



Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

Sonderheft Nr. 232

Dezember 2020

Agrarwissenschaft Forschung — Praxis

Wie die Politik auf die Bedrohung der Biodiversität in Agrarlandschaften durch den Klimawandel reagieren kann

Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

November 2020

Wie die Politik auf die Bedrohung der Biodiversität in Agrarlandschaften durch den Klimawandel reagieren kann

Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für
Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium
für Ernährung und Landwirtschaft

Oktober 2020

Federführende Autoren

Frank Wätzold, Peter H. Feindt, Enno Bahrs, Ulrich Hamm, Johannes Isselstein, Stefan Schröder, Sven Wagner, Helmut Wedekind, Volkmar Wolters

Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMEL

Stand 10/2020

- » **Prof. Dr. Peter H. Feindt**, Humboldt-Universität zu Berlin (Vorsitzender)
- » **Prof. Dr. Volkmar Wolters**, Justus-Liebig-Universität Gießen (stv. Vorsitzender)
- » **Prof. Dr. Gunter Backes**, Universität Kassel
- » **Prof. Dr. Enno Bahrs**, Universität Hohenheim
- » **Prof. Dr. Horst Brandt**, Justus-Liebig-Universität Gießen
- » **Prof. Dr. Jens Dauber**, Thünen-Institut, Braunschweig (Ständiger Gast)
- » **Prof. Dr. Eve-Marie Engels**, Universität Tübingen
- » **Dr. Johannes Engels**, Bioersity International, Rom/Italien
- » **Prof. Dr. Andreas Graner**, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben
- » **Prof. Dr. Ulrich Hamm**, Universität Kassel
- » **Prof. Dr. Matthias Herdegen**, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- » **Prof. Dr. Johannes Isselstein**, Georg-August-Universität Göttingen
- » **Dr. Stefan Schröder**, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bonn
- » **Dr. Ernst Tholen**, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- » **Prof. Dr. Sven Wagner**, Technische Universität Dresden
- » **Prof. Dr. Frank Wätzold**, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- » **Dr. Helmut Wedekind**, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Starnberg
- » **Dr. Heino Wolf**, Staatsbetrieb Sachsenforst, Pirna

Zitierweise der Stellungnahme

Frank Wätzold, Peter H. Feindt, Enno Bahrs, Ulrich Hamm, Johannes Isselstein, Stefan Schröder, Sven Wagner, Helmut Wedekind, Volkmar Wolters, Jens Dauber, Eve-Marie Engels, Johannes Engels, Ernst Tholen, Gunter Backes, Horst Brandt, Andreas Graner, Matthias Herdegen, Heino Wolf, 2020: Wie die Politik auf die Bedrohung der Biodiversität in Agrarlandschaften durch den Klimawandel reagieren kann. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 30 Seiten.

Geschäftsstelle des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMEL

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt (IBV)
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn

Tel.: +49 (0)228 6845-3272

E-Mail: johanna.wider@ble.de

Internet: www.genres.de/fachgremien/wissenschaftlicher-beirat-fuer-biodiversitaet-und-genetische-ressourcen/

Inhalt

Zusammenfassung	4
Executive Summary	6
1 Einleitung	8
2 Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in den Agrarsystemen und Agrarlandschaften in Deutschland	11
3 Strategien zur Eindämmung des Verlusts an biologischer Vielfalt – Strategische Implikationen für die Agrarpolitik.....	16
3.1 Migrationsmöglichkeiten von Arten in der Landschaft erhöhen	16
3.2 Klimawandel bei der Ausgestaltung von agrarumweltpolitischen Instrumenten berücksichtigen	17
3.3 Win-win-win-Situationen identifizieren und priorisieren	19
3.4 Die Möglichkeiten der GAP nutzen	20
4 Schlussfolgerung: Zehn Leitprinzipien für die Politik zum Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität in Agrarlandschaften.....	21
(1) Forschung zu Klimawandel und Biodiversität in Agrarlandschaften verstärken	21
(2) Auswirkungen von Klimawandel auf Biodiversität in Monitoringsysteme einbeziehen	21
(3) Foresight-Prozesse zu Veränderungen in den Agrarlandschaften durchführen	21
(4) Von der statischen Schutz- zur dynamischen Anpassungsorientierung in der Programmgestaltung	22
(5) Fragmentierung der Landschaft reduzieren.....	22
(6) Artenreiche Agrarökosysteme stärken und Diversität in den landwirtschaftlichen Produktionssystemen erhöhen	23
(7) Maßnahmen mit win-win-win-Wirkungen priorisieren	23
(8) Resilienzorientierung und lernende Politik als Leitprinzipien der Agrarpolitik	23
(9) Handlungsmöglichkeiten in der GAP nutzen	24
(10) Klimawandelcheck für agrarumweltpolitische Instrumente zum Schutz der Biodiversität	24
5 Fazit	25
Danksagung.....	26
Literatur	26

Zusammenfassung

Agrarlandschaften beherbergen einen erheblichen Teil der biologischen Vielfalt Deutschlands. Der Schutz und die Förderung dieser Vielfalt ist ein gesellschaftlich anerkanntes Ziel. Denn erstens hat sich Deutschland national und international verpflichtet, die biologische Vielfalt im Sinne des Naturschutzes zu erhalten. Zweitens sichert die biologische Vielfalt Genpools, die für die Ökosystemfunktionen (Produktion, Klima-, Boden- und Gewässerschutz) in genutzten Landschaften unter sich ändernden Bedingungen, etwa des Klimawandels, wichtig werden können. Drittens können genutzte (Kulturarten, Sorten) und begleitende Vielfalt (z.B. Beikräuter, Bodenorganismen, oberirdische Insekten) dazu beitragen, die Leistungsfähigkeit von Agrarlandschaften unter extremen Bedingungen länger bzw. in einem höheren Maße zu erhalten.

In den zurückliegenden Dekaden hat es einen erheblichen und bis heute anhaltenden Verlust an biologischer Vielfalt in den Agrarlandschaften gegeben. Die Ursachen liegen maßgeblich in den Änderungen der Landnutzung und der Landschaftsstruktur. Der fortschreitende Klimawandel stellt ein weiteres, bislang noch wenig beachtetes Risiko für die biologische Vielfalt dar. Der Wissenschaftliche Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen sieht daher einen dringenden Bedarf, dieses Risiko wirksam in die Gestaltung der Agrarpolitik und insbesondere der Agrarumweltpolitik einzubeziehen.

Allerdings ist die Wirkung der sich ändernden Klimafaktoren auf die biologische Vielfalt und auf die davon abhängigen Ökosystemleistungen der Agrarlandschaft sehr komplex. Präzise Voraussagen zu zukünftigen klimawandelbedingten Veränderungen sind daher mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit physischer und politischer Gegenmaßnahmen derzeit nicht sicher prognostiziert werden kann. Sicher ist dagegen, dass der Klimawandel die biologische Vielfalt und deren Funktionen zusätzlich zu der aktuellen Art der Landnutzung gefährdet, und dass es Möglichkeiten gibt, dieses Gefährdungsrisiko zu senken.

Daher empfiehlt der Beirat, die Agrarpolitik so weiterzuentwickeln, dass die klimabedingten Risiken für die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften deutlich verringert werden. Der Beirat fasst den politischen Handlungsbedarf in zehn Leitprinzipien zusammen, die als Orientierung für die künftige Agrar- und Agrarumweltpolitik dienen sollen. Sie adressieren fünf Themenbereiche:

- (i) Deutlich verstärkte Anstrengungen in Forschung und Monitoring sowie Foresight-Prozesse¹ sollen dazu beitragen, den Gestaltungs- und Anpassungsspielraum zu erhöhen und die Wirksamkeit von Maßnahmen mit größerer Zuverlässigkeit zu prognostizieren.
- (ii) Stärkere Ausrichtung der Agrarpolitik auf die Verbesserung der Resilienz der vielfältigen Funktionen der Agrarlandschaft. Dazu bedarf es einer ‚lernenden Politik‘, die durch Feedback-Schleifen bei Entscheidungsprozessen gekennzeichnet ist, die partizipativ ist, und die Erkenntnisfortschritte kontinuierlich einbezieht.

¹ Foresight-Prozesse dienen der systematischen Erkundung möglicher zukünftiger gesellschaftlicher Entwicklungen. Sie kombinieren verschiedene Methoden wie Befragung von Fachleuten, Trendanalysen und Szenarienentwicklung. Das BMBF setzt Foresight-Prozesse als Teil seiner Strategischen Vorausschau ein (BMBF, 2019).

(iii) Agrarpolitische und agrarumweltpolitische Instrumente sollten einem konsequenten ‚Klimawandelcheck‘ unterzogen werden. Es muss also sichergestellt werden, dass deren Wirkung der notwendigen Anpassung an den Klimawandel nicht entgegensteht, sondern diese unterstützt.

(iv) Prioritäre Handlungsfelder für den Erhalt der biologischen Vielfalt im Klimawandel sind ein Aufhalten der Fragmentierung und Homogenisierung der Agrarlandschaft² durch die Förderung vielfältiger Agrarlandschaften und die wirksame Stärkung artenreicher Agrarsysteme.

(v) Handlungsoptionen, die der derzeitige Regelungsrahmen der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik schon jetzt bietet, sollten konsequent genutzt werden. Maßnahmen mit multiplen positiven Wirkungen (win-win-win-Lösungen) sollten priorisiert werden.

² Fragmentierung der Landschaft ist der Prozess der Trennung von Landschaftselementen und gewachsenen ökologischen Zusammenhängen. Dabei entstehen für viele Tier- und Pflanzenarten Barrieren, welche deren Lebensräume verkleinern und zerteilen. Dies trägt zur Isolierung und oft zum Niedergang von Teilpopulationen bei. Während in urbanen Lebensräumen Verkehrswege und Siedlungsflächen solche Barrieren darstellen, sind es in Agrarlandschaften vor allem große monotone Ackerflächen, die für viele Lebewesen, die auf andere Habitate angewiesen sind, unüberwindbar sind.

Executive Summary

Agricultural landscapes host a significant share of the biological diversity in Germany. Protecting and advancing this diversity is an established societal goal. First, Germany has committed to national and international obligations to protect biodiversity in the sense of nature protection. Second, biodiversity secures genetic pools which could become important to safeguard ecosystem functions (production, protection of climate, soils and water) in agrarian landscapes under changing conditions, in particular under climate change. Third, used (agricultural plant and animal varieties) and accompanying biodiversity (e.g. herbage, soil organisms, aerial insects) can contribute to maintain the productivity of agricultural landscapes under extreme conditions for longer periods of stress and at a higher level.

