

Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten: auf dem Weg zu einem schweizweiten Netz

Esther R. Frei Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)
Kathrin Streit Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)
Peter Brang Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)*

Höhere Temperaturen und trockenere Sommer führen dazu, dass sich die für die Baumarten geeigneten Standorte in höhere Lagen verschieben. Dabei stellt sich konkret die Frage, welche der Baumarten, die gegen Ende des 21. Jahrhunderts auf einem Standort als geeignet gelten, bereits heute dort gedeihen können. Durch den gemeinsamen Einsatz von kantonalen Forstdiensten, Betriebsleiter/innen, Waldeigentümer/innen, Fachorganisationen und Forschenden soll in den nächsten Jahren in der Schweiz ein Netzwerk von Testpflanzungen entstehen, das über mehrere Jahrzehnte repräsentative Aussagen über die Eignung der im Versuch berücksichtigten Baumarten entlang von grossen Umweltgradienten liefert.

doi: 10.3188/szf.2018.0347

* Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail brang@wsl.ch



Abb 1 Natürlich verjüngte Traubeneiche weit ausserhalb ihres heutigen Verbreitungsgebiets, die mit einem massiven Drahtkorb vor Wildverbiss geschützt wurde. Sulzboda, Malbun (Fürstentum Liechtenstein), 1350 m ü. M.

Foto: Peter Brang

Der Klimawandel wirkt sich auf die klimatische Eignung der Baumarten auf ihren heutigen Standorten aus und beeinflusst damit zahlreiche Waldleistungen (Pluess et al 2016). In diesem Kontext stellt sich heute in der Forstpraxis die wichtige Frage, welche der Baumarten, die in Zukunft auf einem Standort als geeignet gelten, bereits heute dort gedeihen können. Weil isoliertes Ausprobieren von Baumarten an einzelnen Standorten diese Frage kaum beantworten wird, wurde im Rahmen des Forschungsprogramms «Wald und Klimawandel» das Projekt «Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten» als gesamtschweizerisch koordinierte Initiative gestartet. In diesem Projekt werden Baumarten, die an das zukünftige Klima eines Standorts angepasst sein dürften, schon heute dort gepflanzt und über 30 bis 50 Jahre beobachtet. Die erwartete Migration der Baumarten und Provenienzen, die zum Teil schon begonnen hat (Abbildung 1), wird damit vorweggenommen (sog. Assisted Migration bzw. Assisted Gene Flow; Aitken et al 2013).

Im Ausland wurden bereits grosse Versuche zum Testen dieser Managementstrategie zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel gestartet. So wurden beispielsweise im Jahr 2012 für das Projekt



Abb 2 Luftaufnahme der bestehenden Testpflanzung mit gebietsfremden Baumarten bei Mutrux. Die geplanten Testpflanzungen sollen insgesamt und was die Teilflächen pro Baumart betrifft kleiner sein als die hier gezeigte Pflanzung. Foto: SRF

«REINFFORCE» an rund 40 Standorten entlang der europäischen Atlantikküste Versuchspflanzungen mit jeweils mehr als 2000 Bäumen eingerichtet, mit denen Erkenntnisse über die Eignung von 38 Baumarten und insgesamt 150 Provenienzen im zukünftigen Klima gewonnen werden sollen (Orazio et al 2013). Ein kleines Netzwerk von fünf Versuchsflächen in Mitteleuropa – eine davon bei Mutrux, Kanton Waadt – wurde auch im Projekt «Gastbaumarten» etabliert, in dem fünf gebietsfremde Baumarten getestet werden (Brang & Ninove 2015; Abbildung 2).

Das geplante Projekt stellt unseres Wissens den bisher umfassendsten waldwachstumskundlichen Versuch in der Schweiz dar. Auf das ganze Land verteilt soll in den nächsten Jahren ein Netzwerk von 50 bis 60 Versuchsflächen («Testpflanzungen») für die praxisnahe Forschung eingerichtet werden, mit dem sich in den kommenden Jahrzehnten wichtige Fragestellungen zur Anpassung des Waldes an das sich verändernde Klima untersuchen lassen.

