

1 Kahlfäche von etwa 25 ha nach Käferbefall im Jahr 2020 in der Nähe von Kehlbach im Frankenwald Foto: Michael Schmidt, AELF Kulmbach



ANALOG – Waldzukunft zum Anfassen

Klimawandel und Baumartenwahl: Beispiel Frankenwald

Susanne Brandl und Tobias Mette

Das Jahr 2020 war in Deutschland das zehnte Jahr in Folge, in dem die Jahresmitteltemperatur den Temperaturdurchschnitt der Referenzperiode 1961 bis 1990 übertraf. In Bayern war 2020 mit einer Jahresmitteltemperatur von 9,5 °C das drittwärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen, übertroffen nur von 2014 und 2018. Zusätzlich schwächte vor allem in Nordbayern der fehlende Sommerniederschlag die Wälder. In Oberfranken zählten die Sommer 2015, 2018 und 2019 zu den trockensten der letzten 50 Jahre. Was bedeutet das für unsere Wälder? Kommen die heimischen Baumarten noch zurecht mit diesen neuen Klimabedingungen? Oder braucht es neue Arten?

Wälder im Gleichgewicht

Stabile Wälder befinden sich in einem ökologischen Gleichgewicht mit den Standortbedingungen. Zu diesen Bedingungen zählen neben dem Klima nicht nur der Boden, sondern auch Schädlinge und Nützlinge, der Wildbestand und eine angepasste forstliche Nutzung (Burschel & Huss 1997; Johnstone et al. 2016). Im stabilen Gleichgewicht können kleinere Auslenkungen wie zum Beispiel Spätfrost, Trockenperioden, Fraßschäden und einzelne Windwürfe abgepuffert werden. Auch nach großen Störungen sind diese Wälder in der Lage, sich zu regenerieren. Mit fortschreitendem Klimawandel verschiebt sich der Gleichgewichtszustand zusehends – zu schnell als dass eine na-

türliche Anpassung der Wälder möglich wäre. Somit nimmt das Risiko großflächiger Ausfälle zu und geht einher mit einem wenigstens zeitweisen Verlust wichtiger Schutzfunktionen (Seidl et al. 2017). So schmerzlich solche Verluste wie beispielsweise im Frankenwald (Abbildung 1) auch sind, sie bieten die Chance (und Herausforderung) für einen Wechsel hin zu Baumarten, die mit dem zukünftigen Klima besser im Gleichgewicht und damit stabiler sind.

Doch wo liegt nun ein solches neues Gleichgewicht? Wie entwickelt sich die Eignung der heimischen Baumarten im Klimawandel? Welche neuen Baumarten kommen ins Spiel? Welche Empfehlungen folgen daraus für den Waldbau?

Mittels »Klimaanalogien« will das Projekt »ANALOG – Waldzukunft zum Anfassen« bei der Beantwortung dieser Fragen helfen.

Klimaanalogien

Ansatzpunkt unserer Klimaanalogien sind Regionen, in denen heute schon ein »ähnliches« (analoges) Klima herrscht, wie es an einem bestimmten Waldort bei uns in Zukunft herrschen soll. Für diesen Ort ermitteln wir zunächst einmal – basierend auf Prognosen von Klimamodellen – das Klima bis zum Jahr 2100. Daraufhin suchen wir europaweit nach Regionen, in denen bereits heute das Zukunftsklima unseres Ausgangsbestands verwirklicht ist. Ein Blick in diese »Analog«-Regionen liefert uns Anhaltspunkte, wie wir die mögliche Zukunft unseres Bestandes gestalten können. In erster Linie richten wir unser Augenmerk darauf, welche Baumarten in diesen Regionen wachsen. Neben Überlegungen zur Baumartenwahl liefern diese Analogregionen jedoch auch wertvolle Anregungen zu Waldbau, Management, Waldschutz etc.

Für die Bestimmung der Analogregionen ist die Auswahl der Klimafaktoren essenziell, anhand derer die Klimaähnlichkeit bewertet wird. Die Klimaanalogien in ANALOG basieren auf der Sommertemperatur, dem Sommerniederschlag und der Wintertemperatur. Baumartenübergreifend sind dies die wichtigsten klimatischen Einflussgrößen auf Vorkommen und Wachstum in den gemäßigten Breiten.