Recent decades have witnessed a significant and continuing loss of biological diversity in agricultural landscapes. The main causes have been land use changes and alterations of landscape structures. The progressing climate change adds another, hitherto little recognized risk for biodiversity. The Scientific Advisory Council for Biodiversity and Genetic Resources therefore sees an urgent need to effectively address this risk in the design of agricultural policies, in particular agro-environmental policies.

However, the effects of the changing climate factors on biodiversity and the related ecosystem services in agricultural landscapes are highly complex. Precise forecasts on future developments caused by a changing climate are therefore afflicted with significant uncertainties. This implies that the effectiveness of physical and political countermeasures cannot be predicted with certainty. It is certain, however, that climate change poses a danger to biodiversity and its functions in addition to the currently dominant forms of land use, and that there are possibilities to reduce the risk of harm. The Council therefore recommends to further develop agricultural policies in a way that they contribute to the reduction of the risks that climate change poses to biodiversity in agricultural landscapes. The Council synthesizes the need for political action in ten guiding principles which are meant to provide orientation for future agricultural and agro-environmental policies. They address five thematic areas:

- (i) Significantly increased efforts in research and monitoring in connection with foresight processes should increase the room for manoeuvre for policy design and adaptation and the accuracy of assessments of the effects of potential alternative measures.
- (ii) Stronger orientation of agricultural policy towards improving the resilience of the manifold functions of agricultural landscapes. This requires policy learning and an adaptive style of policy making which is characterised by feedback loops in decision-making processes, participation and continuous consideration of new insights.

(iii) All instruments of agricultural and agro-environmental policy should be submitted to a rigorous 'climate change check'. This means that it must be ensured that the effects of the policy instruments do not impede, but support the necessary adaptations to climate change.

(iv) Priority areas of action to maintain biodiversity under the condition of climate change are a hold on the continuing fragmentation and homogenization of agricultural landscapes by providing support for agricultural landscapes with high levels of diversity and by effectively strengthening species-rich agricultural systems.

(v) Options for action which are already enabled by the current regulatory framework of the Common Agricultural Policy of the European Union should be systematically used. Measures with multiple positive effects (win-win-win solutions) should be prioritized.

1 Einleitung

Die **Agrarlandschaften**, die in Deutschland knapp die Hälfte der Landesfläche einnehmen, spielen eine **zentrale Rolle für den Erhalt und die Weiterentwicklung der biologischen Vielfalt** – sowohl der landwirtschaftlich genutzten wie auch der assoziierten biologischen Vielfalt.³ In den vergangenen 100 Jahren haben sich die Agrarlandschaften in Deutschland stark verändert. Zumindest in den vergangenen 50 Jahren ging dies mit einer drastischen Reduktion der biologischen Vielfalt einher. Die wichtigsten **Ursachen** waren und sind die Vernichtung natürlicher Habitate, verengte Fruchtfolgen, die starke Vergrößerung von Flurstücken, der Verlust von artenreichem Grünland, der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sowie übermäßige Stoffeinträge, insbesondere von Nitrat (Feindt et al., 2018; Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, 2020; SRU und WBBGR, 2018).

Hinzu kommt eine weitere **Gefährdung**: der **anthropogene Klimawandel**. Die vermehrte Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre führt im globalen Mittel zu einer Erwärmung der Atmosphäre und der Ozeane und in der Folge zu einer Veränderung der klimatischen Bedingungen in allen Weltregionen. Der von Menschen verursachte Klimawandel führt bereits jetzt erkennbar zu einer zunehmenden, regional unterschiedlichen Variabilität der Wettermuster mit größerer Häufigkeit von extremen und ungewöhnlichen Wetterereignissen wie Starkregen, längeren Dürre- und Hitzeperioden, starken Stürmen oder im Jahreslauf besonders frühen oder besonders späten Frösten (Umweltbundesamt, o.D.).

Der Klimawandel verstärkt die übrigen Ursachen für den Biodiversitätsverlust auf vielfältige und komplexe Weise. Dies gilt weltweit, aber auch für die Agrarlandschaften Deutschlands. Anders als bei den übrigen Hauptursachen des Biodiversitätsverlusts sind die Auswirkungen des Klimawandels aber variabler und im Einzelnen schwieriger vorherzusagen. Damit sind sie auch schwerer zu bewältigen. Dies hat – neben der Unsicherheit über die zukünftige Klimapolitik und damit verbunden über die Stärke des Klimawandels – weitere Ursachen.

Erstens sind die **Auswirkungen des Klimawandels regional sehr unterschiedlich**. So kann es z.B. in einigen Regionen Deutschlands feuchter und in anderen trockener werden (Gutzler et al., 2015; Umweltbundesamt, o.D.; Wiebe et al., 2015). Zweitens **variieren die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität mit der Zeit**. Die Lebensbedingungen einzelner Tiere oder Pflanzen können sich z.B. bei leicht ansteigenden Temperaturen zunächst verbessern, bei weiterer Erwärmung aber verschlechtern. Drittens können **im selben Lebensraum die Auswirkungen auf verschiedene Tier- und Pflanzenarten sehr unterschiedlich** sein – für manche können sich die Habitatbedingungen verbessern, für andere verschlechtern. Dies kann wiederum die Interaktionen zwischen Arten und die daraus folgenden Populationsdynamiken so beeinflussen, dass sich letztlich die ganze Lebensgemeinschaft ändert. Viertens geht die Verschiebung der Durchschnittswerte vielfach mit einer **zunehmenden Variabilität der Klimaparameter** einher. Es wird zum Beispiel nicht nur im Mittel wärmer, sondern es gibt auch besonders

³ Biologische Vielfalt umfasst die Vielfalt der Lebensräume, die Vielfalt der Tier- und Pflanzenarten sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten.

viele sehr heiße Tage oder es treten mehr lange Dürreperioden und zugleich mehr Starkregenereignisse auf. Der damit verbundene Stress hat erhebliche Auswirkungen auf die Ökologie und die Physiologie der Organismen.

Mit der zunehmenden Variabilität der Wetterereignisse vermehren sich auch die möglichen Interaktionen des Klimawandels mit anderen Faktoren. So haben etwa hohe Nitrateinträge bei Starkregenereignissen andere negative Auswirkungen auf die Qualität von Habitaten als bei Dürren, wobei beides oft zeitnah am gleichen Ort vorkommen kann. Wenn mehrere verschiedene Extremereignisse verschiedene Tiere und Pflanzen in einem Lebensraum beeinträchtigen, gefährdet das unmittelbar die biologische Vielfalt an diesem Standort.

Zugleich reagieren Menschen, Tiere und Pflanzen auf den Klimawandel. In Agrarlandschaften wird dies gut sichtbar. Z.B. verändern Landwirtinnen und Landwirte ihre Fruchtfolgen und Anbaumethoden, landwirtschaftliche Versicherungen passen ihre Schadensmodelle an, Vögel ändern ihr Brut- und Zugverhalten und Pflanzen und Tiere erobern neue und verlieren alte Habitate.

Diese drei Faktoren – **starke Variabilität der Auswirkungen** des Klimawandels, **komplexe Wechselwirkungen** mit anderen Faktoren, und **laufende Anpassungsreaktionen** – haben zur Folge, dass das Wissen über die Wirkmechanismen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in den Agrarlandschaften Deutschlands begrenzt ist und diesbezügliche Prognosen mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Darüber hinaus sind der Klimawandel und seine Auswirkungen sehr dynamische Phänomene. Wir müssen also laufend vom Auftreten neuer Ereignisse, neuer Wechselwirkungen und neuer Reaktionen ausgehen. **Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität in Agrarlandschaften sind also dynamisch, hochkomplex und für alle Beteiligten, einschließlich der Wirtschaftsbeteiligten, schwer vorhersehbar.**

Dies hat **Konsequenzen** für die Art und Weise, wie wir **Lösungen entwickeln und umsetzen können**. Jeder Lösungsansatz muss die **Dynamik, Komplexität und Unsicherheit der Auswirkungen des Klimawandels akzeptieren** und **Strategien entwickeln, damit umzugehen**. Das gilt auch für die Agrarpolitik, zu deren Aufgaben der Schutz und die Weiterentwicklung der Biodiversität in den Agrarlandschaften gehören (Feindt et al., 2018). Notwendig ist **eine lernende Politik**, die mögliche Gefahren antizipiert, nach dem **Vorsorgeprinzip** handelt, durch **Monitoring** der Entwicklungen und der Wirkungen der Politik **laufende Lern- und Anpassungsprozesse** erlaubt und durch **Partizipation, Vernetzung und Kooperation integrierte und systemische Lösungsansätze** ermöglicht. Eine solche Politik ist auch **reflexiv**, indem sie laufend überprüft, ob die Annahmen, auf deren Grundlage sie entscheidet, noch zutreffen (Feindt und Weiland, 2018).

Das Leitkonzept der **Resilienz** bietet eine gute Richtschnur für den Umgang mit dem Klimawandel. Resilienz ist die Fähigkeit eines Systems, seine Funktionen unter sich verändernden Bedingungen – insbesondere unter der Einwirkung von langfristigem Stress und kurzfristigen Schocks – aufrechtzuerhalten (Darnhofer, 2014; Ge et al., 2016). Von den Agrarsystemen in Deutschland erwarten wir zum einen die Erfüllung einer Produktionsfunktion, aber auch die Aufrechterhaltung anderer Ökosystemfunktionen, zu denen auch Biodiversität zählt. Der Klimawandel setzt diese Funktionen vielfältigen Stressfaktoren und Schocks aus. Die konkreten Lösungsansätze müssen daher immer auf den jeweiligen Kontext ausgelegt sein. Während die Lösungsansätze problem- und kontextspezifisch sind, gibt es gut gesicherte Erkenntnisse über die generellen Faktoren, welche die Resilienz von ökologischen Systemen erhöhen und damit dazu beitragen,

biologische Vielfalt und deren Leistungen zu sichern (Holling, 1973; Urruty et al., 2016; Walker et al., 2010).

Im weiteren Verlauf der Stellungnahme stellen wir zunächst an einigen Beispielen dar, mit welchen **Mechanismen** der **Klimawandel** sich auf die **Biodiversität** in Agrarlandschaften auswirkt und wie dies andere Ursachen des Biodiversitätsverlusts verstärken kann. Anschließend entwickeln wir vier **strategische Ansätze**, wie die **Agrarumweltpolitik** – trotz der bestehenden Unsicherheiten – den **negativen Auswirkungen des Klimawandels** auf die Biodiversität **entgegenwirken** kann. Abschließend entwickeln wir **Leitlinien für eine Agrarpolitik**, die zum Erhalt und zur Weiterentwicklung der biologischen Vielfalt in den Agrarlandschaften in Deutschland unter den Bedingungen des Klimawandels beiträgt.

