Der Klimawandel hat Auswirkungen auf die biologische Vielfalt – auch in Hessen

Lisa Schwenkmezger & Christian Geske

Einführung

Rund um die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt hat sich in den letzten Jahren weltweit ein aktives Forschungsfeld entwickelt. Aufgrund der komplexen ökologischen Wechselwirkungen bei biologischen Systemen sind die Effekte zwar noch immer schwer abzuschätzen, allerdings existieren deutliche Belege für die Effekte der Klimaerwärmung auf bestimmte Teilaspekte. Veränderungen der Physiologie, der Phänologie, des Verhaltens und der geographischen Verbreitung von Arten sowie der Interaktionen von Artgemeinschaften haben weitreichende Auswirkungen auf ganze Ökosysteme (z. B. IPCC 2002, 2018, Parmesan 2006, Bellard et al. 2014). Die Folgen sind weltweit nachweisbar und zeigen sich konkret auch in Hessen.

Wie einschneidend diese Auswirkungen auf die biologische Vielfalt sein werden, hängt maßgeblich davon ab, mit welcher Geschwindigkeit sie eintreten. Bei einer Temperaturerhöhung von 1 °C ist von einer Verschiebung der Vegetationszonen um etwa 200 bis 300 Kilometer in Richtung der Pole bzw. um 200 Höhenmeter auszugehen (Jentsch & Beierkuhnlein 2003). Nach den Vorhersagen des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2002) kann es in den gemäßigten Breiten je nach Klimaszenario zu einer Verlagerung der Klimazonen um bis zu 1.200 km nach Norden kommen. Es ist davon auszugehen, dass so Artengemeinschaften fragmentiert und neu kombiniert werden. Zudem ist mit Verlusten hochangepasster sensibler Arten und Arealausweitungen gewöhnlicher Arten zu rechnen. Die Anpassung waldbaulicher Maßnahmen an die Folgen des Klimawandels in den hessischen Wäldern wird zusätzlich großen Einfluss auf die biologische Vielfalt haben, ebenso die veränderte landwirtschaftliche Nutzung (z. B. Fooken & Wolf 2006, Nagel 2019).

Abb. 1: Die Europäische Gottesanbeterin (Mantis religiosa) kann ihr Verbreitungsgebiet in Hessen weiter nach Norden ausdehnen. (Foto: T. Gibmeier)

In Hessen beobachtete und prognostizierte Veränderungen

Besonders auffällig und gut nachvollziehbar ist die Ausweitung von Verbreitungsarealen wärmeliebender Arten etwa aus dem Mittelmeerraum in Richtung Norden. So sind beispielsweise von der Gottesanbeterin (*Mantis religiosa*, Abb. 1) seit 2004 erste bodenständige hessische Vorkommen bei Heppenheim bekannt. In den Folgejahren gab es weitere Einzelnachweise im Rhein-Main-Gebiet bis etwa zur Mainlinie. Im Rahmen eines Citizen-Science-Projektes konnte die Art bereits 2016 über 80 Kilometer nördlich von Heppenheim bei Bad Nauheim nachgewiesen werden (Stübing et al. 2019a). Auch das Verbreitungsgebiet des Bienenfressers (*Merops apiaster*) war bis in die 1990er Jahre in Europa auf Regionen rund um das Mittelmeer und in Osteuropa begrenzt. Im Jahr 2019 hatte der koloniebrütende Zugvogel fast 3.500 Brutpaare in Deutschland (Bastian 2019) – in Hessen wurden neun Brutpaare gezählt (Stübing 2019). Einige wärmeliebende mediterrane Faltenwespenarten wie die Langhals-Zwergwespe

(*Microdynerus longicollis*), die Königliche Rasenwespe (*Leptochilus regulus*) oder die Zierliche Feldwespe (*Polistes bischoffi*) haben ebenfalls ihr Verbreitungsareal seit 1990 bis nach Hessen erweitert (Tischendorf et al. 2015). Das ursprünglich nur in den wärmsten Regionen Südhessens zwischen Bergstraße und Mittelrheintal verbreitete Weinhähnchen (*Oecanthus pellucens*) hat bis zum Jahr 2015 den Raum Wetzlar und Gießen erreicht. Offenbar besonders durch die trockenheiße Witterung der Sommer 2018/19 gefördert, liegen Nachweise aus dem Jahr 2019 sogar aus Nord- und Osthessen vor (Stübing et al. 2019b).