Die Entwicklung dieser drei Klimaparameter bis zum Jahr 2100 wird für die Szenarien RCP 4.5 (milder Klimawandel) und RCP 8.5 (starker Klimawandel) aus einem Ensemble von zehn Klimamodellen berechnet (Mette et al. 2021). Das »Gegenwartsklima« bezieht sich auf das periodische Mittel der Jahre 1989–2010 und wird aus den CHELSA-Daten (Karger et al. 2017) abgeleitet.

Beispiel: Der Frankenwald heute und morgen

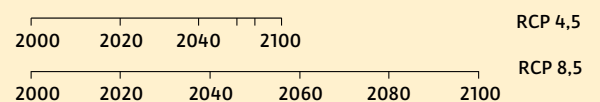
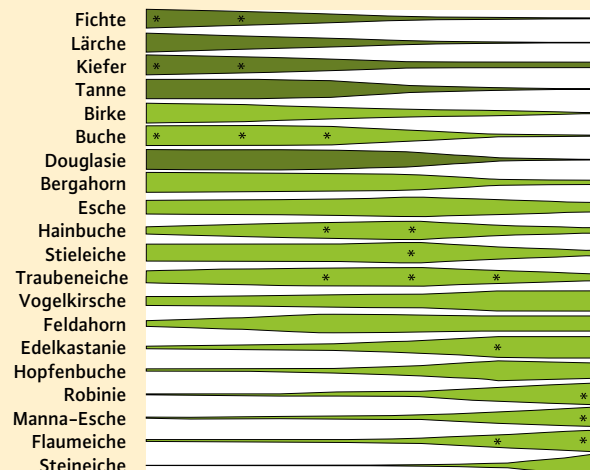
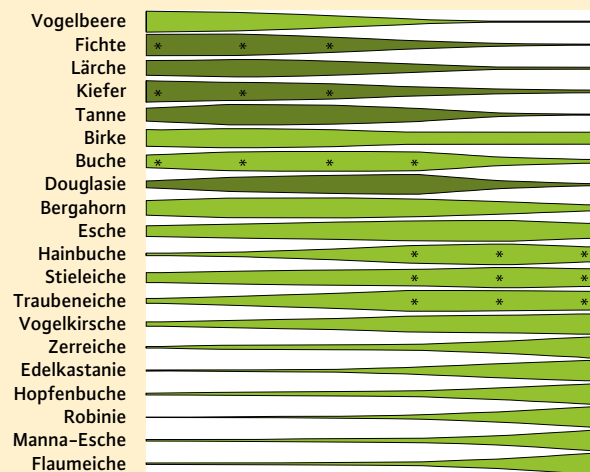
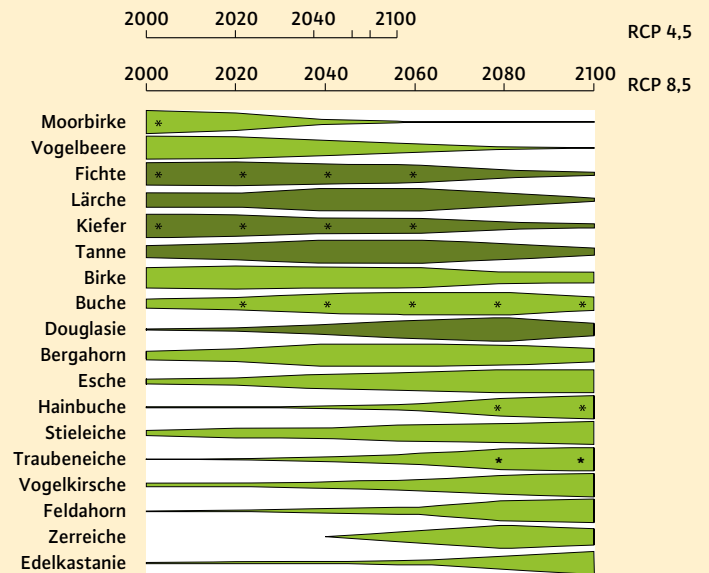
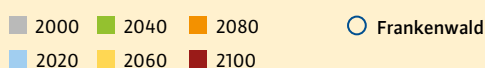
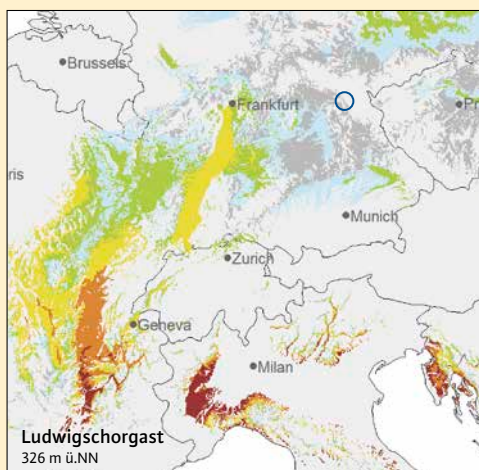
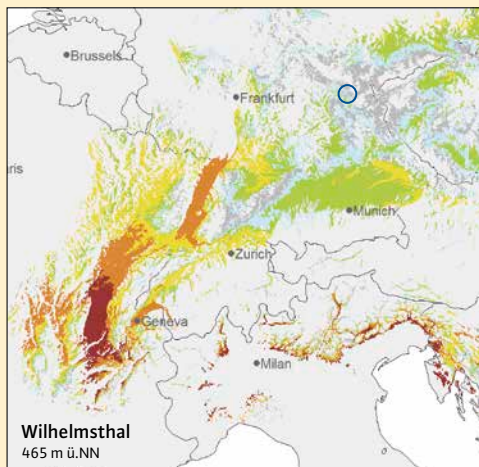
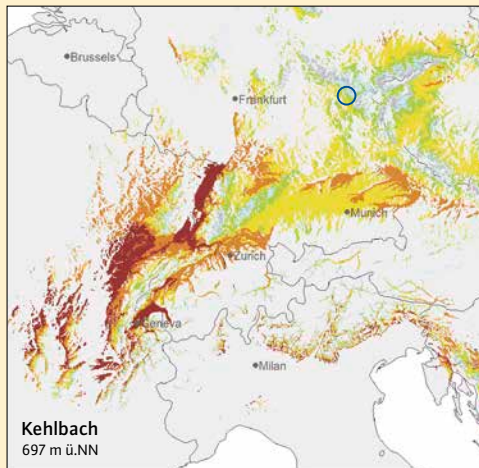
Um die Dynamik des Klimawandels zu veranschaulichen, stellen wir hier beispielhaft drei Standorte im Frankenwald vor, die einen Höhengradienten repräsentieren: Ludwigschorgast (326 m), Wilhelmsthal (465 m) und Kehlbach (697 m). Der Höhengradient macht sich

