

# Klimawandel gestern und morgen

Neue Argumente können die Motivation zum Waldumbau erhöhen

Christian Kölling und Lothar Zimmermann

Dem Thema Klimawandel geht es zurzeit wie schon vielen großen Themen zuvor: Die Aufmerksamkeit geht zurück, man wendet sich anderen Dingen zu, die Prioritäten verändern sich. Nun ist es ja nicht so, dass sich mit dem schwindenden Interesse am Klimawandel auch das Problem selbst erledigen würde. Dennoch ist es schwierig, den Waldumbau zur Anpassung an den Klimawandel zu propagieren und Waldbesitzer zum Umdenken zu bewegen, wenn die Akzeptanz des Themas gering geworden ist. In einer solchen Situation kann es helfen, neue, unverbrauchte Argumente in die Diskussion zu werfen. Zwei solche Argumente wollen wir hier einbringen: »Klimawandel findet nicht nur in einer ungewissen Zukunft statt, sondern er lässt sich schon in der Vergangenheit beobachten« lautet das eine. Das andere sagt folgendes: »Wenn der Klimawandel so wie zu erwarten weitergeht, dann muss das zu gravierenden Veränderungen in den Erzeugungsbedingungen der Forstwirtschaft führen, die wir in analogen Klimaregionen schon heute beobachten können.«



Foto: Willow, wikimedia.org

Abbildung 1: Die Traubeneiche ist für viele Gebiete in Bayern eine interessante Baumart, wenn es um forstliche Anpassungsmaßnahmen im Rahmen von Klimawandel und Waldumbau geht.

Die Klimawandelanpassung in der Forstwirtschaft, wie sie im klimagerechten Waldumbau Praxis geworden ist, gerät zunehmend ins Stocken. Solange das klimatische Geschehen von Extremen unbeeinflusst seinen gewöhnlichen Gang nimmt, sinkt die Notwendigkeit, sich über Dinge Gedanken zu machen, die erst in weiter Zukunft zu Problemen führen können. Zum großen Teil können wir uns die Zukunft heute noch gar nicht richtig vorstellen. Ein oder zwei extreme Hitze- und Dürrejahre, vielleicht schlimmstenfalls sogar aufeinander folgend, könnten die Richtung der Diskussion wieder völlig verändern. Das Thema wäre dann wieder auf der Tagesordnung. Ein effektiver und nachhaltiger Waldumbau hat indes als Saisongeschäft wenig Aussicht auf Erfolg. Der oft beschworene lange Atem der Forstwirtschaft verlangt nach vorausschauender anhaltender Aktivität unabhängig von aktuellen Ereignissen. Ein Waldumbau, der sich nur von den jüngsten Schadereignissen antreiben ließe, würde sein hochgestecktes Ziel vermutlich nie erreichen. Umso wichtiger ist es, dem Klimawandel eine historische Dimension zu verleihen, in dem wir viele Jahre in die Vergangenheit zurück gehen. Der Blick in die weitere Zukunft ist die zweite hilfreiche Erweiterung des Blickwinkels. Alle Betrachtung der Zukunft krankt aber an unserem mangelhaften Vorstellungsvermögen. Wenn uns die Klimatologen einen weiteren Klimawandel vorhersagen, dann können wir uns nur unvollkommen ausmalen, was das für uns und unsere Waldbäume bedeutet. Analogbetrachtungen können hier unserer Fantasie auf die Sprünge helfen: Wo kommen wir heraus, wenn wir nach 100 Jahren Dornröschenschlaf in einer um zwei, drei oder vier Grad wärmeren Umwelt aufwachen? Ein Kunstgriff ist es, den Raum für die Zeit zu nehmen und sich Gegend zu betrachten, die heute schon so warm sind, wie wir es hier dank des Klimawandels erst in ferner Zukunft zu erwarten haben.

