NATUR UND LANDSCHAFT

Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege

93. Jahrgang 2018

Heft

Seiten

DOI:

© 2018 W. Kohlhammer, Stuttgart

Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt

Stand und Perspektiven am Beispiel von Meereszooplankton und Vögeln in Deutschland

Indicators of climate change impacts on biodiversity

Status and perspectives using the example of marine zooplankton and birds in Germany

Elisa Braeckevelt, Stefan Heiland, Rainer Schliep, Ulrich Sukopp, Sven Trautmann und Wiebke Züghart

Zusammenfassung

Der durch den Menschen verursachte Klimawandel führt global und in Deutschland zu erheblichen Veränderungen der biologischen Vielfalt. Um diese Auswirkungen anschaulich darzustellen und über die Wissenschaft hinaus für die Öffentlichkeit und Politik zugänglich zu machen, eignen sich Indikatoren. Indikatoren an der Schnittstelle zwischen Klimawandel und Biodiversität, insbesondere mit Bezug zu Tierarten, sind in Indikatorensystemen weltweit unterrepräsentiert. Da Tierarten jedoch einen wichtigen Teil der biologischen Vielfalt darstellen und von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind, ist es notwendig, deren Veränderungen zu erfassen und zu bewerten. Auf verschiedenen administrativen Ebenen wurden und werden daher erste entsprechende Indikatoren entwickelt. Für Deutschland befinden sich derzeit beispielsweise zwei Indikatoren in Entwicklung, die phänologische Veränderungen bei Meereszooplankton und Vögeln thematisieren. Für beide bestehen längerfristig gute Aussichten für eine Implementierung. Die Entwicklung von Indikatoren für weitere Tierartengruppen ist voranzutreiben. Dabei kann zukünftig eine verbesserte Datenlage unterstützen.

Indikatoren – Klimawandel – Biologische Vielfalt/Biodiversität – Tierarten – Phänologie – Monitoringprogramme – Vögel – Meereszooplankton

Abstract

Anthropogenic climate change causes substantial changes in biodiversity on the global scale as well as in Germany. Indicators can help to illustrate this impact and make it easily comprehensible beyond science for the public and politicians. Indicators at the interface between climate change and biodiversity, in particular in relation to animal species, have been underrepresented in indicator systems worldwide. However, animal species represent an important part of biodiversity and are definitely affected by climate change impacts, so related effects should be recorded and evaluated. Initial indicators suited to this purpose have been developed at various administrative levels. This process is ongoing. In Germany, for instance, two indicators are currently under development that address phenological changes of marine zooplankton and birds. Both indicators have, in the long term, good prospects of implementation. There is a need to promote the development of indicators for other animal groups. Improved future data availability can help in this process.

Indicators - Climate change - Biodiversity - Animal species - Phenology - Monitoring programmes - Birds - Marine zooplankton

Manuskripteinreichung: 15.5.2018, Annahme: 18.9.2018

DOI: 10.17433/12.2018.50153641.538-544

1 Einleitung

Der durch den Menschen verursachte Klimawandel führt global und in Deutschland zu erheblichen Veränderungen der biologischen Vielfalt (Essl, Rabitsch 2013; Klotz, Settele 2017). Er gilt als eine der bedeutendsten Gefährdungsursachen für Biodiversität und wird in Zukunft voraussichtlich noch an Bedeutung zunehmen. Wie zahlreiche wissenschaftliche Studien zeigen, sind die Zusammenhänge zwischen Veränderungen des Klimas und der biologischen Vielfalt hochkom-

plex – sie reichen von der Ebene einzelner Individuen und Populationen über Biozönosen bis hin zu Ökosystemen (BAFU 2012; SCBD 2014; Thuiller 2007).

Um ein detailliertes Bild der Veränderungen zu erhalten und ein umfassendes Verständnis für die dahinterstehenden Prozesse zu entwickeln, besteht jedoch weiterhin großer Forschungsbedarf. Da sich klimatische Veränderungen über mehrere Dekaden vollziehen und daraus resultierende Veränderungen der biologischen Vielfalt häufig mit einer weiteren zeitlichen Verzögerung auftreten, sind

langfristig angelegte, systematische Beobachtungsprogramme notwendig, um entsprechende Zusammenhänge nachweisen zu können (Dröschmeister, Sukopp 2009). Solche Monitoringprogramme fehlen in Deutschland, aber auch in anderen Staaten bisher weitgehend (Heiland et al. 2018).

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt anschaulich darzustellen und über die Wissenschaft hinaus für Öffentlichkeit, Politik und andere Akteure zugänglich zu machen, eignen sich Indikatoren, die kom-

Tab.: Beispiele von Indikatoren mit Bezug zu Tierarten zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt, die bereits in Indikatorensystemen unterschiedlicher administrativer Ebenen etabliert sind.

Table: Examples of indicators of relevance to animal species that capture climate change impacts on biodiversity and are already established in indicator systems at various administrative levels.

