

Anpassung von Wäldern an Klimaänderungen

Wolf-Ulrich Kriebitzsch, Florian Scholz, Siegfried Anders und Jürgen Müller (Hamburg)

Neben den Bodenverhältnissen und der Bewirtschaftung (Baumartenwahl, Ernte- bzw. Verjüngungsmethode) bestimmen klimatische Faktoren die Baumartenzusammensetzung von Wäldern. Maßgeblich sind dabei Temperatur und Niederschlag sowie extreme Klimaereignisse wie Trocken- und Hitzeperioden, Stürme, Früh- und Spätfröste. Für das künftige Wachstum der Wälder – einschließlich der Baumartenverteilung – ist von ausschlaggebender Bedeutung, inwieweit sich Baumarten an die Klimabedingungen anpassen können und damit im Hinblick auf eine ausreichende Stoffproduktion konkurrenzfähig bleiben. Mit dieser Frage befassen sich verschiedene Institute der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH).

Auswirkungen von Klimaänderungen

Steigende Durchschnittstemperaturen fördern in vielen Gebieten der Erde die Photosynthese, aber gleichzeitig auch die Atmung der Pflanzen. Daher muss die Netto-CO₂-Bilanz, die für die Stoffproduktion entscheidend ist, mit steigender Temperatur nicht zunehmen. Höhere nächtliche Temperaturen und – vor allem bei immergrünen Baumarten – höhere Wintertemperaturen können die Stoffbilanz sogar verschlechtern.

Mildere Winter begünstigen einen frühen Austrieb der Blätter und bei früh blühenden Bäumen auch der Blüten. Durch Spätfröste entstandene Blattverluste können in Verbindung mit erhöhten winterlichen Atmungsverlusten die Pflanzen empfindlich schwächen. Die Reproduktionsfähigkeit kann durch Erfrieren der Blüten

oder der Keimlinge oder durch einen Verlust an Reservestoffen, verursacht durch erneuten Austrieb nach Frostschäden, erheblich vermindert werden. Spätfröste können daher die natürliche Verjüngung von Wäldern stark beeinflussen.

Neben der Temperatur hat der Wasserhaushalt eines Gebietes – also Niederschlagsmenge und -verteilung, Wasserspeicherung im Boden, Abfluss und Verdunstung – großen Einfluss auf das pflanzliche Wachstum. Höhere Sommertemperaturen gehen mit erhöhten Verdunstungsraten von Vegetation und Bodenoberfläche einher. Nehmen Trocken- und Hitzeperioden zu, kann dies die Vitalität der Bäume erheblich beeinträchtigen. So ergab die Waldschadenserhebung 2004 in vielen Gebieten Deutschlands einen deutlichen Anstieg geschädigter Bäume – eine Reaktion auf die extreme Trockenheit im Sommer 2003.

Während das Ausmaß möglicher regionaler Veränderungen der Klimaparameter Temperatur und Niederschläge noch unsicher sind, herrscht Gewissheit darüber, dass die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bei unverminderter CO₂-Freisetzung weiter ansteigen wird. Welche Auswirkungen hat das auf das Wachstum der Bäume?

Rückkopplungseffekte erschweren die Aussage

Für die meisten Pflanzenarten wird erwartet, dass die erhöhte CO₂-Konzentration die Photosyntheseleistung stimuliert, was zu einer verstärkten Bildung von Biomasse führt. Untersuchungen an verschiedenen Baumarten und Herkünften einer Baumart zeigen aber, dass dies nicht ge-

nerell gilt (Abb. 1). Anhand von herbarisiertem Blattmaterial von Waldbäumen lässt sich zudem der Rückgang der Spaltöffnungsfläche in den Blättern um rund 30% in den letzten 200 Jahren belegen. Gleichzeitig ist in diesem Zeitraum der CO_2 -Gehalt der Luft um 25% angestiegen. Bei verringerter Spaltöffnungsfläche kann auch weniger CO_2 in das Blatt einströmen. Auf diese Weise würde die zunächst erwartete CO_2 -bedingte Produktivitätserhöhung der Pflanzen wieder weitgehend ausgeglichen. Gelegentlich wird sogar eine reduzierte Photosynthese-Rate bei Bäumen gemessen, die langfristig erhöhten CO_2 -Gehalten ausgesetzt waren. Ursache hierfür ist möglicherweise ein Mangel an Nährstoffen, hervorgerufen durch die zunächst erhöhte Produktivität.