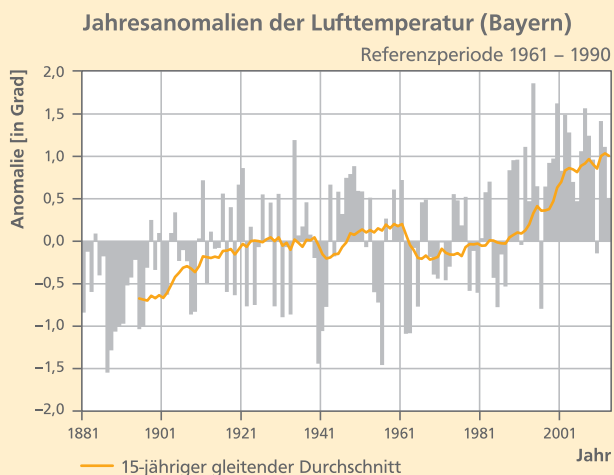


Abbildung 2: Abweichung des Flächenmittels der jährlichen Lufttemperatur für Bayern von der Referenzperiode 1961–1990 (Mittelwert 1961–1990 = 7,5 °C) für die Periode 1881–2013

### Historischer Klimawandel

Je länger der Klimawandel andauert, desto mehr wird er zu einer Gewissheit. Erst in der Rückschau über einen langen Zeitraum wird die Veränderung wahrnehmbar. In Abbildung 2 sind die Jahresmitteltemperaturen der zurückliegenden 133 Jahre für die gesamte Landesfläche Bayerns dargestellt. Die Daten stammen vom Deutschen Wetterdienst, der aus den Temperaturmessungen an seinen Klimastationen die Werte auf ein 1x1 km<sup>2</sup>-Raster für ganz Deutschland interpoliert hat (Müller-Westermeier 1995; Maier und Müller-Westermeier 2010), so dass auch für einzelne Raumausschnitte wie das Land Bayern oder die Amtsbezirke der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten flächengewichtete Werte aggregiert und so Jahresreihen erzeugt werden können. Neu sind diese Befunde nicht. Schon 2005 hat der Deutsche Wetterdienst gemeinsam mit den Wasserwirtschaftsverwaltungen von Bayern und Baden-Württemberg im Projekt KLIWA eine Trendanalyse von Zeitreihen der Gebietsmittel der Lufttemperatur für alle größeren Flussgebiete in Süddeutschland herausgegeben (Klämt 2005). Untersucht wurde hier die Zeit von 1931 bis 2000, wobei für die Jahresmitteltemperatur in allen Flussgebieten signifikante bis hochsignifikante Trends gefunden wurden. Alle fünf Jahre wird in diesem Projekt diese Trendanalyse mit den aktuellen Werten fortgeschrieben, wobei für die nun 80 Jahre umfassende Periode 1931–2010 eine Zunahme des Trendbetrags auf 1,1° bei gleichzeitiger Verstärkung der Signifikanz gefunden wurde und in den letzten Jahren die Erwärmung im Sommer stärker zugenommen hat. Dennoch ist der Gesamtrend im Winterhalbjahr bisher insgesamt immer noch stärker ausgeprägt (Winterhalbjahr: +1,1 bis +1,4 °C/80 Jahre; Sommerhalbjahr: +0,6 bis +1,0 °C/80 Jahre) (KLIWA 2011).

Für die Bereiche der 47 bayerischen Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ÄELF) wurde nun diese Trend-

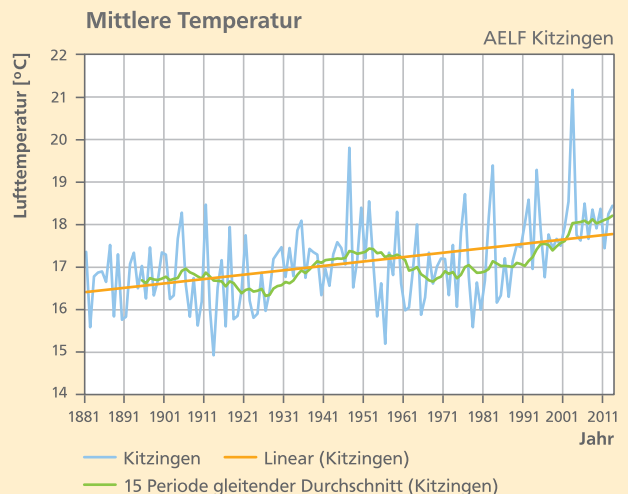


Abbildung 3: Trendanalyse der mittleren Lufttemperatur im Sommer (Juni, Juli, August) für den Bereich des ÄELF Kitzingen Zeitperiode 1881–2013; linearer Trend mit Signifikanzschwelle >99,1 % sowie 15-jähriges gleitendes Mittel, Basis: Rasterdaten des DWD 2013

