

Die Zukunft hat schon begonnen

Unterwegs zu Wäldern im Klimawandel

Christian Kölling und Gian-Reto Walther

Der Klimawandel ist kein in ferner Zukunft stattfindendes Ereignis. Er hat uns und unsere Wälder schon seit geraumer Zeit im Griff. Wo und wie uns der Klimawandel begegnet, erfahren Sie auf einer Exkursionsreise zu forstlichen Randexistenzen auf sechs Stationen. Ausgehend von Mittelfranken führt uns die Reise von Europa bis nach Australien.

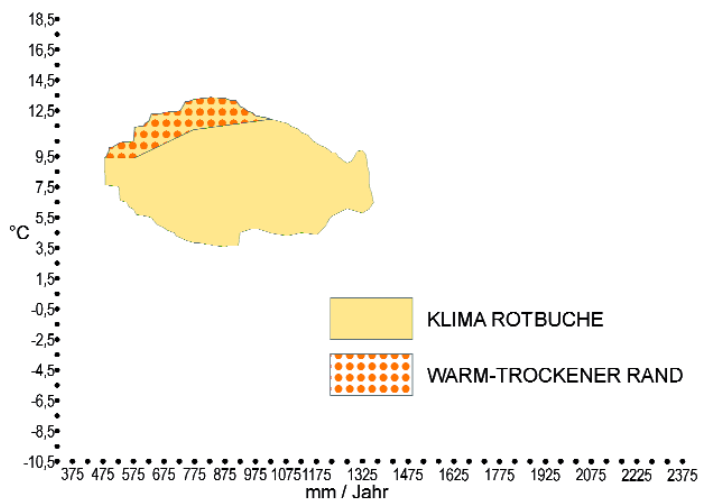
Wenn vom Klimawandel und seinen Auswirkungen auf alle Bereiche des Lebens geredet wird, dann entsteht häufig der Eindruck, als würde es sich um ein Ereignis der fernen Zukunft handeln. Die Sorge darum scheint dann nicht so dringlich, die Angelegenheiten des Tagesgeschäfts gehen vor. Im forstlichen Bereich kann diese Sorglosigkeit schnell zu fatalen Folgen führen, sind doch Wälder hochgradig vom Klima abhängige Ökosysteme. Bei einer scheinbar optimistischen und das Problem vertagenden Haltung übersieht man die Tatsache, dass wir bereits mitten im Wandel stecken. Ein erstes halbes Grad globaler Erwärmung haben wir schon überschritten. Um die Auswirkungen dieses bereits abgelaufenen Klimawandels in den Wäldern zu entdecken, muss man sich allerdings auf die Reise machen und etwas näher hinschauen. Dann erkennt man die Zeichen der Zeit bereits jetzt. Klimawandel ist keine Zukunfts-, sondern eine Gegenwartsfrage.

Randexistenzen

Will man den Klimawandel im Wald beobachten, muss man an die Ränder der Verbreitung der Baumarten gehen. Jede Baumart besitzt einen klimatischen Bereich, in dessen Zentrum sie optimal gedeiht. An den Rändern geht die Vitalität zurück, bis schließlich überhaupt kein Vorkommen mehr möglich ist. Die Ökologen bezeichnen diesen Bereich auch als »ökologische Nische«. Die Grafik zeigt z. B. die von Jahrestemperatur und Jahresniederschlägen gebildete Nische (oder auch »Klimahülle«) der Rotbuche. Es leuchtet unmittelbar ein, dass die mit einer Temperaturerhöhung und Abnahme der Niederschläge einhergehenden Auswirkungen des Klimawandels zuerst am äußersten linken und oberen Rand des Verbreitungsbereichs zu entdecken sind. Die jetzt schon »marginalisierten« Randexistenzen am Wärme- und Trockenrand der Verbreitung verdienen unsere besondere Aufmerksamkeit. Bei den saturierten »Mittelständlern« im Zentrum des Verbreitungsbereichs werden wir zunächst keine so großen Reaktionen auf den Klimawandel beobachten können. Am entgegengesetzten kühl-feuchten Rand ist alle Sorge überflüssig. Hier können wir im Gegenteil positive Auswirkungen des Klimawandels erwarten, weil bei dem bisher herrschenden Wärmemangel jedes Grad Wärme dankbar in Wachstum umgewandelt wird. Begeben wir uns also auf unsere Reise zu den

