



Sachverständigenrat
für Umweltfragen



**Wissenschaftlicher Beirat
für Biodiversität und
Genetische Ressourcen**
beim Bundesministerium für
Ernährung und Landwirtschaft

Für einen flächenwirksamen Insektenschutz

STELLUNGNAHME | Oktober 2018

Impressum

Geschäftsstelle des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU)

Luisenstraße 46, 10117 Berlin

Tel.: +49 30 263696-0

info@umweltrat.de

www.umweltrat.de

(Redaktionsschluss: September 2018)

Geschäftsstelle des Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMEL

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

Ref. 321 – Informations- und Koordinationszentrum für

Biologische Vielfalt (IBV)

Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn

www.ble.de

www.genres.de

978-3-947370-13-9

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Lektorat und Herstellung: Sabine Wuttke, Susanne Junker, Susanne Winkler

Gestaltung: WERNERWERKE GbR, Berlin

Satz: TYPEWORK LAYOUTSATZ & GRAFIK GmbH, Augsburg

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)

Prof. Dr. Claudia Hornberg (Vorsitzende)

Professorin für Umwelt und Gesundheit an der Fakultät für Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld

Prof. Dr. Manfred Niekisch (stellvertretender Vorsitzender)

Professor für Internationalen Naturschutz

Prof. Dr. Christian Calliess

Professor für öffentliches Recht, insbesondere Umweltrecht, und Europarecht an der Freien Universität Berlin

Prof. Dr. Claudia Kemfert

Professorin für Energieökonomie und Nachhaltigkeit an der Hertie School of Governance und Leiterin der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin

Prof. Dr. Wolfgang Lucht

Professor an der Humboldt-Universität zu Berlin und Ko-Leiter der Abteilung Erdsystemanalyse am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Prof. Dr.-Ing. Lamia Messari-Becker

Professorin für Gebäudetechnologie und Bauphysik an der Fakultät II Bildung · Architektur · Künste der Universität Siegen

Prof. Dr.-Ing. Vera Susanne Rotter

Professorin im Fachgebiet Kreislaufwirtschaft und Recyclingtechnologie an der Technischen Universität Berlin

Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen (WBBGR)

Prof. Dr. Peter H. Feindt (Vorsitzender)

Professor für Agrar- und Ernährungspolitik am Albrecht Daniel Thaer-Institut der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Volkmar Wolters (stellvertretender Vorsitzender)

Professor für Tierökologie an der Justus-Liebig-Universität Gießen

Prof. Dr. Gunter Backes

Professor für Ökologische Pflanzenzüchtung und Agrarbiobiodiversität an der Universität Kassel

Prof. Dr. Enno Bahrs

Professor für Landwirtschaftliche Betriebslehre an der Universität Hohenheim

Prof. Dr. Horst Brandt

Professor i. R. für Tierzüchtung und Haustiergenetik an der Justus-Liebig-Universität Gießen

Prof. Dr. Eve-Marie Engels

Professorin i. R. für Ethik in den Biowissenschaften im Fachbereich Biologie der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen

Dr. Johannes Engels

Experte für pflanzengenetische Ressourcen, Bioversity International, Rom/Italien

Prof. Dr. Andreas Graner

Professor für Pflanzengenetische Ressourcen und Genomforschung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und Geschäftsführender Direktor des Leibniz-Instituts für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)

Prof. Dr. Ulrich Hamm

Professor für Agrar- und Lebensmittelmarketing Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel

Prof. Dr. DDr. h.c. Matthias Herdegen

Professor für Öffentliches Recht und Völkerrecht an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Prof. Dr. Johannes Isselstein

Professor für Graslandwissenschaft an der Georg-August-Universität Göttingen

Dr. Stefan Schröder

Leiter des Informations- und Koordinationszentrums für Biologische Vielfalt, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bonn

Dr. Ernst Tholen

Leiter der Gruppe Haustiergenetik des Institutes für Tierwissenschaften der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Prof. Dr. habil. Sven Wagner

Professor für Waldbau an der Technischen Universität Dresden

Prof. Dr. Frank Wätzold

Professor für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Umweltökonomie, an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg

Dr. Helmut Wedekind

Leiter des Instituts für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Starnberg

Dr. Heino Wolf

Leiter des Referats Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung im Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft des Staatsbetriebes Sachsenforst, Pirna

Prof. Dr. Jens Dauber

Professor für Biodiversität von Agrarlandschaften der Technischen Universität Braunschweig und Leiter des Thünen-Instituts für Biodiversität (ständiger Gast im WBBGR)

Die Mitglieder des SRU und des WBBGR bedanken sich für die sehr kompetente und engagierte Unterstützung durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des SRU. Zum wissenschaftlichen Stab des Umweltrates gehörten während der Erstellung dieses Gutachtens:

Dr. Carsten Neßhöver (Generalsekretär), Dr. Julia Hertin (Geschäftsführerin), Dr. Mechthild Baron, Barbara Bernard, Björn Brodner, Dr. Andrea Bues, Dr. Henriette Dahms, Miriam Dross LL.M., Dr. Carl-Friedrich Elmer, Alexander Franke, Patricia Horst, Casimir Lorenz, Dr. Markus Salomon, Sophie Schmalz, Dr. Elisabeth Schmid, Kristine Sperlich, Dr. Lara Steup, Annette Volkens, Mareike Well, Sophie Wiegand.

Zu den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Geschäftsstelle gehörten außerdem: Petra Busch, Ute Fritsch, Susanne Junker, Rainer Kintzel, Pascale Lischka, Dipl.-Bibl. (FH) Susanne Winkler und Sabine Wuttke. Paul Schmidt und Alexander Dalheimer haben die Arbeit im Rahmen eines Praktikums unterstützt.

Besonderer Dank gilt Dr. Katharina Fechler und 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.

Danksagung

Der SRU und der WBBGR danken den Vertreterinnen und Vertretern der Ministerien und Ämter des Bundes sowie den Vertreterinnen und Vertretern von Wissenschaft und Gesellschaft, die mit ihren Fachkenntnissen die Erstellung der Stellungnahme unterstützt haben. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, das Bundesamt für Naturschutz, das Umweltbundesamt sowie ausgewählte Expertinnen und Experten haben einen Entwurf der Stellungnahme kommentiert.

Der SRU und der WBBGR danken insbesondere folgenden Sachverständigen für hilfreiche fachliche Hinweise:

Bundesamt für Naturschutz (BfN): Dr. Sandra Balzer, Marita Böttcher, Dr. Alfred Herberg, Matthias Herbert, Prof. Dr. Beate Jessel, Dr. Manfred Klein, Dr. Andreas Krüß, Dr. Ursula Nigmann, Dr. Axel Ssymank, Dr. Wiebke Züghart

Umweltbundesamt (UBA): Detlef Grimski, Steffen Matezki, Ingrid Nöh, Dana Shilton

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ): Prof. Dr. Klaus Henle

Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig (ZFMK): Prof. Dr. Johann Wolfgang Wägele

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
1 Einleitung	8
2 Insekten und ihre Bedeutung für Natur und Mensch	10
3 Ursachen des Insektenrückgangs	18
3.1 Strukturwandel der Landschaft	20
3.2 Stoffeinträge	21
3.2.1 Pflanzenschutzmittel.....	21
3.2.2 Stickstoff und Phosphor	22
3.3 Lichtverschmutzung, Klimawandel und erneuerbare Energien.....	23
4 Handlungsempfehlungen für einen flächenwirksamen Insektenschutz	25
4.1 Landnutzung insektenfreundlicher gestalten	26
4.1.1 Agrarförderung an ökologischen Belangen ausrichten	26
4.1.2 Vielfältige Landschaftsstrukturen fördern.....	27
4.1.3 Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduzieren und fokussieren	30
4.1.4 Nährstoffeinträge verringern.....	32
4.2 Bestehende Schutzgebiete stärken	33
4.3 Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr weiter reduzieren.....	33
4.4 Negative Auswirkungen von künstlicher Beleuchtung verringern	33
4.5 Insekten- und Biodiversitätsmonitoring substanziell weiterentwickeln.....	34
4.6 Wissenslücken schließen	36
4.7 Aus-, Fort- und Weiterbildung stärken	36
4.8 Kommunikation verbessern, Bevölkerung sensibilisieren	37
5 Fazit	38
6 Literatur	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Artenreichtum verschiedener bislang beschriebener Organismengruppen weltweit	9
Abbildung 2	Taxonomische Ordnungen der Insekten weltweit.....	11
Abbildung 3	Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling (<i>Maculinea nausithous</i>)	12
Abbildung 4	Plattbauch-Libelle (<i>Libellula depressa</i>).....	12
Abbildung 5	Trend des Grünland-Schmetterlingsindex in der EU.....	13
Abbildung 6	Langfristiger Bestandstrend der Insektenarten in Deutschland.....	14
Abbildung 7	Bedeutung von Insekten im Ökosystem und für den Menschen.....	18
Abbildung 8	Wesentliche Ursachen des Insektenrückgangs.....	19
Abbildung 9	Übersicht über die Handlungsempfehlungen	26

