

Bedeutung des Klimawandels für Fauna und Flora in Deutschland und Nordeuropa

Klimawandel und Wetterextreme

Seit dem Ende der letzten Kaltzeit vor etwa 10.000 Jahren stieg die mittlere globale Oberflächentemperatur der Erde um etwa zwei Grad von 13 auf 15 Grad Celsius an. In den vergangenen 1.000 Jahren hat sich die Temperatur zwar auch verändert¹ - doch diese Schwankungen waren Teil einer natürlichen Klimavariation. Von 1880 bis 2012 erfolgte eine Erhöhung um etwa 0,85 Grad Celsius². Der Zeitraum von 1983-2012 war die wärmste 30-Jahrperiode auf der nördlichen Halbkugel seit 1300 Jahren³. Nach Angaben von Wissenschaftlern sind über 90 Prozent dieses Anstiegs auf menschliche Aktivitäten vor allem auf den Ausstoß von Treibhausgasen zurückzuführen. Setzt sich dieser Kurs fort, prognostizieren Klimatologen für die nächsten 100 Jahre eine weitere globale Erwärmung von etwa 1,1 bis 6,4 Grad Celsius. Das hat dramatische Auswirkungen auf unsere Umwelt.

Nach dem im Frühjahr 2014 vorgestellten IPCC-Bericht (Intergovernmental Panel on Climate Change) von Arbeitsgruppe II wird Klimawandel mit großer Sicherheit zum Anstieg der Aussterbewahrscheinlichkeit von landlebenden Arten im nächsten Jahrhundert beitragen. Schwierig ist aber die genaue Abschätzung dieser Aussterberisiken in Zahlen. Denn das Artensterben hat bei bestimmten Tiergruppen in den letzten Jahrzehnten zwar zugenommen, aber einzelne Fälle direkt der globalen Erwärmung zuzuschreiben ist aufgrund anderer Gefährdungen nur selten möglich. Der weltweit vorherrschende Bedrohungsfaktor ist weiterhin Landnutzungsänderung, vor allem der daraus resultierende Verlust und die Zerstückelung von Lebensräumen bedrohter Arten. Gerade jedoch diese Zerschneidung von Gebieten kann zur Bedrohung bestimmter Arten durch Klimawandel beitragen, weil sie ihnen die Möglichkeit der Anpassung an Klimawandel nimmt, beispielsweise durch Verschiebung ihrer Verbreitungsgebiete⁴.

Neueste Forschungsergebnisse zeigen, dass mit Klimawandel zusammenhängendes lokales Artensterben oft nicht mit den physiologischen Toleranzbereichen dieser Arten begründet ist sondern das Beziehungsgeflecht der Tier- und Pflanzenwelt gestört wurde. Es ist einer Art nicht einfach plötzlich „zu warm“, sondern eine Art trifft klimabedingt auf andere Arten als vorher und nimmt daher im Bestand ab, zum Beispiel durch mehr Wettbewerb um Lebensraum oder Nahrung, weniger Nahrung allgemein, oder mehr Befraß durch Raubfeinde. Diese zwischenartlichen Beziehungen sind allerdings nicht ausreichend erforscht und modelliert, was die Vorhersagbarkeit der negativen Auswirkungen des Klimawandels auf Arten weltweit erschwert.⁵

Beobachtungsdaten zeigen, dass es auch in Deutschland in den vergangenen 100 Jahren wärmer geworden ist. Der Winter 2006/2007 war der wärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1861. Die Sommer werden in Deutschland immer trockener. Im Vergleich zum Zeitraum zwischen 1986 bis 2005 wird für den Zeitraum 2080 bis 2100 je nach Szenario eine durchschnittliche globale Erwärmung von 0,3 bis 4,8 °C prognostiziert⁶. Wie reagieren die Tier- und Pflanzenarten in Deutschland auf die veränderten Temperaturbedingungen? Blühen die Pflanzen eher? Bleiben die Zugvögel hier? Lässt der Bär die Winterruhe ausfallen?

¹ Den Wikingern ermöglichte eine Warmzeit zur ersten Jahrtausendwende die Besiedlung Grönlands, der Zeitraum ab 1400 wird häufig als Kleine Eiszeit titulierte.

² IPCC, 2013.

³ IPCC, 2013.

