T.; SCHLÜTER, H.; WEBER, H. (2004): Karte der natürlichen Vegetation Europas/Map of the natural vegetation of Europe. CD-ROM, BIN, Bonn – Bad Godesberg. [4] BOLTE, A.; CZAJKOWSKI, T.; KOMPA, T. (2007): The north-eastern distribution area of European beech – a review. *Forestry* 80, 4: 413–429. doi: 10.1093/forestry/cpm028. [5] BOLTE, A. (2015): Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten: Extremwetterlagen im Wald. *Thünen Rep.* 30: 171–208. doi: 10.3220/REP1434012425000. [6] BRODRIBB, T. J.; COCHARD, H. (2009): Hydraulic failure defines the recovery and point of death in water-stressed conifers. *Plant Physiol.* 149: 575–584. doi: 10.1104/pp.108.129783. [7] COUMOU, D.; RAHMSTORF, S. (2012): A decade of weather extremes. *Nature Climate Change* 2(7): 491–496. doi: 10.1038/nclimate1452. [8] CZAJKOWSKI, T.; BOLTE, A. (2006): Unterschiedliche Reaktion deutscher und polnischer Herkünfte der Buche (*Fagus sylvatica* L.) auf Trockenheit. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 177: 30–40. [9] DOUNAVI, A.; NETZER, F.; CELEPIROVIC, N.; IVANKOVIĆ, M.; BURGER, J.; FIGUEROA, A. G.; SCHÖN, S.; SIMOND, J.; CREMER, E.; FUSSI, B.; KONNERT, M.; RENNENBERG, H. (2016): Genetic and physiological differences of European beech provenances (*F. sylvatica* L.) exposed to drought stress. *For. Ecol. Manage.* 361: 226–236. doi: 10.1016/j.foreco.2015.11.014. [10] EUFORGEN (2009): Distribution map of beech. <http://www.euforgen.org> (Zugriff: 27.02.2016). [11] HAMPE, A.; PETIT, R. J. (2005): Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecol. Lett.* 8: 461–467. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00739.x. [12] HARTER, D. E. V.; NAGY, L.; BACKHAUS, S.; BEIERKÜHNLEIN, C.; FUSSI, B.; HUBER, G.; JENTSCH, A.; KONNERT, M.; THIEL, D.; KREYLING, J. (2015): A comparison of genetic diversity and phenotypic plasticity among European Beech (*Fagus sylvatica* L.) populations from Bulgaria and Germany under drought and temperature manipulation. *Int. J. Plant Sci.* 176(3): 232–244. doi: 10.1086/679349. [13] IPCC (2012): Summary for Policymakers. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge and New York, 19 S. [14] IPCC (2013): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. [15] KROHNER, F.; BOLTE, A. (2015): Naturschutz und Biodiversität im Spiegel der BWI 2012. *AFZ-DerWald* 70, 21: 23–27. [16] MEIER, I.; LEUSCHNER, C. (2008): Genotypic variation and phenotypic plasticity in the drought response of fine roots of European beech. *Tree Physiology* 28, 2:297–309. doi: 10.1093/treephys/28.2.297. [17] PENUELAS, J.; BOADA, M. (2003): A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology* 9, 2: 131–140. doi: 10.1046/j.1365-2486.2003.00566.x [18] PŠIDOVÁ, E.; DITMAROVÁ, L.; JAMNICKÁ, G.; KURJAK, D.; MAJEROVÁ, J.; CZAJKOWSKI, T.; BOLTE, A. (2015): Photosynthetic response of beech seedlings of different origin to water deficit. *Photosynthetica* 53, 2: 187–194. doi: 10.1007/s11099-015-0101-x [19] SPATHELF, P.; BOLTE, A.; VAN DER MAATEN, E. (2015): Is Close-to-Nature Silviculture (CNS) an adequate concept to adapt forests to climate change? *Landbauforsch. App. Agric. Forestry Res.* 65(3-4): 161-170. doi: 10.3220/LBF1452526188000. [20] SPINONI, J.; NAUMANN, G.; VOGT, J.; BARBOSA, P. (2015): European drought climatologies and trends based on a multi-indicator approach. *Global Planet. Change* 127: 50–57. doi: 10.1016/j.gloplacha.2015.01.012. [21] STAGGE, J. H.; RIZZI, J.; TALLAKSEN, L. M.; STAHL, K. (2015): Future meteorological droughts: projections of regional climate models for Europe. *DROUGHT-R&SPT Techn. Rep.* 25, University Oslo, Norway (UiO) and University Freiburg, Germany (ALU-FR): 19 S. [22] THIEL, D.; KREYLING, J.; BACKHAUS, S.; BEIERKÜHNLEIN, C.; BUHK, C.; EGEN, K.; HUBER, G.; KONNERT, M.; NAGY, L.; JENTSCH, A. (2014): Different reactions of central and marginal provenances of *Fagus sylvatica* to experimental drought. *Eur. J. Forest Res.* 133: 247–260. doi: 10.1007/s10342-013-0750-x.

Prof. Dr. A. Bolte, andreas.bolte@thuenen.de, leitet das Thünen-Institut für Waldökosysteme in Eberswalde und beschäftigt sich mit Fragen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel. Der Artikel basiert auf einem Vortrag des Autors bei der Tagung „20 Jahre Naturnahe Forstwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern“ am 7.10.2015 in Linstow (Mecklenburg-Vorpommern).

