

Norddeutsche Buchen bestehen auch in Spanien

Beispiel, wie sich Buchen an den Klimawandel anpassen können und warum ihre künftige Verbreitung schwer vorhersagbar ist

Von Georg von Wühlisch*, Großhansdorf

Zur Anpassungsfähigkeit von Buchen an den Klimawandel geben modellhafte Hochrechnungen oder realitätsferne Gewächshausversuche mit Sämlingen bisher nur vage Hinweise. Aussagekräftiger sind praxisnahe Feldversuche. Ergebnisse eines solchen Versuchs wurden jetzt erstmals veröffentlicht [1]. Dabei wurde das Wuchsverhalten der aus verschiedenen Teilen Europas stammenden Buchen im Alter von zwölf Jahren auf einer am südwestlichen Rand der Buchenverbreitung in La Rioja, Spanien, angelegten Versuchsfläche untersucht. Wuchsstark und anpassungsfähig haben sich dabei neben lokalen und bulgarischen Buchen auch solche aus Farchau, Kreis Herzogtum Lauenburg, gezeigt, welches bei den sommerkühlen Verhältnissen in Schleswig-Holstein im Gegensatz zu den trocken-warmen spanischen Verhältnissen nicht zu erwarten war.

In den Jahren 1996 und 1998 wurden über 200 Provenienzen der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) aus ihrem gesamten Verbreitungsgebiet in zwei Serien auf 65 Versuchsflächen europaweit gepflanzt. Darunter wurden auch mehrere Flächen in Spanien angelegt [2]. Ziel dieser Versuche ist, die genetische Variation der Buche auf Arterbene zu erfassen und die jeweilige Anpassungsfähigkeit an andere Klima- und Bodenverhältnisse festzustellen. Auf der hier untersuchten Fläche wurden während eines Sommers ökophysiologische Wechselwirkungen der Buchen mit der sie umgebenden Umwelt erhoben. Dazu wurden die photosynthetischen Prozesse der Kohlenstoffbindung (Assimilationsraten) und Wasserstress-Potenziale im Tagesverlauf und im Verlauf des Sommers an exemplarischen Provenienzen gemessen.

Die Fläche befindet sich in der spanischen Autonomieregion La Rioja auf 1340 m ü. NN, einen Kilometer südlich des Dorfes Pazuengos auf einem nach Nordwesten abfallenden Hang der Sierra de La Damanda mit Neigungswinkel von 20°. Der Boden ist eine leichte, sandige Braunerde mit einem pH von 5,5. Der jährliche Niederschlag beträgt 554 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur 9,5°C. Im Untersuchungszeitraum Mai bis Juni fielen mit 278 mm mehr und Juli bis August mit 48 mm weniger Regen als im langjährigen Mittel.

Sechs der insgesamt 32 auf der Versuchsfläche angepflanzten Provenienzen wurden für die Untersuchung so ausgewählt, dass möglichst unterschiedliche Regionen des gesamten Verbreitungsgebiets der Buche repräsentiert sind (vgl. Tabelle). Die Erhebungen wurden an einem frühen (9. bis 11. Juli) und einem späten (13. bis 15. August) Termin an jeweils 36 der ursprünglich 150 gepflanzten Bäume pro Provenienz durchgeführt. Die Erhebungen umfassten Überlebensraten, Baumhöhen und Stammfußdurchmesser, sowie Wasser- und Wasserdampfsituation in den Blättern, die Blattleitfähigkeit der durch die Spaltöffnungen erfolgenden Gaswechsels, der photosynthetischen Assimilationsraten, Stickstoffgehalte der Blätter und weiterer Merkmale wie die hydraulische Leitfähigkeit vom Boden zum Blatt. Daraus wird abgeleitet, wie gut die Provenienzen an die Umgebungsverhältnisse im Vergleich untereinander bzw. der lokalen Provenienz angepasst sind. Überlebensraten und Baumhöhen wurden an allen Bäumen der 32 Provenienzen erhoben.