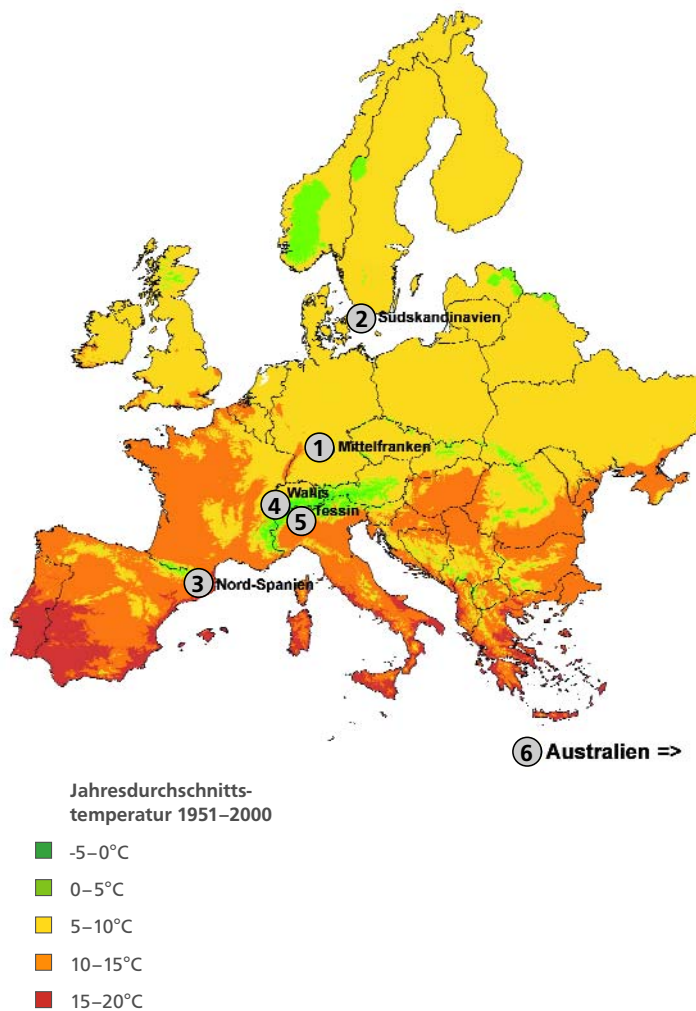
Randexistenzen unter den Wäldern, die den Klimawandel bereits in der Gegenwart erfahren.

Wir beginnen unsere Reise im heimischen Mittelfranken am Rande des Anbaubereichs der Fichte. Dann suchen wir Südschweden auf, um die Wanderung der Stechpalme nach Norden zu beobachten. Wir schwenken nach Nordspanien, wo die Rotbuche ihren südwestlichsten Vorposten mehr schlecht als recht verteidigt. Weiter geht es in die Schweiz: Im Wallis zieht sich die Waldkiefer an ihrer Wärme- und Trockengrenze langsam zurück und wird von der submediterranen Flaumeiche abgelöst. Im Tessin profitieren die Hanfpalme und andere immergrüne Laubgehölze von den milden Wintern und verwildern aus den Gärten heraus in die umliegenden Wälder. Zum Schluss wechseln wir noch die Hemisphäre und begeben uns nach Australien, um uns mit den Tüpfeln der klimatischen Spezialisierung von Baumarten vertraut zu machen. Es ist eine Fahrt ohne Reisekosten, denn die Beobachtungen wurden von Spezialisten vor Ort gemacht und für uns in der Fachliteratur aufnotiert (s. Literaturverzeichnis).