⁴ IPCC (2014), Kapitel 4

⁵ IPCC (2014), Kapitel 4

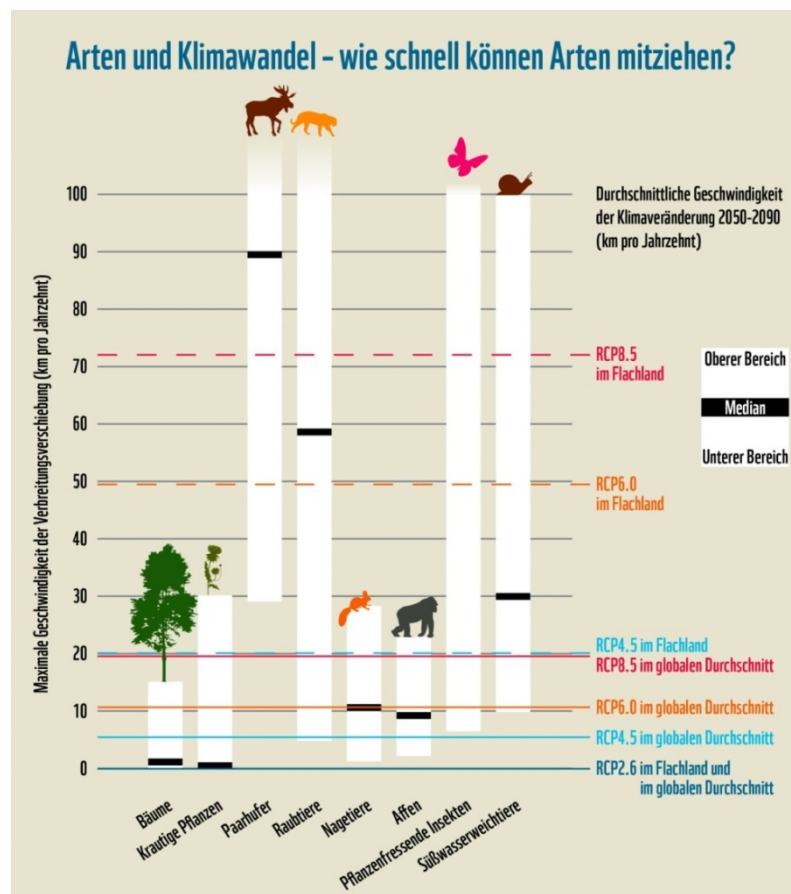
⁶ Collins et al., 2013

Verhalten, Entwicklung und Verbreitungsgebiete von Arten haben sich unter anderem auf Grund der Klimaänderung weltweit schon verändert. Untersuchungen konnten zum Beispiel nachweisen, dass sich die Verbreitungsgebiete zahlreicher Pflanzen- und Tierarten pro Jahrzehnt durchschnittlich um etwa 17 Kilometer in Richtung Pole bzw. in Gebirgen rund elf Meter aufwärts verschieben⁷. Gleichzeitig zeigen Forschungsergebnisse aber auch, dass Arten nicht immer mit Wanderungen nach Norden oder bergauf auf Klimawandel reagieren, was unter anderem auf komplizierte Interaktionen zwischen Landnutzungsänderungen, globaler Erwärmung und Änderung in Niederschlagsmustern zurück zu führen ist⁸. Die Frage bleibt aber: Was bedeutet der Klimawandel für unsere heimische Flora und Fauna und welche Veränderungen sind bereits zu bemerken?

Schritthalten mit dem Klimawandel?

Wenn sich klimawandelbedingt die möglichen Verbreitungsgebiete von Tier- und Pflanzenarten polwärts und vertikal verschieben, ist die entscheidende Frage für das Überleben einer Art, ob sie ihr *tatsächliches* Verbreitungsgebiet schnell genug verschieben kann, um mit den Verschiebungen ihres *möglichen* Verbreitungsgebiets Schritt zu halten. Hier sind Arten benachteiligt, die lange Generationszeiten haben oder sich nur über kurze Strecken bewegen können. Benachteiligt sind aber auch Arten, die in flachen Regionen leben, weil sich klimatische Bedingungen dort erst über deutlich längere räumliche Distanzen verändern als in bergigen Regionen⁹.

Vorhersagen zeigen, dass in flachen Regionen für mittlere bis hohe Szenarien der Erwärmung nur wenige Tiergruppen mit klimawandelbedingten Verbreitungsgebietsverschiebungen schritthalten können, darunter Paarhufer, Raubtiere und pflanzenfressende Insekten. Nagetiere und Primaten haben größere Probleme mit der Klimawandelanpassung durch Migration. Noch schlechter sieht es für Bäume und krautige Pflanzen aus. Die folgende Grafik illustriert, wie bei manchen Artengruppen die maximale Geschwindigkeit der Verschiebung ihrer Verbreitungsgebiete zu gering sein kann, um mit der Geschwindigkeit der vorhergesagten Klimaveränderung schrittzuhalten (RCP sind verschiedene Klimaszenarien in aufsteigendem Grad der Erwärmung).



⁷ I-Ching Chen et al., 2011

⁸ IPCC (2014), Kapitel 4

⁹ IPCC (2014), Kapitel 4

Tierwelt

Auch die Tierwelt wird durch die globale Erwärmung beeinflusst. Einige absehbare Entwicklungen sind:

- Polwärtige Verschiebung der Verbreitungsgebiete
- Ausbreitung heimischer und nicht-heimischer wärmeliebender Arten in Deutschland
- Rückgang von kaltebedürftigen Arten
- Veränderung der zeitlichen Abfolge von Lebensstadien (Paarungszeit, Eiablage etc.) zahlreicher Tierarten, was sich auch negativ auf Nahrungsketten auswirken kann.

Mobilere Arten, wie viele Vogel- und Insektenarten, werden auf die Veränderungen ihrer Lebensräume schneller reagieren als weniger mobile Arten, wie die meisten Amphibien und Reptilien. Im Flachland ist es für Tiere schwieriger als in bergigen Gebieten, durch Verschiebung ihrer Verbreitungsgebiete mit dem Klimawandel Schritt zu halten, weil in flacheren Gebieten sich die klimatischen Bedingungen nur über deutlich längere räumliche Distanzen verändern (siehe oben)¹⁰. Im Bergland kommt erschwerend hinzu, dass in Gipfelregionen irgendwann keine Wanderungen nach oben mehr möglich sind. Allgemein gilt auch für Tierarten: Anpassungsfähige Arten (Generalisten) werden von Klimawandel auf Kosten hochspezialisierter Arten (Spezialisten) profitieren.