Mit dieser Stellungnahme will der WBGGR kein fertiges Handlungskonzept vorlegen. **Ziel** ist es vielmehr, **auf notwendige Erweiterungen der Erkenntnis- und Strategiekapazitäten der Politik hinzuweisen** und **Anstöße für einen integrativen Politikansatz** zu geben, der die Anpassung der Agrarsysteme und Agrarlandschaften in Deutschland an den Klimawandel wirksam unterstützen kann.

2 Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in den Agrarsystemen und Agrarlandschaften in Deutschland

Der sich bereits vollziehende und aller Voraussicht nach noch weiter beschleunigende Klimawandel gilt als einer der bedeutendsten Treiber des Verlusts an biologischer Vielfalt (IPBES, 2019). Studien kommen zu dem Schluss, dass ein sich weiter beschleunigender Klimawandel zum Aussterben von einem Sechstel aller Arten führen kann (Urban, 2015). Dies könnte auch erhebliche Folgen für die biologische Vielfalt in den Agrarlandschaften Deutschlands haben. Dazu gibt es bislang jedoch nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen (Bayramoglu et al., 2020; Bergmann et al., 2017; Fuhrer et al., 2016; Klaus et al., 2020).⁴

Veränderungen der biologischen Vielfalt können zu Auswirkungen auf die Produktionsfunktion der Agrarsysteme haben. Die Biodiversität stellt dafür wichtige Ökosystemleistungen zur Verfügung – etwa durch Aufrechterhaltung der Bodenstruktur, durch Bestäubung oder durch biologische Schädlingskontrolle. Es besteht die Gefahr, dass der Klimawandel diese Ökosystemleistungen negativ verändert. Zum anderen sind die Agrarlandschaften aber auch **Lebensraum** vieler Tiere und Pflanzen, sowohl für solche, die landwirtschaftlich genutzt werden, als auch für die sogenannte **assoziierte biologische Vielfalt**, also die Tiere und Pflanzen, die auf agrarische Landschaften als Lebensraum angewiesen sind, ohne selbst landwirtschaftlich genutzt zu werden. Dazu gehören auch die aquatische Biodiversität in stehenden und fließenden Gewässern der Agrarlandschaft sowie die Wechselwirkungen mit angrenzenden Waldgebieten.

Ein zentraler Mechanismus, der zur Gefährdung von Arten durch den Klimawandel führt, ist die **räumliche Verschiebung von Habitaten**. In Deutschland und in Gesamt Europa verlagern sich die Lebensräume bei allgemeiner Erwärmung typischerweise nordwärts und in Gebirgen in höhere Zonen. Können die Arten sich nicht an die geänderten Klimabedingungen anpassen oder auf Grund begrenzter Wandermöglichkeiten nicht der Verschiebung der Lebensräume folgen, so kommt es zu **lokalen Aussterbeprozessen** mit der möglichen Folge eines regionalen oder gar globalen Aussterbens einer Art.

Dies dürfte vor allem stark spezialisierte Arten betreffen, die auf bestimmte Habitatqualitäten angewiesen sind und die in der Agrarlandschaft ohnehin zurückgedrängt werden. Dies gilt insbesondere, falls es zu einer **Desynchronisation von Nahrungsketten** und zu **Veränderungen in den Konkurrenzbeziehungen** zwischen Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen kommt, weil verschiedene Arten unterschiedlich auf die Klimaerwärmung reagieren (Forrest und Thomson, 2011; Kudo und Ida, 2013; Schaller et al., 2012). Sind Interaktionen zwischen verschiedenen Arten durch den Klimawandel betroffen, so

⁴ Mögliche Gründe hierfür sind, dass (1) im Agrarbereich oft eine Reihe von Ursachen für die Gefährdung der biologischen Vielfalt verantwortlich sind und die Wirkungen des Klimawandels sich nicht so eindeutig identifizieren lassen, wie beispielsweise bei kälteresistente Arten in Mittelgebirgen, die durch die Erwärmung akut gefährdet sind, und dass (2) die Untersuchungen im Agrarbereich im Kontext des Klimawandels sich eher auf die Ausbreitung von einwandernden Schadorganismen beziehen.

entsteht ein Gefährdungspotential, wobei sich die konkreten Konsequenzen oft nur sehr ungenau vorhersagen lassen.

Parallel werden **Arten einwandern**, die erst durch den Klimawandel günstige Lebensbedingungen vorfinden. Positiv ist, wenn so in Deutschland neue Lebensräume für Arten entstünden, die in ihren bisherigen Territorien durch den Klimawandel bedroht sind und so erhalten werden können. Negativ ist dagegen, wenn Arten einwandern oder bessere Reproduktionsbedingungen vorfinden, die aus Sicht der Landwirtschaft **Krankheiten, Schädlinge und Parasiten** sind. Dies würde zu erheblichen Einbußen für die landwirtschaftliche Produktion führen (Cornelissen et al., 2019; Schaller et al., 2012) und könnte, möglicherweise begünstigt durch eine zeitverzögerte Vermehrung von natürlichen Gegenspielern, einen erhöhten Einsatz von Pestiziden nach sich ziehen – mit den entsprechend negativen Auswirkungen auf die Biodiversität.

Aus dem gegenwärtigen Kenntnisstand zur Reaktion der für die Landwirtschaft wichtigen **Bestäuber** auf den Klimawandel ergibt sich kein einheitliches Bild (Settele et al., 2016). Problematisch ist hier insbesondere die **phänologische Desynchronisation** von **Bestäubern** und ihren **Wirtspflanzen**. Bei spezialisierten Bestäubern kann dies zu Futtermangel führen (Settele et al., 2016), während Generalisten möglicherweise zwischen den Pflanzen wechseln können.

Einige **Beispiele** für Gefährdungen der Biodiversität in Agrarlandschaften infolge des Klimawandels:

- » Hummeln haben als wichtige Bestäuber eine Schlüsselfunktion für die Erträge. Dies gilt insbesondere in witterungsbedingt schwierigen Frühjahren und in Obstkulturen. Da Hummeln Kolonien bilden, spielen sie, ähnlich der Honigbiene, auch im weiteren Jahreslauf durch die große Anzahl an aktiv blütenbesuchenden Individuen eine wichtige Rolle in Agrarökosystemen. Untersuchungen haben aber gezeigt, dass Hummeln als eher boreales Faunenelement negativ auf Temperaturerhöhungen durch den Klimawandel reagieren und in ihrem Bestand bereits jetzt nachweislich stark zurückgehen (Soroye et al., 2020).
- » Viele Vögel der Agrarlandschaft haben klimawandelbedingt ihr Brutverhalten verändert. Ein typisches Beispiel ist das Braunkehlchen, welches mit einem verfrühten Brutbeginn auf tendenziell wärmere Frühjahre reagiert. Dies bedeutet, dass die Mortalität durch einen Grünlandschnitt Ende Mai für das Braunkehlchen als Wiesenbrüter deutlich zunimmt (Majaura, 2016).
- » Im Zuge des Klimawandels verändern sich die Räuber-Beute-Beziehungen, wenn sich die Habitate der beteiligten Gegenspieler in unterschiedlicher Weise verschieben. Dies kann auch Auswirkungen auf die biologische Schädlingskontrolle haben, die ja auch eine prädatorische Interaktion ist. Dies wurde am Beispiel der hellbraunen Apfelmotte (Thomson et al., 2010) und von Pflanzenschädlingen (de Sassi und Tyljanakis, 2012) nachgewiesen.

Hier sei nochmals betont, dass Arten in Agrarlandschaften auf vielfältige Faktoren reagieren. Eine monokausale Zurechnung auf den Klimawandel ist daher im Allgemeinen nicht möglich. Zudem sind die Auswirkungen auf Agrarsysteme oft noch nicht bekannt.

Der Klimawandel betrifft in den Agrarlandschaften nicht nur terrestrische, sondern auch **aquatische Arten**. Die Wirkungen können direkt sein, aber auch indirekt durch **Wechselwirkungen mit dem terrestrischen System**. Einige Beispiele seien genannt:

- » Die mit dem Klimawandel einhergehenden häufigeren Starkregenereignisse erhöhen die Einträge von organischen Substanzen in die Gewässer, welche den Lebensraum aquatischer Organismen beeinträchtigen.
- » Sterben durch lange Dürre- oder Hitzeperioden viele Kulturpflanzen ab, kann dies zu vermehrten Nitrateinträgen in Grund- und Oberflächengewässer führen, was u.a. die aquatischen Lebewesen beeinträchtigt.
- » In Fließgewässern sind strömungsliebende und Kaltwasser bevorzugende Arten schon jetzt gefährdet. Zu den Gründen zählen Gewässerverbau, Beeinträchtigung von Kies-Laichplätzen durch Ablagerung von Schwebstoffen oder die Vermehrung von eingewanderten Fressfeinden. Durch klimainduzierten Wassermangel und Wassererwärmung geraten die betroffenen Populationen zusätzlich unter Druck.
- » Lange Dürre-Hitze-Perioden führen auch indirekt zu einer Beeinträchtigung der stehenden und fließenden Gewässer. In dem Maße, wie die Land- und Forstwirtschaft die Niederschlagsdefizite durch Bewässerung ausgleicht, wird durch die Wasserentnahme der Lebensraum der aquatischen Organismen weiter verschlechtert.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität in der Agrarlandschaft sind zudem nicht isoliert von den **Wechselwirkungen mit forstlichen Systemen**. Auch hier einige Beispiele:

- » Das Lokalklima von Agrar- und Waldflächen unterscheidet sich sehr stark hinsichtlich Temperaturextremen, Windgeschwindigkeiten, Luftfeuchte und Niederschlagsverhältnissen. Diese Unterschiede dürften durch den Klimawandel noch verstärkt werden und erhebliche Auswirkungen auf Arten haben, die zwischen den Lebensräumen wechseln oder in den Randbereichen leben.
- » Insbesondere der Landschaftswasserhaushalt verbindet Agrar- und Waldflächen. Es gibt bereits Bestrebungen, die den Umbau von Wald zur Erhöhung der Sickerwasserspense zum Gegenstand haben, damit die Agrarflächen intensiver als bisher bewässert werden können (Hillmann und Schulz, 2020). Mit einem solchen Umbau, der in der Regel Änderungen bei den verwendeten Baumarten bedeutet, sind massive Veränderungen für die im Wald lebenden Organismen verbunden.
- » In einer gemischten Wald-Agrarlandschaft stellen agrarische Landschaftsteile – namentlich Äcker – für Waldorganismen oft unüberwindbare Hindernisse für den Austausch zwischen ihren Teilpopulationen dar. Diese Fragmentierungswirkung kann zunehmen, wenn das Klima auf den landwirtschaftlichen Flächen noch extremer wird oder neue landwirtschaftliche Früchte keine angemessene Ressource darstellen.
- » Der Übergangsbereich von der Agrarfläche zum Wald ist – je nach Ausprägung – Lebensraum für mehr oder weniger viele Arten der Freiflächen, Wälder und Biotopkomplexe. Ändern sich die klimatischen Bedingungen auf den Agrarflächen, dann sind die Randflächen und die Organismen darin von diesem Wandel mit betroffen.
- » Agro-Forstsysteme sind eine Möglichkeit, die extremen lokalklimatischen Unterschiede zwischen Agrar- und Waldflächen abzumildern, den Wasserhaushalt der Landschaft ausgeglichener zu gestalten und die Konnektivität der Landschaft für Waldorganismen zu verbessern.