Klimahülle der Rotbuche und kritischer Randbereich für eine Klimaänderung hin zu wärmeren und trockeneren Verhältnissen

Stationen der Reise zu Wäldern im Klimawandel



1. Station

Fichten in Mittelfranken

Mitten durch Bayern verlaufen zwei für die Brotbaumart der süddeutschen Forstwirtschaft wichtige Grenzen. Die eine markiert das Gebiet des natürlichen Vorkommens der Fichte in den Alpen und den nordostbayerischen Mittelgebirgen. Im Flachland, in etwa der Grenze von Unter- zu Mittelfranken folgend, verläuft der Rand des künstlichen Fichtenanbaus außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets. Jenseits der Anbaugrenze, in den wärmsten und trockensten Gebieten, findet man kaum noch flächige Fichtenanbauten. Entweder verhinderte die Klugheit der Förster und Waldbesitzer hier den Anbau oder die nach dem Prinzip »Versuch und Irrtum« begründeten Bestände scheiterten kläglich an den widrigen Bedingungen. Im westlichen Mittelfranken befinden wir uns an dieser Grenze des derzeitigen Anbaugesbiets der Fichte. Auf der Frankenhöhe reichten die klimatischen Bedingungen in der Vergangenheit für ihren Anbau gerade noch aus. In den westlich vorgelagerten Ebenen und Hügelländern der Fränkischen Platte mit ihrem wärmeren und trockeneren Klima befand und befindet sich die Fichte bereits jenseits ihrer klimatisch begrenzten Möglichkeiten. In einer solchen Grenzsituation verschiebt bereits eine relativ kleine Temperaturerhöhung, die sich z. B. in einer Folge warmer Sommer äußert, das labile Gleichgewicht zwischen dem Pathogen Borkenkäfer und dem Wirtsbaum Fichte. Tatsächlich vernichteten die sich im Jahr 2006 im westlichen Mittelfranken massenhaft vermehrenden Borkenkäfer viele Fichtenbestände nahezu komplett. Im Schadensverlauf spielte neben der warmen und trockenen Witterung, die einen starken Fraßdruck der Käfer erzeugte, die Bodenbeschaffenheit kaum noch eine Rolle. Man kann davon ausgehen, dass die Fichte im westlichen Mittelfranken forstlich bedeutungslos wird, wenn die Klimaszenarien Wirklichkeit werden. Zu guter Letzt werden viele Waldbesitzer die Baumart aus ihren Planungen streichen, so dass in den nächsten Jahrzehnten ein landschaftsprägender Wandel der Baumartenzusammensetzung in dieser Region bevorsteht.



2. Station

Steckpalmen in Südsandinavien

Die Steckpalme gilt als klassisches Beispiel für eine nach Norden klimalimitierte Art. Der Verlauf der nördlichen Verbreitungsgrenze stimmt gut überein mit dem Verlauf der 0°-Januar-Isotherme, die als Maß für die winterlichen Bedingungen gilt. Diese Parallelität erwähnte erstmals IVERSEN (1944). Seither hat sich das Klima nachweislich erwärmt. Sollte sich die Beziehung des Arealrandes zur 0°-Januar-Isotherme tatsächlich auf klimatische Ursachen zurückführen lassen, müssten eigentlich deutliche Arealverschiebungen bei der Steckpalme zu beobachten sein. In Lehrbüchern wird ihre nördliche Verbreitungsgrenze häufig von Südwest-Norwegen durch Dänemark nach Nordost-Deutschland gezogen. Mittlerweile finden sich aber nicht nur weiter nördlich an der Westküste Norwegens neue Vorkommen, auch entlang der Südspitze Schwedens tritt die Steckpalme regelmäßig in Wäldern auf. Diese Individuen sind alle jüngeren Alters und etablierten sich erst in der Zeit nach Iversens Publikation. Sie zeigen eine deutliche Arealausdehnung in nördlich-nordöstliche Richtung auf. Werden nun auch die Klimadaten der Region auf den heutigen Zeitraum aktualisiert, so ergibt sich von neuem die Übereinstimmung zwischen Verbreitungsgrenze der Steckpalme und Verlauf der 0°-Januar-Isotherme. Die Beziehung ist also nach wie vor gegeben, nur verläuft sie mittlerweile durch einen anderen geographischen Raum: ein erstaunliches Beispiel einer parallel verlaufenden Veränderung des Klimas und der tatsächlich klimalimitierten Arealgrenze.