Inwieweit die Wasserbilanz von Pflanzenbeständen bzw. ganzen Regionen durch den erhöhten CO_2 -Gehalt der Luft beeinflusst wird, lässt sich derzeit nicht abschätzen. Es gibt Hinweise, dass auch hier ein Regelmechanismus zum Tragen kommt: Zwar kann man bei Einzelpflanzen beobachten, dass der Wasserverbrauch durch die CO_2 -induzierte verringerte Spaltöffnungsweite sinkt, dies kann aber im Bestand durch eine stärkere Belaubung kompensiert werden. Unstrittig ist hingegen, dass steigende Sommertemperaturen den Wasserverbrauch der Wälder ansteigen lassen.

Anpassungsfähigkeit von Wäldern

Die bisherigen Klimaprognosen, die meist als globale Mittelwerte angegeben werden, sind noch viel zu undifferenziert, um für einzelne Wuchsgebiete oder gar Bestände Aussagen über Anpassungsanforderungen an Waldbäume zu erlauben. Auf diesen Ebenen muss aber die forstliche Praxis ihre Entscheidungen zur Verjüngung von Wäldern treffen. Die heute aufzuforstenden Bestände sind zudem für Zeiträume konzipiert, die weit über den Prognoserahmen hinausreichen. In dieser Situation gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten.

Gebiete mit sicheren Prognosen

Für Regionen, in denen sich das künftige Klima hinreichend sicher prognostizieren lässt, empfiehlt sich Pflanzenmaterial, dessen Angepasstheit an die erwarteten Bedingungen in so genannten Herkunftsversuchen geprüft ist. Hierbei werden aus dem Saatgut bestimmter Regionen (Herkünfte) Pflanzen angezogen und in verschiedenen Klimaregionen angepflanzt. Ihr Wuchsverhalten wird über Jahre verfolgt.

Solche Versuche sind für wichtige Baumarten europaweit in mehreren Klimaregionen angelegt worden. Dabei fal-

len Herkünfte auf, die an bestimmten Stellen gut wachsen, an anderen hingegen nicht und solche, die eher unabhängig von den jeweiligen Klimabedingungen ein akzeptables Wachstum aufweisen. Erstere können als Spezialisten für definierte Bedingungen verwendet werden, letztere als Generalisten in Fällen größerer Unsicherheit der Prognose.

Gebiete mit unsicheren Prognosen

Wo die Prognosen unsicher sind, muss das Pflanzenmaterial möglichst anpassungsfähig sein. Die Angepasstheit an äußere Gegebenheiten, zum Beispiel an bestimmte Klimaparameter, ist im Erbgut verankert. Waldbäume haben durch den Beitrag des Vaters und der Mutter mindestens einen doppelten Chromosomensatz, können für jedes Gen also zwei Ausformungen (Allele) besitzen. Je mehr Gene mit verschiedenen Allelen sie haben, desto vielfältiger können sie auf Änderungen der Umwelt reagieren. Auf der Ebene von Populationen existieren oft mehrere verschiedene Allele je Genort, und um diese zu erhalten, sind entsprechend mehrere Bäume notwendig.