Säugetiere

Auch auf unsere heimischen Säugetiere wirkt sich der Klimawandel aus. Diese Auswirkungen sind meist indirekt und erfolgen über die Veränderung von Lebensräumen, Nahrungsangebot und daraus resultierenden neuen Konkurrenzverhältnissen. Profitieren werden auch hier die Generalisten und wärmeliebenden Arten gegenüber spezialisierten, weniger wärmebedürftigen Tieren. Von 120 untersuchten terrestrischen Säugetierarten in Europa wird vorausgesagt, dass ohne Möglichkeiten der Migration bis zum Ende des 21. Jahrhunderts 5-9% der Arten durch Klimawandel aussterben und 70-78% stark gefährdet (Verlust von über 30% ihres heutigen Verbreitungsgebiets) sein werden. Selbst wenn die Arten ihre Verbreitungsgebiete beliebig weit verschieben können – eine unrealistische Modellannahme zu Demonstrationszwecken – liegen die Prognosen noch bei 1% durch Klimawandel aussterbenden und 32-46% stark gefährdeten Arten¹¹.

Schon heute konnten bedingt durch Erwärmung bei einigen Säugetierarten Verhaltensänderungen beobachtet werden.

Beispiel Siebenschläfer (*Glis glis*): In einer Langzeitstudie über 30 Jahre wurde ein deutlich vorfrühtes Aufwachen des Siebenschläfers aus dem Winterschlaf festgestellt. Das Erwachen des Kleinsäugers war um durchschnittlich vier Wochen früher im Jahr, so dass die Tiere häufig bereits im Mai erscheinen. Dieses Verhalten kann die Konkurrenz zwischen höhlenbrütenden Singvögeln und Siebenschläfern um Nisthöhlen erhöhen. Bezogen die Siebenschläfer um 1970 die Bruthöhlen erst im Juni, so fällt dies heute immer häufiger mit der Bebrütung oder Eiablage bestimmter Vogelarten zusammen. Trifft der Siebenschläfer auf die Vogelbrut so frisst er diese. Auswirkungen dieser Entwicklung können Populationsrückgänge der betroffenen Singvogelarten wie zum Beispiel vom **Trauerschnäpper** sein¹² oder für **Meisen** und **Kleiber** (siehe unten).

Beispiel Braunbär (*Ursus arctos*): Werden die Winter milder und ist somit ein ausreichendes Nahrungsangebot vorhanden, kann es besonders in den wärmeren, südlichen Regionen ihres europäischen Ausbreitungsgebietes wie Italien dazu führen, dass die Braunbären keine Winterruhe halten bzw. diese deutlich verkürzt ist. Das Phänomen, dass Braunbären im Winter aktiv bleiben, ist nichts Neues. Auch in der Vergangenheit konnte man im Winter in den Alpen immer wieder Bären antreffen. Ob und wie lange Braunbären Winterruhe halten, ist neben der Temperatur und vorhandener Nahrung von weiteren Faktoren (Störungen, Beschaffenheit des Winterlagers) abhängig.

Vögel

Die globale Klimaerwärmung beeinträchtigt auch das Überleben vieler Vogelarten. Betroffen sind davon vor allem Arten, die an besondere Umweltbedingungen angepasst und von diesen abhängig sind wie Gebirgs-, Küsten-, Insel- und arktische Arten. Insgesamt werden sich passende Brutge-

¹⁰ IPCC (2014), Kapitel 4

¹¹ Levinsky et al., 2007

¹² Pampus, 2005

biere für europäische Zugvögel im Durchschnitt bis 2100 um 550 km nach Nordosten verschieben; der Lebensraumverlust ist dabei größer für berglebende Arten¹³.

Zugvögel: Der Klimawandel hat schon jetzt den jahreszeitlichen Rhythmus vieler Zugvögel beeinflusst.

- Veränderter Zugzeitraum: Forscher auf Helgoland konnten innerhalb von 47 Jahren (1960 bis 2007) vor allem bei Kurz- und Mittelstreckenziehern beobachten, dass 24 Zugvogelarten ihren Heimzugszeitraum im Frühjahr im Durchschnitt um 8,6 Tage (das heißt, 1,8 Tage pro Jahrzehnt) vorverlegt haben und somit auch ihre Brutzeit früher beginnt. So hat sich die mittlere Heimzugzeit zum Beispiel bei der **Klappergrasmücke** (*Sylvia curruca*) und bei dem **Zilpzalp** (*Phylloscopus collybita*) fast 14 Tage, bei der **Waldschnepfe** (*Scolopax rusticola*) fast 15 Tage und bei der **Mönchsgrasmücke** (*Sylvia atricapilla*) sogar fast 17 Tage vorverlegt¹⁴.

Auch das Wegzugsdatum hat sich über die Jahrzehnte im Jahr nach hinten verschoben. Dies wurde zum Beispiel bei der **Amsel** beobachtet, wobei die Verzögerung des Wegzugs nicht so eindeutig ausfällt wie die Verfrühung des Heimzugs. Manche Arten können damit im Spätsommer sogar noch eine zusätzliche Brut aufziehen¹⁵.