Indikator	Bezugsraum	Indikatorensystem *
Distribution shifts of plant and animal species	Europa	CLIM (EEA)
Distribution shifts of marine species	Europa	CLIM (EEA)
Impact of climate change on bird populations	Europa	SEBI (EEA)
Bird wintering ranges	USA	Climate Change Indicators (EPA)
Marine species distribution	USA	Climate Change Indicators (EPA)
Verbreitung warmadaptierter mariner Arten	Deutschland	DAS
Temperaturindex häufiger Brutvogelarten	Deutschland	DAS
Community Temperature Index für Tagfalter	Sachsen	Klimafolgenmonitoring
Klimasensitive Vogelarten	Nordrhein-Westfalen	Klimafolgenmonitoring
Waldschäden durch Insekten	Hessen	Klimafolgenindikatoren

^{*} CLIM = Climate state and impact indicators, EEA = European Environmental Agency, EPA = United States Environmental Protection Agency, DAS = Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, SEBI = Streamlining European Biodiversity Indicators

plexe Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Biodiversität zu einfachen Maßzahlen zusammenfassen und leicht verständlich aufbereiten. Damit kommt Indikatoren eine wichtige Rolle für die Praxis von Naturschutz, Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel zu: Sie zeigen einerseits Handlungsbedarf auf und bilden damit eine wichtige Grundlage für klima- und biodiversitätsrelevante Entscheidungen, andererseits können sie Erfolge und Misserfolge der ergriffenen Maßnahmen abbilden und ermöglichen damit deren Kontrolle (Sukopp 2009; Heink, Kowarik 2010). Beides setzt eine Bewertung der jeweiligen Indikatorwerte anhand von Zielgrößen oder zumindest Zielrichtungen voraus (Sukopp 2018).

Weltweit existiert mittlerweile eine Vielzahl institutionell genutzter Indikatoren zu einem breiten Themenspektrum, das von Wirtschaft und Finanzen über Umwelt- und Naturschutz bis hin zu sozialen Fragen reicht. Auch zu Biodiversität und Klimawandel gibt es bereits eine beachtliche Zahl an Indikatoren (Schliep et al. 2017 a), jedoch nur wenige, die den Zusammenhang zwischen beiden Themen aufgreifen. So sind Indikatoren, die Veränderungen bei Tierarten auf Grund des Klimawandels aufzeigen, in Indikatorensystemen weltweit bisher kaum vertreten. Da Tierarten jedoch einen wichtigen Teil der biologischen Vielfalt darstellen und von den Auswirkungen des Klimawandels sowohl direkt als auch indirekt betroffen sind (UN 1992; Thuiller 2007), ist es notwendig, deren Veränderungen zu erfassen und zu bewerten. Auf diese Weise können geeignete Schutzmaßnahmen identifiziert, Prozesse der Anpassung unterstützt und die Bedeutung des Klimaschutzes für die Erhaltung der biologischen Vielfalt untermauert werden.

Der Artikel stellt im Folgenden zunächst bereits existierende Indikatoren und Ansätze vor, welche den Zusammenhang des Klimawandels mit Veränderungen bei Tierarten thematisieren (Kap. 2). Anschließend zeigen wir Perspektiven für weiterführende Entwicklungen entsprechender Indikatoren und Monitoringprogramme am Beispiel von Meereszooplankton und Vögeln auf (Kap. 3). Der Fokus des Beitrags liegt auf Deutschland.

2 Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf Tierarten – aktueller Stand

Auf nationaler und internationaler Ebene existieren mittlerweile einige wenige Beispiele, die die Möglichkeiten und Bestrebungen der Entwicklung von Indikatoren in diesem Bereich aufzeigen (Tab.). So hat die Europäische Umweltagentur im Jahr 2016 zwei Indikatoren zu Verschiebungen der Verbreitungsgebiete von Tierarten eingeführt (Distribution shifts of marine species, Distribution shifts of plant and animal species). Diese umfassen einerseits beobachtete Verbreitungsänderungen bei marinen Arten, Vögeln und Tagfaltern, andererseits projizierte Verbreitungsänderungen klimatisch geeigneter Habitate für Hummeln (EEA 2018; Abb. 1, S. 540).

Seit 2010 wird in den USA ein umfassendes Set von Klimawandel-Indikatoren gepflegt, das in seiner aktuellen Version zwei Indikatoren zu Tierarten enthält (EPA 2018). Ein Indikator bildet Verschiebungen der Lage von Überwinterungsgebieten nordamerikanischer Vögel ab (Bird Wintering Ranges), der zweite stellt Veränderungen in der Nord-Südsowie Tiefen-Verbreitung mariner Arten entlang der Küsten dar (Marine Species Distribution, zur Nord-Süd-Verbreitung s. Abb. 2, S. 541).

Deutschland verfügt über eine Vielzahl an Indikatoren in den Bereichen Umwelt, Klima, Nachhaltigkeit und Naturschutz, von denen nur wenige auf Daten zu Tierarten basieren (u. a. UBA 2015, 2017; Destatis 2016; BMUB 2015). Zur Abbildung des Zusammenhangs von Klimawandel und Biodiversität liegen derzeit auf Bundesebene drei vollständig entwickelte Indikatoren vor, die Daten zu Tierarten heranziehen:

- die Verbreitung warmadaptierter mariner Arten.
- 2. der Temperaturindex häufiger Brutvogelarten (Abb. 3, S. 542) und
- 3. der Climate Impact Indicator für Vögel.

Die beiden letzten Indikatoren basieren auf Daten aus dem Monitoring häufiger Brutvögel (Schliep et al. 2017 a; Sudfeldt et al. 2012). Die ersten beiden sind im Indikatorenset der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel enthalten und in den entsprechenden Berichten dargestellt (UBA 2015). Der Climate Impact Indicator (CII) für Vögel ist im SEBI-Indikatorenset der EEA unter der Bezeichnung "Impact of climate change on bird populations" (s. Tab.) enthalten. Weitere Indikatoren, die auf Daten zu Tierarten beruhen, befinden sich derzeit in Entwicklung (Heiland et al. 2018; vgl. Kap. 3.2.1, S. 540, und Kap. 3.2.2, S. 541).