Da sich für einen Großteil der Arten die klimatisch günstigen Gebiete polwärts bzw. in die höheren Lagen verschieben, sind in Hessen vor allem die Arten der Mittelgebirgslagen negativ vom Klimawandel betroffen. Die hier vorkommenden Arten und Lebensräume sind an kühleres Klima angepasst, eine Vertikalverschiebung ist für diese montanen Arten und Lebensräume nicht mehr möglich. Insbesondere für solche Arten mit einer starken Habitatbindung, die an ihre Lebensräume spezifische Ansprüche stellen und solche, die durch ihre kleinen Populationsgrößen bereits jetzt gefährdet sind, ist hier das Aussterberisiko besonders hoch (Behrens et al. 2009, Schlumprecht et al. 2010). Teilweise handelt es sich, wie beim Blauschillernden Feuerfalter (*Lycaena helle*, Abb. 2) im hessischen Westerwald, auch um isolierte Eiszeitrelikte.

Abb. 2: Eiszeitrelikte wie der Blauschillernde Feuerfalter (Lycaena helle) kommen nur noch inselartig an klimatisch kühleren Standorten vor. (Foto: E. Dallmeyer)

Arealveränderungen im Verbreitungsbild von Tier- und Pflanzenarten als Folge des Klimawandels wurden mittels statistischer Verbreitungsmodellierung bereits für gut untersuchte Artengruppen wie Gefäßpflanzen, Säugetiere, Vögel, Tagfalter, Fledermäuse sowie Amphibien und Reptilien durchgeführt (z. B. Araújo et al. 2006, Huntley et al. 2007, Levinsky et al. 2007, Settele et al. 2008, Rebelo et al. 2010, Pompe et al. 2011). Pompe et al. (2011) modellierten die zukünftige Verbreitung von 845 Pflanzenarten in Deutschland, basierend auf unterschiedlichen Klima- und Landnutzungsszenarien. Unabhängig vom Klimaszenario wurde hierbei für einen Großteil der Arten eine Reduktion der aktuellen bioklimatischen Räume prognostiziert. Montan verbreitete und feuchtigkeitsliebende Arten, darunter Arten der (alpinen) Hochstaudenfluren und Feuchtheiden, litten hierbei unter den größten Verlusten. Zizka et al. (2014) kommen bei der Modellierung von potenziellen zukünftigen Arealen naturschutzfachlich bedeutsamer hessischer Pflanzenarten zu dem Ergebnis, dass aufgrund des Klimawandels im Jahr 2100 nur noch etwa drei Viertel dieser Arten in Hessen vorkommen werden. Für andere Arten wie den Hirschkäfer (*Lucanus cervus*) zeigen Modellierungen, dass sich das Verbreitungsgebiet der Art in Hessen beim „schlimmsten" verwendeten Klimaszenario vermutlich lediglich etwas nach Nordwesten verschieben wird (Steger et al. 2020). Allerdings ist bei solchen Prognosen die Ausbreitungsfähigkeit von Tier- und Pflanzenarten und damit die Möglichkeit von Wanderbewegungen einer der wichtigsten Faktoren. Beispielhaft wird dies bei den Amphibien und Reptilien deutlich. Während Araújo et al. (2006) bei einer angenommenen uneingeschränkten Ausbreitung für einen Großteil der 108 untersuchten Reptilien- und Amphibienarten in Europa eine Ausdehnung ihres Verbreitungsgebietes feststellen, werden für eine realistischere, stark eingeschränkte Ausbreitungsmöglichkeit für fast alle Arten Arealverluste im Klimawandel prognostiziert. Für ausbreitungsschwache Arten erweist sich der sehr schnell voranschreitende anthropogene Klimawandel vor allem in einer stark fragmentierten Landschaft als große Bedrohung (vgl. Alagador et al. 2016, Åravall et al. 2018).