- Verzicht auf Wegzug: Auch der Anteil der hierzulande überwintrenden Arten hat zugenommen. So verzichten zum Beispiel **Sommergoldhähnchen** (*Regulus ignicapillus*), **Amsel**, **Singdrossel** (*Turdus philomelos*), **Zilpzalp** und **Hausrotschwanz** (*Phoenicurus ochruros*) gelegentlich auf ihren Zug in wärmere Gebiete¹⁶. Auch **Kraniche** (*Grus grus*), die normalerweise den Winter in Spanien und Portugal verbringen, bleiben zum Teil zu Tausenden in Deutschland. Sinken die Wintertemperaturen bedingt durch die Klimaänderung nicht mehr so tief, finden die Vögel auch im Winter ausreichend Nahrung zum Überleben.
- Andere Zugrichtung: Andere Vogelarten haben sich zeitweise, aber auch dauerhaft neue nördlichere Überwinterungsgebiete gesucht. So überwintert zum Beispiel die **Mönchsgrasmücke** größtenteils nicht mehr im Mittelmeerraum und Afrika, sondern ein Teil der mitteleuropäischen Population zieht im Winter auf die Britischen Inseln¹⁷. Auch beim **Sperber** (*Accipiter nisus*) und dem **Kiebitz** (*Vanellus vanellus*) wurde eine deutliche Verkürzung der Zugstrecke beobachtet¹⁸.

Verlierer: Gegenüber den Kurzstreckenziehern ist das Zugverhalten der Langstreckenzieher oft genetisch stärker fixiert und passt sich weniger den veränderten Klimabedingungen an. Aufgrund des früher beginnenden Frühlings kommen einige Arten zu spät in Europa an und verpassen den Zeitpunkt der höchsten Insektdichte. Die Folge des geringeren Nahrungsangebots bei der Jungenaufzucht ist unter anderem ein nachlassender Bruterfolg. Bei **Trauerschnäppern** (*Ficedula hypoleuca*) in den Niederlanden gingen beispielsweise diejenigen Populationen um bis zu 90% zurück, in denen die Erwärmung zu einem Verschieben der Zeiträume mit höchstem Nahrungsangebot führte, nicht aber solche Populationen, in denen das Nahrungsangebot konstant blieb¹⁹.

Wie oben beschrieben, wirkt sich der Klimawandel häufig nicht direkt auf einzelne Arten aus, sondern stört das empfindliche Beziehungsgefüge zwischen den Arten. In der Tschechischen Republik wachen zum Beispiel **Siebenschläfer** (*Glis glis*, siehe oben) früher aus dem Winterschlaf auf, wodurch ihr Aktivitätszeitraum sich stärker mit der Nistperiode von einheimischen Vögeln überschneidet, die nicht auf Erwärmung reagieren. Nun leiden von **vier untersuchten Brutvogelarten** gerade die drei Arten, die nicht früher nisten (Blaumeise, Kohlmeise und Kleiber), stärker als noch vor 20 Jahren unter dem Befraß ihrer Jungen durch Siebenschläfer²⁰. In Finnland hingegen kehren ziehende **Trauerschnäpper** (*Ficedula hypoleuca*) nun früher aus den Winterquartieren zurück und machen dadurch den vor Ort überwintrenden **Kohlmeisen** (*Parus major*) stärkere Konkurrenz um vorhandene Nisthöhlen und -kästen²¹. Und den in Deutschland vom Aussterben bedrohten **Auerhühnern** (*Tetrao urogallus*) könnte der Klimawandel sogar ihre gesamte winterliche Nahrungsgrundlage entziehen. Sie finden weniger Fichten- und Kiefer-

¹³ IPCC (2014), Kapitel 23

¹⁴ Hüppop et al, 2008

¹⁵ Ebd.

¹⁶ Peintinger & Schuster, 2005

¹⁷ Berthold et al., 1992

¹⁸ Fiedler 2008

¹⁹ Both et al, 2006

²⁰ Adamík & Král, 2008

²¹ Ahola et al., 2007

nadeln, weil diese Baumarten ihre Verbreitungsgebiete verschoben haben, die Auerhühner als schwere Standvögel aber nicht mitziehen können²².

Doch auch einige Langstreckenzieher – also solche europäischen Brutvogelarten, die den Winter in Afrika verbringen – haben sich an den veränderten jahreszeitlichen Rhythmus angepasst. So ist die frühere Heimkehr mancher Langstreckenzieher im Frühling teilweise auch auf die Verkürzung ihrer Zugstrecken zurückzuführen. **Rauch-** und **Mehlschwalben** (*Hirundo rustica* und *Delichon urbica*) und **Mauersegler** (*Apus apus*) zum Beispiel überwintern schon in großen Zahlen in Südspanien, anstatt den Weg nach Afrika anzutreten. **Rauchschwalben** wurden schon beim Überwintern am Genfer See beobachtet, und von **Schwarzmilanen** (*Milvus migrans*) sind Überwinterungsplätze einiger hundert Individuen auf Müllplätzen im Mittelmeergebiet bekannt²³. Unter **100 untersuchten europäischen Zugvogelarten** zeigten diejenigen zwischen 1990 und 2000 einen Populationsrückgang, die ihr Ankunftsdatum im Frühjahr nicht der regionalen Erwärmung entsprechend vorgezogen hatten. Arten, die früher im Frühjahr zurückkehrten, hatten hingegen stabile oder wachsende Populationen²⁴.