analyse für die Zeitreihe, in der flächendeckend in Deutschland Rasterwerte der Lufttemperatur vorliegen, 1881–2013 für die Sommer- bzw. 1881/82–2012/13 für die Wintermonate durchgeführt. Es zeigte sich, dass im Sommer alle ÄELF hochsignifikante Trends auf der 99,9%-Schwelle zeigten (Mann-Kendall-Trendtest). Im Mittel aller ÄELF nahm die Lufttemperatur im Sommer um 1,3°/133 Jahre zu (Spannweite 1,0 bis 1,7°). Im Winter zeigten nur rund 60 % der ÄELF einen signifikanten Trend auf der 95 %-Schwelle, zurückzuführen auf die hohe Schwankungsbreite der Wintermitteltemperatur zwischen den einzelnen Jahren (bis zu 10°), während im Sommer der Unterschied nur maximal 6° beträgt, so dass das Trend/Rausch-Verhältnis im Winter deutlich höher liegt. Im Mittel nahm die Lufttemperatur im Winter um 1,2 Grad/133 Jahre zu (Spannweite 0,8 bis 1,8°). Angesichts dieser regionalen Analysen sowie anderen Trendanalysen der Lufttemperatur in Europa wie Deutschland (Schönwiese und Janoschitz 2008; Maier et al. 2003; Rapp 2000; Rapp und Schönwiese 1996) ist eine Klimaerwärmung für Süddeutschland statistisch signifikant eindeutig belegt. Abbildung 3 zeigt beispielhaft eine solche Trendanalyse der Sommertemperaturen für den Amtsbezirk des ÄELF Kitzingen. Hier weist die errechnete Ausgleichsgerade von 16,2 °C im Jahr 1881 einen Temperaturanstieg der Sommermonate um 1,6° auf 17,8 °C im Jahr 2013 aus.

### Zukünftiger Klimawandel

»Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen« (Niels Bohr): Mit diesem und ähnlichen Zitaten ist es leicht, sich aus der Verantwortung für die Zukunft herauszuwinden. Keiner weiß genau, wie sich die Zukunft exakt entwickeln wird, schließlich gestalten wir sie alle zusammen mit

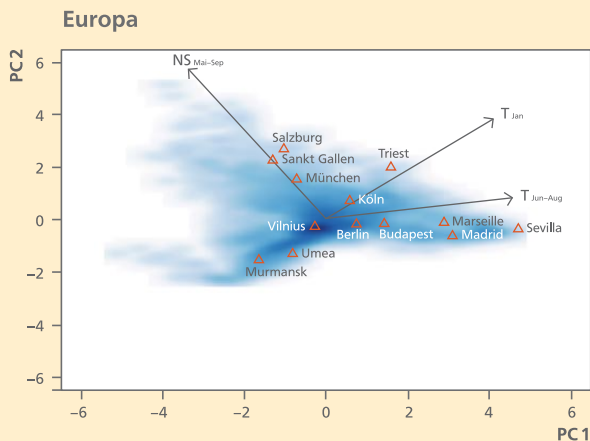


Abbildung 4: Lage Europas (blaue Wolke) und europäischer Städte (rote Dreiecke) im Klimaraum aus Sommertemperatur ( $T_{\text{Jun-Aug}}$ ), Januartemperatur ( $T_{\text{Jan}}$ ) und Vegetationszeitniederschlag ( $NS_{\text{Mai-Sep}}$ ); je weiter man sich im Achsenkreuz nach rechts bewegt, desto wärmer wird das Klima, je weiter man sich nach oben bewegt, desto feuchter wird es.

