

Wie meistert die Eiche den Klimawandel?

Die einheimischen Eichenarten verfügen über ein hohes Anpassungspotenzial und sind aufgrund ihrer ökologischen, morphologischen und physiologischen Eigenschaften gut auf ein wärmeres und im Sommer trockeneres Klima vorbereitet.

von Madeleine S. Günthardt-Goerg, Patrick Bonfils, Andreas Rigling und Matthias Arend, Eidg. Forschungsanstalt WSL

Verbreitung

Schon lange vor den menschlichen Einflüssen waren die Eichen mit sehr unterschiedlichen klimatischen Bedingungen konfrontiert. Die Eichen haben diese «Erfahrung» in ihrem «genetischen Gedächtnis» gespeichert. Nach der letzten Eiszeit brauchten sie rund 7000 Jahre, um ganz Europa wieder zu besiedeln. Heute sind sie in verschiedenen Klimazonen (ozeanisch bis kontinental), Höhenlagen (von Meereshöhe bis auf 1800 m ü. M.) und auf unterschiedlichsten Standorten (feucht bis trocken) verbreitet. Diese Vielfalt spiegelt ihr wertvolles genetisches Potenzial. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts erwarten wir, dass die mittleren Temperaturen in der Schweiz um 2,7 bis 4,8 °C steigen und gleichzeitig die mittleren Sommerniederschläge um 18 bis 28% abnehmen. Die einheimischen Eichenarten, welche gut mit erhöhten Temperaturen und Trockenheit umgehen können, werden deshalb voraussichtlich an vielen Standorten von diesen veränderten Bedingungen profitieren.

Genetik

Baumartenpopulationen mit grosser genetischer Vielfalt können durch ihre Anzahl potenziell geeigneter Genotypen flexibel auf veränderte Umweltbedingungen reagieren. Die wichtigsten Eichenarten in Europa, Stieleiche, Traubeneiche und Flaumeiche, sind genetisch überdurchschnittlich variabel. Dafür ist der bedeutende Genaustausch durch Pollenflug und, speziell bei Eichen, der Samentransfer durch Tiere verantwortlich, welche neue Gene aus anderen Umweltsituationen «importieren». Zudem ermöglichen die zusammenhängenden Verbreitungsge-

biete von Stiel-, Trauben- und Flaumeiche den Austausch von Genen zwischen Populationen unterschiedlicher Klimagebiete und Standorte. Dies ist der Grund des hohen Anpassungspotenzials dieser Arten. Zahlreiche Kreuzungsexperimente zeigten, dass Stiel-, Trauben- und Flaumeiche leicht gemeinsame Nachkommen erzeugen können und dadurch Gene austauschen. In der Natur sind dieser sogenannten Hybridisierung jedoch Grenzen gesetzt, da die Eichenarten zu unterschiedlichen Zeitpunkten blühen. Die Bastardbildung ist so selten, dass die Artgrenzen erhalten bleiben und doch so häufig, dass artübergreifende Merkmale ausgetauscht werden. Da sich mit den Klimaänderungen die Blühzeiten verschieben, wäre möglicherweise auch dieser Vorgang betroffen. Dies könnte zu verstärktem Genaustausch und der erwünschten, wichtigen, grösseren Flexibilität führen.

Wachstum verschiedener Provenienzen

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts wurden in Europa zahlreiche Provenienzversuche mit Eichen von verschiedenen Standorten durchgeführt. Die Variation des Wachstums war gross. Es existieren also Populationen, die sich an ihren jeweiligen Standort angepasst haben. Somit könnte bei der künstlichen Begründung von Eichenbeständen prinzipiell besser angepasstes Erbmaterial benutzt werden. Da aber keine verlässlichen Auswahlkriterien existieren, werden in der Schweiz zurzeit auch keine Empfehlungen zur Einführung bestimmter Provenienzen gemacht.

Als gutes Beispiel für die Variabilität von

Da keine verlässlichen Auswahlkriterien existieren, werden in der Schweiz zurzeit keine Empfehlungen zur Einführung bestimmter Provenienzen gemacht.

