

Naturwaldreservate im Höhengradient als Indikatoren für den Klimawandel

Analyse zahlreicher Artengruppen im Bayerischen Wald

Markus Blaschke, Johannes Bradtka, Heinz Bußler, Hagen Fischer, Stefan Müller-Kroehling, Helge Walentowski und Anton Fischer

Der Einfluss des Klimas auf die Biodiversität ist den Menschen mindestens seit den Reisen des Alexander von Humboldt bekannt. Doch nirgendwo sonst kann man auf kurzer Distanz den Wechsel des Klimas und der Vegetation so erleben wie im Gebirge. Die Untersuchungen entlang eines über 1.000 Höhenmetern umfassenden Höhengradienten belegen die große Bedeutung von Höhenlage und Temperatur für die Zusammensetzung verschiedener Artengruppen. Die Klimaerwärmung wird vor allem für die in den höheren Lagen lebenden Arten eine ernste Bedrohung sein.

Angeregt durch einen bereits auf vier Transekten angelegten Höhengradienten im Nationalpark Bayerischer Wald (Bässler 2009) waren das Fachgebiet Geobotanik der Technischen Universität München und die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft bestrebt, einen ergänzenden Höhengradienten in Naturwaldreservaten anzulegen, der den bestehenden Gradienten insbesondere in den Höhenlagen von 300 bis 650 Metern ü. NN ergänzt sowie in höheren Lagen nördlich des Nationalparks im Bereich des Arbers abbildet.

Acht Naturwaldreservate decken den Höhengradienten im Bayerischen Wald ab

Aus dem vorhandenen Pool der Naturwaldreservate im Bayerischen Wald und im angrenzenden Neuburger Wald wurden acht Naturwaldreservate ausgewählt, um möglichst alle Höhenstufen von den Ufern an Donau und Inn bis zu den Hochlagen des Bayerischen Waldes am Arber-Gipfel abzudecken (Tabelle 1). In jedem der Reservate wurden, angelehnt an die Inventurpunkte der Forsteinrichtung, sechs Probeflächen nach einem Zufallsprinzip ausgewählt, von denen je zwei den unteren Bereich des Reservats, zwei den mittleren Bereich und zwei den obersten Bereich des Reservats repräsentieren. Da-

Tabelle 1: Die Naturwaldreservate im Höhengradienten

| Naturwald-reservat | Kurzbeschreibung | Höhe [m ü. NN] |
|--------------------|--|----------------|
| Hecke | Edellaubbaumreiche Buchenwälder mit Fichte | 310 – 405 |
| Leitenwies | Buchen- und Stieleichenwald mit Fichte | 370 – 420 |
| Frauenberg | Edellaubbaumreiche Buchenwälder mit Fichte | 460 – 650 |
| Rehberg | Fichten-Tannen-Buchenwälder | 510 – 620 |
| Rusler Wald | Fichten-Tannen-Buchenwälder auf Blockhalde | 700 – 820 |
| Rießloch | Bergmischwald | 775 – 1.035 |
| Seeloch | Hochlagen-Fichtenwald u. Bergmischwald (NNO) | 915 – 1.430 |
| Grübel | Hochlagen-Fichtenwald (SSO) | 1.170 – 1.260 |

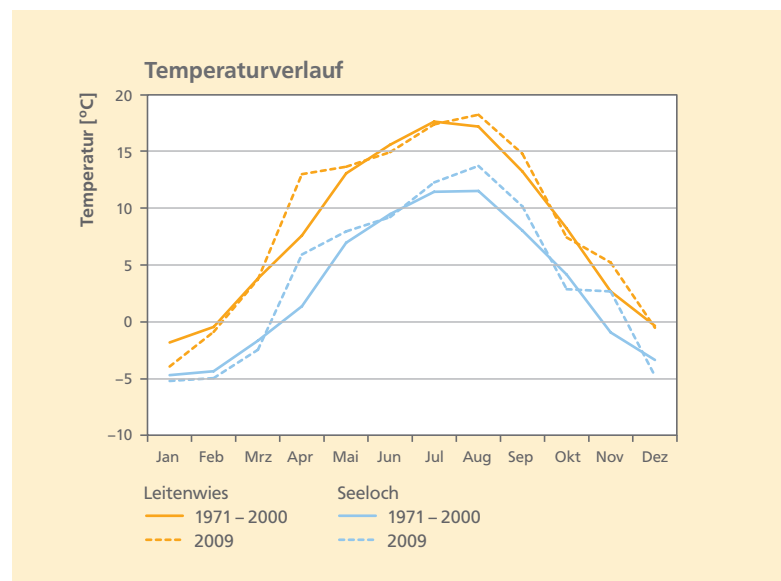


Abbildung 1: Jährlicher Temperaturverlauf auf zwei Beispielflächen im Höhengradienten aus dem Jahr 2009 und dem langjährigen Mittel von 1971 bis 2000

raus ergaben sich insgesamt 48 Probeflächen, die sich wie an einer Perlenschnur über die Höhenstufen des Bayerischen Waldes von 325 bis 1.410 Meter ü. NN aufreihen.