Der Klimawandel macht sich vor allem durch eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur, eine Umverteilung der Niederschlagsmengen mit einer Abnahme im Sommer und einer Zunahme im Winter sowie häufigere Extremwetterereignisse bemerkbar (UBA 2006, IPCC 2013). Inwiefern eine Art von diesen Klimaänderungen beeinträchtigt wird oder sogar davon profitieren kann, hängt von deren Anpassungsfähigkeit ab. Organismen, die sehr unterschiedliche Biotope besiedeln und ein breites Spektrum an Umweltbedingungen tolerieren, werden weniger Schwierigkeiten haben als stark spezialisierte Arten. Das höchste Risiko haben kalt-stenotope Arten (vgl. Behrens et al. 2009, Rabitsch et al. 2010). Durch die zunehmenden Dürreperioden in den Sommermonaten werden insbesondere trockenheitsempfindliche Arten negativ beeinflusst, da die Änderungen im Niederschlagsregime einen negativen Effekt auf die Habitatqualität vor allem der feuchten Lebensräume haben (Petermann et al. 2007, Pompe et al. 2011). Insgesamt besteht beispielsweise für Libellen und Amphibien ein erhöhtes Austrocknungsrisiko ihrer Reproduktionsgewässer (Ott 2010, Walls et al. 2013). Die Klimaerwärmung beeinflusst aber auch Fließgewässer und Seen und deren Lebensgemeinschaften.

Mit steigenden Wassertemperaturen erhöht sich die Sauerstoffzehrung in Gewässern, weshalb vor allem kälteadaptierte Arten mit einer geringen Toleranz gegenüber Sauerstoffdefiziten gefährdet sind (z. B. Mohseni et al. 2003, Daufresne et al. 2004, Koop et al. 2007). So waren im Vogelsberg im Hitzesommer 2018 zahlreiche Bachoberläufe ausgetrocknet, die in anderen Jahren vom Feuersalamander (*Salamandra salamandra*, Abb. 3) als Absetzgewässer für seine Larven genutzt werden (Ziemek, Institut für Biologiedidaktik der Universität Giessen, mdl. Mitt.). Und selbst für die Vorkommen des an extrem sauerstoffarme Gewässer angepassten Schlammpeitzgers (*Misgurnus fossilis*) kann die vollständige Austrocknung von Teilbereichen der südhessischen Grabensysteme wie im Jahr 2018 massive negative Auswirkungen haben (Korte 2018).

Abb. 3: Feuersalamander (Salamandra salamandra) sind in Folge des Klimawandels von einer erhöhten Austrocknungsgefahr ihrer Larvalhabitate betroffen. (Foto: C. Geske)

Obwohl die Habitatqualität von Libellen unter den Klimawandelfolgen leiden kann, haben die verlängerten Vegetationsperioden einen positiven Effekt auf die Entwicklungsgeschwindigkeit einiger Vertreter dieser Artengruppe. So wurde beobachtet, dass sie durch die Erwärmung im Jahr mehrere Generationen ausbilden können (Ott 2010). Hill & Stübing (2013) konnten bereits in ihrer Vergleichsstudie (Erfassung 1986/87 und 2009/10) an 130 Gewässern in Hessen die deutliche Zunahme von südlichen Arten wie der Südlichen Mosaikjungfer (*Aeshna affinis*), der Kleinen Königslibelle (*Anax parthenope*) oder der Südlichen Heidelibelle (*Sympetrum meridionale*) dokumentieren. Gleichzeitig vermuten Frank et al. (2020) deutliche negative Auswirkungen der Sommertrockenheit 2018/19 auf die hessischen Reproduktionsgewässer verschiedener Libellenarten wie der Torf-Mosaikjungfer (*Aeshna juncea*), der Kleinen Moosjungfer (*Leucorrhinia dubia*) oder der Großen Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis*, Abb. 4).

Auch bei Tagfaltern kann es aufgrund der wärmeren Temperaturen häufiger zu einer zweiten Generation im Jahr kommen. Vor allem monophage Tagfalter stehen aber gleichzeitig vor dem Problem, dass ihre Nektar- oder Raupenfutterpflanzen aufgrund extremer Trockenheit nicht ausreichend entwickelt sind oder bereits früh verblühen, was zu massivem Nahrungsmangel führen kann. Dies hat Wenzel (2018) beispielsweise für die Larven des Skabiosen-Scheckenfalters (*Euphydryas aurinia*) im Sommer 2018 auf den Magerrasen in Nord-Osthessen dokumentiert.