Auch auf Ebene der Bundesländer wird seit einigen Jahren der Aufbau von Monitoringprogrammen und Berichtsinstrumenten zum Klimawandel und dessen Auswirkungen, u. a. auf die biologische Vielfalt, vorangetrieben. Beispiele für in diesem Zusammenhang genutzte Indikatoren zu Tierarten sind der Community Temperature Index (CTI) für Tagfalter in Sachsen (LfULG 2016; Abb. 4, S. 542), ein Indikator zu klimasensitiven Vogelarten in Nordrhein-Westfalen (LANUV 2018) und einer zu Waldschäden durch Wärme liebende Insekten in Hessen (HLNUG 2018).

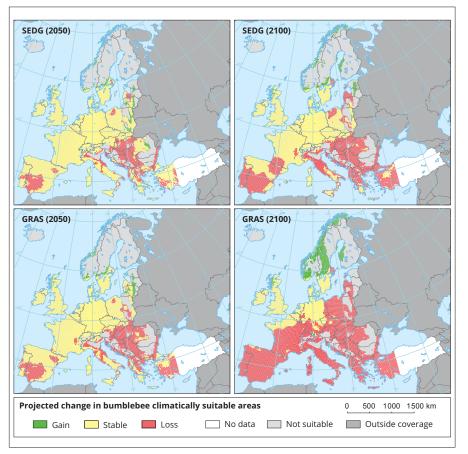


Abb. 1: Projizierte Verbreitungsänderungen klimatisch geeigneter Habitate für Hummeln in Europa nach zwei verschiedenen Szenarien (GRAS = Growth Applied Strategy, SEDG = Sustainable European Development Goal) für die Jahre 2050 und 2100 (Gain = Gewinn, Stable = stabil, Loss = Verlust). In den südlichen Teilen Europas ist in Zukunft mit einem großflächigen Verlust klimatisch geeigneter Habitate zu rechnen. Ein vergleichsweise geringfügiger Zugewinn ist demgegenüber im Norden zu erwarten. (Quelle: EEA 2018; Rasmont et al. 2015; Erläuterungen zu den verwendeten Szenarien in Marshall et al. 2018)

Fig. 1: Projected change in areas in Europe that are climatically suitable for bumblebees, for two different scenarios (GRAS = Growth Applied Strategy, SEDG = Sustainable European Development Goal) for the years 2050 and 2100. An extensive loss of climatically suitable areas has to be expected in the southern parts of Europe, whereas a relatively marginal gain is expected in the north. (Source: EEA 2018; Rasmont et al. 2015; explanations of scenarios in Marshall et al. 2018)

3 Perspektiven der Entwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf Tierarten

3.1 Anforderungen an die Datengrundlagen

Da Indikatoren eine Reihe von Anforderungen hinsichtlich ihrer Konzeption, Aussagefähigkeit und politischen Steuerbarkeit erfüllen müssen, ergeben sich hohe Ansprüche an die Datengrundlagen. Es muss sichergestellt werden, dass die Daten regelmäßig und langfristig mit geeigneter zeitlicher und räumlicher Auflösung erhoben werden. Weiterhin spielt die Validität und Reliabilität der Daten in Bezug zum Thema des Indikators eine wichtige Rolle

(Sukopp et al. 2011; Schliep et al. 2017 a). Daten, die diese Anforderungen erfüllen, sind in vielen Fällen nicht vorhanden oder unzugänglich. Eine Erweiterung der Datenbasis für die Entwicklung neuer Indikatoren ist deshalb erforderlich, stellt jedoch eine große Herausforderung dar.

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung können umfangreiche Datensätze aus dezentralen Erfassungsprogrammen nutzbar gemacht werden (Lukyanenko et al. 2016). Allerdings sind die Datenaufbereitung sowie die Erfassungen selbst – sowohl für Tiere als auch für Pflanzen und bei anderen Parametern – meist mit einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden und stellen in vielen Fällen die größte Hürde für die Etablierung neuer oder erweiterter Indikatorensysteme dar (Heiland, Schliep 2014). Erfassungen durch bürgerschaftliches Engagement gewinnen

zurzeit an Bedeutung. Sie umfassen zum einen systematische, langfristig angelegte Erhebungen, die von Fachleuten ehrenamtlich geleistet werden, schließen aber auch ehrenamtliche Erfassungen durch Laien und kurzfristige Projekte zu konkreten Fragestellungen mit ein (Pettibone et al. 2016). Letztere werden hinsichtlich ihrer Einschränkungen und Möglichkeiten aktuell intensiv in der Wissenschaft diskutiert (u. a. Bonney et al. 2014; Theobald et al. 2015; Bela et al. 2016; Lukyanenko et al. 2016). Für die Datenaufnahme im Zusammenhang mit Tierarten sind solche Konzepte grundsätzlich geeignet, jedoch ist ihr Erfolg in erheblichem Maße von den Artengruppen bzw. den zu erfassenden Parametern abhängig (u. a. Pettibone et al. 2016). Nachgeordnete Prüfungen der Qualität und Belastbarkeit der Daten sind in jedem Fall notwendig. Für die Berechnung von Indikatoren sind langfristige Erfassungsprogramme sicherzustellen. Best-practice-Beispiele hierfür sind in Deutschland die bereits etablierten Vogel- und Tagfalter-Monitoringprogramme (DDA 2018 a; TMD 2018).