Provenienzen mag hier das Experiment *Quercus* dienen, das mit jungen Bäumen von Schweizer Stiel-, Trauben- und Flaumeichen durchgeführt wurde (www.wsl.ch/querco). Stieleichen zeigten das stärkste Wachstum, welches aber durch Trockenheit prozentual mehr reduziert wurde als dasjenige von Trauben- oder Flaumeichen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Baumindividuen waren zumeist grösser als diejenigen zwischen den Provenienzen innerhalb einer Art. Die Unterschiede zwischen den Provenienzen derselben Art variierten wiederum ebenso stark wie die Differenzen zwischen den Arten (Abb. 1). Bei den verschiedenen Eichenprovenienzen war die Wachstumsverminderung durch Trockenheit unabhängig

von den Klimabedingungen an ihren Herkunftsstandorten. Eine Lufterwärmung von 2°C hatte keinen Einfluss auf das Wachstum der Eichen.

Morphologische und physiologische Anpassung der Blätter

Provenienzversuche zeigten auch eine grosse Variabilität bei morphologischen Merkmalen (Pollen, Blätter, Samen, Holz) und bei anpassungsrelevanten physiologischen Eigenschaften (Keimung, Blattaustrieb, Photosynthese). Das Ausmass der Anpassung der Eichenblätter an Trockenheit wurde im Experiment *Quercus* getestet. So waren nach Trockenheit neu ausgetriebene Blätter schmäler und die Anzahl kleiner

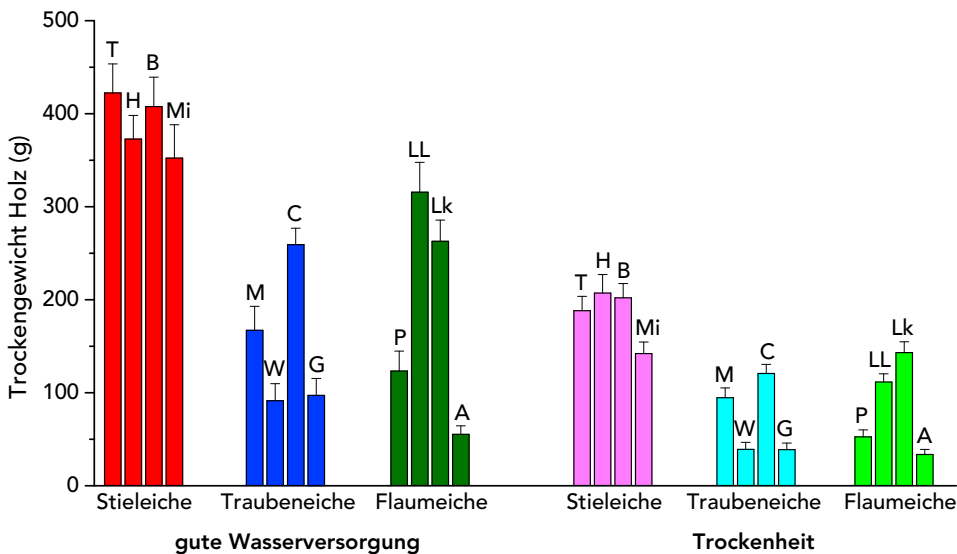


Abb. 1: Mittleres Holzgewicht (+ Standardfehler) von Stiel-, Trauben- und Flaumeiche bei guter Wasserversorgung oder nach dreijähriger Sommertrockenheit im Experiment *Quercus* (WSL). Klimaparameter der Provenienzen aus dem Verbreitungsgebiet der ganzen Schweiz (m ü. M., °C mittlere Jahrestemperatur, mm Niederschlag):

Stieleiche: T = Tägerwilen (510m, 8.7°C, 929 mm/J), H = Hünenberg, Zoll-Ischla (398m, 9.1°C, 1147mm/J), B = Bonfol (450m, 8.9°C, 1035mm/J), Mi = Magadino, Reviscài (199m, 10.5°C, 1772mm/J); **Traubeneiche:** M = Magden, Brand (308m, 8.9°C, 974mm/J), W = Wädenswil, Au (430m, 8.9°C, 1353mm/J), C = Corcelles, Concise (550m, 9.0°C, 893mm/J), G = Gordevio, Roverina (450m, 11.0°C, 1668mm/J); **Flaumeiche:** P = Promontogno (900m, 6.1°C, 1459 mm/J), LL = Le Landeron (700m, 8.0°C, 932mm/J), Lk = Leuk, Ruffli (720m, 8.1°C, 657mm/J), A = Arezzo, Alto tevere, Italien (296m, 14°C, 410mm/J).