Gewinner: Durch die globale Klimaerwärmung werden auch wärmeliebende, ursprünglich südeuropäische Vogelarten ihr Brutgebiet nach Norden ausdehnen. Festgestellt wurde dies bereits für den **Seidenreiher** (*Egretta garzetta*), **Bienenfresser** (*Merops apiaster*) und **Orpheusspötter** (*Hippolais polyglotta*). Über hundert Paare, des ursprünglich aus den Tropen und Subtropen stammende Bienenfressers, brüten heute am Oberrhein und in Sachsen-Anhalt. Auch in Dänemark wurden schon Brutpaare beobachtet. Arktische Arten, die sonst regelmäßig in Mitteleuropa überwintern, sind dagegen in den letzten Jahren zum Teil hier seltener geworden und überwintern jetzt bereits in nördlicheren Gebieten. Dies betrifft zum Beispiel **Ohrenlerche** (*Eremophila alpestris*), **Schneeammer** (*Plectrophenax nivalis*) und **Rauhfußbussard** (*Buteo lagopus*).

Standvögel: In Mitteleuropa überwinternde Vögel wie **Meisen** (*Paridae*) und **Kleiber** (*Sittidae*) haben durch die milderen Winter deutlich höhere Überlebenschancen und können im Frühjahr die besten Brutplätze besetzen, bevor die ziehenden Arten zurückkehren. Außerdem ist es möglich, dass durch Klimawandel ausgelöste Effekte durch andere Faktoren ausgeglichen werden. Bei **Kohlmeisen** (*Parus major*) zum Beispiel hat die Erwärmung zwar zu einem Ungleichgewicht von Hauptbrutzeit und höchstem Nahrungsangebots geführt, wodurch weniger Jungvögel aufgezogen werden. Weil diese aber untereinander weniger in Konkurrenz um die verfügbaren Nahrungsressourcen stehen, nimmt die Meisenpopulation trotz des klimawandelbedingten Ungleichgewichts nicht ab²⁵. Aber nicht alle Veränderungen durch Klimawandel wirken sich auf Populationsgrößen aus. Beim **Waldkauz** (*Strix aluco*) zum Beispiel, den es in zwei genetisch bestimmten Farbvarianten gibt, haben in Finnland weniger schneereiche Winter dazu geführt, dass der Anteil an braunen relativ zu grauen Käuzen von etwa 10% auf über 40% zugenommen hat, weil nun braune Käuze im Winter nicht mehr unter ihrer schlechten Tarnung leiden²⁶.

Insekten

Die Körpertemperatur von Insekten ist weitgehend von der umgebenden Temperatur abhängig. Damit reagieren sie besonders stark auf Temperaturveränderungen. Es gibt bereits Belege dafür, dass sich Verbreitungsgebiete und Artenzusammensetzung mitteleuropäischer Insekten mit der globalen Erwärmung verändert haben.

Gewinner: Seit etwa 1980 wird die Einwanderung zahlreicher wärmeliebender Insektenarten nach Deutschland beobachtet. So haben sich viele ursprünglich mediterrane Arten in den letzten zwei Jahrzehnten sogar bis nach Großbritannien und sogar Skandinavien ausbreiten können. Hierzu zählen Arten wie die **Feuerlibelle** (*Crocothemis erythraea*) oder die **Südliche Mosaikjungfer** (*Aeshna affinis*). Auch afrikanische Libellenarten wie der **Gefleckte Sonnenzeiger** (*Trithemis kirbyi*) sind schon in Mitteleuropa angekommen und breiten sich Richtung Norden aus²⁷.

Milde Winter in unseren Breiten könnten zudem dazu führen, dass es bei Schadinsekten zum Massenaufreten kommt. Eine Ausbreitung wärmeliebender Schädlinge wie dem **Eichenprozessionsspinner** (*Thaumetopoea processionea*) und **Borkenkäfer** (*Scolytidae*) konnte bereits in den letzten Jahren auch in Deutschland beobachtet werden. Besonders in trockenen, heißen Jah-

²² Knauer, 2014

²³ Peintinger & Schuster, 2005

²⁴ Möller et al., 2008

²⁵ Reed et al., 2013

²⁶ Karel et al., 2011

²⁷ Epple et al. 2010

ren, wie 2003, führte ihr massenhaftes Auftreten zu starken Baumschäden in Wäldern. Auch die Ausbreitung von **Zecken** (*Ixodida*) und der von ihnen übertragenen Krankheiten wird mit der Klimaerwärmung in Verbindung gebracht.

Experten rechnen durch die Erwärmung des Klimas in Mitteleuropa auch damit, dass sich Krankheitsüberträger aus den Tropen, wie zum Beispiel die **Asiatische Tigermücke** (*Stegomyia albopicta*), eine Überträgerin des Denguefiebers, weiter Richtung Norden ausbreitet²⁸.

Verlierer: Bedingt durch den Klimawandel werden besonders spezialisierte Insektenarten gegenüber mobilen, anspruchslosen Arten zurückgehen. Neben der globalen Klimaänderung beeinflusst die Zerstörung von Lebensräumen wie etwa von Feuchtgebieten das Überleben der Spezialisten. Die Erwärmung könnte zum Beispiel das Aus für kälteresistente Libellenarten wie die in Deutschland heimische **Große Moosjungfer** (*Leucorrhinia pectoralis*) und ihre kleine Verwandte die **Kleine Moosjungfer** (*Leucorrhinia dubia*) bedeuten.