auch in den Klimaparametern bemerkbar: Von Ludwigschorgast bis Kehlbach fällt die Sommertemperatur von 17,6 °C auf 15,1 °C und der Sommerniederschlag nimmt von 215 mm auf 290 mm zu (»Gegenwartsklima« 1989-2010). Im Klima-

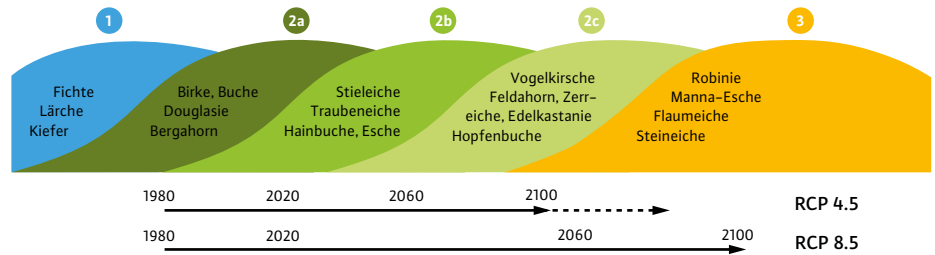
wandel sagen die Modelle bis zum Jahr 2100 eine Erhöhung der Sommertemperatur um 2,0 bis 4,5 °C voraus und gleichbleibende bis leicht abnehmende Sommer-

2 Analoggebiete und Baumartenhäufigkeiten für den Frankenwald; links: Analoggebiete von Kehlbach, Wilhelmsthal und Ludwigschorgast unter der Annahme eines starken Klimawandels (RCP 8,5); rechts: Baumartenhäufigkeiten in den jeweiligen Analoggebieten. Die drei häufigsten Arten jedes Zeitraums sind mit Sternchen gekennzeichnet.