Zusammenfassung

Insekten sind essenzielle Bestandteile von Ökosystemen. Sie zersetzen unter anderem organische Materie, bestäuben einen Großteil der Pflanzen und dienen vielen anderen Tieren als Nahrungsgrundlage. So generieren sie viele Leistungen, wie die Bestäubung von Nutzpflanzen oder die biologische Schädlingskontrolle, die wir täglich verwenden und auf die wir angewiesen sind. Die derzeit verfügbaren Daten weisen auf einen gravierenden Verlust dieser artenreichsten Tierklasse hin, sowohl im Hinblick auf die Artenzahlen als auch auf die Populationsgrößen. Durch die engen ökosystemaren Zusammenhänge wirkt sich dieser Verlust auch direkt auf die Bestandsentwicklungen anderer Tier- und Pflanzenarten sowie den Zustand von Ökosystemen allgemein aus. Der Rückgang ist das Ergebnis komplexer, häufig kumulativ wirkender Einflussfaktoren, wobei die flächendeckende und zunehmende Verarmung der Landschaftsstruktur sowie die Einträge von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln wesentlich sind.

Der Insektenschwund ist in seiner Qualität und Quantität ein Ausdruck einer verarmenden Landschaft und als Warnsignal eines weiteren substanziellen Biodiversitätsverlustes zu werten. Ein unverzügliches Handeln ist daher erforderlich. Folgerichtig hat die Bundesregierung vereinbart, ein „Aktionsprogramm Insektenschutz“ zu erarbeiten und bereits Eckpunkte dafür vorgelegt. Um den Insektenverlust zu bremsen und mittelfristig zu stoppen, sind weitreichende, systemische und flächenwirksame Ansätze notwendig, die verschiedene, sich ergänzende Maßnahmen erfordern. Die Landwirtschaft spielt aufgrund ihrer Stoffeinträge in die verschiedenen Umweltmedien Boden, Wasser und Luft sowie aufgrund ihrer Flächenwirksamkeit eine erhebliche Rolle. Wichtigste Maßnahmen sind hier die Reduzierung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffen sowie die substanzielle Anreicherung monotoner Landschaften mit Kleinstrukturen wie Hecken, Bäumen und Ackerandstreifen sowie der Schutz und die nachhaltige Nutzung extensiven Grünlands.

Die gegenwärtige Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU ist ein wichtiges Zeitfenster, das dringend genutzt werden sollte, um die Förderung von Biodiversitätsbelangen in der Landwirtschaft zu stärken und entsprechende Maßnahmen adäquat zu honorieren. Hinzu kommen Maßnahmen im Siedlungsbereich. Der Einsatz

