

Peter Poschlod, Sibylle Bauer, Patrizia Estler, Christoph Schmid, Josef Simmel, Camilla Wellstein

## Klimawandel und Biodiversität

Der anthropogene Klimawandel stellt für die Menschheit in den kommenden Jahrzehnten eine große Herausforderung dar. Steigende Temperaturen, sich verändernde Niederschlagsmengen und -verteilungen und sich häufende Extremwetterereignisse führen dabei aber nicht nur zu politischen und sozialen Problemen, die bewältigt werden müssen. Ebenso sind alle Organismen betroffen, deren Lebensumstände sich durch das sich wandelnde Klima ebenfalls verändern. Verschiebungen und Ausdehnungen von Verbreitungsarealen, aber auch abnehmende Bestände und lokale Aussterbeereignisse können die Folge sein. In Anbetracht der Bedeutung, die Klimaveränderungen in Zukunft für die Verbreitung von Arten erlangen könnten, ist es geboten, über solche Veränderungen Buch zu führen, um sie besser studieren zu können. Jedoch ist für den süddeutschen Raum bislang keine Zusammenstellung aller Beobachtungen in dieser Form unternommen worden. Diese Studie versucht daher, einen möglichst weitreichenden Überblick über die Veränderungen zu geben, die tatsächlich schon eingetreten sind.

### Literaturrecherche und Expertenbefragungen

Die Fragestellungen unserer Studie lauten daher: (1) Bei welchen Organismen sind bislang Reaktionen auf den anthropogenen Klimawandel beobachtet worden und wie sehen diese Reaktionen aus? (2) Gibt es Habitats, die besonders viele Beobachtungen hervorbringen? (3) Welche Organismen verhalten sich bislang besonders auffällig hinsichtlich klimatischer Einflüsse?

Die Datensammlung erfolgte dabei im Rahmen einer [Literaturrecherche](#). Daneben wurden auch Experten interviewt, um deren persönliche Einschätzungen zu berücksichtigen. Auf diese Weise flossen Informationen aus 125 Veröffentlichungen in unsere Datenbank ein und 132 Einzelpersonen und Institutionen wurden kontaktiert.

### Ergebnisse

Die Datenbank umfasste am Ende 3360 Einzelinformationen über 1982 biologische Arten aus 123 Ordnungen. Diese stammten neben den 125 Veröffentlichungen aus weiteren 16 mündlichen Mitteilungen von uns kontaktierter Experten. Von allen Daten stammten

48% aus dem süddeutschen Raum und weitere 25% aus angrenzenden Staaten. Aus diesen Informationen wurden Ranglisten erstellt, die die Häufigkeit einzelner Arten, Ordnungen, Habitats oder Lebensformen – letztere beiden nur für Pflanzen bzw. Kryptogamen – innerhalb des Datensatzes aufzeigten. Aus den am häufigsten genannten Arten wurden zwanzig ausgewählt, die unserer Ansicht nach aufgrund der erstellten Datenbank als Indikatoren zum Monitoring von Klimaveränderungen herangezogen werden können. Die Auswertung nach Ordnungen zeigte eine stark unterschiedliche Erfassungslage zwischen den verschiedenen Organismengruppen. Eindeutig am besten untersucht sind in diesem Zusammenhang die Sperlingsvögel (Passeriformes), gefolgt von den Libellen (Odonata).

Nach derzeitigem Stand scheinen die Ordnungen der Lecanorales (eine Ordnung der Flechten) und der Libellen überwiegend Arten zu enthalten, die von den bisherigen Klimaveränderungen profitiert haben, wohingegen sich unter den Schmetterlingen (Lepidoptera) und Sperlingsvögel größtenteils Verlierer wiederfinden. Am meisten klimabedingte Vegetationsveränderungen sind bislang aus den Habitats „Wald“ und „Fels und Schutt“ bekannt. Jedoch ergeben sich dort keine oder



Bilderstapel links  
Gewinner des Klimawandels sind Arten wie die Große Holzbiene (*Xylocopa violacea*), der Admiral (*Vanessa atalanta*) und die Wespenspinne.