Auch Spezialisten wie der **Natternwurz-Perlmutterfalter** (*Boloria titania*) – momentan in Deutschland auf den Alpenraum und einige süddeutsche Mittelgebirge beschränkt – könnten unter dem Klimawandel leiden, weil sich die möglichen Verbreitungsgebiete des Falters und seiner Wirtspflanzen so verschieben, dass deren Überlappungsbereich deutlich kleiner wird²⁹.

Grundsätzlich kann das Verschwinden bestimmter Insektenarten fatale Konsequenzen für andere Arten mit sich bringen. Zum Beispiel sind viele Insektenarten Blütenbestäuber vieler heimischer Pflanzenarten und Nahrung zahlreicher Tierarten.

Amphibien und Reptilien

Amphibien- und Reptilienarten sind zumeist nicht so mobil wie andere Tiergruppen und daher besonders den Auswirkungen des Klimawandels ausgesetzt. Eines der größten Probleme für die Amphibienpopulationen durch den globalen Klimawandel ist der Verlust an Lebensraum. Global sind Amphibien die Tiergruppe, bei der das Aussterben einzelner Arten stärker vom Klimawandel beeinflusst wird. Die größte Gefährdung geht dabei weiterhin von *Klimawandel in Kombination mit anderen Bedrohungsfaktoren* aus³⁰. Dürren und zu geringer Niederschlag können die Feucht-lebensräume oder Gewässer der Amphibien austrocknen, was Populationseinbrüche nach sich zieht. Fehlender Niederschlag im Winter kann dazu führen, dass kleinere Gewässer bis zum Grund durchfrieren und überwinterte Amphibien sterben³¹.

In neueren Publikationen wird der vermehrte Ausbruch der Pilzinfektion Chytridiomykose bei Amphibien mit regionaler Erwärmung und möglicherweise auch globalem Klimawandel in Bezug gebracht. Diese Krankheit ist mittlerweile fast weltweit verbreitet und zieht bei Infektion oftmals das Aussterben ganzer Populationen nach sich. Besonders in Süd- und Mittelamerika bedroht Chytridiomykose das Überleben von Amphibienbeständen³². Auch in Deutschland sind mittlerweile heimische Amphibienarten von der Krankheit betroffen. Der Pilz wurde in einer Untersuchung von 2003-2010 bei fast allen Amphibienarten in 53 von 156 untersuchten Populationen nachgewiesen. Besonders betroffen waren **Wasserfrösche** (*Pelophylax spp.*), **Bergmolch** (*Ichthyosaura alpestris*) und **Gelbbauchunke** (*Bombina variegata*)³³.

Auch Reptilien sind zum Teil auf Feuchtgebiete angewiesen und somit von Habitatverlust durch fehlenden Niederschlag betroffen. Eine weitere potenzielle Gefahr ist, dass durch die steigenden Außentemperaturen das Geschlechterverhältnis beeinflusst wird. So schlüpfen zum Beispiel bei der in Deutschland vom Aussterben bedrohten **Europäischen Sumpfschildkröte** (*Emys orbicularis*) bei Bebrütungstemperaturen der Eier von unter 28 Grad Celsius ausschließlich Männchen und über 29,5 Grad Celsius nur Weibchen. Bei Temperaturen zwischen 28 und 29,5 Grad Celsius kommt es zu einem gemischten Geschlechterverhältnis. Steigt also die Temperatur während der Ausbrütung nur leicht an, könnten als Folge nur weniger oder gar keine Männchen mehr schlüpfen, was zu einem Populationseinbruch der Art führen würde³⁴.

²⁸ Spiegel Online, 25.04.2012

²⁹ Feehan et al., 2009

³⁰ IPCC (2014), Kapitel 4

³¹ Ebd.

³² Skerratt et al., 2007

³³ Ohst et al., 2011

³⁴ Pampus, 2005

Pflanzenwelt

Der Klimawandel bringt ein breites Spektrum an Veränderungen für die Pflanzenwelt mit sich: Pflanzen werden sich mit höheren Temperaturen, größerer Trockenheit oder stärkerer Feuchte, veränderter Verteilung der Niederschläge und erhöhtem Kohlendioxid (CO₂)-Gehalt konfrontiert. Einige Veränderungen bei Pflanzen und Pflanzengesellschaften sind schon jetzt zu beobachten.

Längere Vegetationszeit: Bedingt durch den Klimawandel treiben viele Pflanzen früher aus und blühen früher, werfen ihre Blätter aber erst später im Jahreszyklus ab. Andererseits kann regional die durch den Klimawandel bedingte größere Trockenheit zu vorzeitigem Blattfall führen, so dass sich die Vegetationsperioden einiger Pflanzen verkürzen. Untersuchungen verschiedener Arten und geographischer Regionen in Europa zwischen 1971 und 2000 haben gezeigt, dass Frühlings- und Sommererscheinungen (Blattaustrieb, Blütenbildung, Fruchtbildung) durchschnittlich 2,5 Tage pro Jahrzehnt früher auftreten³⁵. In Deutschland beginnen die Vegetationsphasen der natürlichen Vegetation sowie der landwirtschaftlich angebauten Pflanzen (z.B. Winterroggen) und Obstbäume (z.B. Apfel- und Kirschbäume) heute um etwa acht Tage früher als noch Ende der 80er Jahre. Die Forsythienblüte hat sich in Hamburg seit 1945 um etwa vier Wochen verfrüht³⁶. In Hessen beginnt das Schneeglöckchen mittlerweile 3,4 Tage und die Haselnuss 5,5 Tage eher pro Dekade zu blühen³⁷. Ein durch milde Wintertemperaturen sehr früher Laubaustrieb und eine vorverlegte Blütezeit bergen aber die Gefahr, dass Pflanzen durch Spätfröste im Frühjahr in ihrer Entwicklung beeinträchtigt werden.