von Pflanzenschutzmitteln muss auch hier drastisch zurückgehen – sowohl auf öffentlichen Grün- als auch auf Privatflächen. Vorläufige Erkenntnisse weisen darauf hin, dass die Reduzierung der Lichtverschmutzung ebenfalls einen wesentlichen Beitrag leisten könnte. Das Bewusstsein der Bevölkerung für die große Vielfalt der Insekten und ihre über die Bestäubungsleistung hinausgehenden Funktionen sollte verbessert sowie der Beitrag, den Bürgerinnen und Bürger zu ihrer Erhaltung leisten können, stärker kommuniziert werden. Um die Bestandsentwicklungen von Insekten zu erfassen, sollte die Bundesregierung bis zum Ende der gegenwärtigen Legislaturperiode gemeinsam mit den Bundesländern ein deutschlandweites Monitoringsystem konzipieren und mit der Etablierung beginnen. Dieses sollte zusammen mit anderen Aktivitäten zum Monitoring in einem nationalen Zentrum für Biodiversitätsmonitoring integriert werden, das gemeinsam von Behörden, Wissenschaft und Zivilgesellschaft getragen wird.

Ein weiterer Verlust von Insekten und damit fundamentalen Ökosystemleistungen hätte weitreichende negative Folgen, nicht nur für diese evolutiv äußerst alte und den Großteil ihrer langen Existenz sehr erfolgreiche Tierklasse selbst, sondern auch für das menschliche Wohlergehen und die Umwelt.

1 Einleitung

1. Insekten stellen die größte und artenreichste Klasse des Tierreichs dar. Sie haben im Laufe ihrer evolutiven Entwicklung eine unvergleichliche Vielfalt an Lebensweisen und Überlebensstrategien ausgebildet und sich an verschiedenste Lebensräume angepasst. So wurden sie zu essenziellen Bestandteilen von Ökosystemen und bilden einen wichtigen Teil ihres Fundaments: Sie bestäuben einen Großteil der Pflanzen und tragen zu deren Verbreitung und Vermehrung bei. Insekten sind selbst Nahrungsgrundlage für viele andere Tiere und fungieren als Prädatoren (Räuber) und Parasiten in Regulationsprozessen. Indem sie organisches Material zersetzen, fördern sie die Fruchtbarkeit der Böden und den Nährstoffkreislauf. Diese Leistungen geschehen vom Menschen weitgehend unbemerkt und werden als selbstverständlich wahrgenommen. Dabei sind Ökosysteme und mit ihnen der Mensch durch deren vielfältige Leistungen direkt und indirekt auf Insekten angewiesen. Zugleich können manche Insekten jedoch auch Krankheiten auf Menschen und Tiere übertragen oder Nutzpflanzen, Nahrungsvorräte oder Gegenstände beeinträchtigen. Sie werden daher oft als Schädlinge gesehen und viele Menschen begegnen ihnen mit Ablehnung. Doch trotz ihrer Anpassungsfähigkeit an unterschiedlichste Lebensräume und obwohl die Zahl der Insekten nahezu unendlich scheint (die Artenzahl ihrer Klasse übertrifft die anderer Tiergruppen bei Weitem), hat sich ihr Bestand bereits deutlich verringert und verringert sich weiter (Tz. 10 ff.).

2. Fachkreise beobachten schon seit Längerem eine Abnahme der Häufigkeit und der Artenvielfalt von Insekten. Das gesamte Ausmaß dieses schleichenden und kontinuierlichen, sich dabei aber beschleunigenden Rückgangs bei vielen Artengruppen wird jedoch erst jetzt deutlich. In seinem Ausmaß selbst für viele Expertinnen und Experten überraschend, wurde der artübergreifende Verlust zuletzt durch eine Langzeitstudie des Entomologischen Vereins Krefeld e.V. offensichtlich (HALLMANN et al. 2017). Die Studie offenbarte eine eklatante Abnahme der Biomasse (Gesamtgewicht) von Fluginsekten um bis zu 80 % im Hochsommer in mehreren deutschen Schutzgebieten innerhalb der letzten 27 Jahre (s. Tz. 13). Bundesweite Rote Listen und Studien auf europäischer und internationaler Ebene unterstreichen diesen rückläufigen langfristigen Trend (Kap. 2). Die Dimensionen des Verlustes sind dabei aus ökologischer und auch aus ökonomischer Sicht in höchstem Maße besorgniserregend. Der Weltbiodiversitätsrat (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem

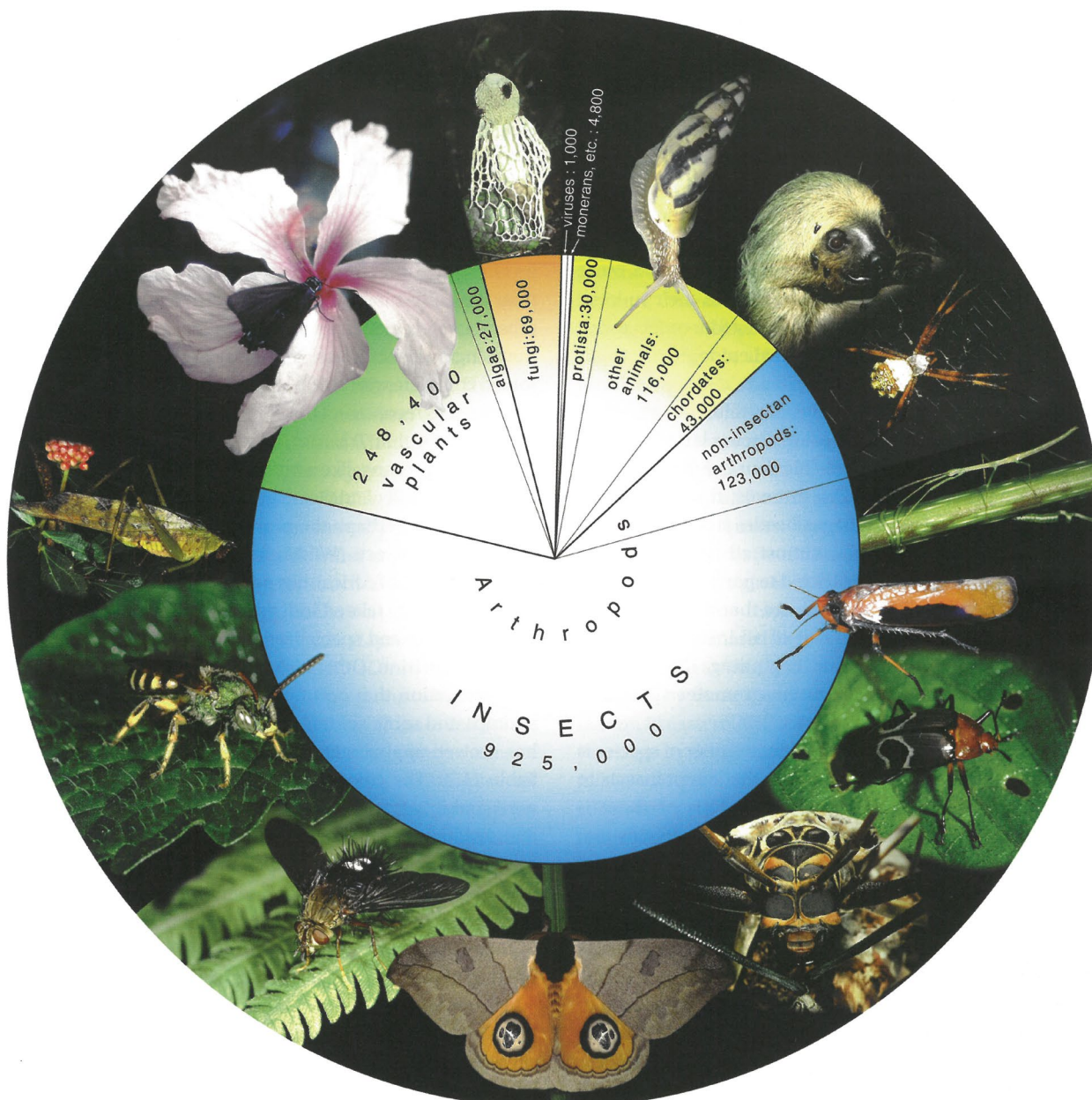
Services – IPBES) fasst in seinem Bericht zu Bestäubern und Lebensmittelproduktion diese Entwicklungen auf globaler Ebene zusammen und hebt die große Abhängigkeit der Menschheit von den Leistungen der Insekten hervor (IPBES 2016).