Das Erkennen und Benennen von Fehlstellen in der Datenbasis ist eine grundlegende Voraussetzung, um neue Erfassungsprogramme einzurichten oder bestehende zu erweitern. Gleichzeitig muss diesen Daten aber auch eine wissenschaftlich und politisch begründete hohe Bedeutung zuzuschreiben sein, um für die Umsetzung erforderliche Ressourcen verfügbar zu machen. In Deutschland lässt sich als aktuelles Beispiel die in Vorbereitung befindliche Einführung eines bundesweiten Insektenmonitorings nennen (BfN 2018). Es ist denkbar, dass es künftig auch als Grundlage für Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf Insekten dient.

3.2 Implementierung neuer Indikatoren zur Phänologie von Tierarten auf Bundesebene

Auf Bundesebene werden im Rahmen eines vom BfN geförderten und derzeit noch laufenden F + E-Vorhabens (Weiterentwicklung von Indikatoren zu Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt, FKZ 3517811000) Indikatoren zu phänologischen Veränderungen bei Meereszooplankton und bei Vögeln konzeptionell weiterentwickelt (Schliep et al. 2017 a, b; Heiland et al. 2018). Die aktuelle fachliche Diskussion hierzu wird im Folgenden genauer erläutert.

3.2.1 Phänologische Veränderungen bei Meereszooplankton

Zooplanktonarten reagieren schnell auf Umweltveränderungen und sind in ihrer

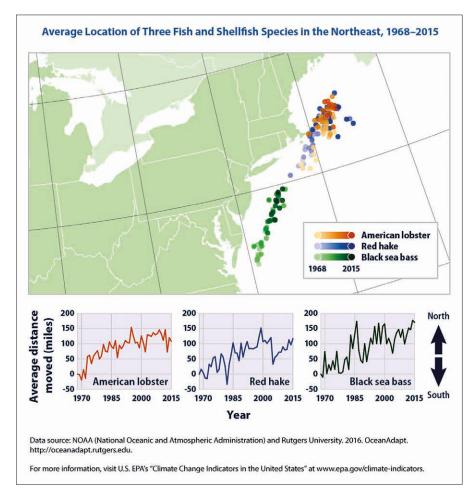


Abb. 2: Verbreitungsänderungen dreier mariner Arten entlang der Nordostküste der USA (American lobster = Amerikanischer Hummer, Red hake = Roter Gabeldorsch, Black sea bass = Schwarzer Sägebarsch). Oben: Mittleres Vorkommen in den Jahren von 1968 bis 2015. Unten: Mittlere Arealverschiebung in Meilen. Für alle Arten ist eine deutliche Arealverschiebung Richtung Norden erkennbar. (Quelle: EPA 2018)

Fig. 2: Distribution change of three marine species along the northeast coast of the USA. Above: Average occurrences between 1968 and 2015. Below: Average range change in miles. A clear northward range change is apparent for all species. (Source: EPA 2018)

Populationsentwicklung stark von der Meerestemperatur abhängig (Scharfe et al. 2014). Sie eignen sich daher in hohem Maße für die Erfassung langfristiger Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität. Die südliche Nordsee erwärmt sich durch den Klimawandel besonders schnell (Holt et al. 2012), so dass die Phänologie des dort lebenden Planktons starken Veränderungen unterliegt.

In der Deutschen Bucht werden vom Alfred-Wegener-Institut seit 1975 systematische Beobachtungen der Entwicklung des Zooplanktons an der Kabeltonne Helgoland Reede durchgeführt. Zooplanktonproben werden im Jahresverlauf auf die Zusammensetzung der Taxa und deren Abundanz untersucht, woraus phänologisch relevante Größen wie Saisonbeginn und Entwicklungspeaks ermittelt werden können (Greve et al. 2004; Wiltshire et al. 2010). Parallel dazu werden Daten zur Meeresoberflächentemperatur erfasst, so dass der Datensatz hohes Potenzial bietet, phänolo-

gische Veränderungen des Zooplanktons im Zusammenhang mit der Temperaturentwicklung bzw. dem Klimawandel nachzuweisen. Für einige Artengruppen konnten auf dieser Basis bereits klimawandelbedingte phänologische Veränderungen festgestellt werden (u. a. Mackas et al. 2012; Abb. 5, S. 543). Allerdings folgen nicht alle Arten bzw. Artengruppen in ihrer Entwicklung einem zeitlich einheitlichen Muster, so dass differenzierte Analysen erforderlich sind, um Effekte des Klimawandels valide bzw. mit hoher Sicherheit sichtbar zu machen (Scharfe et al. 2014).

Die langen Zeitreihen des Alfred-Wegener-Instituts auf Helgoland ermöglichen Tests auf Unterschiede zwischen einem Referenzzeitraum und einem aktuellen Zeitfenster von je zwanzig Jahren, was auf Grund der langsam ablaufenden klimatischen Veränderungen zu einer erhöhten Aussagekraft der Analysen führt. Neben der Temperatur beeinflussen allerdings auch andere Faktoren wie Meeres-

strömungen, Nährstoffverfügbarkeit und Prädation die Phänologie der Zooplanktontaxa, wobei deren jeweiliger Einfluss nicht eindeutig voneinander separiert werden kann (Scharfe et al. 2014). Umfassende statistische Analysen zur Identifizierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Phänologie sind daher erforderlich. Bei der Analyse von Korrelationen mit der Meeresoberflächentemperatur ist der betrachtete Zeitraum entscheidend, da in Meeren gemäßigter Breiten eine bimodale ("zweigipfelige") Temperaturverteilung vorliegt (Boersma et al. 2016). Temperatureffekte wirken daher auf Grund von Anpassungen u. U. nur in verhältnismäßig engen Zeitfenstern und können in zu langen oder falsch platzierten innerjährlichen Mittelungsintervallen verschwinden.