Die Klimaprognosen sagen nicht nur wärmere Sommer, sondern auch mildere Winter voraus. Mildere Wintertemperaturen können vor allem Winterschlaf haltende Tiere beeinflussen. Um den ungünstigen Bedingungen durch Kälte und Nahrungsmangel im Winter zu entgehen, versetzen sich beispielsweise kleinere Säugetiere in eine Art Energiesparmodus und senken ihre Körpertemperatur drastisch ab. Milde Temperaturen führen dabei zu häufigerem Aufwachen, was den Energieverbrauch der Tiere steigert (z. B. Turbill 2008, Pretzlaff & Dausmann 2012). Negative Auswirkungen erhöhter Wintertemperaturen auf Wachstums- und Reproduktionsraten wurden auch für andere überwinternde Arten wie Amphibien- oder Tagfalterarten nachgewiesen (Reading 2007, Stuhldreher et al. 2014).

Abb. 4: Die Große Moosjungfer (Leucorrhinia pectoralis) hat unter der Sommertrockenheit 2018/19 gelitten. (Foto: C. Geske)

Der Einfluss des Klimawandels ist durch Änderungen der Pflanzenphänologie (z. B. Zeitpunkt des Einsetzens der Obstblüte, Abb. 5) deutlich sichtbar. So verschieben sich die Eintrittstermine der phänologischen Jahreszeiten: Frühling und Sommer beginnen bereits deutlich früher im Jahr und halten auch länger an, wodurch die Vegetationsphase verlängert und die Vegetationsruhe (Spätherbst und Winter) verkürzt wird. In Hessen reduzierte sich die Vegetationsruhe in manchen Gebieten im Zeitraum 1981–2010 gegenüber 1951–1980 um mehr als vier Wochen (HLNUG 2017).

Durch die Verschiebung der Vegetationsperioden erwachen einige Arten früher aus ihrem Winterschlaf und beginnen auch schon früher mit der Aufzucht ihrer Jungen. Damit hat der Klimawandel beispielsweise Einfluss auf die Höhlenkonkurrenz zwischen Vögeln, Kleinsäugern und Insekten (Scherbaum-Heberer et al. 2011). Zugvogelarten sind während ihres gesamten Jahreszyklus auf geeignete Bedingungen angewiesen: an ihren Brut-

plätzen, in den Überwinterungsgebieten und entlang ihrer Migrationsrouten. Der Klimawandel kann hier in allen drei Phasen eingreifen und den Zyklus aus dem Takt bringen (Both et al. 2006, Møller et al. 2008, Howard et al. 2018).