Prinzipiell reagieren **Arten** wegen ihrer unterschiedlichen biologischen Voraussetzungen sehr verschieden auf das sich ändernde Klima. Sofern eine Anpassung denn möglich ist, lassen sich drei **Anpassungstypen** unterscheiden: räumlich, zeitlich und physiologisch (Bellard et al., 2012). Bei der **räumlichen Anpassung** wandern die Arten mit den Lebensräumen mit. Ein Beispiel dafür ist die Verschiebung der Habitatareale heimischer Baumarten, die für viele Baumarten den Verlust wichtiger Habitats bedeutet. Bei der **zeitlichen Anpassung** reagieren die Arten durch phänologische Veränderungen auf das sich

ändernde Klima. Beispielsweise hat die Klimaerwärmung in Deutschland dazu geführt, dass in vielen Gebieten die Obstblüte früher einsetzt, was zu erhöhtem Schadensrisiko durch Spätfröste führt. Ähnliches wurde bei Getreide beobachtet, etwa 2020 bei der Gerste (Schütz, 2020; Strotmann, 2020). Ein anderes Beispiel sind viele Vogelarten der Agrarlandschaft, die zu einem früheren Zeitpunkt im Jahr mit der Brut beginnen, häufiger brüten oder seltener im Winter in wärmere Regionen ziehen. Zudem werden seit einigen Jahren bei verschiedenen Fischarten Laichzeitverschiebungen beobachtet.⁵ Schließlich können auch **physiologische Reaktionen der Art selbst** zu einer höheren Resilienz für ein verändertes Klima führen, beispielsweise durch eine Veränderung bei der Auswahl der Nahrung. Bei Nutztieren tritt dieser Effekt in der Regel dadurch ein, dass Menschen den Tieren andere Pflanzen als Futtergrundlage zur Verfügung stellen und die Tiere dann darauf reagieren müssen. Dies betrifft eher Tiere in extensiver Haltung.

Die Anpassungsmöglichkeiten sind jedoch begrenzt bzw. bedürfen unterstützender Maßnahmen. So ist beispielsweise die Möglichkeit der räumlichen Veränderung durch die geringe Migrationsfähigkeit vieler Arten (z.B. vieler Laufkäfer) und die hohe **Fragmentierung der Landschaft** in Deutschland begrenzt. Ähnliches gilt auch für Fließgewässer. So können Wanderfischarten zur Laichzeit nicht migrieren, weil viele Bäche und Flüsse verbaut sind.

Es lassen sich zwei grundlegende **Strategien zur Eindämmung des Verlusts an biologischer Vielfalt durch den Klimawandel** unterscheiden (Hannah et al., 2014): die **Verbesserung der Migrationsmöglichkeiten in der Landschaft** und die **Schaffung von Klimarefugien**. Die Verbesserung der Migrationsmöglichkeiten soll es den Arten ermöglichen, der Verschiebung ihrer Lebensräume zu folgen. Zu denken ist hierbei – in Abhängigkeit von den Ansprüchen der Art – an die Schaffung von **Trittsteinen** oder die großflächige Anlage von **linearen Strukturen**, beispielsweise Hecken, in der Agrarlandschaft. Die Schaffung von Klimarefugien bietet sich dann an, wenn sich der Klimawandel durch lokale oder regionale Besonderheiten, wie beispielsweise Flusstäler, in bestimmten Gebieten nicht so stark auswirkt. In solchen Refugien kann der **negative Einfluss des Klimawandels** auf andere Bereiche durch **lebensraumverbessernde Maßnahmen kompensiert** werden. Dazu zählen etwa die Verbesserung der Habitatqualität, die Vergrößerung der Refugialräume oder die bessere Vernetzung (= Konnektivität) der Lebensräume, so dass gefährdete Arten trotz negativer Klimaeffekte in den Rückzugsgebieten überleben können.

Neben diesen generellen Mustern können auch die **Anpassungsreaktionen** der Landnutzenden erhebliche Auswirkungen auf die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften haben. Zum Beispiel kann es klimatisch, aber auch klimapolitisch bedingt zu einem Wandel von Anbaukulturen bis hin zur Veränderung komplexer Anbausysteme kommen. Beispiele hierfür wären die großflächige Umstellung auf Kulturarten im Ackerbau, die widerstandsfähig gegenüber Klimawandel sind, oder der großflächige Anbau von bislang importierten Proteinlieferanten wie Sojabohnen. Solche Veränderungen könnten eingespielte Agrarökosystemfunktionen und Interaktionen beeinträchtigen, insbesondere wenn es zu raschen kurzfristigen Veränderungen auf großen Flächen kommt (Schaller et al., 2012). Andere Reaktionen deuten darauf hin, dass landwirtschaftliche Betriebe ihre Fruchtfolge erweitern, um ihre ökonomische Position gegen Klimarisiken abzusichern, was positive Wirkungen auf die Biodiversität haben kann. Bisher fehlt ein systemisches Verständnis davon, wie sich Anbaumethoden im Klimawandel verändern

⁵ Wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse dazu liegen aufgrund der Neuheit des Phänomens noch nicht vor.

und welche Auswirkungen dies auf die Biodiversität hat. In der Tierhaltung stellt sich die Frage, ob die bislang vorwiegend genutzten Tierrassen bei veränderten Klimabedingungen noch geeignet sind. Hier stellt sich die Frage der Resilienz der Tiere, wenn etwa die Milchleistung von Kühen bei hohen Temperaturen stark nachlässt, wie auch der Haltungssysteme, wenn beispielsweise infolge von Dürren im Sommer Futterknappheiten in der Rinderhaltung auftreten.

Es ist zudem davon auszugehen, dass auch weitere Akteure, welche die Landnutzung indirekt beeinflussen, auf den Klimawandel reagieren. Dies kann sinnvolle Anpassungsmaßnahmen unterstützen oder aber dazu beitragen, dass sich Probleme noch verstärken. Beispielsweise könnten Versicherungen ihre Policen ändern und Anpassungsmaßnahmen an ein sich veränderndes Klima zur Voraussetzung für den Zugang zu Versicherungsschutz machen. Solche Anpassungsreaktionen können sich sehr schnell entfalten, so dass sich die Frage stellt, wie rasch die Politik in der Lage ist, darauf zu reagieren.

3 Strategien zur Eindämmung des Verlusts an biologischer Vielfalt – Strategische Implikationen für die Agrarpolitik

In Politik und Gesellschaft wird bislang nur unzureichend wahrgenommen, wie stark sich der Klimawandel voraussichtlich auf die Biodiversität in Agrarlandschaften auswirken wird. Selbst in Fachkreisen gibt es nur wenige Diskussionen zu dieser Problematik. Klar ist jedoch: biologische Vielfalt ist wichtig für die Resilienz der Agrarsysteme im Klimawandel. Artenreichtum und genetische Diversität sind unabdingbare Ressourcen, um den Unsicherheiten im Klimawandel zu begegnen. Die Komplexität, Unsicherheit, Variabilität und Dynamik der Auswirkungen machen es unmöglich, einfache und einheitliche Handlungskonzepte zu entwickeln. Dennoch lassen sich auf strategischer Ebene Ansatzpunkte identifizieren, um der Bedrohung der Biodiversität in Agrarlandschaften durch den Klimawandel zu begegnen.

Hierbei gibt es jedoch keine „one-size-fits-all“-Lösung, sondern die Ansätze setzen auf den verschiedensten Ebenen an und bieten sehr unterschiedliche Anknüpfungspunkte für die Agrarumweltpolitik.

3.1 Migrationsmöglichkeiten von Arten in der Landschaft erhöhen

Ein erster Ansatzpunkt, um die Anpassung der Tiere und Pflanzen in den Agrarlandschaften an den Klimawandel zu erleichtern, ist die **Verbesserung der räumlichen Strukturen**, etwa durch **Landschaftskorridore** oder **Trittsteine**. Hierdurch kann es vielen Arten ermöglicht werden, mit den sich nordwärts oder bergwärts verschiebenden Lebensräumen zu wandern. Das Konzept von Wanderungskorridoren und Trittsteinen ist seit langem etabliert. Es wurde entwickelt, um der zunehmenden Fragmentierung der Landschaft entgegenzuwirken und Lebensräume, die durch Eingriffe in die Landschaft getrennt wurden, wieder zu vernetzen. Durch den zunehmenden **Klimawandel** erhält die Implementation solcher Konzepte jedoch eine **zusätzliche Dimension** und eine **erhöhte Dringlichkeit**.

Die Gestaltung von räumlichen Strukturen fällt in erster Linie in den Bereich der Raum- und Landschaftsplanung. Laut Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (Umweltbundesamt, 2019) werden dessen Auswirkungen auf die Biodiversität und die daraus resultierenden Anforderungen von der Landschaftsplanung zwar noch unvollständig, aber doch in wachsendem Maße berücksichtigt. Darüber hinaus ist das Leitkonzept einer grünen Infrastruktur inzwischen weithin etabliert (Bundesamt für Naturschutz, 2017).

In der Agrarlandschaft bedarf es jedoch nicht nur landschaftsplanerischer Ansätze, sondern es stellt sich zentral die Frage, wie **Landwirtschaftsbetriebe** über **Anreizstrukturen** dazu gebracht werden können, sich **freiwillig an Biodiversitätsschutzmaßnahmen** zu **beteiligen**, mit denen Korridore und Trittsteine entstehen. Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen (AUKM) auf Bundeslandebene sind dafür nur bedingt ge-

eignet, da sie sich an die Landwirtschaft im Allgemeinen richten und nicht speziell an solche Betriebe, deren Flächen wichtig für Wanderungskorridore und Trittsteine sind. Darüber hinaus bedarf es für die Schaffung von Wanderungskorridoren und Trittsteinen auch einer koordinierten Auswahl der Flächen unter Berücksichtigung ihrer Anordnung im Raum.