Analoggebiete und ihre Baumartenhäufigkeiten



3 »Die einzige Konstanz ist die Dynamik«. Überträgt man die Veränderung der Baumarten in den Analoggebieten (hier Ludwigschorgast) auf einen Zeitstrahl, so wird deutlich, wie rasch sich die klimatische Eignung der Baumarten im Klimawandel ändert. In ANALOG wird das Artspektrum in Gruppen mit den Ziffern 1, 2a/b/c und 3 gruppiert (s. Abbildung 4).



sich das milde RCP 4.5 und das harte RCP 8.5 Klimawandel-Szenario noch gar nicht sehr stark. Ab ungefähr 2040 fällt das RCP 4.5 dann hinter dem RCP 8.5 zurück. Temperaturen, die beim milden RCP 4.5 am Ende des 21. Jahrhunderts erreicht werden, werden im harten RCP 8.5 schon 2060 erreicht. Dies machen wir uns in den folgenden Darstellungen der Klimaanalogen zunutze. Diese werden nur für das RCP 8.5 dargestellt – nicht, weil wir davon ausgehen, geschweige denn hoffen, dass dieser extreme Fall eintritt. Allerdings deckt das harte RCP 8.5 das milde RCP 4.5 quasi mit ab – nur, dass das Klima, was im RCP 4.5 erst 2100 erreicht wird, im RCP 8.5 schon früher, nämlich bereits 2060 erreicht wird. Für jeden der drei Frankenwaldstandorte sind Regionen in Europa mit analogem Klima in 20-Jahres-Zeitschritten für das starke Klimawandelszenario RCP 8.5 dargestellt (Abbildung 2 links). Für Kehlbach lassen sich noch bis 2080 Klimaanalogen in Bayern finden. Für das Jahr 2100 hingegen befinden sich die nächstgelegenen Klimaanalogen im Oberrheingraben. Im tiefer gelegenen Wilhelmsthal finden sich dagegen schon rund 20 Jahre früher in Bayern keine Klimaanalogen mehr. Klimaanalogen für das Jahr 2100 finden sich gar erst in Frankreich. In Ludwigschorgast, dem niedrigsten Standort, wird bereits 2060 das Klima erreicht, das heute im Oberrheingraben herrscht. Klimaanalogen für diesen Standort im Jahr 2100 liegen in Südfrankreich und Norditalien.

Basierend auf Forstinventurdaten der Analoggebiete (Mauri et al. 2017) stellt der rechte Teil der Abbildung 2 die Häufigkeit der Baumarten in den Analoggebieten von 2000 bis 2100 dar. Die drei häufigsten Arten in den Analoggebieten jeder Periode sind mit Sternchen gekennzeichnet. Die Balkendicke stellt die Entwicklung der Bedeutung einer Baumart entlang des Klimagradienten der Analoggebiete dar. Dabei können natürlich Zufallseffekte, traditionelle Vorlieben etc. im Analoggebiet enthalten sein. Die we-

ANALOG Gruppe	Baumarten		
	Kehlbach	Wilhelmsthal	Ludwigschorgast
1	Moorbirke	–	Fichte, Lärche, Kiefer
2 a	Vogelbeere	Fichte, Lärche, Kiefer, Tanne, Vogelbeere	Birke, Buche, Douglasie, Bergahorn
2 b	Fichte, Lärche, Kiefer, Tanne, Birke	Birke, Buche, Douglasie, Bergahorn, Esche	Stieleiche, Traubeneiche, Hainbuche, Esche
2 c	Buche, Douglasie, Bergahorn, Esche, Hainbuche, Stieleiche	Stieleiche, Traubeneiche, Hainbuche, Vogelkirsche,	Vogelkirsche, Feldahorn, Zerreiche, Edelkastanie, Hopfenbuche
3	Traubeneiche, Vogelkirsche, Feldahorn, Edelkastanie, Zerreiche	Zerreiche, Edelkastanie, Robinie, Hopfenbuche, Manna-Esche, Flaumeiche	Robinie, Manna-Esche, Flaumeiche, Steineiche