Unter Berücksichtigung der angesprochenen Herausforderungen stellen die Daten dennoch insgesamt eine sehr gute Basis dar, um phänologische Veränderungen von Tierarten als Folge des Klimawandels zu identifizieren. Die Perspektive für die Umsetzung des Indikators zu phänologischen Veränderungen bei Meereszooplankton kann also aus fachlicher Sicht als sehr gut eingestuft werden.

3.2.2 Phänologische Veränderungen bei Vögeln

Vogelarten reagieren sensibel auf klimawandelbedingte Veränderungen ihrer Umwelt (Møller et al. 2010). In den gemäßigten Breiten Mitteleuropas ist – neben räumlichen Veränderungen von Verbreitungsgebieten - die Vorverlegung des Vogelzugs im Frühjahr besonders auffällig (z. B. Hüppop, Hüppop 2005; Newson et al. 2016). Die jährlichen Wanderungen zwischen Brut- und Überwinterungsgebieten sind wesentlicher Bestandteil des Lebenszyklus von Zugvögeln. Zusammenhänge zwischen der Verfrühung der Zugzeiten und der Klimaerwärmung sind vielfach belegt (u. a. Kullberg et al. 2015). Auf Basis von Daten zu den Zeiten des Durchzugs bestimmter Vogelarten durch Deutschland auf dem Weg in nördliche Brutgebiete könnten daher die Auswirkungen des Klimawandels auf den Vogelzug identifiziert werden.

In Deutschland werden die Durchzugszeiten von Zugvögeln u. a. in Fanggärten der Vogelwarte Helgoland seit 1961 und der Greifswalder Oje seit 1994 dokumentiert, die für Analysen phänologischer Veränderungen geeignet wären. Die Verfügbarkeit der Daten für die Berechnung eines Indikators ist bisher allerdings eingeschränkt. Zu beachten ist auch, dass viele Zugvögel weit über Deutschland hinausreichende Gebiete nutzen, etwa Brutgebiete im Norden oder Nordosten

der Paläarktis und Überwinterungsgebiete zwischen dem Mittelmeerraum und Südafrika. Die Bestandsentwicklungen durch Deutschland ziehender Vogelarten können also von Faktoren beeinflusst werden, die weder dem Klimawandel in Deutschland zuzurechnen sind noch Deutschlands Bemühungen zur Vermeidung negativer Folgen des Klimawandels reflektieren. Dies schränkt die Aussageschärfe eines solchen Indikators stark ein. Es ist äußerst schwierig, alle relevanten Faktoren für den Vogelzug zu erfassen und die Größe des Einflusses der einzelnen Faktoren zu bestimmen. Unter anderem können Klimaveränderungen in den Winterquartieren und/oder in den Rastgebieten während des Zuges, Jagddruck oder auch die Intensivierung der Landnutzung außerhalb Deutschlands maßgebliche Treiber sein. Darüber hinaus führt die Klimaerwärmung auch zur Vorverlegung weiterer Phänomene wie der Fortpflanzungsperiode, Revierbesetzung, Schlupfzeiten usw. (Bruderer 2017).

Seit 2011 betreibt der Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V. das Portal ornitho.de, u.a. zur Sammlung von Gelegenheitsbeobachtungen, dessen Daten hervorragende Ansatzpunkte für phänologische Auswertungen während der Reproduktionszeit der heimischen Brutvogelarten bieten (DDA 2018b; König et al. 2017 a). Neben verschiedenen Parametern zur Ankunft und zum Durchzug von Vogelarten in Deutschland werden auch Angaben zum Brutverhalten notiert und Beobachtungslisten geführt (König et al. 2017b). Inzwischen umfasst die Datenbank rund 32 Mio. Beobachtungsdaten inkl. 250 000 Beobachtungslisten (Stand: April 2018).

In der Literatur (u. a. Both et al. 2010) wird beschrieben, dass Veränderungen der Phänologie zu synökologischen "mismatches" – also z. B. zu Entkoppelungen von Fortpflanzungs- oder Nahrungsbeziehungen zwischen verschiedenen Arten – und damit zu Veränderungen von Bestandsentwicklungen führen können. So haben Møller et al. (2008) gezeigt, dass Populationen, die ihre Phänologie nicht an den Klimawandel anpassen, abnehmen. Es ist aber prinzipiell nicht auszuschließen, dass solche aus "mismatches" resultierenden Effekte durch komplexe ökologische Wechselwirkungen überdeckt werden, über die Zeit abnehmen oder nicht eindeutig identifizierbar sind. Klimabedingte Auswirkungen könnten dann ggf. nur durch umfassende Berechnungen separiert und nachgewiesen werden. Zusätzlich müssen art- oder gildenspezifische Auswirkungen in Betracht gezogen und bei der Artenauswahl für den Indikator berücksichtigt werden.