Im Prinzip sind für eine solche gezielte Flächenauswahl sogenannte **Gruppenzahlungen** geeignet, bei denen die landwirtschaftlichen Betriebe Zahlungen nur dann erhalten, wenn ein koordiniertes Vorgehen in Form einer Gruppenleistung bei der Flächenauswahl und biodiversitätsfreundlichen Bewirtschaftung vorliegt. Ein Beispiel ist der „**Netzwerkbonus**“ in der Schweiz. Hier erhalten Landwirtschaftsbetriebe neben einer Grundzahlung für eine biodiversitätsfreundliche Bewirtschaftung von Flächen eine Zusatzzahlung („Bonus“), wenn die Bewirtschaftung der Flächen in ein regionales Gesamtkonzept eingebunden ist, das die Bewirtschaftung einer großen Zahl miteinander verbundener Flächen beinhaltet (Krämer und Wätzold, 2018).

Eine räumlich zielgerichtete Steuerung der biodiversitätsfreundlichen Bewirtschaftung von Flächen kann auch durch den Einsatz von bestimmten **Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen** gemäß §§ 13ff. BNatschG erfolgen. Hierbei werden **landwirtschaftliche Betriebe** für die **biodiversitätsfreundliche Bewirtschaftung** ihrer Flächen über einen **längeren Zeitraum**, typischerweise 25 bis 30 Jahre, aus Mitteln **honoriert**, die im Rahmen der Eingriffsregelung zur Verfügung stehen (Etterer et al., 2020). Da die entsprechenden Verträge mit einzelnen Betrieben abgeschlossen werden, kann damit eine Steuerung der räumlichen Lage von Flächen sowie der Angepasstheit von Maßnahmen an den Klimawandel erfolgen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass sowohl Gruppenzahlungen als auch der Einsatz von Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen zwar eine zielgenaue Steuerung von Flächen auf lokaler bzw. regionaler Ebene ermöglichen, diese Flächen aber in ein **landschaftsplanerisches Gesamtkonzept** auf größerer räumlicher Ebene eingebunden sein müssen. Nur so kann ein Verbundsystem entstehen, das **großräumige Migrationsmöglichkeiten** für Pflanzen und Tiere in der Landschaft schafft.

3.2 Klimawandel bei der Ausgestaltung von agrarumweltpolitischen Instrumenten berücksichtigen

Agrarumweltpolitische Instrumente wie AUKMs und Vertragsnaturschutzprogramme sind einer der Grundpfeiler für den Schutz der Biodiversität in Agrarlandschaften. In einigen Fällen kann die Ausgestaltung von Politikinstrumenten zum Schutz der biologischen Vielfalt an den Klimawandel angepasst werden. Darüber hinaus kann der Klimawandel auch zu einer Neubewertung dieser Politikinstrumente führen und damit zusätzliche oder abschwächende Argumente für ihren Einsatz generieren.

Maßnahmenbasierte versus ergebnisorientierte Honorierung ökologischer Leistungen

Agrarumweltpolitische Instrumente lassen sich in maßnahmenbasierte und ergebnisorientierte Programme einteilen. Bei den **maßnahmenbasierten Programmen** erhalten landwirtschaftliche Betriebe u. a. eine Zahlung dafür, dass sie eine bestimmte biodiversitätsfördernde Maßnahme durchführen, unabhängig davon, ob das gewünschte ökologische Ziel auch erreicht wird. Ein Beispiel ist der Verzicht auf die Mahd in bestimmten

Zeiträumen zum Schutz von Wiesenbrütern oder seltenen Grünlandpflanzen. Bei **ergebnisorientierten Programmen** erhalten landwirtschaftliche Betriebe nur dann eine Zahlung, wenn mit den eingesetzten Maßnahmen auch ein ökologisches Ziel, beispielsweise das Auftreten bestimmter gefährdeter Pflanzenarten, tatsächlich erreicht wird. Möglich ist auch eine Kombination beider Honorierungsmodelle, in dem die Betriebe für die Durchführung einer Maßnahme eine Grundprämie erhalten und bei Erreichen eines erwünschten Ergebnisses eine zusätzliche Erfolgsprämie.

Führt nun der Klimawandel dazu, dass sich der Lebensraum einer zu schützenden Art verschiebt, so dass diese Art in einer bestimmten Region nicht mehr oder nur durch angepasste Maßnahmen geschützt werden kann, so müssen die maßnahmenbasierten Programme, die auf diese Art zielen, angepasst werden. Dies erfordert zum einen das notwendige ökologische und klimarelevante Wissen auf Seiten der Verwaltung, zum anderen den politischen Willen und die entsprechende Überzeugungsarbeit, die Anpassungen auch vorzunehmen. Andernfalls kann das Ziel, die zu schützende Art zu erhalten, nicht erreicht werden.

Im Gegensatz hierzu gibt es bei der **ergebnisorientierten Honorierung** gleichsam eine „**automatische**“ **Anpassung an den Klimawandel** (Gerling und Wätzold, 2020). In der Regel haben die in der Landwirtschaft tätigen Menschen ein sehr gutes Verständnis davon, wie bestimmte Maßnahmen auf das Vorhandensein von Arten auf ihren Flächen wirken, da dies für ihren landwirtschaftlichen Produktionserfolg wichtig sein kann und sie auch die Möglichkeit der regelmäßigen Beobachtung haben. Dies impliziert, dass sie auch zeitnah bemerken, wenn eine Maßnahme unter den Bedingungen des Klimawandels nicht mehr bzw. nicht mehr in der bisherigen Form wirkt. Sie werden dann die Maßnahme einstellen, um Kosten zu sparen, oder verändern, um weiterhin die Zahlungen zu erhalten. Anders als bei der maßnahmenbasierten Honorierung entsteht dadurch ein Anreiz, die Ausgestaltung oder die räumliche Ausrichtung der Maßnahme an den Klimawandel anzupassen bzw. nicht mehr durchzuführen, wenn dies nicht möglich ist. Unter den Bedingungen des Klimawandels ermöglichen und induzieren ergebnisorientierte Programme – anders als maßnahmenorientierte Programme – also Anpassungen bei den teilnehmenden Betrieben. Dass solche Anpassungen stattfinden, setzt allerdings voraus, dass die Betriebe geeignete ergebnisorientierte Maßnahmen kennen und sich deren effektive Umsetzung zutrauen, und dass sie das Risiko, für Maßnahmen nicht oder nicht hinreichend entgolten zu werden, in Kauf nehmen.⁶

Stärkung des Vertragsnaturschutzes

Der Vertragsnaturschutz kann anders als allgemeine, bundeslandeinheitliche AUKMs gezielt für die Bedürfnisse bestimmter Arten eingesetzt und, je nach Programm, auch auf regionaler oder lokaler Ebene ausgestaltet werden. Die Möglichkeit der arten- und teilraumspezifischen Ausgestaltung prädestiniert den Vertragsnaturschutz als geeignetes naturschutzpolitisches Instrument für die Lebensraumverbesserung in Klimarefugien.

Für den erfolgreichen Einsatz in Klimarefugien bedarf es einer gezielten Ausrichtung der von den Vertragsnaturschutzprogrammen induzierten Maßnahmen auf den Schutz der vom Klimawandel bedrohten Arten und der regelmäßigen Anpassung an sich ändern-

⁶ Eine Abschätzung der Vor- und Nachteile ergebnisorientierter Honorierungszahlungen findet sich bei Matzdorf und Lorenz (2010).

de klimatische Bedingungen. Dies ist beim Vertragsnaturschutz prinzipiell möglich. Er sollte daher in diese Richtung gestärkt werden.

Anpassung von AUKMs und Vertragsnaturschutz an phänologische Veränderungen

Durch **Klimawandel** kommt es zu **phänologischen Veränderungen** wie etwa einem früheren Start der Vegetationsperiode und zeitlichen Verschiebungen im Reproduktionsverhalten von Arten. Beispielsweise kommt es bei Wiesenbrütern häufig zu einem Vorziehen der Brutphase. Eine **Anpassung von AUKMs** an diese **Veränderungen** ist aus zwei Perspektiven wichtig.

- » Da sich viele durch AUKMs induzierte Schutzmaßnahmen an der zeitlichen Dimension des Reproduktionsverhaltens orientieren, müssen sie sich auch an Klimaveränderungen anpassen. Beispielsweise müssten Regelungen zu Mahdterminen im Rahmen von AUKMs, die oft eingesetzt werden, um eine mahdfreie Zeitzone zum Schutz von Wiesenbrütern zu haben, mit Blick auf den vorgeschriebenen Mahdtermin angepasst werden.
- » Daneben kommt es durch phänologische Veränderungen auch zu einer zeitlichen Verschiebung der Bewirtschaftung von Flächen. So kann sich etwa der aus landwirtschaftlicher Sicht optimale erste Mahdtermin durch einen wärmeren und niederschlagsreicheren Frühling zeitlich nach vorne verschieben. Dadurch verändern sich aber die Opportunitätskosten, die den Betrieben entstehen, wenn sie an einer AUKM teilnehmen, welche die Verschiebung von Mahdterminen beinhaltet. Werden hier die Zahlungen nicht angepasst, so wird sich die Teilnahmebereitschaft der Betriebe ändern – mit möglicherweise nachteiligen Auswirkungen auf den Biodiversitätsschutz.

Wichtig ist es in diesem Zusammenhang, den Entscheidungsinstanzen, welche die Programme ausgestalten, handlungsrelevante Informationen über den Klimawandel sowie die Auswirkungen auf die agrarische Landnutzung und die Biodiversität zur Verfügung zu stellen, damit die AUKMs entsprechend angepasst werden können.

3.3 Win-win-win-Situationen identifizieren und priorisieren

Die Unsicherheit über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität legt nahe, Maßnahmen zu ergreifen, die neben den voraussichtlichen **positiven Wirkungen** auf den **Biodiversitätsschutz im Klimawandel** auch **andere positive Wirkungen** haben und sich **gut in die landwirtschaftliche Produktion integrieren** lassen.