Umwelteinwirkungen führen zu genetischen Anpassungen der Populationen. Zwar vollziehen sich bei Waldbäumen Generationswechsel in langen Zeitspannen. Bei älteren, geschlechtsreifen Beständen aber wird fast jährlich eine Samengeneration erzeugt, aus der bei geeigneten waldbaulichen Bedingungen in großer Zahl Sämlinge entstehen, die durch Neukombination der Gene neue Genotypen mit neuen Eigenschaften aufweisen. Von diesen überleben diejenigen am besten, die besonders gut an die herrschenden Umweltbedingungen angepasst sind. Wie anpassungsfähig eine Population ist, hängt also wesentlich von der in dieser Population vorhandenen genetischen Vielfalt ab.

Regionen mit sehr unsicheren klimatischen Prognosen sollten daher Baumpopulationen mit hoher evolutiver Anpassungsfähigkeit aufweisen, damit sichergestellt ist, dass eine Anpassung in unterschiedliche Richtungen erfolgen kann.

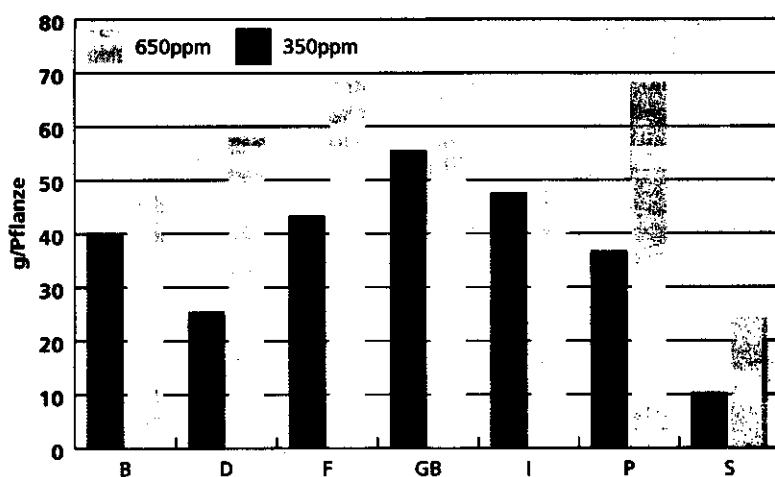


Abb. 1: Biomasse von Jungpflanzen verschiedener Buchenherkünften aus ganz Europa (B=Bulgarien, D=Deutschland, F=Frankreich, GB=Großbritannien, I=Italien, P=Polen, S=Schweden) nach dreijähriger Anzucht bei normalem (350 ppm) und erhöhtem (650 ppm) CO_2 -Gehalt der Luft. Nur einige der Herkünfte reagieren mit einer deutlich gesteigerten Stoffproduktion auf die zunehmende CO_2 -Konzentration in der Luft.

Herkunftsforschung

Die genetisch bedingte Angepasstheit an bestimmte Klimabedingungen zeigt



Abb. 2: Unterschiedlicher Austrieb von Herkünften der Traubeneiche aus Dänemark (links) und Österreich (rechts). Die nördliche Herkunft treibt erheblich später aus.

sich bei einigen Merkmalen besonders deutlich. So ist der Termin des Blattaustriebs im Frühjahr stark genetisch kontrolliert. Die Wärmesumme, die erforderlich ist, um den Blattaustrieb auszulösen, variiert zwischen Herkünften aus verschiedenen Klimaregionen beträchtlich (Abb. 2). Das ist auch sinnvoll, denn verfrühtes Aus-

treiben in Regionen mit Spätfrösten kann das Überleben gefährden.

Allerdings kann man nicht so ohne weiteres von dem Verhalten einer Herkunft, welches sie in einer bestimmten Umwelt zeigt, auf ihr Verhalten in einer anderen Umwelt schließen. Nachfolgendes Beispiel zeigt dies anschaulich.