und sie hängt auch von einigen Zufällen ab. Gewisse Entwicklungen allerdings werden von uns als wahrscheinlicher als andere angesehen. Auf diesen Annahmen über die Zukunft bauen wir unser ganzes Alltagsleben auf. Auch eine eher unscharfe Annahme über die zukünftige Klimaentwicklung kann ausreichen, um unser heutiges Handeln zu fundieren. In Abbildung 4 ist Europa nicht wie sonst üblich in einem geografischen Koordinatensystem aus Längen- und Breitengraden dargestellt, sondern in einem Achsenkreuz aus Wärme (x-Achse) und Feuchtigkeit (y-Achse). Die dafür verantwortlichen gemessenen Klimaparameter sind als Pfeile dargestellt: Januartemperatur ( $T_{\text{Jan}}$ ), Sommertemperatur ( $T_{\text{Jun-Aug}}$ ) und Vegetationszeitniederschlag ( $NS_{\text{Mai-Sep}}$ ). In diesem Achsenkreuz kann man die klimatische Position jedes beliebigen konkreten Orts abbilden, z. B. die Städte Europas, oder als blauen Hintergrund die gesamte Waldfläche Europas. Die daneben stehende Abbildung 5 zeigt die klimatische Position des Amtssitzes des Amtes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Kitzingen. Von dieser Ausgangsposition aus findet nun der Klimawandel statt, der als Pfeil symbolisiert ist. Er wird in diesem Fall mit einer moderaten Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 2,3 Grad und einer leichten Verringerung der Jahresniederschlagssumme angenommen. Die Pfeilspitze zeigt auf das neue Klima. Da wir nicht genau wissen, welches Ausmaß der Klimawandel tatsächlich annehmen wird, arbeiten wir mit der Unsicherheit der Prognosen und spannen ein Quadrat auf, das auch einen geringeren (ca. 1 Grad weniger) und einen stärkeren (ca. 1 Grad mehr) Klimawandel zulässt. Wir bilden damit eine Vielzahl von möglichen Entwicklungen ab, die in etwa die Spanne einer Erhöhung der Jahresmitteltemperatur von 1,3 bis 3,3 Grad ausmachen. Aus dem Vergleich

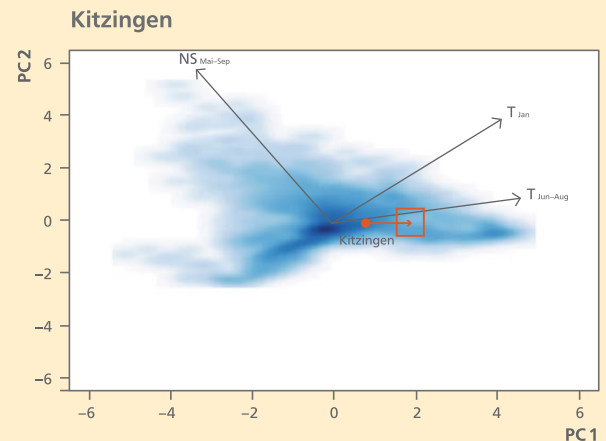


Abbildung 5: Lage von Kitzingen im Klimaraum; der Klimawandel ist durch den roten Pfeil symbolisiert, das zukünftige Klima einschließlich seiner Unsicherheit durch das rote Quadrat.

der Lage des Quadrats mit den Städten in Abbildung 4 kann man ablesen, dass das Kitzinger Klima von morgen dem heutigen Klima zwischen Budapest und Marseille ähneln wird. Noch plastischer wird der Vergleich, wenn wir in einer Europakarte (Abbildung 6) alle diejenigen Regionen markieren, für die die klimatischen Bedingungen innerhalb des Quadrats in Abbildung 5 zutreffen. Marseille und Budapest werden annähernd getroffen, aber noch viele weitere Regionen in Europa haben heute schon die Sorte von Klima, zu der hin sich Kitzingen wahrscheinlich erst entwickeln wird.

### Klare Vorstellungen

Die Karte der analogen Klimagebiete in Abbildung 6 verschafft uns klarere Vorstellungen, welche Auswirkungen ein ungefähres und mit viel Unsicherheit angenommener Klimawandel haben kann. Dazu müssen wir den Blick auf die in der Karte rot markierten Regionen richten und uns die dortigen Wälder betrachten. Man merkt dann ziemlich schnell, dass die klein erscheinende Veränderung im klimatischen Koordinatensystem einer großen Entfernung im geografischen Raum entspricht. Die Ähnlichkeiten der Wälder im heutigen Kitzingen zu denen in den heutigen Analoggebieten ist nicht sehr groß: Andere Baumarten bestimmen dort das Waldkleid der Landschaft und die Forstwirtschaft arbeitet unter anderen Bedingungen, auf einem anderen Niveau und mit anderen Problemen. Die Konstruktion von möglichen Analogregionen ist also ein Trick, um eine bessere und greifbarere Vorstellung von den abstrakten Vorgängen des Klimawandels zu erhalten. Es versteht sich von selbst, dass man die in den Analogregionen beobachtbaren Waldbilder nicht 1:1 als Visionen für die zukünftige Entwicklung bei uns nehmen darf. Zu verschiedenen sind andere, nicht betrachtete Klimagrößen wie die unter-