Baumarten für die Testpflanzungen

Im geplanten Projekt sollen insgesamt 18 Baumarten getestet werden, die in Schweizer Wäldern im Klimawandel als potenziell zukunftsfähig gelten (Tabelle 1). Die Baumarten wurden in einem mehrstufigen Konsultationsprozess unter Einbezug von Kantonsvertreter/innen und weiteren Expert/innen aus Forschung und Praxis ausgewählt. Bevorzugt wurden Baumarten, die heute und in Zukunft das Potenzial aufweisen, wichtige Waldleistungen zu erbringen. Zudem wurden invasive Baumarten und solche, die besonders anfällig auf Pathogene sind, ausgeschlossen. Das Baumartenset für die Testpflanzungen besteht aus einem Kernset und einem Ergänzungssset von je neun Arten. Für die Baumarten des Kernsets, die in etwa 35 Versuchsflächen gepflanzt werden sollen, wird es möglich sein, das Überleben und das Wachstum entlang von breiten Umweltgradienten zu untersuchen und zu vergleichen. Für die Baumarten des Ergänzungsssets, die für etwa 15 Versuchsflächen vorgesehen sind, werden die Aussa-

Kernset	Ergänzungssset
Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>)	Atlaszeder (<i>Cedrus atlantica</i>)
Buche (<i>Fagus sylvatica</i>)	Baumhasel (<i>Corylus colurna</i>)
Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	Elsbeere (<i>Sorbus torminalis</i>)
Fichte (<i>Picea abies</i>)	Kirschbaum (<i>Prunus avium</i>)
Föhre (<i>Pinus sylvestris</i>)	Nussbaum (<i>Juglans regia</i>)
Lärche (<i>Larix decidua</i>)	Schneeballblättriger Ahorn (<i>Acer opalus</i>)
Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i>)	Spitzahorn (<i>Acer platanoides</i>)
Weisstanne (<i>Abies alba</i>)	Stieleiche (<i>Quercus robur</i>)
Winterlinde (<i>Tilia cordata</i>)	Zerreiche (<i>Quercus cerris</i>)

Tab 1 Die 18 für die Testpflanzungen gewählten Baumarten, unterteilt in die Arten des Kernsets und des Ergänzungsssets.

gekräft und die Vergleichbarkeit geringer sein.

Einerseits umfasst das Artenset sieben Hauptbaumarten gemäss Landesforstinventar (Abegg et al 2014), die auf höher gelegenen Standorten auch in Zukunft grosses Potenzial haben, Waldleistungen wie die Holzproduktion und den Schutz vor Naturgefahren zu erbringen. Andererseits werden seltenere Baumarten getestet, bei denen davon auszugehen ist, dass sie in Zukunft wichtige Waldleistungen erbringen können, zum Beispiel die Winterlinde (*Tilia cordata*), der Nussbaum (*Juglans regia*), der Kirschbaum (*Prunus avium*) oder die Elsbeere (*Sorbus torminalis*). Neben 14 heimischen Arten werden auch 4 gebietsfremde Arten einbezogen: die Atlaszeder (*Cedrus atlantica*), die Baumhasel (*Corylus colurna*, Abbildung 3), die Zerreiche (*Quercus cerris*) und die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), die sich im zukünftigen Klima der Schweiz für warme und trockene Standorte eignen könnten. Die Douglasie weist zudem eine grosse ökologische Amplitude auf und zeichnet sich besonders durch ihre Schnellwüchsigkeit und ihr wertvolles Holz aus.

Die Baumarten werden in ihrem heutigen Höhenbereich sowie in den ein bis zwei nächst höher gelegenen Höhenstufen getestet, zum Beispiel die Fichte (*Picea abies*) von der submontanen bis in die obersubalpine Höhenstufe. Zudem sollen die Baumarten über die heutige regionale Verbreitung hinaus gepflanzt werden, um ihre ökologischen Grenzen besser erfassen zu können, zum Beispiel



Abb 3 Halbjährige Baumhaseln (*Corylus colurna*) der bulgarischen Provenienz Byala im Saatbeet des WSL-Pflanzgartens in Birmensdorf.