3. Station

Rotbuchen in Nordspanien

Kaum jemand kennt die Buchenwälder in Nordspanien. In den Regionen Katalonien und Navarra befindet sich die Rotbuche am oberen Rand ihrer Temperaturamplitude. Diese liegt bei einer Jahresmitteltemperatur von 13–14 °C und markiert hier die Arealgrenze. In Nordspanien ist das Vorkommen der Buche auf die kühleren Gebirgslagen beschränkt. Wo es in tieferen Lagen wärmer als 13–14 °C ist, schließen sich Wälder aus der immergrünen Steineiche und Calluna-Heiden an, nach oben in der Gipfelregion der Berge folgen Wacholderheiden und subalpine Rasen. Wärmere Verhältnisse in den letzten Jahrzehnten verschoben die Höhenzonierung der Vegetation um 70 m nach oben. Steineichen verdrängen an der Untergrenze der Buchenvorkommen die Buchenbestände. Diese wiederum dringen ihrerseits in die oberhalb liegenden subalpinen Wacholderheiden und Rasen ein. Es liegt auf der Hand, dass derartige Prozesse zum allmählichen Rückgang der Buche führen, wenn nicht Gewinne an der Obergrenze der Verbreitung die Verluste an der Untergrenze ausgleichen. Einer weiteren Höhenausbreitung der Buche nach oben sind aber allein aufgrund der Gipfelhöhen topografische Grenzen gesetzt. So wird an diesem äußersten Vorposten die Lage der Buche mit Fortschreiten des Klimawandels zunehmend prekär werden.

Ökologisch besonders interessant sind die zum Verschwinden der Buche an ihrer Wärmegrenze führenden Vorgänge. Die geschlossenen Bestände lösen sich in einzelne Kleinbestände auf, die zunehmend isoliert zwischen den immer stärker dominierenden Steineichen liegen. Am Ende dieses Verinselungsprozesses hat die Steineiche die Buche komplett abgelöst.

Historische Verbreitung der Steckpalme und Verlauf der 0°-Januar-Isotherme (links) im Vergleich zur aktuellen Verbreitung der Steckpalme mit aktualisiertem Verlauf der 0°-Januar-Isotherme (rechts); die Punkte geben die Fundorte der Neuvorkommen wieder.



4. Station

Waldkiefern im Wallis (Schweiz)

Das große Quertal der Rhone prägt den Kanton Wallis. Wie andere große Quertäler der Alpen zählt das zentrale Wallis zu den inneralpinen Trockentälern. Abgeschildert von hohen Bergketten und bei verhältnismäßig geringer Höhenlage ist das Wallis niederschlagsarm und vor allem im Sommer sehr warm. Dort wird mit großem Erfolg Weinbau betrieben. An den Talflanken waren bis in die jüngste Vergangenheit Waldkiefernbestände weit verbreitet. Wie in anderen inneralpinen Trockentälern wurde seit ein paar Jahrzehnten auch hier ein vermehrtes Absterben der Waldkiefern beobachtet. Aufgrund des Klimawandels stiegen hier die Sommer- und Wintertemperaturen sowie die Anzahl heißer Tage stark an. Die Niederschläge blieben weitgehend unverändert. Heiße, trockene Sommer schwächen die Kiefern. Hinzu kommen durchlässige, steinige Böden mit geringem Wasserspeichervermögen. Die Bäume leiden häufig unter Trockenstress.