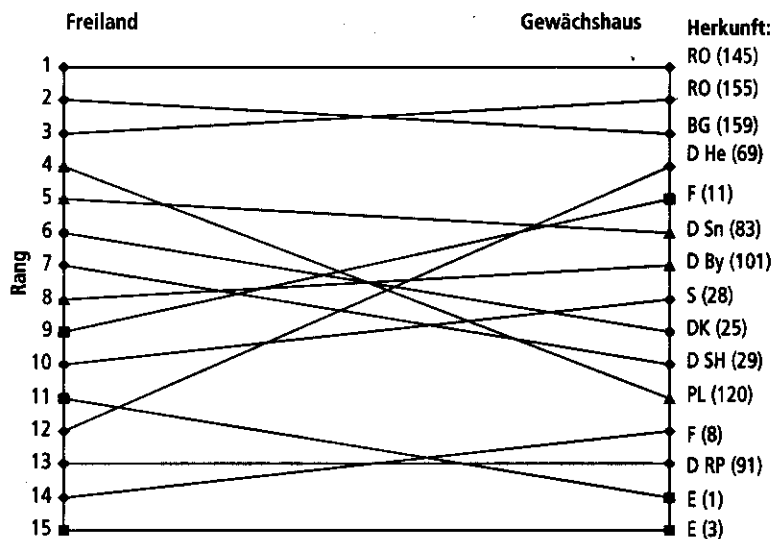


Abb. 3: Rangfolge von 15 Buchen-Provenienzen im Austrieb (1 = früh–15 = spät) im Freiland (Temperaturmittel 8,2°C, links) und Gewächshaus (Temperaturmittel 13,9°C, rechts). Einige Herkünfte behalten die Rangfolge bei oder ändern sie wenig (RO 145 mit Rang 1, D By (101) mit Rang 7 bzw. 8 und E (3) mit Rang 15); andere Herkünfte zeigen erhebliche Rangverschiebungen (PL (120) von Rang 4 auf Rang 11 und D He (69) von Rang 12 auf Rang 4. (aus: Forschungsbericht „Genetische Anpassungsfähigkeit der wichtigsten Waldbaumarten in Deutschland“ BMBF 01 LK 9531/4, www.bfafh.de/bibl/pdf/ii_02_01.pdf)

Der Austrieb von 15 Buchenherkünften wurde parallel im Freiland und in einem vergleichsweise warmen Gewächshaus verglichen. Die Herkünfte begannen im Gewächshaus etwa 3 Wochen früher auszutreiben als im Freiland, was wenig überrascht. Von besonderer Bedeutung war aber folgende Beobachtung: Vergleicht man die Reihenfolge, in der die einzelnen Herkünfte unter den verschiedenen Bedingungen austreiben, so zeigt sich, dass es Herkünfte gibt, die ihre Rangfolge beibehalten bzw. nur wenig ändern, während es bei anderen Herkünften beim „Klimawechsel“ zu erheblichen Rangverschiebungen kommt (Abb. 3).

Dieses Beispiel illustriert die Bedeutung der Herkunftsforschung. Dabei ist ein ökosystemarer Ansatz geboten, der andere Arten des Systems mit einbezieht, insbesondere auch Parasiten, die sich an Klimaänderungen infolge ihrer Mobilität und ihrer schnellen Generationenfolge schneller anpassen können als die Waldbäume. Mit DNA-Genmarkern, mit populationsgenetischen Modellen sowie mit der Computer-Simulation stehen wirksame Werkzeuge zur Verfügung, welche auf die Fragen der Anpassung an Klimaänderungen anzuwenden sind.

Aus der Geschichte lernen

Bei der Diskussion über die Anpassung von Wäldern an Klimaänderungen können auch aus der jüngeren Waldgeschichte wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. So haben die großen Rodungen des Mittelalters sowie die anthropogenen Eingriffe in die Baumartenzusammensetzung die Wuchsbedingungen für die heutigen Wälder einschneidend verändert. Die großflächige Abholzung veränderte das Landschaftsklima in Richtung auf kontinentale Bedingungen: Die Sommer wurden heißer und trockener, die Winter kälter.