Dass der Nachweis phänologischer Veränderungen bei Vögeln anhand von

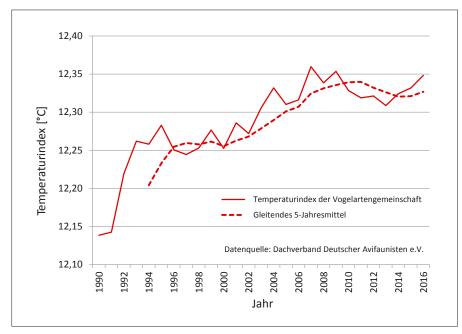


Abb. 3: Temperaturindex häufiger Brutvogelarten. Bei 88 in Deutschland häufig vorkommenden Brutvogelarten haben sich in den Jahren von 1990 bis 2011 die relativen Häufigkeiten zu Gunsten Wärme liebender Arten bzw. zu Ungunsten Kälte liebender Arten in statistisch signifikanter Weise verschoben (Datengrundlage: Monitoring häufiger Brutvögel, Sudfeldt et al. 2012, Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V., Daten bis 2016).

Fig. 3: Temperature index of common breeding birds. Relative frequencies have statistically changed significantly to the benefit of thermophilic species and to the disadvantage of psychrophilic species for 88 common breeding birds in Germany (data base: monitoring of common breeding birds, Sudfeldt et al. 2012, Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V., data until 2016).

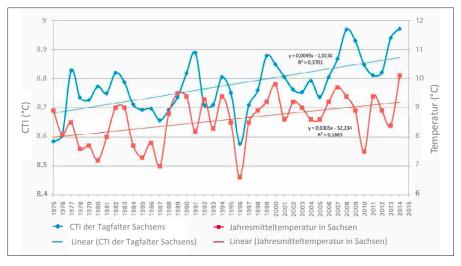


Abb. 4: Community Temperature Index für Tagfalter in Sachsen. Im Zeitraum von 1975 bis 2014 korreliert der Verlauf des Temperaturindexes stark mit dem Verlauf der Jahresmitteltemperatur in Sachsen. Der Temperaturindex steigt im Zeitraum von 1975 bis 2014 statistisch signifikant an und zeigt damit an, dass die Gruppe der Tagfalter in Sachsen immer stärker durch Wärme liebende Arten geprägt wird. (Quelle: LfULG 2016)

Fig. 4: Community Temperature Index of butterflies in Saxony. Over the period from 1975 to 2014, the temperature index correlates strongly with the annual mean temperature in Saxony. The temperature index statistically increases significantly between 1975 and 2014, showing that the group of butterfly species in Saxony is becoming more and more characterised by thermophilic species. (Source: LfULG 2016)

Daten aus Vogelbeobachtungsportalen möglich ist, haben Newson et al. (2016) am Beispiel von Ankunftszeiten von Zugvögeln im Vereinigten Königreich dargelegt, und in der Schweiz wurden auf Basis von Daten aus dem Online-Portal ornitho.ch bereits ein Klimawandelindikator ("Swiss Bird Index") und ein "Phä-

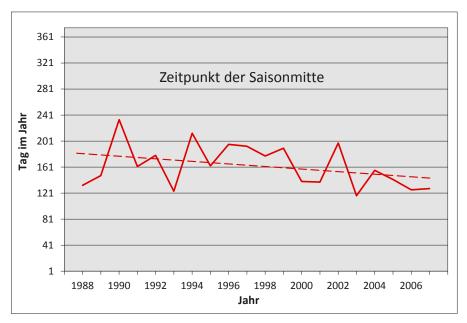


Abb. 5: Phänologische Veränderungen bei Zooplanktonarten (*Evadne* spp.) im Ärmelkanal: Der Zeitpunkt der Saisonmitte hat sich im Zeitraum von 1988 bis 2007 tendenziell nach vorne im Jahr verschoben (rote gestrichelte Linie: linearer Trend) (Quelle: Mackas et al. 2012, verändert).

Fig. 5: Phenological changes of zooplankton species (*Evadne* spp.) in the English Channel: In the time period from 1988 to 2007, the middle of the season moved to earlier time in the year (red dotted line: linear trend) (source: Mackas et al. 2012, modified).

nologie-Indikator Vögel" entwickelt (Zbinden et al. 2012; Strebel et al. 2016). Die Realisierung dieses Indikators für Deutschland erscheint also grundsätzlich möglich, bedarf allerdings noch weiterer eingehender Analysen, einer vollständigen Konzeptionierung und einer kontinuierlichen Fortschreibung der zu Grunde liegenden Datensätze.

4 Fazit

Die technischen Möglichkeiten, umfangreiche Daten aus Erfassungsprogrammen schnell zu verarbeiten und nutzbar zu machen, sind bereits gegeben und finden immer größere Anwendung. Dennoch mangelt es in Deutschland, aber auch weltweit, nach wie vor an Daten zu Tierarten, die für die Berechnung von Indikatoren verwendet werden können. Insbesondere an der Schnittstelle zwischen Klimawandel und Biodiversität sind solche Indikatoren stark unterrepräsentiert. Auf Bundesebene werden derzeit Indikatoren zu phänologischen Veränderungen von Tierarten entwickelt und fachlich diskutiert. Mittel- bis langfristig ist eine Berechnung und Anwendung dieser Indikatoren möglich, wenn die Datengrundlagen kontinuierlich fortgeschrieben und für Berechnungen der Indikatoren zur Verfügung gestellt werden. Monitoringprogramme zur Erfassung von Tierarten sollten vorangetrieben und ausgebaut werden, um vorhandene Fehlstellen zu schließen sowie klimawandelbedingte und ökosystemare Veränderungen mit Hilfe von Indikatoren umfassend dokumentieren zu können.

5 Literatur

BAFU/Bundesamt für Umwelt (2012): Klimawandel. BDM-Facts 4. http://www.biodiversitymonitoring.ch/de/daten/berichte-und-publikationen.html (aufgerufen am 6. 4. 2018).