An den absterbenden Kiefern werden vermehrt Schädlinge beobachtet. Die Mistel befällt die Kiefer im Wallis klimabedingt sehr häufig. Mistelbefall führt zu einer Reduktion der Nadelmasse und in Kombination mit Trockenheit zu vermehrtem Absterben.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Splintholznematoden (Fadenwürmer) nachgewiesen. Im Laborversuch starben befallene Jungpflanzen ab, vor allem wenn sie gleichzeitig unter Trockenheit litten.

In vielen Kiefernbeständen des Wallis findet zur Zeit ein Baumartenwechsel statt. Die Kiefern sterben vielfach ab, während sich Laubbäume wie die wärmeliebende und trockenheitstolerante Flaumeiche ausbreiten. Der Baumartenwechsel lässt sich mit alten Vegetationsaufnahmen, Luftbildern und Inventurdaten klar belegen. Die eindringenden Laubbäume setzen die lichtbedürftige Kiefer unter Druck. Trockenheit schwächt ihre Konkurrenzkraft zusätzlich. Man erwartet, dass sich mittelfristig viele Kiefern-Flaumeichen-Mischbestände nach Ausfall der Kiefer in Flaumeichenbestände umwandeln.

Das Beispiel der absterbenden Kiefernbestände im Wallis zeigt uns, dass die Waldkiefer mitnichten eine Baumart

des warmen und trockenen Südens ist. Vielmehr stößt sie in den Trockentälern an die Grenzen ihrer klimatischen Toleranz. Eine aufeinanderfolgende Reihe wärmerer Jahre hat unter diesen besonderen Verhältnissen ausgereicht, das Gleichgewicht von Kiefern und verschiedenen Parasiten zu Ungunsten des Wirtes zu verschieben. Die Kiefer zieht sich relativ rasch aus den für sie unwirtlich gewordenen Gebieten zurück und überlässt besser angepassten Baumarten das Terrain.



5. Station

Hanfpalmen im Tessin

Das Tessin ist der südlichste Kanton und weist zugleich auch die tiefstgelegenen Gebiete der Schweiz auf. Der Alpenhauptkamm schirmt diese Region weitgehend vor den sehr kalten Luftmassen aus dem Norden ab. Diese klimatischen Vorteile erlauben vielen Zierpflanzen subtropischer Herkunft, dort den Winter im Freien zu überstehen, während sie nördlich der Alpen die kalte Jahreszeit in Gewächshäusern verbringen müssen. Vom 17. bis ins frühe 19. Jahrhundert wurden viele Gärten und Parks angelegt, die noch heute wegen ihrer reichhaltigen exotischen Flora gerne besucht werden. Während die Einfuhr dieser Arten also schon Jahrhunderte zurückreicht, zeigt sich in den tiefstgelegenen Waldabschnitten an den Südufern der Seen ein ganz neues Phänomen. Wie in anderen Weltregionen hat sich auch auf der Alpensüdseite das Klima erwärmt. Diese bereits früher klimatisch privilegierte Region zeichnen jetzt eine noch längere Vegetationsperiode sowie noch mildere Winter aus. Dies kommt nicht nur den Pflanzen in Gärten und Parks zugute. Seit den 1970er Jahren treten vermehrt immergrüne Laubbäume auf Waldstandorten auf. Lorbeer, Echter Lorbeer, Drüsiger Kampferbaum sowie die Hanfpalme sind häufige Vertreter dieser neuen immergrünen Laubwaldgemeinschaft. Die veränderten klimatischen Bedingungen stimmen mittlerweile mit jenen des Heimatgebietes dieser immergrünen Ziergehölze überein, so dass nicht mehr nur ein Überleben in Gärten und Parks möglich ist, sondern auch die Verjüngung, Ausbreitung und Etablierung auf

Waldstandorten. Das Beispiel der Chinesischen Hanfpalme zeigt, dass im Verlaufe des 20. Jahrhunderts die winterlichen Bedingungen zusehends günstiger wurden und die im Heimatgebiet ermittelte kritische Temperaturschwelle von ca. 2 bis 2,5 °C Durchschnittstemperatur des kältesten Monats überschritten wurde (siehe Grafik).