Auf großen Teilen der verbliebenen Waldfläche erfolgte darüber hinaus ein Baumartenwechsel. Die heute im norddeutschen Tiefland weit verbreiteten Kiefern-Forsten haben häufig eine geschlossene Bodenvegetation, die erhebliche Mengen Wasser verbraucht. Ihr Waldinnenklima ist lichter, wärmer und trockener als das der ursprünglichen Buchen-domi-

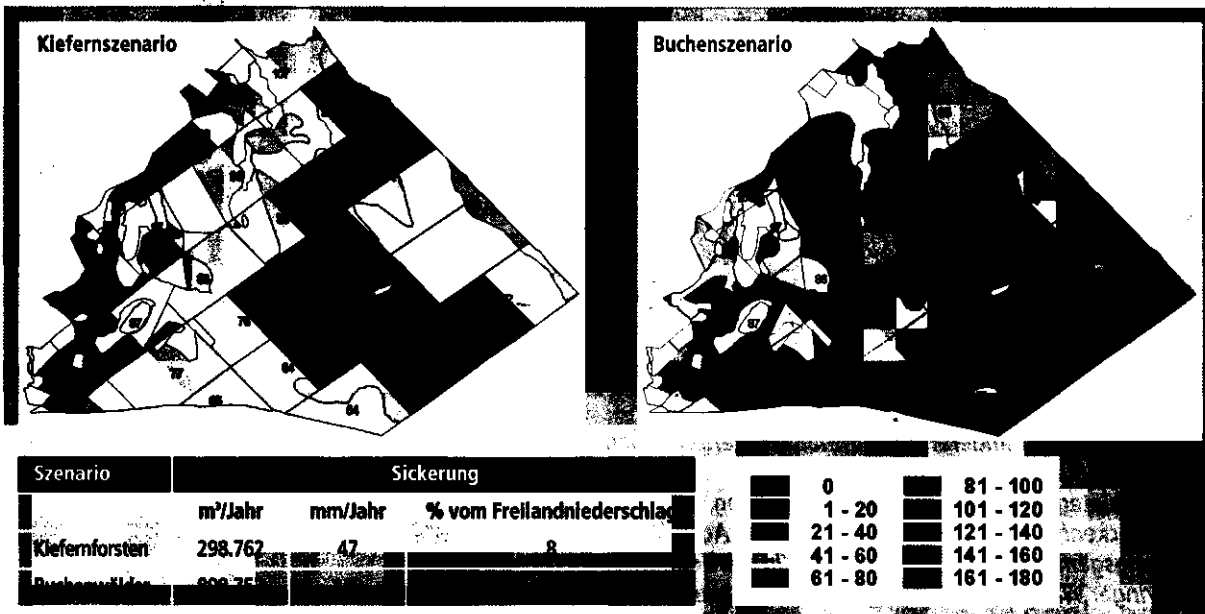


Abb. 4: Tiefensickerung bei unterschiedlicher Waldbestockung am Beispiel eines Forstreviers auf der Talsandterrasse des Choriner Endmoränenbogens (642 ha; 620 mm Jahresniederschlag)

nierten natürlichen Laubwälder. Untersuchungen in Brandenburg zeigen, dass in diesen Buchenwäldern eine bis zu dreifach höhere Tiefensickerung und Grundwasserneubildung im Vergleich zu den Kiefernforsten stattfindet (Abb. 4). Der Landschaftswasserhaushalt kann demnach durch die Rückbesinnung auf die natürliche Waldgesellschaft entscheidend beeinflusst werden.

In Zusammenhang mit der vorhergesagten Klimaveränderung wird in diesen Gebieten auch über den Anbau trockenheitsresistenterer Kiefernarten und -rasen nachgedacht. Die auf vielen Standorten angespannte Wasserhaushaltssituation würde dadurch noch verschärft wer-

den. Besonders im nordostdeutschen Tiefland ist auf nährkräftigen und mittleren Standorten die Umwandlung naturferner Kiefern-Reinbestände in leistungsfähige und stabile Laub-/Nadel-Mischbestände (Abb. 5) ein wichtiger Schritt zu einer zukunftsorientierten Waldbewirtschaftung. Durch Verbesserung des Bestandeswasserhaushaltes wird nicht nur bereits verloren geglaubter Spielraum bei der Begründung und Bewirtschaftung der Wälder zurück gewonnen, sondern zugleich dem prognostizierten Klimatrend entgegen gewirkt.