Es gibt vielfältige Maßnahmen, die Lösungsbeiträge zu mehreren Problembereichen leisten und dabei die Produktion möglichst wenig einschränken. Ein gutes **Beispiel** ist die **Anlage von mehrjährigen bis dauerhaften Schutz- oder Brachestreifen an Gewässern**, angesät mit Wildpflanzen der Region. Wenn dabei eine überschaubare Fläche aus der Produktion genommen wird, können mehrere Ziele gleichzeitig bedient werden. Durch die mehrjährige Stilllegung mit heimischen Wildpflanzen entsteht – anders als bei lediglich einjährigen Stilllegungen – ein hochwertiger Lebensraum auch für Arten, die spezielle Ansprüche an Nahrungspflanzen oder eine längere Entwicklungszeit haben, wie z.B. Ameisenkolonien im Boden. Die Schutzstreifen dienen dem Biotopverbund, indem sie entlang der Gewässer Wanderkorridore, bzw. im Falle von mit Schutzstreifen geschützten Kleingewässern, Trittsteine für Wanderbewegungen bilden. Hinzu kommen positive Beiträge zum Schutz der Gewässer und der in ihnen enthaltenen biologischen Vielfalt

vor schädlichen Einträgen und Einschwemmungen sowie zum Bodenschutz des Ackers, indem die Abschwemmung von Bodensubstanz in Richtung Gewässer verhindert wird. Die Streifen unterstützen auch die angrenzende Produktion, da solche Strukturen nach den Grundgedanken des Ökologischen Landbaus und des Integrierten Anbaus notwendig sind, damit sich Schädlings- und Nützlingspopulationen aufbauen können, die sich gegenseitig in Schach halten.

Ein weiteres **Beispiel** ist die **extensive Bewirtschaftung artenreichen Grünlands**. Extensiv bewirtschaftete Wiesen und Weiden gehören in Deutschland zu den artenreichsten Ökosystemen und haben einen hohen Wert für die Biodiversität (Wätzold et al., 2015). Sie liegen oft auf marginalen Standorten und die Unterstützung ihrer Bewirtschaftung im Rahmen von AUKMs und anderen Vertragsnaturschutzprogrammen erhält nicht nur die Biodiversität, sondern trägt auch zur wirtschaftlichen Unterstützung von Betrieben in Regionen mit eher unproduktiven Böden bei, die oft nicht zu den wirtschaftlich stärksten Betrieben gehören.

Extensiv bewirtschaftete artenreiche Wiesen und Weiden haben durch ihren Artenreichtum auch einen „**Versicherungswert**“ (Finger und Buchmann, 2015). Arten, die aktuell ökosystemare Leistungen erbringen, können aufgrund der vorhandenen Artenvielfalt unter sich ändernden klimatischen Bedingungen durch andere Arten ersetzt werden. Dieser Puffer- bzw. Versicherungseffekt der biologischen Vielfalt erhöht somit die Wahrscheinlichkeit, auch in Zukunft stabile und leistungsfähige Grünlandökosysteme zu haben (Schaller et al. 2012).

Es besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf, um für die deutsche Landwirtschaft insgesamt fundierte Aussagen über eine mögliche Versicherungsfunktion von Elementen der Agrobiodiversität gegenüber dem Klimawandel treffen zu können (Petersen und Weigel, 2015).

3.4 Die Möglichkeiten der GAP nutzen

Vor dem Hintergrund der oben ausgeführten Überlegungen wäre es sinnvoll, die raumplanerischen Gestaltungsmaßnahmen zum Ausbau der grünen Infrastruktur mit den AUKMs im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU zu verknüpfen (Pe'er et al., 2020). In den AUKMs sind bereits zahlreiche Maßnahmen enthalten, welche potenziell geeignet sind, die räumliche, zeitliche und phänologische Anpassung von Tieren und Pflanzen in Agrarlandschaften an den Klimawandel zu unterstützen. Da die AUKMs aber als Honorierung freiwilliger Maßnahmen auf einzelbetrieblicher Ebene ausgestaltet sind, fehlt es bislang an einer überbetrieblichen räumlichen und/oder zeitlichen Koordination. Hierfür wäre ein integriertes Landschafts- und Ressourcenmanagement auf regionaler Ebene erforderlich.

Dies könnte beispielsweise im Rahmen der LEADER-Programme stärker unterstützt werden. Dazu könnte sich der Bund auf der Ebene des Strategieplans dafür einsetzen, dass klare Anreize für die Berücksichtigung von Klima und Biodiversität geschaffen werden. Die Länder könnten solche Projekte u.a. auch dazu nutzen, die räumliche und zeitliche Verknüpfung von AUKMs auf regionaler Ebene zu planen und zu koordinieren. Die Verortung im LEADER-Programm hätte den zusätzlichen Vorteil, dass die vorhandenen Strukturen im nationalen Netzwerk für ländliche Räume genutzt werden könnten, um einen Erfahrungsaustausch zwischen den regionalen Initiativen und ggf. auch eine mehrere Regionen übergreifende Koordination zu ermöglichen.

4 Schlussfolgerung: Zehn Leitprinzipien für die Politik zum Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität in Agrarlandschaften

Die bisher dargestellten Überlegungen lassen sich in Form von zehn Leitprinzipien für die Ausgestaltung der Agrarumweltpolitik für einen verbesserten Schutz der Biodiversität in Agrarlandschaften gegen die Auswirkungen des Klimawandels thesenartig zusammenfassen. Sie adressieren unterschiedliche Bereiche der Agrarumweltpolitik. Neben Leitprinzipien zu Forschung und Monitoring finden sich Leitprinzipien zur strategischen Ausrichtung der Agrarumweltpolitik und Leitprinzipien, die sich auf die konkrete Ausgestaltung der Agrarumweltpolitik beziehen.

(1) **Forschung zu Klimawandel und Biodiversität in Agrarlandschaften verstärken**

Die Anpassung von Tieren, Pflanzen und Ökosystemen sowie der landwirtschaftlichen Produktion an den Klimawandel ist aufgrund vielfältiger Interaktionen hochkomplex, mit vielen Unsicherheiten behaftet und wenig erforscht. Erforderlich ist neben der Gewinnung von Grundlagenerkenntnissen eine praxisorientierte Forschung zu möglichen Anpassungsmaßnahmen in der Verknüpfung von biodiversitätsfreundlicher Landnutzung, landwirtschaftlichen Praktiken und der räumlichen und zeitlichen Koordination von Maßnahmen. Die Verbesserung der Wissensgrundlage über Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel erfordert neben gezielten Einzelprojekten eine Forschungsinfrastruktur, wie z.B. „Landschaftslabore“, in denen Veränderungsprozesse über längere Zeiträume beobachtet und analysiert werden können.

(2) **Auswirkungen von Klimawandel auf Biodiversität in Monitoringsysteme einbeziehen**

Um so früh wie möglich Kenntnisse über die Reaktionen von einzelnen Arten auf den Klimawandel sowie von Interaktionen zwischen Arten zu bekommen, ist es notwendig, das **existierende Biodiversitätsmonitoring weiterzuentwickeln**, damit mögliche **Veränderungen durch den Klimawandel identifiziert** und über längere Zeiträume dokumentiert werden. Dazu gehören auch Veränderungen bei den genutzten Tieren und Pflanzen sowie die Fruchtfolgen. Ein solches Monitoring bildet – neben allgemeiner Forschung – die Grundlage für eine adäquate Entwicklung von Politikmaßnahmen zum Schutz von Biodiversität im Klimawandel und für die Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahmen. Es ist auch erforderlich, um die Einwanderung unerwünschter Arten mit hohem Schadpotenzial zu hemmen.

(3) **Foresight-Prozesse zu Veränderungen in den Agrarlandschaften durchführen**

Die möglicherweise sehr schnellen Veränderungen im Zuge des Klimawandels inklusive der Anpassungsreaktionen erfordern einen **proaktiven Politikansatz**. Dieser benötigt

systematische Foresight-Prozesse zu möglichen Entwicklungen in den Agrarlandschaften, um frühzeitig identifizieren zu können, wo Ökosysteme, Habitate, Arten oder genetische Ressourcen regional oder grundsätzlich bedroht sind. In den letzten Jahrzehnten haben sich die Agrarlandschaften bereits in kurzen Zeiträumen auf eine Weise verändert, die zu starkem systemischem Stress führt. Dieser wird durch den Klimawandel verstärkt. Daher wird ein Frühwarnsystem benötigt, um Ökosysteme in Agrarlandschaften zu identifizieren, deren Zusammenbruch zu befürchten ist. Die Foresight-Prozesse sollten systematisch mit den Forschungs- und Monitoringstrategien verknüpft werden.

(4) Von der statischen Schutz- zur dynamischen Anpassungsorientierung in der Programmgestaltung

Der Klimawandel wird zu einer Verschiebung von Lebensräumen führen, die das **etablierte Konzept der Einrichtung von örtlich fixierten Schutzgebieten** zumindest **zum Teil in Frage stellen wird**. Er macht es erforderlich, etablierte Vorstellungen zum Erhalt der Biodiversität weiterzuentwickeln und die Maßnahmen räumlich und zeitlich adaptiv zu gestalten – beispielsweise dadurch, dass landwirtschaftliche Betriebe „Natur auf Zeit“ durch Kompensationsmaßnahmen im Rahmen der Eingriffsregelung zur Verfügung stellen. Denn die Auswahl der Zielarten für Schutzmaßnahmen könnte z.B. bei einem schnellen Wandel der Lebensraumbedingungen ohne angepasste Strategien nicht mehr adäquat sein. Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität können nicht allein an der Konservierung bestehender Habitate und Zustände orientiert sein, wenn dies im Klimawandel auf Dauer nicht zu erreichen ist. Vor allem in Situationen, in denen derzeitige Habitate durch den Klimawandel stark gefährdet sind, sollte darauf hingewirkt werden, die **Anpassungsfähigkeit** und **Anpassungsoptionen** der gefährdeten Ökosysteme, Arten und Populationen zu verbessern.⁷ Diese Anpassungsorientierung sollte die Weiterentwicklung der Kulturarten und Anbausysteme – z.B. Mischkulturen statt Monokulturen – einbeziehen.