Die aus der lokalen historischen Literatur ermittelte Ausbreitungsgeschichte der Hanfpalme stimmt mit der klimatischen Entwicklung überein. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde vom Auftreten einzelner Palmensämlinge berichtet. Ihnen war es damals nicht möglich, sich gegen die etablierte Vegetation durchzusetzen, so dass sie früher oder später wieder eingingen. Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts dauerten die Perioden günstiger Bedingungen lange genug, um ein Aufkommen der Palmen auf Waldstandorten zu ermöglichen. Heute finden sich in Seennähe an Südhängen erste fruchtende Individuen verwilderter Palmen im Wald. Somit sind diese Palmenpopulationen unabhängig vom Samennachschub aus den Gärten und können als etabliert angesehen werden.



6. Station

Eukalypten in Australien

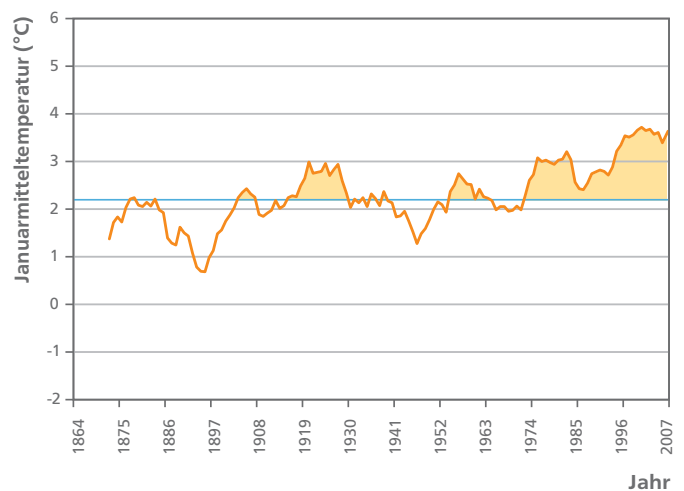
Die letzte Station unserer Reise liegt in Australien. Dort findet sich mit über 800 Arten ein sehr großer Reichtum an Eukalypten. Viele Eukalyptusarten weisen kleine Areale auf, viele sind außerordentlich spezialisiert, auch im Hinblick auf ihre klimatischen Ansprüche. Über 20% der Eukalypten haben in ihrem Verbreitungsgebiet eine Temperaturamplitude von weniger als einem Grad. Auch bei den Niederschlagssummen zeigt ein Viertel der Arten eine Variationsbreite von weniger als 20%. Ihre klimabezogenen ökologischen Nischen sind also zum Teil außerordentlich klein.

Aufgrund der besonderen Vegetationsgeschichte Australiens konnte sich die Gattung *Eukalyptus* über einen langen Zeitraum und von den Eiszeiten nur wenig gestört in viele Arten aufspalten. Dies unterscheidet sie von den meisten mitteleuropäischen Baumgattungen, die eine wesent-

lich geringere Differenzierung aufweisen und auch innerhalb der Arten sehr viel größere Nischen besetzen. So weist unsere Rotbuche eine Temperaturamplitude von 10 Grad auf.

Die Anfälligkeit von Bäumen gegenüber einem Klimawandel steigt umso mehr, je näher sie sich am kritischen Nischenrand befinden. Je kleiner die Nische der Baumart, desto größer ist bei gleichem Ausmaß des Klimawandels die Wahrscheinlichkeit, über den Rand der Nische hinausgedrängt zu werden. Viele Eukalyptusarten geraten schon bei mäßigem Klimawandel unter Bedingungen, die sie bis jetzt nirgendwo ertragen mussten. Ihre ausgeprägte Spezialisierung lässt sie so zu leichten Opfern des Klimawandels werden, wenn es ihnen nicht gelingt, sich an die ungewohnten Verhältnisse anzupassen oder auszuwandern, um dem Wandel auszuweichen. Form, Position und Größe der ökologischen Nische bestimmen zusammen mit dem Ausmaß der Klimaänderung das Risiko für die jeweilige Art. Man rechnet in Australien mit deutlichen Veränderungen in der Baumflora, ein komplettes Aussterben mancher Arten scheint nicht unwahrscheinlich.