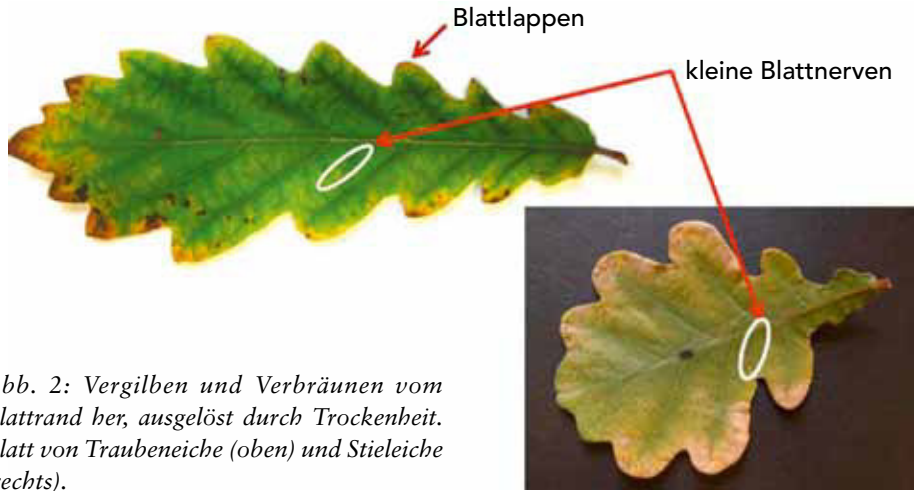


Abb. 2: Vergilben und Verbräunen vom Blattrand her, ausgelöst durch Trockenheit. Blatt von Traubeneiche (oben) und Stieleiche (rechts).

Die schnelle Erholung nach Trockenheit zeigt die grosse physiologische Flexibilität der Eichen.

Blattnerven und Blattlappen verringert. Diese Anpassungen dienen zum Schutz vor übermässiger Transpiration und somit zur besseren Ausnutzung des knappen Wassers. Bei Lufterwärmung waren diese morphologischen Veränderungen entgegengesetzt. Die Blätter wurden breiter und hatten mehr Lappen. Es spielt somit eine Rolle, wie stark und wann die beiden klimatischen Veränderungen auftreten.

Die Blätter blieben auch nach längerer Trockenheit und Hitze ohne gravierende Schädigungen, sodass sie bei erneuten Niederschlägen ihre Funktion sofort wieder aufnehmen konnten. Sichtbare Blattsymptome erschienen an wenigen Blättern und erst nach 3 Wochen starker Bodenaustrocknung in Form von Vergilben und Verbräunen vom Blattrand her, wobei sogar hier noch das Innere des Blattes funktionsfähig blieb (Abb. 2).

Bei allen drei im Experiment Querco getesteten Eichenarten schlossen die Blätter bei Trockenheit die Spaltöffnungen. Damit wurde die Verdunstung von Wasser stark eingeschränkt, aber auch die Photosynthese kam zum Stillstand. Bei erneuten Niederschlägen wurden die physiologischen Aktivitäten innerhalb weniger Tage wieder aufgenommen. Diese schnelle Erholung nach Trockenheit zeigt die grosse physiologische Flexibilität der Eichen. Bei der Traubeneiche und der Flaumeiche war die Photosynthese nach der Erholung von Trockenheit sogar höher als bei stetiger guter Bewässerung (Abb. 3).

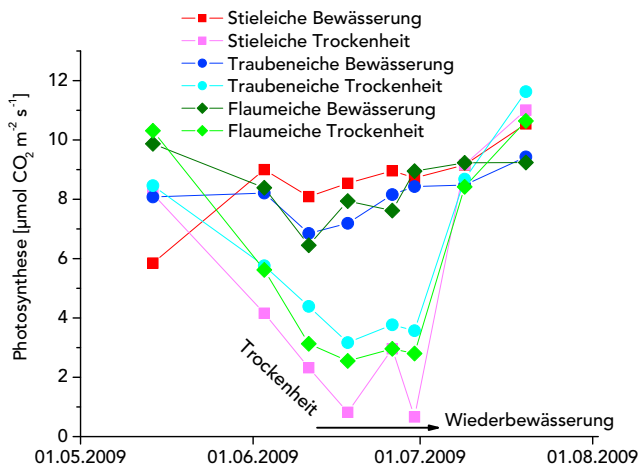


Abb. 3: Mittlere Photosyntheseleistung der Blätter von Stiel-, Trauben- und Flaumeiche bei guter Bewässerung (dunkle Farben), während und nach Trockenheit (helle Farben).