Foto: Petia Nikolova

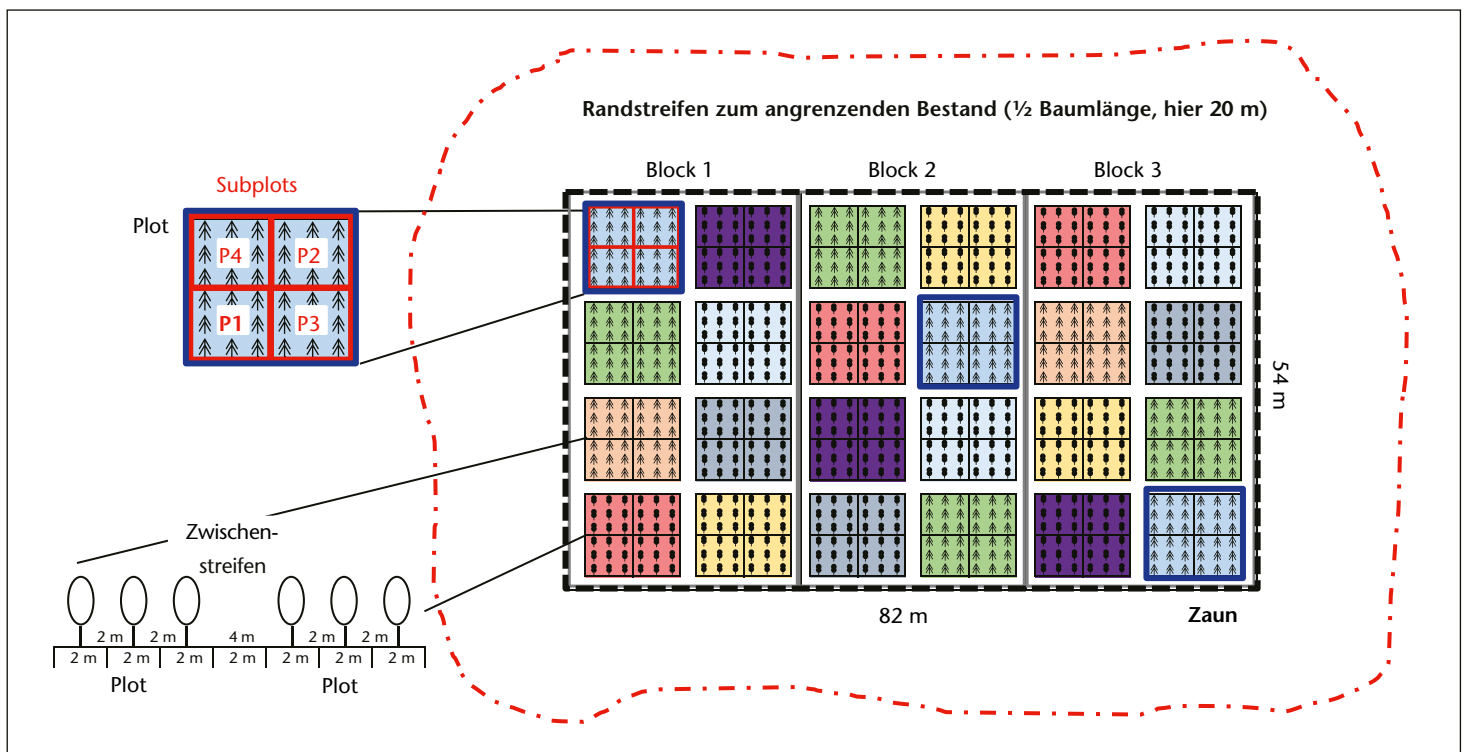


Abb 4 Idealisierte Versuchsanordnung für eine Testpflanzung in Tieflagen mit acht Baumarten und vier Provenienzen (P1–P4) pro Subplot.

die Buche (*Fagus sylvatica*) im kontinentalen Bereich.

Für jede Baumart werden sieben Provenienzen getestet, wobei in jeder Versuchsfläche nur jeweils vier Provenienzen pro Baumart gepflanzt werden. Eine Provenienz dient als Referenz und wird in allen Versuchsflächen angebaut, in denen die Baumart vorkommt. Die sechs anderen kommen jeweils in der Hälfte der Versuchsflächen vor. Dieser Kompromiss ermöglicht es, die herkunftsbedingte Variabilität innerhalb der Baumart relativ breit abzudecken und die Versuchsflächen dabei möglichst klein zu halten. Die Provenienzen sollen die klimatische Verbreitung einer Baumart gut abdecken; daher werden auch ausländische Provenienzen mit einbezogen. Eigentliche Provenienzeempfehlungen sind aber nicht das Ziel dieses Versuchs, denn dazu müssten wesentlich mehr Provenienzen getestet werden (König 2005).

Versuchsdesign der Testpflanzungen

Das Versuchsdesign bestimmt die Verteilung der Versuchsflächen, die Zuteilung der Baumarten und Provenienzen zu den einzelnen Versuchsflächen und das Pflanzschema. Das Versuchsdesign wurde zusammen mit anderen Forschenden erarbeitet, durch externe Statistiker überprüft und in der Folge optimiert. Zentral für die

statistische Aussagekraft ist, dass jede Baumart in einer genügend grossen Anzahl Versuchsflächen getestet wird und dass die Versuchsflächen, in denen eine Baumart getestet wird, gleichmässig über den untersuchten Umweltgradienten verteilt sind. Um diese Bedingungen zu erfüllen, sollen insgesamt 50 bis 60 Testpflanzungen angelegt werden, die über alle in der Schweiz vorkommenden biogeografischen Regionen und Höhenstufen verteilt sind.