Die hohe Anfälligkeit der Eukalyptenflora Australiens gegenüber dem Klimawandel wurde bisher nur vorhergesagt. Berichte zu Vitalitätseinbußen, Arealverschiebungen oder gar Aussterbeprozessen liegen bis jetzt noch nicht vor. Es leuchtet jedoch ein, dass unter den dort gegebenen Verhältnissen durchaus mit dem Schlimmsten zu rechnen ist, was einer Baumart zustoßen kann. Aus diesem Grund nahmen wir auch diese exotische Station in unsere Reiseroute auf. Die dortige Forstwirtschaft mag einen drohenden Artenverlust verschmerzen können, für die Lebensgemeinschaften bedeutet er jedoch unwiederbringliche Verluste an Biodiversität.



Januar-Durchschnittstemperaturen zwischen 1864 und 2007 an der Klimastation Lugano/CH (gleitendes Mittel über 10 Jahre): Die gelb hinterlegten Flächen weisen die für die Palmen günstigen klimatischen Perioden aus.

Es gibt viel zu tun ...

Jede Reise bringt eine Fülle von Erkenntnissen, wenn man nur die Augen offen hält. Unsere Besuche bei Wäldern im Klimawandel lehren uns, das Fehlen offensichtlicher klimabedingter Veränderungen in vielen Wäldern vor unserer Haustür nicht zu unterschätzen. Wir stehen in vielen Entwicklungen erst am Anfang, nicht alle Wälder und Baumarten sind dem Wandel gegenüber gleich anfällig. Die oben erwähnten Beispiele zeigen jedoch, wie schnell unter gewissen Bedingungen Wälder schon auf gering erscheinende Klimaveränderungen reagieren können. Umso wichtiger ist es, den Wandel mit klimapolitischen Maßnahmen zu begrenzen und schon jetzt anfällige Wälder mit Maßnahmen des Bestockungswandels ohne Zögern an die neuen Verhältnisse anzupassen.