Bilderstapel rechts  
Vögel, die spät aus ihren Winterquartieren zurückkehren, wie der Trauerschnäpper (*Ficedula hypoleuca*) zählen zu den „Verlierern“ Schmetterlingsraupen, die Hauptnahrung seiner Küken, stehen dann nur mehr geschränkt zur Verfügung. Verlierer sind auch die Strauchflechten.

nur schwer interpretierbare Trends. Bei den Flechten und Moosen gibt es vielfach positive Bestandsentwicklungen, welche klimatischen Faktoren zugeschrieben werden. Dies gilt aber auffallend häufig nicht für Strauchflechten.

### Mangelhafte Kenntnisse über grundlegende Vorgänge im Klimawandel

Neben eindeutigen Verlusten für die Biodiversität, welche durch das Aussterben von Arten entstehen, können auch Arealveränderungen, Einwanderungen bzw. Einschleppungen oder Änderungen in der Zusammensetzung von Artgemeinschaften aus ökologischer Sicht bedenklich sein. Diese Vorgänge könnten Ökosysteme entscheidend verändern und auf diese Weise zu weiteren Aussterbeereignissen beitragen.

Jedoch wissen wir bislang erstaunlich wenig über die Rolle von Klimaveränderungen in diesem Zusammenhang. In über 100 Studien, die sich mit Artaussterben befassen, waren nur in sieben unmittelbare Gründe für die Ursachen des Aussterbens angegeben. Die Begründungen unterschieden sich zudem und keine der Studien gab mangelnde Toleranz erhöhter Temperaturen als Auslöser an. Die Schwierigkeit, die Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Organismen vorher-

zusagen liegt v.a. darin begründet, dass weder das Klima der einzige auf die Lebewesen einwirkende Faktor ist, noch die Lebewesen selbst isoliert von anderen in ihrer Umgebung existieren. So existieren neben dem viel zitierten Klimawandel noch viele weitere anthropogene Einflussfaktoren wie Landnutzungswandel, Eutrophierung, Einschleppung von Arten, Fragmentierung von Habitaten u.v.m. Diese Faktoren können sich zudem gegenseitig in ihrer Wirkung beeinflussen. Mit anderen Worten, wir haben es in den allermeisten Fällen mit extrem komplexen Systemen zu tun, die sich auf unvorhersehbare Weise verändern können.

### Mangel an organismischen Kenntnissen und Experten in Süddeutschland

Ohne eine profunde Kenntnis von Arteeigenschaften, -verbreitung und -ansprüchen sowie des Ökosystems als Ganzes lassen sich also die Folgen einer Veränderung im Klima kaum abschätzen und gegenüber anderen Einflüssen quantifizieren. Unsere Studie zeigt, dass in Süddeutschland an mehreren Stellen Nachholbedarf an diesen grundlegenden Untersuchungen besteht. Zum ersten fehlt es für viele, auch artenreiche Organismengruppen eindeutig an Experten, welche sich eingehend mit diesen in unserer Heimat beschäftigen.

Ohne diese organismischen Vorarbeiten sind jedoch auch keine aussagekräftigen Untersuchungen im Rahmen der Klimafolgenforschung zu erwarten. Schon die Verbreitungsgebiete vieler Arten sind oft weitgehend unbekannt. Somit können deren Veränderungen auch nicht nachverfolgt und Ursachen bestimmt werden. Relativ zur Artenzahl in Deutschland betrachtet, sind v.a. die Gruppen der Libellen und die der Vögel (Aves) im Zusammenhang mit dem Klimawandel bisher gut untersucht. Daher müssen diese beiden auch als Indikator-Großgruppen gelten. Dagegen sind die Erkenntnisse zu allen anderen Organismengruppen lediglich als spärlich zu bezeichnen.