Damit aussagekräftige statistische Auswertungen und insbesondere Vergleiche zwischen den Versuchsflächen möglich sind, müssen ausserdem alle Versuchsflächen ein konsistentes Pflanzschema aufweisen (Abbildung 4). Dieses soll auch sicherstellen, dass Standortunterschiede – die auf grösseren Flächen nie ganz auszuschliessen sind – nicht fälschlicherweise als Unterschiede zwischen den Baumarten oder Provenienzen interpretiert werden. Daher werden die Baumarten und Provenienzen in jeder Versuchsfläche dreimal wiederholt (man spricht von drei Blöcken). Innerhalb eines Blocks werden die Baumarten zufällig Teilflächen (Plots) zugeteilt, wobei langsam und schnell wachsende Baumarten räumlich getrennt werden. Jeder Plot ist in vier Subplots unterteilt, denen je eine Provenienz zufällig zugeordnet wird. Jeder dieser Subplots

enthält neun Einzelbäume einer bestimmten Provenienz (Abbildung 4). In Hochlagen (subalpine und obersubalpine Höhenstufe) werden die Bäume in einem Abstand von 1 m zueinander gepflanzt, in Tieflagen (kolline bis hochmontane Höhenstufe) beträgt der Pflanzabstand 2 m. Die Plots werden durch Zwischenstreifen von zusätzlich 1 m bzw. 2 m voneinander getrennt (Abbildung 4). Die Versuchsflächen werden zum Schutz der Bäume vor Wildhuftieren gezäunt. Damit die Bäume möglichst wenig durch benachbarte Bestände beschattet werden, wird jede Versuchsfläche durch einen Randstreifen von ungefähr einer halben Baumlänge des Nachbarbestands eingefasst.

Die Anzahl Baumarten pro Versuchsfläche variiert, und damit auch die benötigte Fläche. Diese ergibt sich aus der Höhenlage, der Anzahl der zu testenden Baumarten, aber auch aus dem Pflanzabstand und der Höhe des angrenzenden Bestandes (Abbildung 4, Tabelle 2).

Projektpartner

Um die Risiken dieses langfristig angelegten Grossprojekts zu verringern, wird eine breite Trägerschaft angestrebt, in der jeder Akteur seine Beiträge leistet: Die WSL koordiniert das Projekt und leitet es wissenschaftlich, die kantonalen Forstdienste

	Anzahl Baumarten	Anzahl Pflanzen	Pflanzung (ha)	Zwischenstreifen (ha)	Randstreifen (ha)	Fläche total (ha)	Zaunlänge (m)
Tief lagen	4	432	0.17	0.04	0.54	0.75	188
	8	864	0.35	0.10	0.70	1.15	272
	12	1296	0.52	0.15	0.87	1.54	356
	16	1728	0.69	0.24	0.98	1.91	412
Hochlagen	4	432	0.04	0.01	0.23	0.29	94
	8	864	0.09	0.02	0.29	0.40	136
	12	1296	0.13	0.04	0.36	0.52	178
	16	1728	0.17	0.06	0.40	0.63	206

Tab 2 Anzahl Pflanzen und Flächenbedarf pro Versuchsfläche in Abhängigkeit der Anzahl Baumarten für Testpflanzungen in Tief- und Hochlagen. In Tief-lagen beträgt der Pflanzabstand 2 m, die Breite des Zwischenstreifens 4 m und die Breite des Randstreifens ca. 20 m. In Hochlagen sind die entsprechenden Werte 1 m, 2 m und ca. 15 m.

begleiten das Projekt und unterstützen es gemeinsam mit dem Bund finanziell voraussichtlich im Rahmen der NFA-Vereinbarungen, die Forstbetriebe erstellen und unterhalten die Versuchsflächen, und die Waldeigentümer stellen geeignete Waldflächen zur Verfügung.