Andere Verbreitungsgebiete: Als Folge der Klimaänderungen verlagerten beispielsweise einige atlantische bis mediterrane Moosarten sowie subatlantische Flechtenarten ihre Verbreitungsgebiete nordwärts nach Mitteleuropa, einige 100 Kilometer entfernt von ihrer bisherigen natürlichen Verbreitungsgrenze³⁸. Neben großräumigen polwärtigen Vegetationsverschiebungen gibt es auf Grund des veränderten Klimas auch kleinräumige Verschiebungen in den Höhenstufen der Gebirge. Für die Alpen wurde das maximale Höherwandern von alpinen Pflanzenarten mit vier Metern pro Dekade beziffert³⁹.

Arten, die in Gebirgen oder höheren, kühleren Breiten vorkommen, können bei fortschreitender Erwärmung nicht beliebig weit aufwärts oder polwärts wandern. Ihre Ausweichmöglichkeiten enden am Berggipfel bzw. an den Polen. In Europa wird dabei eine Zunahme der Anzahl an Pflanzenarten in nördlichen Bergregionen und eine Abnahme in mediterranen Bergregionen vorher gesagt, die insgesamt zu einer Homogenisierung der Flora mit abnehmender gesamter Artenzahl führt⁴⁰. Dabei könnten 60% der bergbewohnenden Pflanzenarten bis 2100 aussterben⁴¹.

Veränderte Pflanzengesellschaften: Bedingt durch den Klimawandel steigen vielerorts die Durchschnittstemperaturen und es kommt zu einer Verringerung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers. Dadurch haben wärmebedürftige Pflanzenarten trockener Standorte einen Vorteil gegenüber weniger wärmebedürftigen Arten. Die Folge ist das **lokale Aussterben von Arten und Pflanzengesellschaften**, die den veränderten Umweltbedingungen nicht standhalten.

Für einige Baumarten bedeutet die Verschlechterung der Wasserversorgung Trockenstress und in der Folge vermindertes Wachstum sowie Dürreschäden. Besonders die Fichte (*Picea abies*), eine der häufigsten (angebauten) Baumarten Deutschlands, wird unter höheren Temperaturen und damit einhergehender Trockenheit leiden. Sie bevorzugt kühle und feuchte Standorte. Zudem ist die Fichte gegenüber den indirekten Auswirkungen des Klimawandels besonders anfällig, wie dem Schädlingsbefall durch **Borkenkäfer** (*Scolytidae*) und Windwurf durch extreme Stürme⁴². Für ganz Europa ebenfalls vorausgesagt wird ein starker Rückgang des Verbreitungsgebiets der in Möbel-, Bau- und Papierindustrie weit genutzten **Wald-Kiefer** (*Pinus silvestris*), einer in Deutschland weit verbreiteten (angebauten) Baumart⁴³.

Die höheren Temperaturen machen wärmeliebende Pflanzenarten allgemein konkurrenzfähiger und fördern damit auch das Einwandern bzw. die Verbreitung von wärmeliebenden **Neophyten**

³⁵ Menzel et al., 2006

³⁶ Pampus, 2005

³⁷ Streitfert et al., 2005

³⁸ Pampus, 2005

³⁹ Grabherr et al., 1994

⁴⁰ IPCC WGII AR5, Ch.4, 2014

⁴¹ Feehan et al., 2009

⁴² UBA, 2006

⁴³ Casalegno et al., 2010; Giuggula et al., 2010

(gebietsfremden Pflanzenarten) in unseren Breiten. Von Süddeutschland aus breitet sich zum Beispiel seit den 1990er Jahren **Ambrosia** (*Ambrosia artemisiifolia*) aus, ein ursprünglich aus Nordamerika stammendes Korbblütengewächs. Diese Art kann heftige Allergien bei Menschen auslösen⁴⁴.

Veränderte Pflanzeigenschaften: Ein höherer Anteil der Treibhausgase wie CO₂ in der Atmosphäre kann zunächst durchaus einen positiven Einfluss auf die Wuchsleistung der Bäume haben. Sie haben einen düngenden Effekt. Andererseits kann eine erhöhte CO₂-Konzentration beispielsweise zur Abnahme des Zellulosegehalts bei **Kiefern** (*Pinus spp.*) führen und deren Holzstruktur verändern⁴⁵. Zellulose ist die Gerüstsubstanz der Pflanzenzellen und gibt der Pflanze die nötige Stabilität für ihr Größenwachstum. Eine erhöhte Temperatur kann zudem den Anteil weiterer Pflanzeninhaltsstoffe verändern. Insgesamt können diese Veränderungen in der Holzstruktur den Baum anfälliger für Schädlinge oder Belastung durch Stürme machen.