### Empfehlungen für künftige Untersuchungen

Gefäßpflanzen (Tracheophyta) und Flechten (Lichenes) sind für die Zukunft vielversprechende Untersuchungsobjekte, da zu diesen schon viele Verbreitungsdaten vorliegen. Hierzu könnte es möglicherweise sinnvoll sein, zunächst Habitate in späten Sukzessionsstadien mit vielen Gehölzen sowie Fels- und Schutthabitate intensiver zu beobachten. Dort spielten sich Veränderungen gehäuft ab, was auch durch Einschätzungen aus der aktuellen Literatur unterstützt wird. Bei den Kryptogamen im Allgemeinen gibt es eine Reihe von Arten, welche mit einer Ausdehnung ihres Verbreitungsgebietes und auch einer Vergrößerung ihrer Bestände auf die veränderten Klimabedingungen reagiert haben. Wohl auch aufgrund des Mangels an grundlegenden Kenntnissen über die Arten sind die bekannten Auswirkungen bisher oft in eingeschränkter Qualität dokumentiert.

Die Informationen zu vielen Arten setzen sich aus einzelnen floristischen bzw. faunistischen Beobachtungen mehrerer Autoren zusammen. So entbehren die Beobachtungen bislang meist einer statistischen Auswertung sowohl des Ausmaßes der Veränderung selbst als auch des Zusammenhangs zu klimarelevanten Daten. Den Klimawandel dann als Ursache anzugeben kann demnach nur als eine begründete Vermutung, jedoch nicht als Nachweis gelten. Auch wenn viele dieser Hinweise sicherlich ihre Berechtigung haben werden, sind diese Angaben keine wissenschaft-

lich belastbare Grundlage für weitere Untersuchungen. Auch hierin zeigt sich also wieder die Notwendigkeit gesteigerter Tätigkeit auf dem Feld der organismischen Biologie, welche sich um die Erforschung der Zusammenhänge intensiv bemühen sollte.

### Notwendigkeit von Monitoringprogrammen und Citizen-Science-Projekten

Obwohl nach vielen Expertenmeinungen die Auswirkungen des rezenten Klimawandels verglichen mit anderen anthropogenen Eingriffen bislang nur gering sind, ist es unumstritten, dass dessen Bedeutung im Verlaufe der Zeit immer weiter steigen wird. Wenn jedoch in der Zukunft ein Klimawandelmonitoring erfolgen soll, so muss dieses sich auf gewisse Grundlagen stützen können, welche bis dahin erst noch gelegt werden müssen. Wir empfehlen daher einerseits aktuelle Monitoringprogramme auf diejenigen Arten auszurichten, welche schon zum heutigen Tag eindeutige Hinweise auf beobachtbare Veränderungen zeigen. Andererseits ist es jedoch dann unumgänglich, die entsprechenden Forschungsrichtungen langfristig zu fördern und intensiv an der Schaffung ausreichender Datengrundlagen zu arbeiten. Dieses beinhaltet sowohl die Förderung an universitären Einrichtungen als auch im Bereich von naturwissenschaftlichen Vereinen und ehrenamtlichen Beschäftigungen mit der Umwelt. Eine vielversprechende Maßnahme sind Programme, die den Laien bei der Datenbeschaffung mit einbinden und erhobene Daten an zentraler Stelle sammeln. Solche als citizen science bezeichneten Aktionen wurden bislang schon vielfach mit Erfolg eingesetzt und sollten auch in Süddeutschland verstärkt genutzt werden.

### Danksagung

Die Literaturstudie wurde von der EU aus dem Europäischen Fond für regionale Entwicklung und vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz kofinanziert. ■

### Literatur

Prof. Dr. Peter Poschlod  
Universität Regensburg  
Tel. 0941/ 943-3108  
Peter.Poschlod@biologie.uni-regensburg.de