4 ANALOG-Artgruppierung basierend auf den Arthäufigkeiten in den Analoggebieten (s. Abbildung 3)

sentliche Komponente, die die Arthäufigkeit bestimmt, ist allerdings das Klima. Für das hochgelegene Kehlbach verschiebt sich beim harten Klimawandel (RCP 8.5) das Artspektrum von einer Fichten-Kiefern-Buchen-Dominanz zu einer Buchen-Eichen-Hainbuchen-Dominanz. Bei mildem Klimawandel hingegen (RCP 4.5) halten sich auch zukünftig noch Fichten- und Buchenwälder. Für die wärmeren Standorte Wilhelmsthal und Ludwigschorgast gehen Fichte, Kiefer, Lärche und Tanne selbst bei einem milden Klimawandel (RCP 4.5) stark zurück, im Fall von Ludwigschorgast nimmt in Folge sogar die Buche ab. Bei einem harten Klimawandel (RCP 8.5) weisen die Analoggebiete darauf hin, dass bereits gegen Ende des Jahrhunderts gänzlich neue Arten ins Spiel kommen: Edelkastanie, Robinie, Flaumeiche und Manna-Esche. In den Analoggebieten für Ludwigschorgast gehören diese sogar zu den am häufigsten vorkommenden Arten.

Die einzige Konstante ist die Dynamik

Ordnet man die Baumarten aus den Grafiken der Abbildung 2 auf einem Zeitstrahl an, wird deutlich, wie rasch sich das Artspektrum, das sich im klimatischen Optimum befindet, ändert. Abbildung 3 zeigt dies am Beispiel des Frankenwaldstandorts Ludwigschorgast. Im Projekt ANALOG sind wir dazu

übergegangen, das Baumartenspektrum in drei Gruppen zu untergliedern. Zur Gruppe 1 gehören dabei Baumarten, die ihr klimatisches Optimum schon überschritten haben. Baumarten, die mittel- bis langfristig Stabilität erwarten lassen, werden der Gruppe 2 zugeordnet, während die Baumarten, die erst in fernerer Zukunft oder bei einem harten Klimawandel an Bedeutung gewinnen, in die Gruppe 3 eingeordnet werden. Die wichtigste Gruppe 2 wird weiter in drei Untergruppen a, b, c unterteilt.

Bei der Anwendung des Analoggedankens hat in Ludwigschorgast die Gruppe 1 mit Fichte, Lärche, Kiefer ihr klimatisches Optimum schon überschritten. Heute ist das Klima ein Buchenlima (Gruppe 2a), aber auch bei einem milden Klimawandel wären spätestens gegen Ende des Jahrhunderts Stieleiche, Traubeneiche, Hainbuche (Gruppe 2b) stabiler. Bei einem harten Klimawandel herrscht bereits 2080 ein Klima, in dem Edelkastanie, Robinie, Hopfenbuche, Zerreiche wachsen (Gruppe 2c). Um 2100 würde dann die Gruppe 3 mit Flaumeiche, Manna-Esche, Steineiche die stärkste Gruppe darstellen.

Es wurde schon darauf hingewiesen, dass im harten RCP 8.5, das sowohl in Abbildung 2 als auch in Abbildung 3 dargestellt ist, implizit auch das milde RCP 4.5 enthalten ist. Allerdings ist jeweils die Zeit-

5 Eichen-Hainbuchen-Bestand im Bienwald (Oberrheingraben). So könnte der Wald im Jahr 2100 in Wilhelmsthal aussehen.

Foto: Klaus Schreiber, LWF

achse eine andere: Temperaturen, die im RCP 4.5 erst 2100 erreicht werden, sind im RCP 8.5 schon 2060 erreicht. Folglich ist das Artspektrum, das sich im RCP 8.5 für 2060 ergibt, weitgehend identisch mit dem Artspektrum im RCP 4.5 am Ende des Jahrhunderts. Der Unterschied zwischen mildem und hartem Klimawandel besteht also nicht in der Abfolge der Artengruppen, sondern in der Geschwindigkeit, mit der diese Abfolge durchschritten wird (Mette et al. 2021).