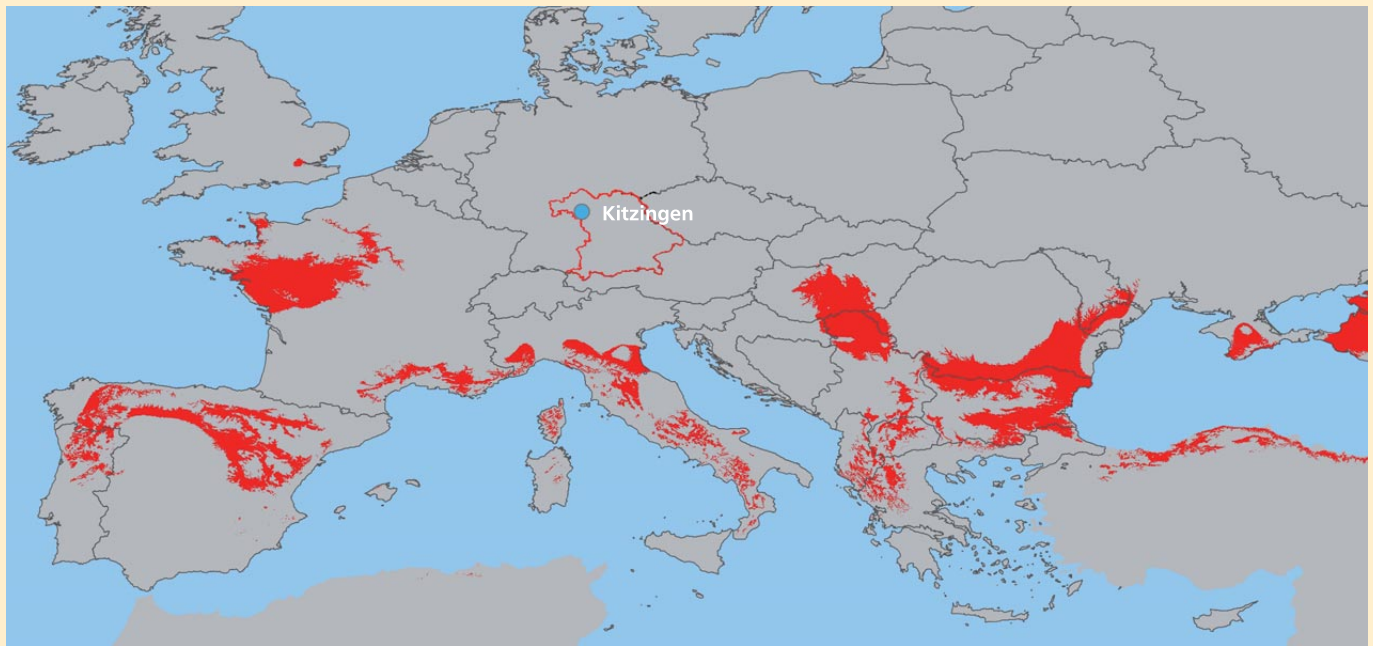


Abbildung 6: Analogregionen für das zukünftige Klima in Kitzingen als Regionalisierung der innerhalb des roten Quadrats in Abbildung 5 herrschenden Klimabedingungen

schiedliche Kontinentalität oder Extremwertstatistiken, Sturmhäufigkeiten oder Jahresgänge. Die Waldgeschichte nahm in den Analoggebieten einen anderen Verlauf und wenn die Gebiete nicht auf dem gleichen Breitengrad liegen, unterscheiden sie sich auch durch die Tageslängen im Sommer und im Winter. Doch selbst wenn man alle diese wunden Punkte des Vergleichs berücksichtigt, stellt sich doch Unbehagen bei dem Gedanken ein, unsere Wälder würden unter die Bedingungen der Analogregionen versetzt. Es drängt sich der Verdacht auf, dass Vieles unter den neuen Bedingungen nicht mehr so ohne weiteres funktionieren würde. Die in den Analogregionen gemachten Erfahrungen der dortigen Forstwirtschaft könnten uns wertvolle Hinweise geben, wie man auf eine von unserem Erfahrungshorizont abweichende Klimawelt reagieren könnte.