Fazit und Ausblick

Die Auswirkungen der Klimawandelfolgen auf Arten und Lebensräume zu bestimmen, ist aufgrund vielfältiger Wechselwirkungen und der Unsicherheit von Klimaprognosen schwierig und häufig noch sehr ungenau. Zudem kommt es durch verbesserte Modelle, Untersuchungen und neue Beobachtungen ständig zu neuen Erkenntnissen. Trotz aller Unsicherheit ist es dringend notwendig, das vorhandene Wissen zu nutzen und Naturschutzmaßnahmen an die veränderten Umweltbedingungen anzupassen. Ein Baustein ist dabei der Integrierte Klimaschutzplan Hessen 2025 (HMUKLV 2017), der im Jahr 2017 mit insgesamt 42 prioritären Maßnahmen in die erste Umsetzungsphase startete, darunter auch Maßnahmen zur Klimaanpassung im Bereich Biodiversität. Für die Maßnahme L 14 „Erhalt und Weiterentwicklung von Biotopverbundsystemen und Vermeidung weiterer Landschaftszerschneidung“ hat das HLNUG die Tier- und Pflanzenarten sowie Lebensraumtypen identifiziert, die durch den Klimawandel potentiell einer erhöhten Gefährdung ausgesetzt sind. Dabei lag der Fokus auf den naturschutzfachlich relevanten Arten und Lebensräumen. Durch Literaturrecherche und Expertenbefragung wurden 234 Arten identifiziert, für die es Hinweise auf eine erhöhte Gefährdungsdisposition durch die Folgen des Klimawandels gibt. Davon sind 73 Arten in Hessen bereits jetzt vom Aussterben bedroht (Rote-Liste-Status 1) und 70 Arten gelten als stark gefährdet (Rote-Liste-Status 2). Ungefähr die Hälfte der potentiellen „Klimaverlierer“ sind auch Arten der Hessen-Liste, für deren Erhalt Hessen eine besondere Verantwortung trägt. Für 31 der insgesamt 45 in Hessen vorkommenden Lebensraumtypen der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie wird von einer erhöhten Gefährdungsdisposition durch die Folgen des Klimawandels ausgegangen. Dazu gehören vor allem Lebensraumtypen, die eine hohe Grundwasser- bzw. Oberflächenwasserabhängigkeit besitzen oder auf die Höhenlagen beschränkt sind. Die Publikation „Auswirkungen des Klimawandels auf hessische Arten und Lebensräume“ steht auf der Homepage des HLNUG unter https://www.hlnug.de/themen/naturschutz/klimawandel-und-biologische-vielfalt zum Download zur Verfügung.

Abb. 5: Die Vegetationsperiode beginnt heute deutlich früher als noch vor 30 Jahren. Die Auswirkungen dieser Verschiebung betreffen nicht nur die Landwirtschaft und den Obst- und Weinbau, sondern auch ganze Artengemeinschaften. (Foto: C. Geske)

Kontakt

Lisa Schwenkmezger
Christian Geske
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Abteilung Naturschutz
Europastraße 10
35394 Gießen
Lisa.Schwenkmezger@hlnug.hessen.de
Christian.Geske@hlnug.hessen.de
www.hlnug.de

Literatur

Alagador, D.; Cerdeira, J.O.; Araújo, M.B. (2016): Climate change, species range shifts and dispersal corridors: an evaluation of spatial conservation models. Methods Ecol. Evol. 7: 853–866.

Araújo, M.B.; Thuiller, W.; Pearson, R.G. (2006): Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. J. Biogeogr. 33: 1.712–1.728.

Årevall, J.; Early, R.; Estrada, A.; Wennergren, U.; Eklöf, A.C. (2018): Conditions for successful range shifts under climate change: The role of species dispersal and landscape configuration. Divers. Distrib. 24: 1.598–1.611.

Bastian, H.-V. (2019): 7. Jahresbericht der FG „Bienenfresser“ der DO-G. http://www.do-g.de/fachgruppen/fgbienenfresser/. Abgerufen am 16.7.2020.

Behrens, M.; Fartmann, T.; Hölzel, N. (2009): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Projektbericht. 288 S.

Bellard, C.; Bertelsmeier, C.; Leadley, P.; Thuiller, W.; Courchamp, F. (2014): Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecol. Lett. 15(4): 365–377.

Both, C.; Bouwhuis, S.; Lessells, C.M.; Visser, M.E. (2006): Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. Nature 441: 81–83.

Daufresne, M.; Roger, M.; Capra, H.; Lamouroux, N. (2004): Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhone River: Effects of climatic factors. Glob. Chang. Biol. 10: 124–140.

Fooken, C.; Wolf, H. (2006): Klimawandel und seine Folgen in Hessen. Jahresbericht 2006 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie: 55–64.

Frank, M.; Adelmann, J.; Blanckenhagen, B.V.; Holtzmann, J.; Nitardy, C.; Roland, H.-J.; Stübing, S.; Tamm, J.; Wächter, J. (2020): Jahresbericht 2019. Libellen in Hessen 13: 4–44.

Hill, B.T.; Stübing, S. (2013): Der Wandel hessischer Libellengemeinschaften in den letzten 25 Jahren – eine Vergleichsstudie. Libellen in Hessen 6(2): 28–43.

HLNUG (2017): Land- und Forstwirtschaft im Klimawandel. In: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.): Klimawandel in Hessen. Wiesbaden. 23 S.

HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbrau-

cherschutz) (Hrsg.) (2017): Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025. Wiesbaden. 65 S.

Howard, C.; Stephens, P.A.; Tobias, J.A.; Sheard, C.; Butchart, S.H.M.; Willis, S.G. (2018): Flight range, fuel load and the impact of climate change on the journeys of migrant birds. Proc. R. Soc. B 285: 20172329.

Huntley, B.; Green, R.E.; Collingham, Y.C.; Willis, S. G. (2007): A climatic atlas of European breeding birds. Barcelona. 521 S.

IPCC (2002): Climate Change and Biodiversity. In: Gitay, H.; Suárez, A.; Watson, R.T.; Dokken, D.J. (Hrsg.). Genf. 85 S.

IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. In: Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P.M. (Hrsg.): Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York. 1.535 S.

IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.; Skea, J.; Shukla, P. R.; Pirani, A.; Moufouma-Okia, W.; Péan, C.; Pidcock, R.; Connors, S.; Matthews, J.B.R.; Chen, Y.; Zhou, X.; Gomis, M.I.; Lonnoy, E.; Maycock, T.; Tignor, M.; Waterfield, T. (Hrsg.): Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

Jentsch, A.; Beierkuhnlein, C. (2003): Global climate change and local disturbance regimes as interacting drivers for shifting altitudinal vegetation patterns. Erdkunde 57: 216–231.

Koop, J. H. E.; Bergfeld, T.; Keller, M. (2007): Einfluss von extremen Niedrigwasser-Ereignissen und gleichzeitigen „Hitzeperioden" auf die Ökologie von Bundeswasserstraßen. Hydrol. Wasserbewirtsch. 5: 202–209.

Korte, E. (2018): Untersuchung des Schlammpeitzgers (*Misgurnus fossilis*) in Südhessen sowie Durchführung eines Zucht- und Besatzprogramms – Bericht 2018. Unveröff. Gutachten im Auftrag des RP Darmstadt. 32 S.

Levinsky, I.; Skov, F.; Svenning, J.C.; Rhabek, C. (2007): Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals. Biodivers. Conserv. 16: 3.803–3.816.

Mohseni, O.; Stefan, H.G.; Eaton J.G. (2003): Global warming and potential changes in fish habitat in U.S. streams. Biodivers. Conserv. 59: 389–409.

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. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 105: 16.195–16.200.

Nagel, R.-V. (2019): Wiederbewaldung von Schadflächen in Anpassung an den Klimawandel. Waldzustandsbericht 2019. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): 36–37.

Ott, J. (2010): Dragonflies and climatic changes – recent trends in Germany and Europe. BioRisk 5: 253–286.

Parmesan, C. (2006): Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 37: 637–669.

Petermann, J.; Balzer, S.; Ellwanger, G.; Schröder, E; Ssymank, A. (2007): Klimawandel – Herausforderung für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000. In: Balzer, S.; Dietrich, M.; Beinlich, B. (Hrsg.): Natura 2000 und Klimaänderungen. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg: 127–148.

Pompe, S.; Berger, S.; Bergmann, J.; Badeck, F.; Lübbert, J.; Klotz, S.; Rehse, A.-K.; Söhlke, G.; Sattler, S.; Walther, G.-R.; Kühn, I. (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. BfN-Skripten 304: 1–98.

Pretzlaff, I.; Dausmann, K.H. (2012): Impact of Climatic Variation on the Hibernation Physiology of *Muscardinus avellanarius*. In: Ruf, T. et al. (Hrsg.): Living in a Seasonal World. Berlin Heidelberg.

Rabitsch, W.; Winter, M.; Kühn, E.; Kühn, I.; Götzl, M.; Essl, F.; Gruttke, H. (Hrsg.) (2010): Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland. Natursch. Biol. Vielf. 98: 1–265.

Reading, C. J. (2007): Linking global warming to amphibian declines through its effect on female body condition and survivorship. Oecologia 151: 125–131.

Rebelo, H.; Tarroso, P.; Jones, G. (2010): Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. Glob. Chang. Biol. 16: 561–576.