Bela G., Peltola T. et al. (2016): Learning and the transformative potential of citizen science. Conservation Biology 30: 990–999.

BfN/Bundesamt für Naturschutz (2018): Aktivitäten des BfN. https://www.bfn.de/themen/insektenrueckgang/aktivitaeten-des-bfn.html (aufgerufen am 25. 4. 2018).

BMUB/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015): Indikatorenbericht 2014 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMUB. Berlin: 111 S.

Boersma M., Grüner N. et al. (2016): Projecting effects of climate change on marine systems: Is the mean all that matters? Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 283: 20152274.

Bonney R., Shirk J.L. et al. (2014): Next Steps for Citizen Science. Science 343(6178): 1436-1437.

Both C., Van Turnhout C.A. et al. (2010): Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 277(1685): 1259–1266.

Bruderer B. (2017): Vogelzug: Eine schweizerische Perspektive. Der Ornithologische Beobachter. Beiheft 12: 264 S.

Courter J.R., Johnson R.J. et al. (2013): Weekend bias in Citizen Science data reporting: implications for phenology studies. International Journal of Biometeorology 57(5): 715–720.

DDA/Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V. (2018 a): Monitoring. http://www.dda-web.de/index.php?cat=monitoring (aufgerufen am 26. 4. 2018).

DDA/Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V. (2018 b): Was ist ornitho.de/ornitho.lu? http://www.ornitho.de (aufgerufen am 7. 3. 2018).

Destatis/Statistisches Bundesamt (2016): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Destatis. Wiesbaden: 149 S.

Dröschmeister R., Sukopp U. (2009): Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland. Natur und Landschaft 84(1): 13 – 17.

EEA/European Environmental Agency (2018): Indicators. https://www.eea.europa.eu/dataand-maps/indicators (aufgerufen am 7. 3. 2018).

EPA/United States Environmental Protection Agency (2018): Climate Change Indicators. https://www.epa.gov/climate-indicators (aufgerufen am 7.3.2018).

Essl F., Rabitsch W. (Hrsg.) (2013): Biodiversität und Klimawandel: Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer Spektrum. Berlin: 457 S.

Greve W., Reiners F. et al. (2004): Helgoland Roads meso- and macrozooplankton time-series 1974 to 2004: lessons from 30 years of single spot, high frequency sampling at the only off-shore island of the North Sea. Helgoland Marine Research 58: 274 – 288.

Heiland S., Schliep R. (2014): Indikatorensystem zur Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. Anforderungen, Hemmnisse, Ergebnisse. In: Meinel G., Schumacher U., Behnisch M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VI. Innenentwicklung – Prognose – Datenschutz. IÖR-Schriften Bd. 65. Rhombos. Berlin: 223–230.

Heiland S., Schliep R. et al. (2018): Indikatoren zur Darstellung von Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland. Natur und Landschaft 93(1): 2 – 13.

Heink U., Kowarik I. (2010): What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. Ecological Indicators 10(3): 584–593.

HLNUG/Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2018): Klimafolgenindikatoren Hessen. https://www.hlnug.de/?id=10692 (aufgerufen am 24. 4. 2018).

Holt J., Hughes S. et al. (2012): Multi-decadal variability and trends in the temperature of the northwest European continental shelf: A model-data synthesis. Progress in Oceanography 106: 96 – 117.

Hüppop K., Hüppop O. (2005): Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil 3: Veränderungen

- von Heim- und Wegzugzeiten von 1960 bis 2001. Vogelwarte 43: 217 248.
- Klotz S., Settele J. (2017): Biodiversität. In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer Spektrum. Berlin: 151–160.
- König C., Delaloye G., Wahl J. (2017a): 6 Jahre ornitho.de eine Revolution in der avifaunistischen Datensammlung. Vogelwarte 55: 347 348.
- König C., Stübing S., Wahl J. (2017b): Frühjahr 2017: Raubseeschwalben, Zugvögel und der Mehrwert von Beobachtungslisten. Der Falke 2017(7): 26–31.
- Kullberg C., Fransson T. et al. (2015): Change in spring arrival of migratory birds under an era of climate change. Swedish data from the last 140 years. Ambio 44: 69–77.
- LANUV/Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2018): Klimafolgenmonitoring. https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren (aufgerufen am 24. 4. 2018).
- LfULG/Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2016): Klimafolgenmonitoring Sachsen. Änderung der Artenvielfalt und -zusammensetzung. https://www.umwelt.sachsen. de/umwelt/download/IN1Artenvielfalt.pdf (aufgerufen am 24. 4. 2018).
- Lukyanenko R., Parsons J., Wiersma Y.F. (2016): Emerging problems of data quality in citizen science. Conservation Biology 30(3): 447 – 449.
- Mackas D.L., Greve W. et al. (2012): Changing zooplankton seasonality in a changing ocean: Comparing time series of zooplankton phenology. Progress in Oceanography 97 – 100: 31 – 62.
- Marshall L., Biesmeijer J.C. et al. (2018): The interplay of climate and land use change affects the distribution of EU bumblebees. Global Change Biology 24: 101 116. DOI: 10.1111/gcb.13867
- Møller A.P., Rubolini D., Lehikoinen E. (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 105(42): 16195–16200.
- Newson S.E., Moran N.J. et al. (2016): Long-term changes in the migration phenology of UK breeding birds detected by large-scale citizen science recording schemes. Ibis 158(3): 481 495.
- Pettibone L., Vohland K. et al. (2016): Citizen Science für alle. Eine Handreichung für Citizen Science Akteure. Bürger schaffen Wissen (GEWISS)-Publikation. Deutsches Zentrum für Integrative Biodiversitätsforschung, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Berlin-Brandenburgisches Institut für Biodiversitätsforschung, Museum für Naturkunde Berlin, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung. Berlin: 60 S.
- Rasmont P., Franzen M. et al. (2015): Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees. BioRisk 10: 1–236.
- SCBD/Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014): Global Biodiversity Outlook 4. SCBD. Montréal: 155 S.
- Scharfe M., Kraberg A. et al. (2014): Klimawandel und Plankton. In: Lozán J.L., Grassl H.