An jedem der 48 Punkte wurden neben einer Inventur des lebenden Baumbestandes und des Totholzes mit einer jeweils angepassten Methode die Arten aus den sieben Artengruppen Vegetation, Flechten, holzbesiedelnde Pilze, Vögel, Schnecken, holzbesiedelnde Käfer und Laufkäfer erfasst. Zudem wurden für jeden Punkt zahlreiche abiotische Parameter erhoben. Neben den Bodenparametern konnten an zehn Probeflächen die Witterungsdaten Temperatur und Luftfeuchte mit eigenen Datenloggern gemessen sowie für alle Punkte verschiedene Klimadaten aus einem Modell berechnet werden. Aus den Klimadaten wiederum konnten für alle Punkte zu erwartende Extremereignisse abgeschätzt werden, so zum Beispiel die höchste und niedrigste Tagesmitteltemperatur, der maximale Tagesniederschlag und die längsten zu erwartenden Trockenperioden innerhalb von 100 Jahren.

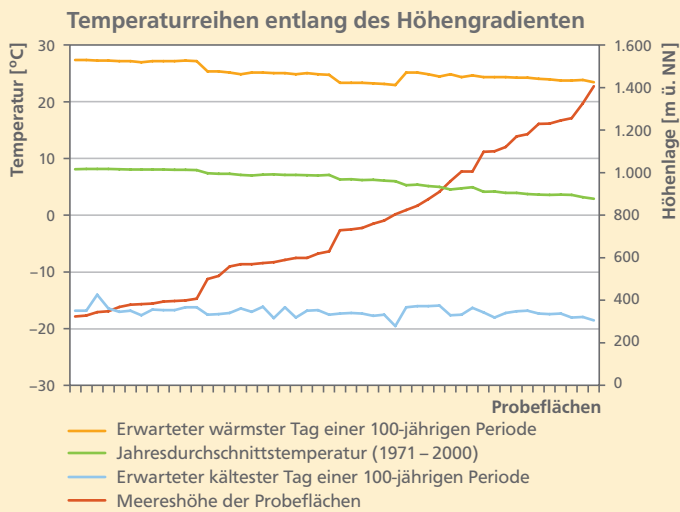


Abbildung 2: Temperaturreihen entlang des Höhengradienten

Ein kalter Winter und warme Frühjahrs- und Herbstmonate

Die Jahresverläufe der Monatsdurchschnittstemperaturen für die beiden Naturwaldreservate Leitenwies und Seeloch zeigen beispielhaft, dass die ersten drei Wintermonate des Untersuchungsjahres 2009 kälter waren als der Durchschnitt der Jahre 1971 bis 2000 (Abbildung 1). Der April sowie die Monate August, September und November lagen dagegen deutlich über dem langfristigen Mittelwert. Dies macht deutlich, dass auch in Zukunft über längere Zeiträume erhebliche Abweichungen von den Mittelwerten zu erwarten sind.

Ein Vergleich der Tagesdurchschnittstemperaturen in den Zeiten der Schneeschmelze verdeutlicht, wie die Schneedecke die Erwärmung der Lufttemperatur verzögert. Hier ist in Zeiten des Klimawandels zu vermuten, dass dieser Puffer zukünftig verloren geht und somit die Erwärmung in den Hochlagen nochmals beschleunigt wird.

Klimaextreme und Höhenverbreitung

Die zu erwartenden 100-jährigen Extremwerte für die maximale und minimale Tagestemperatur auf den einzelnen Flächen zeigen in Abhängigkeit zur Höhenlage eine flachere Verteilung als die durchschnittliche Tagestemperatur (Abbildung 2). Die Extremwerte im Höhengradienten sind im Vergleich zu den Durchschnittstemperaturen deutlich nivelliert.

Bei den maximalen Dürrezeiten zeigt sich ein zweistufiges Bild. Während im Bereich des Tieflands und des Vorderen Bayerischen Waldes überall eine Länge von etwa 35 Tagen für die längste zu erwartenden Dürreperiode abgeschätzt werden konnte, sinkt diese Zeitspanne erst in höheren Lagen des Inneren Bayerischen Waldes auf etwa 25 Tage (Abbildung 3). Unter einer Dürreperiode versteht man das Aufeinanderfolgen von Tagen mit weniger als einem Millimeter Niederschlag.