3. Der Rückgang von Insekten und der Biodiversität insgesamt sind dabei eng miteinander verschränkt: Zum einen machen die bisher beschriebenen Insektenarten weltweit den größten Anteil der Organismengruppen aus (Abb. 1) und der globale Biodiversitätsverlust ist damit mengenmäßig vor allem ein Insektenverlust. Auch in Deutschland sind etwa drei Viertel aller Tierarten Insekten (Bundesregierung 2018). Zum anderen haben Insekten durch ihre ökosystemaren Funktionen eine Schlüsselrolle für die Stabilität von Nahrungsnetzen. Ihr Verlust wirkt sich deswegen auch direkt auf die Bestandsentwicklungen anderer Tier- und Pflanzenarten sowie den Zustand von Ökosystemen allgemein aus und ist damit Ausgangspunkt weiterer ökologischer Gefährdungen. Schließlich sind wesentliche Ursachen für den Rückgang von Insekten gleichzeitig auch für den Verlust anderer Arten relevant. Das zunehmende Verschwinden von Insekten, wie auch das anderer Arten, vor allem in der Agrarlandschaft, ist demnach als dringendes Warnsignal zu werten: Es ist die Begleiterscheinung einer allgemeinen Landschaftsverarmung, die aus einer großräumig intensiven Landnutzung resultiert (Kap. 3). Dies schlägt sich insbesondere in der Abnahme der Quantität und der Qualität verbleibender terrestrischer und aquatischer Lebensräume durch Stoffeinträge, die Monotonisierung der Landschaft sowie ihrer Fragmentierung nieder. Hinzu kommen weitere Faktoren, wie der Klimawandel und die Zunahme künstlicher Lichtquellen. Zusammengefasst handelt es sich beim Insektenverlust um ein systemisches und flächendeckendes Problem, das durch ein umfassendes Maßnahmenpaket adressiert werden muss.

4. Seit einigen Jahren ist das Thema „Insektensterben“ zunehmend auch in der Öffentlichkeit präsent. Zunächst bezog sich die Auseinandersetzung mit der Thematik überwiegend auf den Sympathieträger Honigbiene (*Apis mellifera*). Hierbei handelt es sich jedoch gewissermaßen um einen Sonderfall, da ihr Bestand durch Nachzuchten trotz hoher Mortalität in Deutschland nicht abnimmt und sie als Nutztier vollständig abhängig vom Menschen ist. Sie ist allerdings bei weitem nicht das einzige bestäubende Insekt, auch wenn Bestäubung in der breiteren Öffentlichkeit häufig zuerst mit der Honigbiene in Verbin-

◦ Abbildung 1

Artenreichtum verschiedener bislang beschriebener Organismengruppen weltweit



Begriffserläuterungen: Athropods – Athropoden (Gliederfüßer, Stamm des Tierreichs bestehend aus Insekten, Spinnentieren, Krebstieren, Tausendfüßer u.a.); vascular plants – Gefäßpflanzen; algae – Algen; fungi – Pilze; viruses – Viren; monerans – Prokaryoten (Bakterien, Cyanobakterien, Archaeobakterien); protista – Protisten (ein- bis wenigzellige Eukaryoten, d.h. Algen, einige Pilze, Protozoen); chordates – Chordatiere (Manteltiere, Schädellose, Wirbeltiere, d.h. inkl. Säugetiere und dem Menschen)

Quelle: GRIMALDI und ENGEL 2005, S. 3

dung gebracht wird (s. Tz. 19). Sukzessive hat sich – auch in der gesellschaftlichen Diskussion – die Debatte um den Rückgang der Insekten insgesamt erweitert. Mögliche Gründe hierfür sind die allgemeine Aufmerksamkeit, die aus der Veröffentlichung der Studie der Krefelder Entomologen resultierte, sowie eine zunehmende subjektive Wahrnehmung, dass früher häufig gesehene Insekten weniger werden.