(5) Fragmentierung der Landschaft reduzieren

Der Klimawandel wird zu einer Verlagerung von Lebensräumen führen. Um Tieren und Pflanzen eine entsprechende **räumliche Anpassung zu ermöglichen**, ist die bestehende **Fragmentierung der Agrarlandschaft zu reduzieren**, zum Beispiel durch die Schaffung von **Wanderungskorridoren** und **Trittsteinen**. Hierzu sind nicht nur die Instrumente der Landschaftsplanung zu nutzen, sondern insbesondere Ansätze zu fördern und auszubauen, die den landwirtschaftlichen Betrieben auf freiwilliger Basis Anreize für eine

⁷ Der Agrarraum war immer ein Lebensraum, der sich für seine Bewohner durch eine hohe Dynamik auszeichnet hat. Flächen, die in einem Jahr brachliegen, werden im folgenden Jahr als Acker bearbeitet. Sofern es in der Landschaft genug Ausweichhabitate gibt, hat die kleinskalige Dynamik der Landschaftsnutzung keine große Auswirkung auf die biologische Vielfalt im Gebiet. Solange es beispielsweise genug Hecken in einer Landschaft gab, spielte das „Auf den Stock setzen“ eines Abschnitts oder sogar die Beseitigung einer Hecke an einer Stelle und die Neuetablierung an einer anderen Stelle eine geringe Rolle für den Erhalt der betroffenen Populationen. Das gleiche gilt für den Umbruch von Grünland. Gibt es genug altes, entwickeltes Grünland, kann es an einer Stelle umgebrochen und an anderer Stelle neubegründet werden. Die Arten sind an die Dynamik angepasst und besiedeln den neuen Lebensraum über die kommenden Jahre. Im Agrarraum könnten daher Schutzkonzepte, die eine stärkere Dynamik bei der Schutzfestlegung von Flächen und Flächenbestandteilen zulassen, sowohl dem Naturschutz unter einem Klimawandel als auch der besseren Erfüllung der Vorstellungen der Landwirtinnen und Landwirte dienen. Unter der Prämisse der Gewährleistung einer festzulegenden Mindestfläche an bestimmten Biotopen mit Wert für die Biodiversität könnten insbesondere im Zeichen des Klimawandels im Agrarraum Strategien der Lebensraumsicherung sowohl für den Naturschutz wie für die Landwirtschaft vorteilhaft sein, die auf eine dauerhafte „Unterschutzstellung“ spezifischer Flächen verzichten und stattdessen für einen Mindestanteil bestimmter Flächen in einer Region sorgen. Diese Anteile lassen sich unter dem Klimawandel dann auch dynamischer den jeweils schwer vorhersehbaren Bedürfnissen nach dem Schutz bestimmter Lebensräume in Regionen anpassen.

zielgerichtete Bereitstellung solcher Strukturen ermöglichen. Beispiele sind Gruppenzahlungen, die ein Verbund von Betrieben erhält, wenn Biodiversitätsschutzmaßnahmen durch räumliche Abstimmung eine Korridorfunktion ermöglichen, oder entsprechende Ausgleichsmaßnahmen im Rahmen der Eingriffsregelung, die zielgerichtet so eingesetzt werden können, dass die Maßnahmen eine Trittsteinfunktion haben.

(6) **Artenreiche Agrarökosysteme stärken und Diversität in den landwirtschaftlichen Produktionssystemen erhöhen**

Die **Resilienz von Agrarökosystemen** wird durch **erhöhte Diversität** und **Vernetzung** gestärkt. Diese Aussage **gilt generell**, hat aber unter den **Bedingungen des Klimawandels**, der zu nicht vorhersehbaren Anpassungsreaktionen führen kann, noch einmal **besondere Relevanz**. Daher sollte der agrarpolitische Rahmen so ausgestaltet werden, dass die Diversität der landwirtschaftlichen Produktionssysteme und der Erhalt vielfältiger artenreicher Agrarökosysteme gestärkt werden. Hierzu gehören die Nutzung einer weiten Fruchtfolge, die Erweiterung des genutzten Arten- und Sortenspektrums auf den Äckern und auch die Überprüfung der Vorzüglichkeit anderer Rassen in der Tierproduktion unter den veränderten Bedingungen des Klimawandels. Der Erhalt artenreicher Wiesen und Weiden gehört ebenfalls dazu. Maßnahmen wie die Förderung vielfältiger Habitate in den Agrarlandschaften, die Verminderung von Stoffeinträgen wie Nitrat und die Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln vermindern generell den Stress für viele Arten und verbessern damit ihre Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel. Im Gegensatz dazu sind Maßnahmen und Rahmenbedingungen zu vermeiden, die auf die Herausbildung von monotonen Strukturen oder standardisierten Landschaften hinauslaufen.

(7) **Maßnahmen mit win-win-win-Wirkungen priorisieren**

Die hohe Unsicherheit über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität impliziert, dass der Erfolg von Maßnahmen zum Erhalt von Biodiversität im Klimawandel nicht hundertprozentig vorhersehbar ist. Vor diesem Hintergrund **sollten Maßnahmen priorisiert werden, die zusätzlich weitere positive Effekte hervorrufen**. Beispielsweise führt die Anlage von langfristig etablierten Brachestreifen mit regionalen Wildpflanzen an Gewässern nicht nur zu einer Verbesserung des Biotopverbunds, indem entlang der Gewässer Wanderkorridore gebildet werden, sondern auch zu einem verbesserten Schutz von Gewässern vor schädlichen Einträgen sowie von angrenzenden Ackerflächen vor Erosion durch Verhinderung der Abschwemmung von Boden in Richtung Gewässer. Es geht also nicht darum, den landwirtschaftlichen Betrieben mehr Maßnahmen abzuverlangen, die nichts mit der Produktion zu tun haben, sondern darum, dass verschiedene Maßnahmen besser ineinandergreifen, welche zugleich die biologische Vielfalt wie auch die Produktion unterstützen. Die Identifizierung und Konzipierung von win-win-win-Maßnahmen kann durch die Verknüpfung der betrieblichen mit der Landschaftsebene unterstützt werden, wenn beispielsweise betriebliche Maßnahmen die Zurückhaltung von Wasser in der Landschaft verbessern, was wiederum Anfälligkeiten der Produktion im Klimawandel vermindert.

(8) **Resilienzorientierung und lernende Politik als Leitprinzipien der Agrarpolitik**

Zusätzlich zur Produktionsfunktion müssen Agrarlandschaften – oder einzelne Teilstrukturen – wichtige Ökosystemfunktionen erbringen, die u.a. auch Grundlage der landwirtschaftlichen Produktion sind. Resilienz von Agrarsystemen bezeichnet deren Fähigkeit, die erwünschten Funktionen auch unter sich verändernden Bedingungen

zu erbringen. Eine resilienzorienteerte Agrarpolitik muss daher zum einen die **gesamte Bandbreite der Funktionen** – nicht nur die Produktion – im Blick haben und zum anderen Veränderungen, welche diese Funktionen beeinträchtigen können, antizipieren, um **Anpassungs- oder Transformationsstrategien** zu entwickeln. Solche Veränderungen betreffen nicht nur die unmittelbaren Auswirkungen des Klimawandels, sondern auch die Anpassungsreaktionen in anderen relevanten Bereichen wie etwa der Landnutzung und dem Versicherungswesen. Um mit solchen dynamischen Prozessen umzugehen, muss **Agrarpolitik als lernende Politik konzipiert werden**. Dazu gehört insbesondere,

- » laufende Lernprozesse durch Monitoring, Feedback-Schleifen und partizipative Evaluation zu ermöglichen,
- » proaktiv Veränderungen zu antizipieren, z.B. durch Foresight-Prozesse und Szenarien,
- » die Entwicklung von Lösungsansätzen für absehbare Veränderungen zu fördern, z.B. durch Politik-Experimente, Living Labs, die Förderung von neuartigen Innovationen und die Organisation von gemeinsamen Lernprozessen.

(9) Handlungsmöglichkeiten in der GAP nutzen

Das europäische LEADER-Programm bietet gute Möglichkeiten, Projekte zu initiieren, die einzelbetriebliche Maßnahmen durch räumlich und zeitlich koordinierte überbetriebliche Maßnahmen zum integrierten Natur- und Umweltschutz ergänzen bzw. ersetzen. Darüber hinaus können Projekte entwickelt werden, die AUKMs mit der Entwicklung der grünen Infrastruktur verknüpfen. Aus diesem Grund sollten klare **Anreize für Projekte zu Klimaanpassung und Biodiversität im LEADER-Programm** geschaffen werden. Weiterhin sollte das Instrument der Europäischen Innovationspartnerschaften, **EIP-Agri**, genutzt werden, um praxisnah Ansätze zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit der Arten in der Agrarlandschaft zu entwickeln und entsprechende Projekte in europaweiten thematischen Netzwerken in intensiven Austausch zu bringen.

(10) Klimawandelcheck für agrarumweltpolitische Instrumente zum Schutz der Biodiversität

In die **Ausgestaltung von agrarumweltpolitischen Instrumenten** wie AUKMs und Vertragsnaturschutzprogrammen sollte ein „**Klimawandelcheck**“ einfließen. Dies bedeutet, dass systematisch analysiert wird, ob Klimawandelaspekte **beim Design der Instrumente** potentiell von Relevanz sind. Ist dies der Fall, so sind diese adäquat zu berücksichtigen. Ein illustratives Beispiel ist die notwendige Anpassung von Mahdterminen zum Schutz von Wiesenbrütern, falls diese klimabedingt ihr Brutverhalten ändern.

5 Fazit

Der **Klimawandel** ist eine völlig **neuartige Herausforderung** nicht nur für die landwirtschaftliche Produktion, sondern auch für die biologische Vielfalt in Agrarlandschaften. Die räumliche und zeitliche **Variabilität seiner Auswirkungen**, deren **Dynamik** und die **vielfältigen Wechselwirkungen** führen zu einem **hohen Maß an Ungewissheit über die konkreten Folgen** in den verschiedenen Landschaften und Regionen. Verbunden mit den Anpassungsreaktionen der Landnutzenden und anderer Beteiligten, welche die Landnutzung beeinflussen, kann es zu **möglicherweise rapiden Veränderungsprozessen** kommen. Diese sind zwar im Einzelnen schwer zu prognostizieren, können und sollten aber mittels **Szenarien** und **Foresight-Prozessen** in die Ausgestaltung von politischen Maßnahmen einbezogen werden.

Gerade weil wir viele Mechanismen noch nicht gut kennen, wird es höchste Zeit, sich auf den **Klimawandel als eine sehr dynamische und komplexe Bedrohung für die Biodiversität in Agrarlandschaften** einzustellen. Denn zum einen hat die Landwirtschaft, die nahezu die Hälfte der Fläche Deutschlands nutzt, eine sich daraus ergebende Verpflichtung zum Erhalt der biologischen Vielfalt. Zum anderen liegt es aber auch im **Eigeninteresse der landwirtschaftlichen Betriebe**, eine rapide Veränderung der ökologischen Systeme, in und mit denen sie arbeiten, zu vermeiden. Politik und Landwirtschaft sollten daher **vorausschauende Anpassungsstrategien** entwickeln, welche sowohl die biologische Vielfalt als auch die Produktionsfunktion der Agrarlandschaften in Deutschland sichern.

Danksagung

Die Autorinnen und Autoren danken Dr. Johanna Wider von der Geschäftsstelle des WBBGR im Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung für die Unterstützung bei der Erstellung der Stellungnahme.