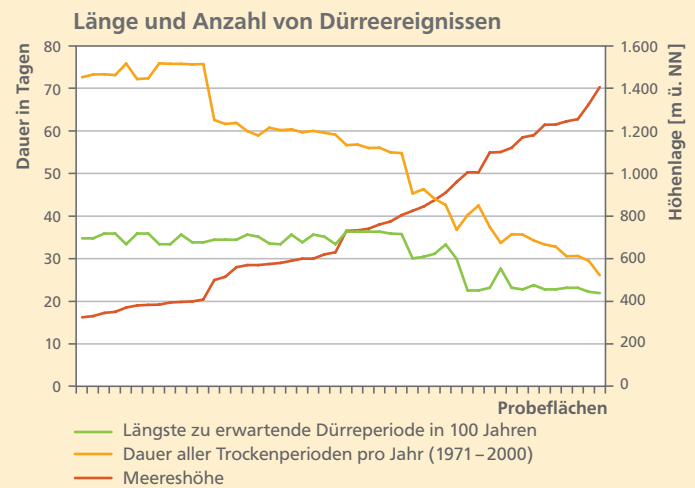


Abbildung 3: Dürreereignisse entlang des Höhengradienten

Buche, Tanne und Fichte prägen die Naturwaldreservate

Die Baumartenzusammensetzungen auf den Probekreisen bilden die zu erwartenden natürlichen Waldgesellschaften in der Region sehr gut ab. So stellen in den tiefen Lagen buchendominierte Laubmischwälder mit unterschiedlichen Baumartenanteilen die Wälder, während die mittleren Lagen von Bergmischwäldern mit Buche, Tanne und Fichte geprägt werden. In den Hochlagen über 1.100 Metern ü. NN bestimmen schließlich die Fichten das Bild (Abbildung 4).

Die Meereshöhe bestimmt die Temperatur, diese die Artenzusammensetzung

Die Artenzahlen der einzelnen Artengruppen (Tabelle 2) verhalten sich entlang des Höhengradienten ganz unterschiedlich. Während wir bei den Schnecken und den holzbesiedelnden Pilzen eine deutliche Abnahme der Artenzahlen mit der Höhe aufzeigen konnten, nahm die Artenzahl bei den Flechten wie zu erwarten mit der Höhe zu. Bei den anderen Artengruppen waren keine so deutlich ausgeprägten Tendenzen zu

Tabelle 2: Artenanzahl in den einzelnen Artengruppen

| Artengruppe | Artenzahl | Bestimmungsproben |
|------------------|-----------|-------------------|
| Gefäßpflanzen | 90 | 699 |
| Flechten | 79 | 483 |
| Vögel | 55 | 545 |
| Schnecken | 46 | 460 |
| Laufkäfer | 40 | 465 |
| Xylobionte Käfer | 170 | 570 |
| Holzpilze | 265 | 1.632 |

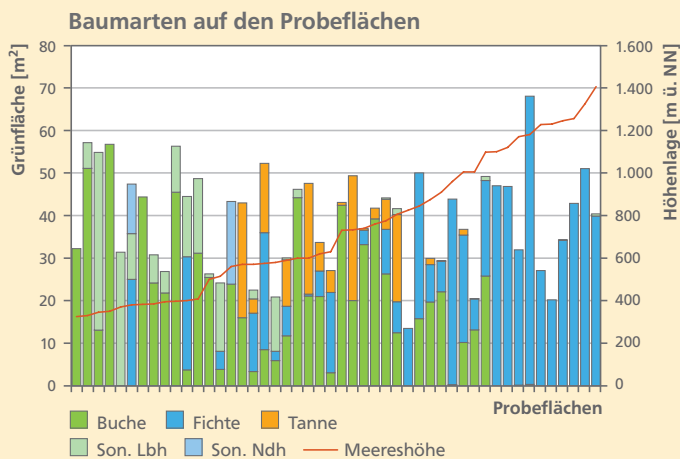


Abbildung 4: Baumartenverteilung auf den Probeflächen in acht Naturwaldreservaten entlang des Höhengradienten

erkennen. Insgesamt konnte über die hier beobachteten Artengruppen eine ausgeglichene Artenzahl über alle Höhenstufen festgestellt werden.