- et al. (Hrsg.): Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Aufl. http://www.warnsignale.uni-hamburg.de (aufgerufen am 7. 3. 2018).
- Schliep R., Bartz R. et al. (2017 a): Indikatorensystem zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. BfN-Skripten 470: 249 S.
- Schliep R., Bartz R. et al. (2017b): Indikatorensystem zur Darstellung direkter und indirekter Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt. Online-Supplement: Anhänge A, B. BfN-Skripten 470: 80 S.
- Strebel N., Schmid H., Sattler T. (2016): Phänologie-Indikator Vögel. Schweizerische Vogelwarte. Sempach: 23 S.
- Sudfeldt C., Dröschmeister R. et al. (2012): Vogelmonitoring in Deutschland – Programme und Anwendungen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 119: 266 S.
- Sukopp U. (2009): A tiered approach to develop indicator systems for biodiversity conservation. In: BfN (Hrsg.): Second Sino-German Workshop on Biodiversity Conservation. Management of Ecosystems and Protected Areas: Facing Climate Change and Land Use. BfN-Skripten 261: 38 – 40.
- Sukopp U. (2018): Indikatoren des Naturschutzes im Spannungsfeld von Politik und Wissenschaft. In: Meinel G., Schumacher U., Behnisch M., Krüger T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X. IÖR-Schriften Bd. 76. Rhombos. Berlin: 273 – 281.
- Sukopp U., Neukirchen M. et al. (2011): Die Indikatoren der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. In: Bundesverband Beruflicher Naturschutz (Hrsg.): Frischer Wind und weite Horizonte. 30. Deutscher Naturschutztag 2010. 2. Bd. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege 58(2): 12 – 33.
- Theobald E.J., Ettinger A.K. et al. (2015): Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. Biological Conservation 181: 236–244.
- Thuiller W. (2007): Biodiversity: Climate change and the ecologist. Nature 448(2): 550 552.
- TMD/Tagfalter-Monitoring Deutschland (2018): tagfalter-monitoring.de. https://www.ufz.de/ tagfalter-monitoring (aufgerufen am 26. 4. 2018).
- UBA/Umweltbundesamt (Hrsg.) (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. UBA. Dessau-Roßlau: 256 S.
- UBA/Umweltbundesamt (2017): Daten zur Umwelt. Indikatorenbericht. UBA. Dessau-Roßlau: 150 S.
- UN/United Nations (1992): Convention on Biological Diversity. Nairobi: 28 S.
- Wiltshire K.H., Kraberg A. et al. (2010): Helgoland Roads, North Sea: 45 Years of Change. Estuaries and Coasts 33(2): 295–310.
- Zbinden N., Maggini R. et al. (2012): Swiss Bird Index SBI® Climate Change. Schweizerische Vogelwarte Sempach: 7 S.

Dr. Elisa Braeckevelt Korrespondierende Autorin

Bundesamt für Naturschutz Fachgebiet II 1.3 "Monitoring" Konstantinstraße 110 53179 Bonn

E-Mail: elisa.braeckevelt@bfn.de



Bachelor- und Master-Studium der Landschaftsökologie mit Schwerpunkt Klimatologie an der Westfälischen Wilhelms-Universität (WWU) Münster, von 2011 bis 2016 Forschung und Lehre als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Landschafts-

ökologie der WWU Münster, Promotion über den Treibhausgasaustausch unterschiedlicher Ökosysteme in West-Sibirien und Kanada vor dem Hintergrund des Landnutzungs- und Klimawandels, seit 2017 als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet II 1.3 des BfN im Bereich naturschutzfachliches Monitoring und Indikatoren tätig.

Prof. Dr. Stefan Heiland
Technische Universität Berlin
Institut für Landschaftsarchitektur
und Umweltplanung
Fachgebiet Landschaftsplanung und
Landschaftsentwicklung
Straße des 17. Juni 145
10623 Berlin
E-Mail:
stefan.heiland@tu-berlin.de

Rainer Schliep
Technische Universität Berlin
Institut für Landschaftsarchitektur
und Umweltplanung
Fachgebiet Landschaftsplanung und
Landschaftsentwicklung
Straße des 17. Juni 145
10623 Berlin
E-Mail:
rainer.schliep@tu-berlin.de

Dr. Ulrich Sukopp Bundesamt für Naturschutz Fachgebiet II 1.3 "Monitoring" Konstantinstraße 110 53179 Bonn

E-Mail: ulrich.sukopp@bfn.de

Sven Trautmann
Dachverband
Deutscher Avifaunisten e. V.
An den Speichern 6
48157 Münster
E-Mail:
sven.trautmann@dda-web.de

Dr. Wiebke Züghart Bundesamt für Naturschutz Fachgebiet II 1.3 "Monitoring" Konstantinstraße 110 53179 Bonn

E-Mail: wiebke.zueghart@bfn.de