Abbildung 3 verdeutlicht aber auch, dass es auf absehbare Zeit kein einfaches statisches Gleichgewicht geben wird. Bei der momentanen Geschwindigkeit des Klimawandels gibt es keine Baumart, die für die Dauer einer Umtriebszeit von 60 bis 100 (oder mehr) Jahren in ihrem klimatischen Gleichgewicht bleibt. Begründen wir heute in Ludwigschorgast einen Buchen-Bestand (Gruppe 2a), so kann dieser auf Jahrzehnte durchaus vital wachsen, aber das Risiko großflächiger Ausfälle nimmt kontinuierlich zu. Wenn wir uns einen Bestand wünschen, der in 50 bis 80 Jahren noch relativ stabil ist und seine ökologischen und sozioökonomischen Funktionen erfüllen kann, dann macht es Sinn, schon heute Eichen, Hainbuchen (Gruppe 2b) als stabilisierende Elemente im Wald einzubringen oder zu fördern. Dabei sollte man sich aber bewusst sein, dass der Klimawandel 2100 nicht aufhört.



Arten, die in einem harten Klimawandel schon für 2080 bis 2100 aufgezeigt werden, werden auch in einem milden Klimawandel noch eine Rolle spielen – allerdings erst zur Mitte des 22. Jahrhunderts. Heutige und künftige Generationen von Förstern und Waldbesitzern stehen vor der Herausforderung, dass die Waldzusammensetzung immer wieder neu angepasst werden muss, um mit dem Klimawandel mitzuhalten. In diesem Sinne ist die einzige Konstanz auf absehbare Zeit die Dynamik.

Zusammenfassung

Die vorgestellten Klimaanalogen übersetzen die unmögliche »Zeit«-reise in die Zukunft eines Bestands in eine »Raum«-reise in Form von Analogregionen. Die Wälder in den Regionen präsentieren uns waldbauliche Optionen für die Zukunft (Abbildung 5). Sie lassen sich heute schon anschauen und geben Einblicke in waldbauliche Praktiken, zu denen es hier noch an Erfahrung fehlt. Die Arthäufigkeiten in den Grafiken bedienen sich unmittelbar der Evidenz aus Waldinventuren in den Analoggebieten. Daraus leiten wir eine einfache Gruppierung von Baumarten ab: solche, die ihr klimatisches Optimum schon überschritten haben (Gruppe 1), solche, die mittel- bis langfristig Stabilität versprechen (Gruppe 2) und solche, die erst in fernerer Zukunft oder bei einem harten Klimawandel an Bedeutung gewinnen (Gruppe 3). Sehr deutlich wird dabei, dass der Klimawandel ein dynamischer Prozess ist, der auch mit dem Jahr 2100 nicht zu Ende sein wird. Die Klimaentwicklung eines milden (RCP 4.5) und eines harten (RCP 8.5) Klimawandels nimmt mehr oder weniger die gleiche Richtung, nur Geschwindigkeit und Reichweite unterscheiden sich. Bei der momentanen Geschwindigkeit des Klimawandels bleibt kein Bestand für die Dauer einer Baumgeneration in seinem klimatischen Gleichgewicht.

Literatur

Das Literaturverzeichnis finden Sie am Ende des Online-Artikels auf www.lwf.bayern.de

Autoren

Dr. Susanne Brandl und Dr. Tobias Mette bearbeiten in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) das Projekt ANALOG.

Kontakt: Susanne.Brandl@lwf.bayern.de
Tobias.Mette@lwf.bayern.de

Das Projekt ANALOG

Das Waldklimafonds Projekt »ANALOG – Waldzukunft zum Anfassen« mit einer Laufzeit von 2019 bis 2022 wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Zielgebiet des Projekts ist primär das AELF Roth bei Nürnberg mit ca. 81.000 ha Waldfläche. Über Klimaanalogen wurden Regionen identifiziert, »in denen heute schon das Klima herrscht, das uns morgen erwartet«. Neben der wissenschaftlichen Ausarbeitung an der LWF sind die drei Forstbetriebsgemeinschaften Nürnberger Land, Heideck-Schwabach und Roth und Umgebung direkt in das Projekt eingebunden. Das AELF Roth ist Bindeglied zwischen Wissenschaft und Praxis. Über das Projektgebiet hinausgehend sind Flyer zu den Klimaanalogen ausgewählter Standorte hauptsächlich in Bayern, aber auch über die Grenzen hinaus, auf <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/forstliche-planung/analog-waldzukunft-zum-anfassen> verfügbar.