Literatur

Bayramoglu, B., Chakir, R., Lungarska, A. (2020): Impacts of Land Use and Climate Change on Freshwater Ecosystems in France. *Environmental Modeling and Assessment* 25, S. 147–172. <https://doi.org/10.1007/s10666-019-09673-x>

Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. und Courchamp, F. (2012): Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15(4), S. 365-377. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>

Bergmann, E., Bender, J., Weigel, H.J. (2017): Impact of tropospheric ozone on terrestrial biodiversity: a literature analysis to identify ozone sensitive taxa. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 90, S. 83-105. <https://doi.org/10.5073/jabfq.2017.090.012>

BMBF (2019): Mit Foresight in die Zukunft schauen, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin. <https://www.bmbf.de/de/mit-foresight-in-die-zukunft-schauen-930.html>, abgerufen am 30.10.2010

Bundesamt für Naturschutz (BfN): Mayer, F., Schiller, J. (2017): Bundeskonzept Grüne Infrastruktur – Grundlagen des Naturschutzes zu Planungen des Bundes. https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/planung/bkgi/Dokumente/BKGI_Broschuere.pdf, abgerufen am 30.10.2020

Cornelissen, B., Neumann, P., Schweiger, O. (2019): Global warming promotes biological invasion of a honey bee pest. *Global Change Biology* 25(11), S. 3642– 3655. <https://doi.org/10.1111/gcb.14791>

Darnhofer, I. (2014): Resilience and why it matters for farm management. *European Review of Agricultural Economics* 41(3), S. 461–484. <https://doi.org/10.1093/erae/jbu012>

de Sassi, C. und Tylianakis, J.M. (2012): Climate Change Disproportionately Increases Herbivore over Plant or Parasitoid Biomass. *PLoS ONE* 7(7): e40557. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040557>

Etterer, F., Fritsch, S., Lau, M. (2020): Arbeitshilfe Produktionsintegrierte Kompensation. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-705599>, abgerufen am 30.10.2020

- Feindt, P.H. und Weiland, S. (2018): Reflexive Governance: Exploring the concept and assessing its critical potential for sustainable development. *Journal of Environmental Policy & Planning* 20(6), S. 1-20. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2018.1532562>
- Feindt, P.H., Bahrs, E., Engels, E.-M., Hamm, U., Herdegen, M., Isselstein, J., Schröder, S., Wätzold, F., Wolters, V., Backes, G., Brandt, H., Engels, J., Graner, A., Tholen, E., Wagner, S., Wedekind, H., Wolf, H. (2018): Für eine gemeinsame Agrarpolitik, die konsequent zum Erhalt der biologischen Vielfalt beiträgt. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 36 S. <https://www.bmel.de/DE/ministerium/organisation/beiraete/bio-div-veroeffentlichungen.html>, abgerufen am 30.10.2020
- Finger, R. und Buchmann, N. (2015): An ecological economic assessment of risk-reducing effects of species diversity in managed grasslands. *Ecological Economics* 110, S. 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.12.019>
- Forrest, J., und Thomson, J. (2011): An examination of synchrony between insect emergence and flowering in Rocky Mountain meadows. *Ecological Monographs* 81(3), S. 469-491. <https://doi.org/10.1890/10-1885.1>
- Fuhrer, J., Val Martin, M., Mills, G., Heald, C.L., Harmens, H., Hayes, F., Sharps, K., Bender, J., Ashmore, M.R. (2016): Current and future ozone risks to global terrestrial biodiversity and ecosystem processes. *Ecology and Evolution* 6(24), S. 8785-8799. <https://doi.org/10.1002/ece3.2568>
- Ge, L., Anten, N.P.R., van Dixhoorn, I., Feindt, P.H., Kramer, K., Leemans, R., Meuwissen, M.P.M., Spoolder, H., Sukkel, W. (2016): Why we need resilience thinking to meet societal challenges in bio-based production systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 23(December 2016), S.17-27. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.009>
- Gerling, C. und Wätzold, F. (2020): An economic evaluation framework for land-use-based conservation policy instruments in a changing climate. *Conservation Biology*. <https://doi.org/10.1111/cobi.13631>
- Gutzler, C., Helming, K., Balla, D., Dannowski, R., Deumlich, D., Glemnitz, M., Knierim, A., Mirschel, W., Nendel, C., Paul, C., Sieber, S., Stachow, U., Starick, A., Wieland, R., Wurbs, A., Zander, P. (2015): Agricultural land use changes—a scenario-based sustainability impact assessment for Brandenburg, Germany. *Ecological indicators* 48, S. 505-517. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.004>
- Hannah, L., Flint, L., Syphard, A.D, Moritz, M.A., Buckley, L.B., McCullough, I.M. (2014): Fine-grain modeling of species' response to climate change: holdouts, stepping-stones, and microrefugia. *Trends in Ecology & Evolution* 29(7), S. 390-397. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.04.006>
- Hillmann, M. und Schulz, E. (2017): Eine Extraportion Wasser aus dem Wald. *Forstwirtschaft* 6/2017, S. 46-47. <https://www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/27472.html>, abgerufen am 30.10.2020

Holling, C.S. (1973): Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, S. 1–23

IPBES: Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E.S., Ngo, H.T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K.A., Butchart, S.H.M., Chan, K.M.A., Garibaldi, L.A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S.M., Midgley, G.F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaque, J., Reyers, B., Roy Chowdhury, R., Shin, Y. J., Visseren-Hamakers, I.J., Willis, K.J., Zayas C.N. (eds.) (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>

Klaus, V.H., Friedritz, L., Hamer, U., Kleinebecker, T. (2020): Drought boosts risk of nitrate leaching from grassland fertilization. *Science of the Total Environment* 726(137877). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137877>

Krämer, J. E. und Wätzold, F. (2018): The agglomeration bonus in practice - An exploratory assessment of the Swiss network bonus. *Journal for Nature Conservation* 43, S. 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.03.002>

Kudo, G. und Ida, T.Y. (2013): Early onset of spring increases the phenological mismatch between plants and pollinators. *Ecology* 94(10), S. 2311-2320. <https://doi.org/10.1890/12-2003.1>

Majaura, M. (2016): Effektivität von Agrarumweltprogrammen zum Schutz der biologischen Vielfalt unter dem Einfluss des Klimawandels. In: Korn, H., Bockmühl, K. (Hrsg.): *Treffpunkt Biologische Vielfalt XV - Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt*, Bundesamt für Naturschutz, BfN Skripten 436, S. 23-26. <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript436.pdf>, abgerufen am 30.10.2020

Matzdorf, B. und Lorenz, J. (2010): How cost-effective are result-oriented agri-environmental measures? An empirical analysis in Germany. *Land Use Policy* 27(2), S. 535-544. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.07.011>

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (2020): *Biodiversität und Management von Agrarlandschaften - Umfassendes Handeln ist jetzt wichtig*. Halle/Saale.

https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2020_Akademien_Stellungnahme_Biodiversita%CC%88t.pdf, abgerufen am 30.10.2020

Pe'er, G., Bonn, A., Bruelheide, H. et al. (2020): Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges. *People and Nature* 2020(2), S. 305-316. <https://doi.org/10.1002/pan3.10080>

Petersen, U. und Weigel, H.-J. (2015): *Klimaresilienz durch Agrobiodiversität? Literaturstudie zum Zusammenhang zwischen Elementen der Agrobiodiversität und der Empfindlichkeit von landwirtschaftlichen Produktionssystemen gegenüber dem Klimawandel*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 25, 132 S. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn054807.pdf, abgerufen am 30.10.2020

- Schaller, M., Beierkuhnlein, C., Rajmis, S., Schmidt, T., Nitsch, H., Liess, M., Kattwinkel, M., Settele, J. (2012): Auswirkungen auf landwirtschaftlich genutzte Lebensräume. In Mosbrugger, V., Brasseur, G.P., Schaller, M., Stribrny, B. (Hrsg.): Klimawandel und Biodiversität - Folgen für Deutschland. Wiss. Buchgesell., Darmstadt, S. 222-259
- Schütz, M. (2020): Staffelsteins Bauern beklagen Millionenschaden durch Frost, Obermain-Tagblatt vom 18.6.2020. <https://www.obermain.de/lokal/bad-staffelstein/staffelsteins-bauern-beklagen-millionenschaden-durch-frost;art2486,840020>, abgerufen am 30.10.2020
- Settele, J., Bishop, J., Potts, S.G. (2016): Climate change impacts on pollination. *Nature Plants* 2(16092). <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.92>
- Soroye, P., Newbold, T., Kerr, J. (2020): Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. *Science* 367 (6478), S. 685-688. <https://doi.org/10.1126/science.aax8591>
- SRU und WBBGR (2018): Für einen flächenwirksamen Insektenschutz. Stellungnahme, Berlin. <https://www.bmel.de/DE/ministerium/organisation/beiraete/bio-div-veroeffentlichungen.html>, abgerufen am 30.10.2020
- Strotmann, K. (2020): Laternenblütigkeit: Darum sind so viele Gersten leer, in: agrar heute vom 12.6.2020, <https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/laternenbluetigkeit-so-viele-gersten-leer-569522>, abgerufen am 30.10.2020
- Thomson, L.J., Macfadyen, S., Hoffmann, A.A. (2010): Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests, *Biological Control* 52 (3), S. 296-306, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.022>
- Umweltbundesamt (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf, abgerufen am 30.10.2020
- Umweltbundesamt (o.D.): Klimafolgen Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland>, abgerufen am 30.10.2020
- Urban, Mark C. (2015): Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348 (6234), S. 571-573. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4984>
- Urruty, N., Tailliez-Lefebvre, D., Huyghe, C. (2016): Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 36(15). <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0347-5>

Wätzold, F., Bahrs, E., Feindt, H.P., Hamm, U., Isselstein, J., Schröder, S., Wolters, V., Backes, G., Dempfle, L., Engels, E.-M., Engels, J., Graner, A., Herdegen, M., Konnert, M., Schulte-Coerne, H., Wagner, S., Wedekind, H. (2015): Perspektiven für das artenreiche Grünland – Alternativen zum Rückfall in die Belohnung einer Überschussproduktion bei Milch. Kurzstellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 11 S. <https://www.bmel.de/DE/ministerium/organisation/beiraete/bio-div-veroeffentlichungen.html>, abgerufen am 30.10.2020

Walker, B., Gunderson, L., Quinlan, A., Kinzig, A., Cundill, G., Beier, C., Crona, B., Bodin, Ö. (2010): Assessing Resilience in Social-Ecological Systems: Workbook for Practitioners. Version 2: Resilience Alliance. https://www.resalliance.org/files/ResilienceAssessmentV2_2.pdf, abgerufen am 30.10.2020

Wiebe, K., Lotze-Campen, H., Sands, R., Tabeau, A., van der Mensbrugge, D., Biewald, A., Bodirsky, B., Islam, S., Kavallari, A., Mason-D’Croz, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., van Meijl, H., Willenbockel, D. (2015): Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios. *Environmental Research Letters* 10(8). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/8/085010>