Überlebensrate, Baumhöhe und Durchmesser

Zehn Jahre nach der Pflanzung betrug die Überlebensrate im Mittel der Provenienzen 76%, welches gemessen an der spätsommerlichen Trockenheit als hoch bewertet werden kann. Zwischen den Provenienzen sind die Unter-

schiede allerdings beträchtlich. Besonders sticht dabei die Provenienz Farchau hervor, die mit 98% unter allen 32 auf der Fläche gepflanzten Provenienzen die höchste Überlebensrate aufweist. Etwas über dem Mittel liegen die bulgarische und die lokale Provenienz, während die polnische und tschechische etwas darunter liegen. Mit 34% überlebender Bäume bildet die schwedische Provenienz das Schlusslicht aller Provenienzen des Versuchs.

Die Baumhöhen und Stammdurchmesser sind mit der Überlebensrate positiv korreliert. So haben nicht nur eine hohe Anzahl der Bäume aus Farchau überlebt, sondern sie zeigten auch eine hohe Wuchsleistung und belegten gemeinsam mit der bulgarischen und der lokalen Provenienz einen der vordersten Plätze unter allen 32 Provenienzen. Die polnische und tschechische Provenienz liegen in ihrer Wuchsleistung etwas über dem Versuchsmittel, während die schwedische Provenienz eine der letzten Stellen unter allen Provenienzen einnimmt, welches bei der beträchtlichen Südverlagerung dieser Provenienz über 16 Breitengrade vom nördlichen Rand der Verbreitung der Buche vom 58° auf den 42° Breitengrad nicht verwundert.

Assimilationsrate und Gaswechsel

Die physiologische Leistung aller Provenienzen nahm im Verlauf des Sommers mit steigender Temperatur und geringer werdender Regenmenge ab. Mit der Verringerung des Gaswechsels g_{wv} nahmen auch die Assimilationsraten A ab. Am höchsten war die Abnahme bei den wüchsigeren Provenienzen aus Deutschland, Bulgarien und Spanien und niedrig bei der tschechischen und schwedischen Provenienz. Bei der schwedischen Provenienz war die Assimilationsleistung allerdings bereits schon im Juli niedrig, welches die schlechte Anpassung dieser Provenienz bestätigt.

Die Abnahme der physiologischen Aktivität mit abnehmendem Wasserangebot zeigt eine gute Anpassungsfähigkeit an die jeweiligen Verhältnisse, welches als plastisches Verhalten bezeichnet wird. So kann die hohe Wuchsleistung der Provenienzen aus Deutschland, Bulgarien und Spanien mit einer hohen Reaktionsfähigkeit an die jeweils herrschenden Bedingungen erklärt werden. Bei ausreichender Wasserversorgung reagieren sie mit hohen Assimilationsraten und Stickstoffnutzungseffizienz und bei Trockenheit mit einer entsprechend ausgeprägten Reduktion. Die schlechter angepassten Provenienzen sind nicht in der Lage, bei ausreichender Wasserversorgung ihre Assimilationsraten entsprechend zu erhöhen.

Bei der bulgarischen und der lokalen Provenienz fällt auf, dass die Assimilationsraten bei der zweiten Messung nicht so weit abfallen, wie bei den vier nördlichen Provenienzen, welches auf ein höheres Assimilationsvermögen bei trockeneren Verhältnissen deutet und einer Anpassung an mediterrane Verhältnisse dieser Provenienzen geschuldet sein mag.