Mit Hilfe des statistischen Ordinationsverfahrens der DCA (*Detrended Correspondence Analysis*) wurde versucht, die Parameter für die Artenzusammensetzung der einzelnen Artengruppen zu identifizieren. Dabei zeigen sich über alle Artengruppen regelmäßig die Meereshöhe und dazu entsprechend die Jahresmitteltemperatur als die entscheidenden Faktoren. Zahlreiche weitere Faktoren schließen sich allerdings daran an. So spiegeln sich zum Beispiel auch die Baumartenzusammensetzungen in diesem Gradienten wieder. Dies gilt auch für die zu erwartenden klimatischen Extremereignisse, wie dies beispielhaft die Schnecken zeigen (Abbildung 5).

Folgen für die Artenausstattungen im Bayerischen Wald

Forschungen zu Höhengradienten nehmen weltweit im Rahmen der Klimafolgenforschung immer breiteren Raum ein (Fischer et al. 2011). Unsere Untersuchung macht dabei noch einmal deutlich, dass die Artenzusammensetzung in den verschiedenen Höhenstufen stark von der Höhenlage und den entsprechenden Temperaturverhältnissen abhängt. Daraus lässt sich schließen, dass wegen der zu erwartenden Klima- und insbesondere auch Temperaturveränderungen auch die Artenzusammensetzungen in allen Höhenlagen Veränderungen unterliegen werden. Während für die unteren und mittleren Lagen zu erwarten ist, dass es im Wesentlichen zu einer Höhenverschiebung kommen wird, sind die Arten, die insbesondere an den Fichtenhochlagenwald angepasst sind, massiv bedroht (Müller-Kroehling et al. 2009). In diesen Regionen ist in Zukunft mit den größten Veränderungen zu rechnen. Auf unseren Flächen konnten als typische Arten dieser Zone beispiel-

Schnecken und Klima-Extremwerte

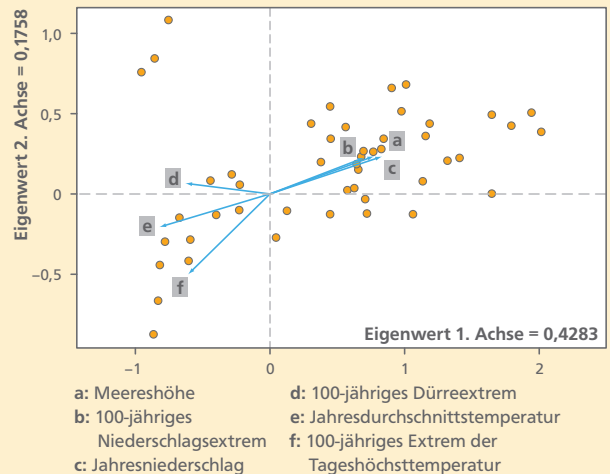


Abbildung 5: Die Ordinationstechnik der DCA zeigt, dass Meereshöhe und Jahresdurchschnittstemperatur die wichtigsten Faktoren für die Artenzönosen auf den Probekreisen des Höhengradienten sind.

haft der Alpenlattich *Homogyne alpina*, das Berg-Alpenglöckchen *Soldanella montana*, der Dünne Feuerschwamm *Phellinus viticola* und der Wald-Großlaufkäfer *Carabus silvestris* identifiziert werden. Auch die Blattflechte *Parmeliopsis hyperopta*, eine typische Vertreterin der Hochlagenwälder der Mittelgebirge, scheint dem Klimawandel zum Opfer zu fallen.

Literatur

Bässler, C.; Förster, B.; Moning, C.; Müller, J. (2009): *The BIOKLIM Projekt: Biodiversity Research between Climate Change and Wilding in a temperate montane forest – The conceptual framework*. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz, 7: S. 21–34

Fischer, A.; Blaschke, M.; Bässler, C. (2011): *Altitudinal gradients in biodiversity research: the state of the art and future perspectives under climate change aspects*. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz, in Druck

Müller-Kroehling, S.; Walentowski, H.; Bußler, H.; Kölling, C. (2009): *Natürliche Fichtenwälder im Klimawandel – hochgradig gefährdete Ökosysteme*. LWF Wissen 63: S. 70–85

Markus Blaschke, Heinz Bußler, Stefan Müller-Kroehling und Dr. Helge Walentowski sind Mitarbeiter der Abteilung »Biodiversität, Naturschutz und Jagd« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Johannes Bradtka ist Revierleiter beim Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Weiden und als Flechtenspezialist tätig. Dr. Hagen Fischer ist Mitarbeiter und Prof. Dr. Anton Fischer ist Leiter des Fachbereichs »Geobotanik« an der TU München.
Korrespondierender Autor: Markus.Blaschke@lwf.bayern.de