### Anderes Klima – andere Baumarten

Bisher haben wir den Klimawandel meistens aus dem Blickwinkel unserer Baumarten betrachtet, z. B. mit Hilfe der Klimahüllen (Kölling und Zimmermann 2007; Kölling 2007) oder auch mit komplexeren Artverbreitungsmodellen (Falk und Mellert 2011; Falk und Hempelmann 2014). Mit der Methode der Klimaanalogien steht uns nun eine Alternative zur Verfügung, bei der das Problem aus der Gegenrichtung betrachtet wird. In den Analogregionen können wir studieren, welche unserer jetzt vorhandenen Baumarten auch unter einem anderen Klima noch gedeihen können und welche Baumarten damit größere Probleme bekommen könnten. Gleichzeitig sollte auch erkenn-

bar werden, welche zukunftsfähige Alternativen sein könnten. Was an Baumarten heute in Budapest oder Marseille erfolgreich angebaut wird, kann uns in Kitzingen Anregungen und Anhaltspunkte für Handlungsoptionen im Waldumbau geben. Die Verbindung beider Ansätze – Klimahüllen und Klimaanalogien – zeigt uns Abbildung 7. In das schon bekannte Diagramm sind die Existenzbereiche der fünf Baumarten Fichte (*Picea abies*), Tanne (*Abies alba*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Kiefer (*Pinus sylvestris*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*) als verfeinerte Klimahüllen eingezeichnet. Diese Grafik verwendet aus Gründen der Darstellbarkeit vereinfachte Artverbreitungsmodelle (Kölling und Ewald 2013). Der uns schon bekannte Pfeil des Klimawandels beginnt in Kitzingen bereits außerhalb der klimatischen Grenzen von Fichte, Tanne und Kiefer. Diese Baumarten können in der Region Kitzingen bereits jetzt kaum erfolgreich angebaut werden, für die Zukunft sieht es entsprechend düster aus. Der Pfeil schneidet die Grenzlinie der Buche, die durch den Klimawandel künftig neue Probleme bekommen wird. Welche Probleme das sein könnten, kann man sicher in einigen der Analogregionen studieren. Bei der Traubeneiche liegen Ausgangs- und Endpunkt des Pfeils innerhalb des Existenzbereichs der Baumart: Die Traubeneiche scheint in Gegenwart und Zukunft eine bessere Alternative bei der Baumartenwahl als die Buche zu sein, wenngleich sich die Traubeneiche künftig in einer Grenzsituation finden wird. Es würde uns auch nicht wundern, wenn die Traubeneiche im Waldaufbau einiger Analoggebiete eine größere Rolle spielen würde. Weil aber das Prinzip der Risikostreuung und das schon erkennbare Risiko bei der Traubeneiche nach weiteren Baumarten verlangt, könnte man in den Analoggebieten gezielt nach vitalen Begleitern der Traubeneiche suchen und sich so hinsichtlich der Gestaltung zukunftssicherer Mischbestände inspirieren lassen.

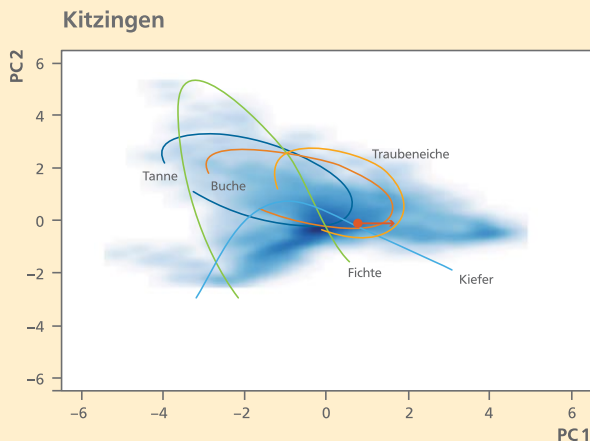


Abbildung 7: Lage der Vorkommensbereiche der fünf Baumarten Fichte, Tanne, Rotbuche und Traubeneiche im Klimaraum; Ausgangssituation und Klimawandel für Kitzingen wie in Abbildung 5