Die Einrichtung und der Unterhalt der Testpflanzungen verursachen erhebliche Kosten für Zäunung, Pflanzung und Jungwaldpflege. Momentan suchen der Bund und die Kantone nach Lösungen, diese Kosten für die mitwirkenden Waldeigentümer auf ein tragbares Mass zu reduzieren. Im Gegenzug für ihre Mitwirkung erhalten die Waldeigentümer und Forstbetriebe ein gut dokumentiertes, lehrreiches Objekt für die Weiterbildung und die Öffentlichkeitsarbeit. Langfristig werden die Testpflanzungen zu vielfältigen Mischbeständen mit Samenbäumen zukunftsfähiger Baumarten heranwachsen. Mögliche Versuchsflächen können über die kantonalen Forstämter gemeldet werden. Daraus wird die WSL gemeinsam mit den Kantonen geeignete Flächen auswählen, damit die Testpflanzungen in den Jahren 2020 bis 2022 angelegt werden können.

Schlussfolgerung

Der geplante Langzeitversuch erlaubt einerseits, grundsätzliche Fragen zum Gedeihen der Baumarten unter unterschiedlichen Klimabedingungen und über die Auswirkungen von Witterungseinflüssen und Extremereignissen zu untersuchen, andererseits sollen die Resultate dazu dienen, Baumartenempfehlungen für die Praxis zu erarbeiten. Der Mehrwert eines Netzwerks von Testpflanzungen in der ganzen Schweiz gegenüber einzelnen Testpflanzungen liegt darin, dass es umfassende Aussagen über die

standörtliche Eignung von Baumarten ermöglicht. Dagegen liefern einzelne Fallstudien nur Aussagen über den jeweiligen Versuchsstandort. Die gemeinsame Anstrengung der Beteiligten ist ein Schritt hin zu einem zukunftsfähigen Schweizer Wald in einem sich zunehmend ändernden Klima. Weitere Informationen zum Projekt «Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten» sind verfügbar unter www.testpflanzungen.ch. ■

Literatur

- AITKEN SN, WHITLOCK MC (2013) Assisted gene flow to facilitate local adaptation to climate change. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 44: 367–388.
- BRANG P, NINOVE C (2015) Une plantation expérimentale comprenant six essences exotiques. *Schweiz Z Forstwes* 166: 45–47. doi: 10.3188/szf.2015.0040
- KÖNIG AO (2005) Provenance research: evaluating the spatial pattern of genetic variation. In: Geburek T, Turok J, editors. *Conservation and management of forest genetic resources in Europe*. Zvolen: Abora Publishers. pp. 275–333.
- ORAZIO C, CORDERO MONTOYA R, DI LUCCHIO L, CANTERO A, DIEZ CASERO J ET AL (2013) Arboretum and demonstration site catalogue REINFFORCE (REsource INFrastructures for monitoring, adapting and protecting European Atlantic FORests under Changing climate). Méridac: Laplante. 96 p.
- PLUESS AR, AUGUSTIN S, BRANG P (2016) Kernaussagen und Empfehlungen zum Wald im Klimawandel. In: Pluess AR, Augustin S, Brang P, editors. *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. Bern: Haupt. pp. 421–440.

Quellen

- ABEGG M, BRÄNDLI UB, CIOLDI F, FISCHER C, HEROLD-BONARDI A ET AL (2014) Viertes Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnistabellen und Karten im Internet zum LFI 2009–2013 (LFI4b). Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch. anstalt WSL. <https://doi.org/10.21258/1000001>

Plantations expérimentales d'essences d'avenir: vers un réseau dans toute la Suisse

Le changement climatique aura des répercussions sur l'aptitude climatique des essences forestières sur leurs sites actuels et donc sur les futures prestations forestières. Dans ce contexte, la question se pose en pratique forestière de savoir quelles sont les essences forestières susceptibles d'être adaptées à une station vers la fin du XXI^e siècle, qui pourraient déjà y croître aujourd'hui. Par l'implication commune et coordonnée des services forestiers cantonaux, des chefs d'exploitation, des propriétaires forestiers, des organisations professionnelles et des chercheurs, un réseau de 50 à 60 plantations expérimentales d'essences d'avenir par grands gradients environnementaux dans toute la Suisse sera établi. Ce réseau sert à établir une infrastructure à long terme pour la recherche appliquée et à examiner des questions importantes sur l'adaptation de la forêt au climat futur sur une durée d'observation de 30 à 50 ans. Sur toute l'expérimentation, 18 essences – 14 autochtones et 4 exotiques – de 7 provenances seront testées. Pour obtenir des résultats statistiques pertinents, toutes les plantations expérimentales doivent être créées, traitées et observées de façon similaire selon un design expérimental standard. Le grand avantage de ce grand projet suisse réside dans sa démarche coordonnée. L'effort commun de plusieurs acteurs dans le domaine forestier est une étape vers une forêt suisse adaptée au climat futur.