Herkunftsangaben und Messergebnisse der sechs untersuchten Provenienzen

Land	Schweden	Deutschland	Polen	Tschechien	Spanien	Bulgarien
Ort	Gullmarsberg	Farchau	Jaworze	Brumov-Sidonie	Zorraquins-Ezcaray	Gotze-Delchev
Angaben zum Ursprungsort der Provenienzen						
Geographische Position	58° 22' N 11° 39' O	53° 39' N 10° 40' O	49° 50' N 19° 10' O	49° 03' N 18° 03' O	42° 30' N 03° 02' W	41° 34' N 23° 44' O
Höhe ü. NN (m)	25	55	450	390	990	1450
Niederschlag p.a. (mm)	735	673	740	685	595	525
Mittl. Jahres-temp. (°C)	6,7	8,8	8,2	7,5	11,1	7,4
Messergebnisse						
Überlebensrate %	34 ^f	98 ^a	65 ^d	73 ^c	81 ^b	84 ^b
Baumhöhe (cm)	71,8 ^d	159,4 ^a	127,5 ^b	112,5 ^c	151,6 ^a	153,8 ^a
Stammfußdurchmesser (mm)	13,5 ^d	30,8 ^a	25,1 ^b	21,0 ^c	31,8 ^a	27,2 ^a
A ($\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$)	9,1 ^c 7,8 ^c	11,9 ^{ab} 9,8 ^b	11,4 ^b 10,1 ^{ab}	10,0 ^c 10,0 ^b	12,7 ^a 11,5 ^a	12,1 ^{ab} 11,0 ^a
g_{wv} ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{ s}^{-1}$)	0,16 ^e 0,16 ^b	0,20 ^{bc} 0,16 ^b	0,19 ^{cd} 0,16 ^b	0,18 ^d 0,16 ^b	0,23 ^a 0,19 ^a	0,22 ^{ab} 0,18 ^a
N-Nutzungseffizienz A/N	6,64 ^{abc} 6,00 ^c	6,83 ^a 6,38 ^{bc}	6,39 ^{bc} 7,02 ^b	6,23 ^c 6,85 ^b	6,55 ^{abc} 6,11 ^c	6,78 ^a 8,87 ^a
KL ($\text{mmol m}^{-2}\text{ MPa}^{-1}\text{ s}^{-1}$)	1,70 ^c 0,95 ^c	2,47 ^a 1,10 ^b	2,11 ^b 1,10 ^b	2,30 ^{ab} 1,13 ^b	2,42 ^a 1,22 ^a	2,41 ^a 1,28 ^a

A = Assimilationsrate des durch Photosynthese gebundenen CO_2 , g_{wv} = Blattleitfähigkeit als Menge Wasserdampf, der die Poren der Stomata durchströmt, N = Stickstoff, die N-Nutzungseffizienz ergibt sich aus der Assimilationsrate pro Menge N in den Blättern, K_l = hydraulische Wasserleitfähigkeit (=resultierende Durchlässigkeit) vom Boden zum Blatt. Der jeweils oben angegebene Wert wurde 9. bis 11. Juli ermittelt, der untere 13. bis 15. August 2008. Hochgestellte Buchstaben (A bis E) geben jeweils die statistischen Differenzbereiche (P < 0,05).

Stickstoffnutzungseffizienz

Bei der Stickstoffnutzungseffizienz gemessen als das in Blättern gebundene N im Verhältnis zur Assimilationsrate A fällt auf, dass die Provenienz Farchau diesen im Frühsommer bei guter Wasserversorgung offensichtlich sehr gut nutzen kann, welches die hohe Wuchsleistung erklären könnte. Bei geringerer Wasserversorgung reagiert die Provenienz hingegen ausgeprägt und dann fällt auch die Stickstoffnutzungseffizienz deutlich ab.

Hydraulische Leitfähigkeit

Die hydraulische Leitfähigkeit, auch als resultierende Durchlässigkeit bezeichnet, gibt die Fähigkeit an, das Wasser vom Boden zum Blatt zu leiten. Sie wurde aus der Differenz zwischen den am frühen Morgen und Mittags herrschenden Dampfdruckverhältnissen in den Blättern ermittelt und zeigt, wie gut eine Pflanze in der Lage ist, Wasser über die Wurzel aufzunehmen und im Verlauf des Tages effizient zu den Blättern zu leiten. Diese Größe scheint auf der spanischen Fläche für das Wachstum maßgeblich zu sein, denn sie ist mit der Baumhöhe sehr eng korreliert ($r=0,97$). Entsprechend erreichen die deutsche, bulgarische und spanische Provenienz hohe Werte, während die übrigen Provenienzen deutlich darunter liegen und die schwedische Provenienz das Schlusslicht bildet. Bei der zweiten Messung fällt die deutsche gegenüber der bulgarischen und spanischen Provenienz in der hydraulischen Leitfähigkeit ab, die offensichtlich besser in der Lage sind das Wasser unter trockeneren Bedingungen zu mobilisieren.

Klimaplastisches Verhalten nördlicher Buchenprovenienzen

Die trotz der herrschenden Sommer-trockenheit insgesamt relativ hohen Überlebensraten sind der guten Versorgung der Fläche mit Niederschlägen im Winter und Frühjahr geschuldet, in der sich auch schlecht angepasste Buchen noch entwickeln können, bevor sie der erhöhten Wärme und Trockenheit im Sommer ausgesetzt sind. Trotzdem weisen einzelne schlecht angepasste Provenienzen, wie die schwedische, sehr geringe Überlebensraten von nur 34% auf.