## Reisen bildet

Aus Reisen in die Vergangenheit lernen wir etwas für die Gegenwart. Der historische Klimawandel der letzten 133 Jahre zeigt uns die Notwendigkeit der Anpassung (Abbildung 2–3). Selbst wenn ab sofort kein weiterer Klimawandel mehr zu erwarten wäre, müssten wir uns doch allein schon wegen der bereits abgelaufenen Änderungen anpassen. Aus Reisen in die Zukunft, wie sie uns das Konzept der Klimaanalogen erlaubt, können wir Hinweise für in der Gegenwart erforderliche Weichenstellungen erhalten und ablesen, wohin sich die Wälder entwickeln können und sollen. So fordert der Klimawandel unsere geistige Flexibilität in beiden Richtungen der Zeitachse. Die in den Abbildungen enthaltenen Informationen können uns dabei unterstützen. Für die 47 Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten werden im Internet unter [www.lwf.bayern.de](http://www.lwf.bayern.de) die auf die örtliche Situation angepassten Grafiken bereit gestellt: Die Reise kann beginnen.

## Literatur

Falk, W.; Hempelmann, N. (2013): Species Favourability Shift in Europe due to Climate Change: A Case Study for *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* (L.) Karst. Based on an Ensemble of Climate Models *Journal of Climatology*, Article ID 787250, 18 Seiten, doi:10.1155/2013/787250 <http://dx.doi.org/10.1155/2013/787250>

Falk, W.; Mellert, K.H. (2011): Species distribution models as a tool for forest management planning under climate change: risk evaluation of *Abies alba* in Bavaria. *Journal of Vegetation Science* 22(4), S. 621–634

Klämt, A. (2005): Langzeitverhalten der Lufttemperatur in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Projekt A 1.2.3. Erarbeitung und Bereitstellung von langen Reihen interpolierter Gitterpunktwerte (Tageswerte) und Analyse des Langzeitverhaltens von Gebietsmittelwerten der Lufttemperatur in Baden-Württemberg und Bayern. KLIWA-Berichte 5, Selbstverlag, 77 S.

Kölling, C. (2007): Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. *Allg. Forstz./Der Wald* 62, S. 1242–1245

Kölling, C.; Ewald, J. (2013): Bergmischwälder im Klimawandel: Ausgangslage, Gefährdung, Anpassungsmaßnahmen. *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt* Jg. 78, S. 45–56

Kölling, C.; Zimmermann, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber Klimawandel. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft* 67, S. 259–268

KLIWA (2011): Klimawandel in Süddeutschland. Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen. Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA. [http://www.kliwa.de/download/KLIWA\\_Monitoringbericht\\_2011.pdf](http://www.kliwa.de/download/KLIWA_Monitoringbericht_2011.pdf) (aufgerufen am 17.12.2013)

Maier, U.; Kudlinski, J.; Müller-Westermeier, G. (2003): Klimatologische Auswertung von Zeitreihen des Monatsmittels der Lufttemperatur und der monatlichen Niederschlagshöhe im 20. Jahrhundert. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* Nummer 223, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a.M.

Maier, U.; Müller-Westermeier, G. (2010): Verifikation klimatologischer Rasterfelder. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* Nr. 235, Offenbach a.M.

Müller-Westermeier, G. (1995): Numerisches Verfahren zu Erstellung klimatologischer Karten. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* Nr. 193, Offenbach a.M.

Rapp, J. (2000): Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* Nummer 212, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a.M.

Rapp, J.; Schönwiese, C.-D. (1996): Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891–1990. *Frankfurter Geowiss. Arb., Serie B*, Band 5, Univ. Frankfurt a.M.

Schönwiese, C.-D.; Janoschitz, R. (2008): Klima-Trendatlas Europa 1901–2000. Bericht Nr. 4, Inst. Atm. Umwelt, Univ. Frankfurt, 63 S.

Dr. Christian Kölling leitet die Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Dr. Lothar Zimmermann ist stellvertretender Leiter der Abteilung. [Christian.Koelling@lwf.bayern.de](mailto:Christian.Koelling@lwf.bayern.de)