Scherbaum-Heberer, C.; Koppmann-Rumpf, B.; Dukova, S. Janka, H.; Schmidt, K.-H. (2011): Einfluss des Klimawandels auf die Höhlenkonkurrenz zwischen Vögeln, Kleinsäugern und Insekten. Abschlussbericht im Rahmen des Forschungsvorhabens INKLIM-A des Fachzentrums Klimawandel Hessen. Schlüchtern. 51 S.

Schlumprecht, H.; Bittner, T.; Jaeschke, A.; Jentsch, A.; Reineking, B.; Beierkuhnlein, C. (2010): Gefährdungsdisposition von FFH-Tierarten Deutschlands angesichts des Klimawandels – Eine vergleichende Sensitivitätsanalyse. Natursch. Landschaftsplan. 42: 293–303.

Settele, J.; Kudrna, O.; Harpke, A.; Kühn, I.; van Swaay; C.; Verovnik, R.; Warren, M.; Wiemers , M.; Hanspach, J.; Hickler, T.; Kühn, E.; van Halder, I.; Veling, K.; Vliegenthart, A.; Wynhoff, I.; Schweiger, O. (Hrsg.) (2008): Climatic Risk Atlas of European Butterflies. BioRisk 1: 1–712.

Steger, J.; Geske, C.; Gottwald, J.; Brandl, R.; Nauss, T.; Hotes, S. (2019): Szenarien der künftigen Verbreitung des Hirschkäfers in Hessen: Welchen Einfluss hat der Klimawandel? Natur & Landsch. 95(3): 111–117.

Stübing, S. (2019): Monitoring seltener Arten und Etablierung des Monitorings von Einzelvorkommen und Koloniebrütern. Ergebnisse „Besonders seltener Brutvögel" in Hessen 2019. Unveröff. Gutachten im Auftrag der Staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland. 26 S.

Stübing, S.; Krummel, N.; Hundertmark, I.; Geske, C. (2019a): Vorkommen und Ausbreitung der Gottesanbeterin (*Mantis religiosa*) in Hessen. Articulata 34: 139–145.

Stübing, S.; Hundertmark, I.; Reiners, T.E. (2019b): Beobachtungen zur Ausbreitung von Weinhähnchen (*Oecanthus pellucens*), Vierpunktiger Sichelschrecke (*Phaneroptera nana*) und Südlicher Grille (*Eumodicogryllus bordigalensis*) in Hessen. Articulata 34: 127–138.

Stuhldreher, G.; Hermann, G.; Fartmann, T. (2014): Cold adapted species in a warming world – an explorative study on the impact of high winter temperatures on a continental butterfly. Entomol. Exp. Appl. 151: 270–279.

Tischendorf, S.; Engel, M.; Flügel, H.J.; Frommer, U.; Geske, C.; Schmalz, K.H. (2015): Atlas der Faltenwespen Hessens. FENA Wissen 3: 1–260.

Turbill, C. (2008): Winter activity of Australian tree-roosting bats: influence of temperature and climatic patterns. J. Zool. 276: 285–290.

UBA (2006): Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Hintergrundpapier. Dessau. 20 S.

Walls, S.C.; Barichivich, W.J.; Brown, M.E. (2013): Drought, deluge and declines: the impact of precipitation extremes on amphibians in a changing climate. Biology 2: 399–418.

Wenzel, A. (2018): Landesmonitoring 2018 zur Erfassung des Skabiosen-Scheckenfalters *Euphydryas aurinia* (Art des Anhangs II der FFH-Richtlinie) in Hessen. Unveröff. Gutachten im Auftrag des HLUG. 18 S.

Zizka, G.; Müller, C.; Gregor, T.; Schmidt, M. (2014): Abschlussbericht „Stark bedrohte Pflanzenarten in Hessen – Arealanalyse und Klimawandel". Senckenberg Forschungszentrum Biodiversität und Klima. Im Auftrag des Fachzentrums Klimawandel Hessen im HLUG. 95 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch Naturschutz in Hessen

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: 19

Autor(en)/Author(s): Schwenkmezger Lisa, Geske Christian

Artikel/Article: Der Klimawandel hat Auswirkungen auf die biologische Vielfalt – auch in Hessen 84-88