Doch auch bei der Umwandlung der Wälder in naturnahe Bestände muss darauf geachtet werden, Herkünfte zu ver-

wenden, die möglichst gut an die künftigen Klimabedingungen angepasst sind. Hierzu besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.



Dr. Wolf-Ulrich Kriebitzsch, Institut für Weltforstwirtschaft; Dr. Florian Scholz, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung; Dr. Siegfried Anders und Dr. Jürgen Müller, Institut für Forstökologie und Walderfassung; Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft; Postfach 800209, 21002 Hamburg. E-Mail: w.kriebitzsch@holz.uni-hamburg.de

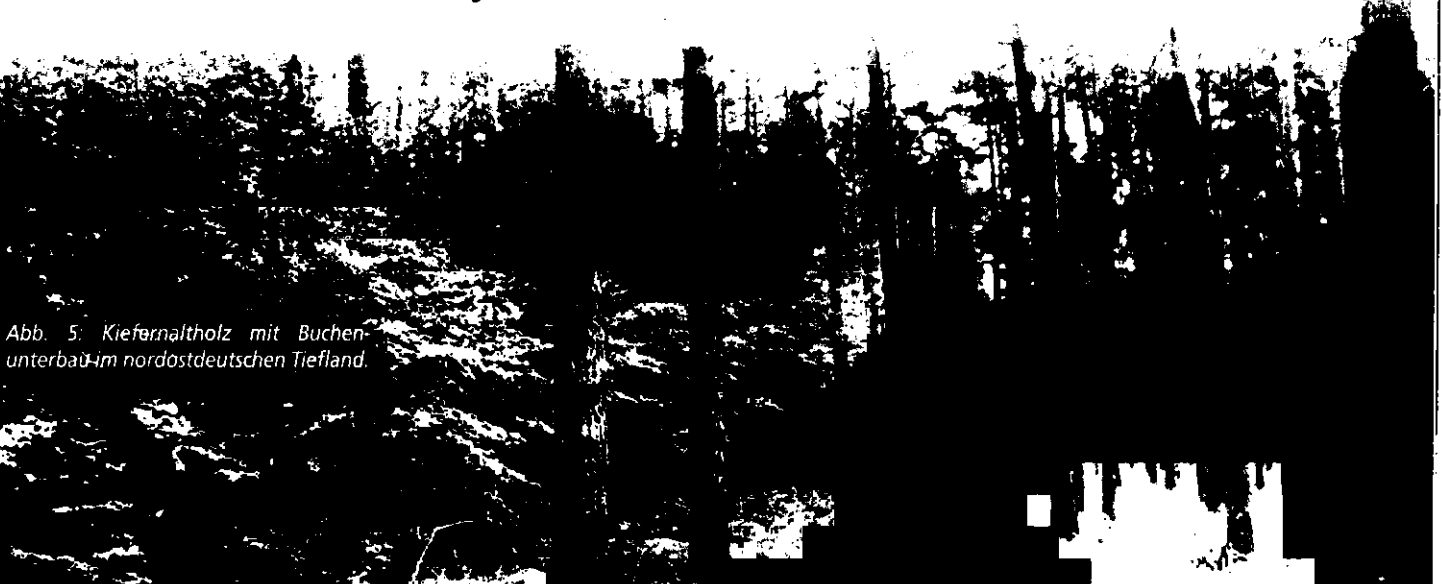


Abb. 5: Kiefernunterbau mit Buchen im nordostdeutschen Tiefland.