Beitrag der Eiche zur Biodiversität

Nicht nur für den bekannten Mittelspecht ist die Eiche lebenswichtig. Die Eichen sind die einheimischen Baumarten mit der grössten Vielfalt an Gästen. Die Biodiversität der

die Eichen besiedelnden Insekten, Pilze, Flechten, Moose, Vögel und Kleinsäuger ist einzigartig. In Mitteleuropa sind 300 bis 500 Arten bekannt, welche ausschliesslich oder teilweise auf Eichen angewiesen sind. Rund 40 Vogelarten bevorzugen die Eichen. Als Nahrung bietet die Eiche Knospen, Blätter und Früchte für unzählige Wirbellose, Insektenlarven und Säuger. Ältere Eichen stossen Äste ab und weisen deshalb, auch wenn sie gesund sind, abgestorbene und tote Holzteile auf. Totholz wiederum gehört zum Lebensraum von Pilzen, Käfern, Bienen, Vögeln und kleinen Säugern. Die Eiche dient ihnen allen ohne dabei selber grösseren Schaden zu erleiden. Sie ist gemässigt widerstandsfähig gegen Schädlinge und Krankheiten. Ihre Abwehrmechanismen (dank vielen Gerbstoffen, starker Borke, neuem Austrieb) schützen sie so, dass sie die Gäste tolerieren kann.

In Europa ist es seit Jahrhunderten immer wieder zu Eichensterben gekommen. Die Ursache ist unbekannt. Es wird vermutet, dass dafür verschiedene Schadfaktoren wie Fröste, Kahlfrass mit anschliessendem Befall von Schwächepilzen (Hallimasch) und Nährstoffprobleme zusammenfallen müssen. Die Schweiz war bisher davon verschont, vermutlich als Folge der hohen genetischen Mischung und der Verbreitung der Eichen in Mischbeständen. Dennoch kommt lokal Kahlfrass durch Insekten vor, und die geschwächten Bäume werden dann oft von parasitischen Pilzen befallen. Der Verbreitung insbesondere von eingeschleppten Schädlingen und Insektenpopulationen, welche durch Klimaänderungen ihre Ausbreitung verändern könnten, wird deshalb vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt. Mindestens dürfte der häufige Befall der Eichenblätter durch Mehltau künftig, bei vermehrter Trockenheit, abnehmen.

Standorte und Bodentyp

Für Stieleichen ist bekannt, dass sie auf tiefgründigen, tonreichen und gut mit Wasser versorgten Böden oder sogar auf feuchten bis nassen, zeitweilig überfluteten Standorten

(z.B. im Auenwald) wachsen. Traubeneichen bevorzugen dagegen durchlässige bis trockene Böden. Die Flaumeiche besiedelt heute nördlich der Alpen trockene, flachgründige Standorte auf kalkhaltigem Boden. Zu beachten ist, dass die Flaumeiche eine geringere Schattentoleranz, Konkurrenzkraft und Wuchsleistung in der Jugend hat als die anderen beiden Eichenarten, dafür aber starke Trockenheit und Sommerwärme besser erträgt. Alle drei Eichenarten sind mässig empfindlich auf Winterkälte und können Schäden durch Spätfröste mit sekundären Austrieben kompensieren. Dennoch sind die drei Eichenarten und insbesondere Stiel- und Traubeneiche wenig durch ökologische Standortsvorlieben getrennt. Ergebnisse des Querco Experimentes und das heutige Vorkommen der Eichen (oft in Mischbeständen) zeigen, dass in der Schweiz diese drei Eichenarten ebenso auf sauren wie auf kalkhaltigen Böden gedeihen und durchaus gemeinsam vorkommen können. Bei geeigneten waldbaulichen Massnahmen wären alle drei Arten aufgrund ihrer relativ hohen Toleranz gegenüber Trockenheit und hohen Temperaturen für den Klimawandel gewappnet und sollten im Schweizer Wald der Zukunft häufiger sein als heute.

Alle drei Eichenarten sollten im Schweizer Wald der Zukunft häufiger sein als heute.

Quellen

- Bonfils, P.; Rigling, A.; Brändli, U.-B.; Brang, P.; Forster, B.; Engesser, R.; Gugerli, F.; Junod, P.; Müller, R.; Günthardt-Goerg, M.S., 2015: *Die Eiche im Klimawandel. Zukunftschancen einer Baumart. Merkblatt für die Praxis* 55: 12 S.
- Die Eiche im Klimawandel. Wald und Holz*, 2/13, S. 29-33, WH 3/13, 45-49, WH 4/13, 27-31

Kontakt:

Madeleine S. Günthardt-Goerg, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, madeleine.goerg@wsl.ch