Die hohe Wuchsleistung der Provenienz Farchau war auf dem spanischen



Abbildung 1 Schlecht angepasste Buche einer holländischen Provenienz auf der spanischen Versuchsfläche bei Pazuengos, La Rioja. Die Triebspitzen werden an warmen Sommertagen nicht ausreichend mit Wasser versorgt, sodass sie vertrocknen und die Buche aus unteren Knospen nachtreiben muss, welches den Buschhabitus erklärt. Angepasste Provenienzen mit effizienter Wasseraufnahme- und Wasserleitfähigkeit haben Mittelhöhen von 1,73 Metern erreicht (links oben).

Standort am südwestlichen Rand der Verbreitung der Buche nicht zu erwarten. Insbesondere die Anwuchsphase ist für Buchen auf einer Freifläche besonders schwierig zu überwinden. Im trockenen Sommer 2003 befanden sich die Pflanzen gerade fünf Jahre auf der Fläche. Bei schlecht angepassten Provenienzen wurden Bäume gefunden, deren Haupttriebe durch die Wärme immer wieder zurücktrocknen, sodass sie wie Büsche heranwachsen (vgl. Abbildung 1). Die Provenienz Farchau zeichnet sich jedoch durch gutes Höhenwachstum aus. Das deutet darauf hin, dass selbst die obersten Triebe bei extremer Mittagshitze noch mit Wasser gut versorgt werden. Das spricht für eine effiziente Wasseraufnahmekapazität und gut funktionierendes hydraulisches System bei dieser Provenienz.

Außer der Provenienz Farchau befinden sich vier weitere deutsche Provenienzen auf der Fläche (Dillenburg, HE; Graf v. Westfalen, NW; Urach, BW; Belzig, BB). Diese Provenienzen liegen so-

wohl bei ihren Überlebensraten als auch den erreichten Baumhöhen nur im Mittelfeld oder darunter, welches entsprechend der weiten Verlagerung zu erwarten ist, aber die besondere Eigenschaft der Provenienz Farchau noch unterstreicht. Unter den drei aus Schweden stammenden Provenienzen befindet sich eine (Torup), die als nördliche Provenienz ebenfalls hohe Plätze bei Überlebensrate und Höhenwachstum einnimmt. Der Ort Torup liegt zwischen den Ursprungsorten der beiden schlecht angepassten schwedischen Provenienzen, welches eine Erklärung des Erfolgs dieser Provenienz aus seiner geografischen Position erschwert.

Auf nördlich der Alpen befindlichen Versuchsflächen erreichen spanische oder andere Provenienzen des Mittelmeerraums in ihrer Wuchsleistung allenfalls das Mittelfeld. Es ist interessant, dass umgekehrt, nördlichere Provenienzen auf Standorten des Mittelmeer-

Fortsetzung auf Seite

* Dr. Georg von Wühlisch ist Mitarbeiter im Forschungsbereich Herkunfts- und Züchtungsforschung am Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut, Bundesinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Forstgenetik, Großhansdorf

Norddeutsche Buchen bestehen auch in Spanien

Fortsetzung von Seite 000

raums oberste Plätze bei der Wuchsleistung einnehmen können. Das könnte mit beibehaltenen Eigenschaften erklärt werden, die diese Provenienzen in früheren Warmzeiten oder in wärmeren Refugialgebieten erworben haben und sie befähigt, auf südlicheren Standorten Trockenstress überleben zu können. Südlichere Provenienzen, die sich immer mit marginalen Bedingungen zufrieden geben mussten, konnten aus diesem Grund keine schnellwachsenden Formen hervorbringen wie Buchen im Norden, die sich an günstigere Bedingungen anpassen und aus Konkurrenzgründen schneller wachsende Formen hervorbringen mussten. Das könnte erklären, warum schnellwüchsigeren nördliche Provenienzen klimaplastischer reagieren können.

Im Laufe von zehn Jahren mussten die Buchen sich in der kritischen Anwachstphase auf der Fläche behaupten. Insofern haben die Ergebnisse gewisse Verlässlichkeit über Aussagen zur Eignung der Provenienzen. Mit zunehmendem Alter nimmt jedoch die durch die Bäume benötigte absolute Menge Wasser und gegebenenfalls anderer Wachstumsfaktoren zu und können daher zu größerem Wasser- oder anderem Stress führen als in der Jugendphase. Deshalb kann mit Änderungen der Rangfolge unter den Provenienzen gerechnet werden und es ist möglich, dass schnellwüchsige Provenienzen gegenüber bisher langsamwüchsigen Provenienzen zurückfallen.