Weitere Informationen:

- <http://www.wwf.de>
- <http://www.ipcc.ch/>
- http://www.bfn.de/0304_klimawandel-fauna-pdm.html

Quellen:

- Adamik, P., and Kral, M. (2008). Climate- and resource-driven long-term changes in dormice populations negatively affect hole-nesting songbirds. *Journal of Zoology*, 275: pp. 209-215
- Ahola, M.P., Laaksonen, T., Eeva, T., and Lehikoinen, E. (2007). Climate change can alter competitive relationships between resident and migratory birds. *Journal of Animal Ecology*, 76: pp. 1045-1052
- Berthold, P., Helbig, A.J., Querner, U. (1992). Rapid microevolution of migratory behavior in a wild bird species. *Nature* 360: pp. 668-670
- Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. M., 1 & Visser, M.E. (2006). *Climate change and population declines in a long-distance migratory bird*. *Nature* 441: pp.81-83
- Casalegno, S., G. Amatulli, A. Bastrup-Birk, and T. Houston (2007). Modelling current and future distribution of European forest categories. Proceedings of the 6th European Conference on Ecological Modelling: Challenges for ecological modelling in a changing world: Global Changes, Sustainability and Ecosystem Based Management, 27-30, November 2007, Trieste, Italy, pp. 1-2.
- Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichefet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner (2013). Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Epple, C., Korn, H., Kraus, K., Stadler, J. (Bearb.) (2010). *Biologische Vielfalt und Klimawandel*. BfN-Skripten 274. Bundesamt für Naturschutz
- Feehan, J., M. Harley, and J. Van Minnen, (2009). Climate change in Europe. 1. Impact on terrestrial ecosystems and biodiversity. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: pp. 409-421
- Fiedler, W. (2008). *Zugstrecken ändern sich*. *Der Falke* 55: pp. 305- 309
- Grabherr, G., Gottfried, M. & Pauli, H. (1994). *Climate effects on mountain plants*. *Nature* 369: pp. 448-448
- Giuggiola, A., Kuster, T.M., Saha, S. (2010) Drought-induced mortality of Scots pines at the southern limits of its distribution in Europe: causes and consequences. *Journal of Biogeosciences and Forestry* 3: pp. 95-97

⁴⁴ Pampus, 2005

⁴⁵ Ebd.

- Hüppop, K., Hüppop, O., Bairlein, F. (2008). *Immer früher wieder zurück: Veränderung von Zugzeiten*. Der Falke 55: pp. 294- 299
- I-Ching Chen, Hill, J.K., Ohlemüller, R., Roy, D.B., Thomas, C.D. (2011). *Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming*. Science 333: p. 1024
- IDW (2011). *Klimawandel beeinträchtigt die Biodiversität und die natürlichen Lebensgrundlagen*. Pressemitteilung, 23.05.2011. Informationsdienst Wissenschaft. <http://idw-online.de/pages/de/news424412> (Zugriff 24.03.2014)
- IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC (2014). Working Group II, Fifth Assessment Report. Final Draft. 28 Oktober 2013.
- Karell, P., Ahola, K., Karstinen, T., Valkama, J., and Brommer, J.E. (2011). Climate change drives microevolution in a wild bird. Nature Communications 2: 1-7
- Knauer, R. (2014). Wie reagiert die Natur im Klimawandel? 23.03.2014. <http://www.spektrum.de/alias/oekologie/wie-reagiert-die-natur-im-klimawandel/1258154> (Zugriff 25.03.2014)
- Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F.M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, A., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Mage, F., Mestre, A., Nordli, O., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remišová, V., Scheffinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet, A.J.H., Wielgolaski, F.E., Zach, S., Züst, A. (2006). *European phenological response to climate change matches the warming pattern*. Global Change Biol. 12: pp. 1969-1976
- Møller, A.P., D. Rubolini, and E. Lehikoinen (2008). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105: pp. 16195-16200.
- Ohst, T., Gräser, Z., Mutschmann, F., Plötner, J. (2011). *Neue Erkenntnisse zur Gefährdung europäischer Amphibien durch den Hautpilz Batrachochytrium dendrobatidis*. Zeitschrift für Feldherpetologie 18, Laurenti-Verlag, Bielefeld, pp. 1–17.
- Pampus, M. (2005). *Einschätzungen zu möglichen und bereits nachweisbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Biodiversität in Hessen*. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Fachzentrum Klimawandel Hessen
- Peintinger, M., Schuster, S. (2005). *Veränderungen der Erstankünfte bei häufigen Zugvogelarten in Südwestdeutschland*. Vogelwarte 43, pp. 161-169.
- Reed, T.E., Grotan, V., Jenouvrier, S., Saether, B.E., and Visser, M.E. (2013). Population growth in a wild bird is buffered against phenological mismatch. Science, 340: pp. 488-491
- Skerratt, L.F., Berger, L., Speare, R., Cashins, S., McDonald, K.R., Phillott, A.D., Hines, H.B., Kenyon, N. (2007). *Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs*. EcoHealth 4: pp.125-134
- Spiegel Online (2012). *Tigermücken erobern Europa*. 25.04.2012. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/tropenkrankheit-asiatische-tigermuecke-kommt-nach-europa-a-829429.html> (Zugriff 24.03.2014)
- Streitfert, A., Grünhage, L., Jäger, H.J. (2005). *Klimawandel und Pflanzenphänologie in Hessen*. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Fachzentrum Klimawandel Hessen
- UBA (2006). *Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Szenarien und nationale Aufgaben*. Umweltbundesamt
- WWF (2006). *Bird Species and Climate Change: The Global Status Report*. assets.panda.org/downloads/birdsclimatereportfinal.pdf (Zugriff 25.03.2014)