## Literaturrecherche

Dabei wurden vorzugsweise Informationen berücksichtigt, die im süddeutschen Raum aufgenommen worden waren. Da das Ziel der Studie war, den Kenntnisstand zu sich aktuell schon bemerkbaren Veränderungen zusammenzufassen, wurden keine Daten über zukünftig zu erwartende Vorgänge aus Modellierungen oder persönlichen Einschätzungen übernommen. Weiterhin fanden aufgrund der dort herrschenden unnatürlichen Bedingungen keine experimentell ermittelten Daten Verwendung. Die Suche nach diesen Informationen geschah auf zwei Wegen: zum einen wurde gezielt in peer-reviewed journals unter Verwendung gängiger Online-Suchmaschinen nach entsprechenden Literaturstellen gesucht, zum anderen wurde sog. „graue“ Literatur online, über Bibliotheken, aus Querverweisen in anderer Literatur und über Hinweise von Experten ausfindig gemacht. Neben gedruckten Quellen wurden dazu auch Experten von uns interviewt, um deren persönliche Einschätzungen zu berücksichtigen. Auf diese Weise flossen Informationen aus 125 schriftlichen Veröffentlichungen in unsere Datenbank mit ein und 132 Einzelpersonen und Institutionen wurden von uns kontaktiert. Die so gewonnenen Informationen wurden in fünf Kategorien von Veränderungen aufgeteilt: Areal, Bestand, Entwicklung (d.h. Ontogenese), Phänologie und Artzusammensetzung. Neben einem allgemeinen Vermerk, ob der Klimawandel in der Originalquelle tatsächlich als (Mit-)Auslöser der betrachteten Veränderung gesehen wird, wurden weiterhin mehrere Parameter der Datenqualität erfasst. So sollte die Güte der bekannten Daten abgeschätzt werden.

## Literatur zum Weiterlesen

- BELLARD, C., BERTELSMEIER, C., LEADLEY, P., THUILLER, W., COURCHAMP, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity, *Ecology Letters* 15: 365-377.
- CHEN, I.-C., 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: 1024-1026.
- COUMOU, D., RAHMSTORF, S. (2012). A decade of weather extremes, *Nature Climate Change* 2: 491-496.
- GILMAN, S. E., URBAN, M. C., TEWKSBURY, J., GILCHRIST, G. W., HOLT, R. D. (2010). A framework for community interactions under climate change, *Trends in Ecology & Evolution* 25: 325-331.
- HARTE, J., OSTLING, A., GREEN, J. L., KINZIG, A. (2004). Climate change and extinction risk, *Nature* 430: 33.
- KINGSFORD D., R. T., WATSON, J. E. M., LUNDQUIST, C. J., VENTER, O., HUGHES, L., JOHNSTON, E. L., ATHERTON, J., GAWEL, M., KEITH, D. A., MACKEY, B. G., MORLEY, C., POSSINGHAM, H. P., RAYNOR, B., RECHER, H. F., WILSON, K. A. (2009). Major conservation policy issues for biodiversity in oecania, *Conservation Biology* 23: 834-840.
- MANTYKA-PRINGLE, C. S., MARTIN, T. G., RHODES, J. R. (2012). Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis, *Global Change Biology* 18: 1239-1252.
- PARMESAN, C., YOHE, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems, *Nature* 421: 37-42.
- POMPE, S., HANSPACH, J., BADECK, F., KLOTZ, S., THUILLER, W., KÜHN, I. (2008). Climate and land use change impacts on plant distributions in Germany, *Biology Letters* 4: 564-567.
- THOMAS, C. D., CAMERON, A., GREEN, R. E., BAKKENES, M., BEAUMONT, L. J., COLLINGHAM, Y. C., ERASMUS, B. F. N., DE SIQUEIRA, M. F., GRAINGER, A., HANNAH, L., HUGHES, L., HUNTLEY, B., VAN JAARVELD, A. S., MIDGLEY, G. F., MILES, L., ORTEGA-HUERTA, M. A., TOWNSEND PETERSON, A., PHILLIPS, O. L., WILLIAMS, S. E. (2004). Extinction risk from climate change, *Nature* 427: 145-148.
- VAN DER PUTTEN, W. H., MACEL, M., VISSER, M. E. (2010). Predicting species distribution and abundance responses to climate change: why it is essential to include biotic interactions across trophic levels, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 2025-2034.
- WALTHER, G.-R. (2010). Community and ecosystem responses to recent climate change, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 2019-2024.