Gesunde Buchen in Nordspanien

In der Erwartung, gestresste Buchen infolge einsetzenden Klimawandels in Nordspanien zu finden, wurde die Abschlussstagung eines europäischen Verbundprojektes (COST E52) im Mai

2010 in Burgos abgehalten [3]. Bei der Exkursion zur Versuchsfäche und den Buchenwäldern östlich von Burgos (vgl. Abbildung 2) lernten die erstaunten Buchengenetiker, dass die dortigen Buchenwälder keine besonderen Stresssymptome aufweisen [4] und sich die Buche sogar noch ausdehnt. Letzterer Umstand ist der in den Bergen zurückgehenden Landwirtschaft und damit verminderten Waldweide geschuldet, die bessere Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Buche schafft.

Ökotypische Variation der Buche erschwert Voraussagen

In Lehrbüchern zur Buche ist von einer eher ökotypischen als kinalen Variation zu lesen. Das Gesetz zum forstlichen Vermehrungsgut (FoVG) trägt dieser Erkenntnis mit seiner Orientierung an den ökologischen Grundeinheiten Rechnung und teilt Deutschland in immerhin 26 Herkunftsgebiete der Rotbuche. Ergebnisse von Provenienzversuchen bestätigen die ökotypische Variation der Buche. Sie zeigen aber auch, dass häufig sehr weit entfernte Provenienzen der lokalen ebenbürtig oder sogar überlegen sind.

Welche Faktoren die Leistungsfähigkeit einer Provenienz im Einzelnen bestimmen, bleiben im Verborgenen, wenn nicht weitergehende Untersuchungen stattfinden, wie es hier der Fall ist. Die wüchsigen Provenienzen sind überlegen, weil sie die günstigen Frühjahrsbedingungen durch hohe Assimilationsraten in guten Zuwachs umsetzen und in der trockenen Phase des Sommers die Wachstumsprozesse gut anpassen können. Ein effizientes System der Wasseraufnahme und -leitung bis in die obersten Triebspitzen ist dabei von entscheidender Bedeutung.

Das ökotypische Variationsmuster



Abbildung 2 Buchenwälder auf den Nordhängen der Sierra de La Damanda im Iberischen Randgebirge östlich von Burgos in der Nähe der Versuchsfäche beim Dorf Pazuengos am 6. Mai 2010, an dem 15 cm Neuschnee gefallen waren.

der Buche erschwert allgemeine Voraussagen über ihre Anpassungsfähigkeit an Klimaerwärmungen, insbesondere bei den unzureichenden Kenntnissen zur Reaktionsfähigkeit heimischer Buchenprovenienzen unter praxisnahen Bedingungen.

Literaturhinweise

[1] Robson, T. M. Sánchez-Gómez, D. Cano, F. J., Aranda I. (2012): Variation in functional

leaf traits among beech provenances during a Spanish summer reflects the differences in their origin. *Tree Genetics & Genomes*, [online first]

[2] Wühlisch, G. von: Series of international provenance trials of European beech. In: *Improvement and Silviculture of Beech*, Proceedings from the 7th International Beech Symposium IUFRO Research Group 1.10.00, Research Institute of Forests and Rangelands (RIFR), Teheran, Iran, 2007, S. 135-144

[3] Wuehlisch, G. von, Alia, R (2011): Genetic resources of European beech (*Fagus sylvati-*

ca L.) for sustainable forestry. Proceedings of the COST E52 final meeting, 4-6 May 2010, Burgos, Spain. Monografias INIA: Serie Forestal No. 22, 148 S.

[4] Barba, D., Madrigal, G., Reque, J. A. Alia, R. (2011): Current state of European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests and genetic resources in Spain. In: Frýdl, J.; Novotný, P.; Fennessy, J.; Wühlisch, G. v. [Herausgeber] (2011) *Cost Action E 52: Genetic resources of beech in Europe - current state*. Braunschweig: Landbauforschung vTI, Sonderheft 350, 275 Seiten