Literatur

- AMMER, C.; DULLY, I.; FAIRT, G.; IMMLER, T.; KÖLLING, C.; MARX, N.; HOLLAND-MORITZ, H.; SEIDL, G.; SEITZ, R.; TRIEBENBACHER, C.; WOLF, M.; WOLFERSTETTER, T. (2006): *Hinweise zur waldbaulichen Behandlung von Borkenkäferkalamitätsflächen in Mittelfranken*. LWF Wissen 54, S. 1–60
- AUSTIN, M. P.; NICHOLLS, A. O.; MARGULES, C. R. (1990): *Measurement of the realized qualitative niche: environmental niches of five Eucalyptus species*. Ecological monographs 60, S. 161–177
- BERGER, S.; WALTHER, G.-R. (2006): *Distribution of evergreen broad-leaved woody species in Insubria in relation to bedrock and precipitation*. Bot. Helv. 116, S. 65–77
- HUGHES, L.; CAWSEY, E.M.; WESTOBY, M. (1996): *Climatic range sizes of Eucalyptus species in relation to future climatic change*. Global Ecology and Biogeography Letters 5, S. 23–29
- IVERSEN, J. (1944): *Viscum, Hedera and Ilex as Climate Indicators*. Geol. Fören. Förhandl. 66, S. 463–483
- KÖLLING, C.; ZIMMERMANN, L. (2007): *Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel*. Gefahrstoffe / Reinhaltung der Luft 67, Heft 6, S. 259–268
- KÖLLING, C.; ZIMMERMANN, L.; VALENTOWSKI, H. (2007): *Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte? Entscheidungshilfen für den klimagerechten Waldbau in Bayern*. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 62, S. 584–588
- WALTHER, G.-R. (2004): *Plants in a warmer world*. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 6, S. 169–185
- WALTHER, G.-R. (2006): *Palmen im Wald? Exotische Arten nehmen in Schweizer Wäldern bei wärmeren Temperaturen zu*. Forum für Wissen, WSL Birmensdorf, S. 55–61
- WALTHER, G.-R.; BERGER, S.; SYKES, M.T. (2005): *An ecological footprint of climate change*. Proc. R. Soc. B 272, S. 1.427–1.432
- WALTHER, G.-R.; GRITTI, E.S.; BERGER, S.; HICKLER, T.; TANG, Z.; SYKES, M.T. (2007): *Palms tracking climate change*. Global Ecol. Biogeogr., Published article online: 15-May-2007 doi: 10.1111/j.1466-8238.2007.00328.x
- WALTHER, G.-R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMESAN, C.; BEEBEE, T.J.C.; FROMENTIN, J.-M.; HOEGH-GULDBERG, I. O.; BAIRLEIN, F. (2002): *Ecological responses to recent climate change*. Nature 146, S. 389–395
- PENUELAS, J.; BOADA, M. (2003): *A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain)*. Global Change Biology 9, S. 131–140
- RIGLING, A.; DOBBERTIN, M.; BÜRGI, M.; GIMMI, U.; GRAF PANNATIER, E.; GUGERLI, F.; HEINIGER, U.; POLOMSKI, J.; REBETZ, M.; RIGLING, D.; WEBER, P.; WERMELINGER, B.; WOHLGEMUTH, T., 2006: *Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren?* Merckbl. Prax. WSL Birmensdorf, 16 S.
- RIGLING, A.; DOBBERTIN, M.; BÜRGI, M.; FELDMEIER-CHRISTE, E.; GIMMI, U.; GINZLER, C.; GRAF, U.; MAYER, P.; ZWEIFEL, R.; WOHLGEMUTH, T. (2006): *Baumartenwechsel in den Walliser Waldföhrenwäldern*. Forum für Wissen, WSL Birmensdorf, S. 23–33
- RUBIO, A.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O. (2006): *Physiographic and climatic potential areas for Fagus sylvatica L. based on habitat suitability indicator models*. Forestry 79, S. 439–451

Abbildungen zu den Stationen

Station 1: Nach Fichtenborkenkäferbefall entstandene Kahlfäche im westlichen Mittelfranken (Foto: T. Bosch)

Station 2: Weltweit nördlichstes Exemplar einer Stechpalme bei Nerdvika (~ 63°N, 8°E) auf Smøla (Norwegen) (Foto: G.-R. Walther)

Station 3: Einzelne inselartig wachsende Rotbuchen (im laublosen Winterkleid) an ihrer klimabedingten Verbreitungsuntergrenze trotz noch dem Vordringen der immergrünen Steineiche. (Foto: J. Penúelas und M. Boada; Universidad Autònoma de Barcelona)

Station 4: Baumartenwechsel bei Visp: Die Waldkiefern sterben ab, die Flaumeichen und andere Laubbäume breiten sich aus. (Foto: A. Rigling)

Station 5: Waldabschnitt am Lago Maggiore mit viel Lorbeer, Lorbeerkirsche und Hanfpalme im Unterwuchs (Foto: G.-R. Walther)

Station 6: *Eukalyptus microtheca* (Foto: S. Shebs, GNU License)

Dr. Christian Kölling leitet das Sachgebiet ›Standort und Bodenschutz‹ an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Freising. koe@lwf.uni-muenchen.de

Dr. Gian-Reto Walther ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Pflanzenökologie der Universität Bayreuth. Gian-Reto.Walther@uni-bayreuth.de