Das Thema hat mittlerweile eine hohe politische Aufmerksamkeit erlangt, was auch durch das im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vereinbarte und am 20. Juni 2018 vom Bundeskabinett durch ein Eckpunktepapier lancierte „Aktionsprogramm Insektenschutz“ zum Ausdruck kommt (Bundesregierung 2018). Auch in anderen Ländern und auf EU-Ebene werden zunehmend Maßnahmen zum Insektenschutz auf den Weg gebracht. So stell-

te im Juni 2018 die Europäische Kommission die erste EU-weite Initiative zum Schutz der bestäubenden Insekten vor, mit kurzfristig greifenden Maßnahmen bis 2020 und einer langfristigen Perspektive bis 2030 („Pollinating insects: Commission proposes actions to stop their decline“, Pressemitteilung der Europäischen Kommission vom 1. Juni 2018). Auf internationaler Ebene hat sich im Jahr 2016 in Anlehnung an den IPBES-Bestäuberbericht die „Coalition of the Willing on Pollinators“ („Koalition der Willigen für Bestäuber“) gegründet. Deutschland ist dort einer von derzeit 21 Unterzeichnerstaaten (Promote Pollinators 2018).

5. Durch die bislang vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse über das Ausmaß und die anthropogenen Ursachen des Insektenrückgangs (s. Kap. 2 und 3) wird ein dringender Handlungsbedarf deutlich. Auch wenn der Wissensstand über die Ökologie und die Bedürfnisse der einzelnen Insektenarten weiter ausgebaut werden muss, ist vor dem Hintergrund der rapiden Bestandsverluste ein Abwarten weiterer Erkenntnisse als Voraussetzung für zusätzliche Maßnahmen weder notwendig noch vertretbar. Nicht zuletzt aufgrund der zentralen Funktionen für ganze Ökosysteme und damit auch den Menschen muss der Insektenrückgang unverzüglich gebremst und mittelfristig gestoppt werden. Auch wo noch nicht alle Faktoren mit letzter Gewissheit als Ursache belegt werden können, gebietet das Vorsorgeprinzip als Leitlinie der deutschen Umweltpolitik ein Handeln, vor allem, wenn wie hier der Fall, die Auswirkungen schwer und potenziell irreversibel sind. Das Bundesnaturschutzgesetz (§ 1 BNatSchG), ebenso wie das Übereinkommen über

die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity – CBD) von 1992, verpflichten zudem den Bund, den Verlust der Biodiversität (und damit auch der Insekten) aufzuhalten. In beiden Dokumenten wird auch der Eigenwert der biologischen Vielfalt an erster Stelle genannt. Durch die EU-Naturschutzrichtlinien – die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG (FFH-Richtlinie) und die Vogelschutzrichtlinie 2009/147/EG – ergibt sich für Deutschland überdies die Verpflichtung zum Schutz wertgebender (Insekten-)Arten der FFH-Lebensraumtypen bzw. zur Erhaltung der Nahrungsgrundlage insektenfressender Vögel. Auch für die Erreichung eines guten ökologischen Zustands der Gewässer muss gemäß Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG der Zustand des Makrozoobenthos als eines der biologischen Qualitätskomponenten mindestens mit „gut“ bewertet werden. Das Makrozoobenthos sind in der Gewässersohle von Fließgewässern lebende, mit dem bloßen Auge erkennbare, wirbellose Tiere, zu denen auch Insekten zählen.

Substanzielle Gegenmaßnahmen eines Aktionsprogramms Insektenschutz müssen an den bereits benannten Ursachen des Insektenverlustes ansetzen und flächenhaft wirksam sein. Dies bedeutet, dass die Maßnahmen deutlich über räumliche und zeitliche Einzelmaßnahmen hinausgehen und damit einen positiven Effekt auf Insekten in der Fläche erzielen. Generell sollte das derzeit steigende Problembewusstsein auch als Möglichkeit genutzt werden, den Biodiversitätsschutz stärker als bisher zu adressieren und mit seinen positiven Effekten für die Gesellschaft zu verbinden (vgl. Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2016).

2 Insekten und ihre Bedeutung für Natur und Mensch

Die Vielfalt der Insekten

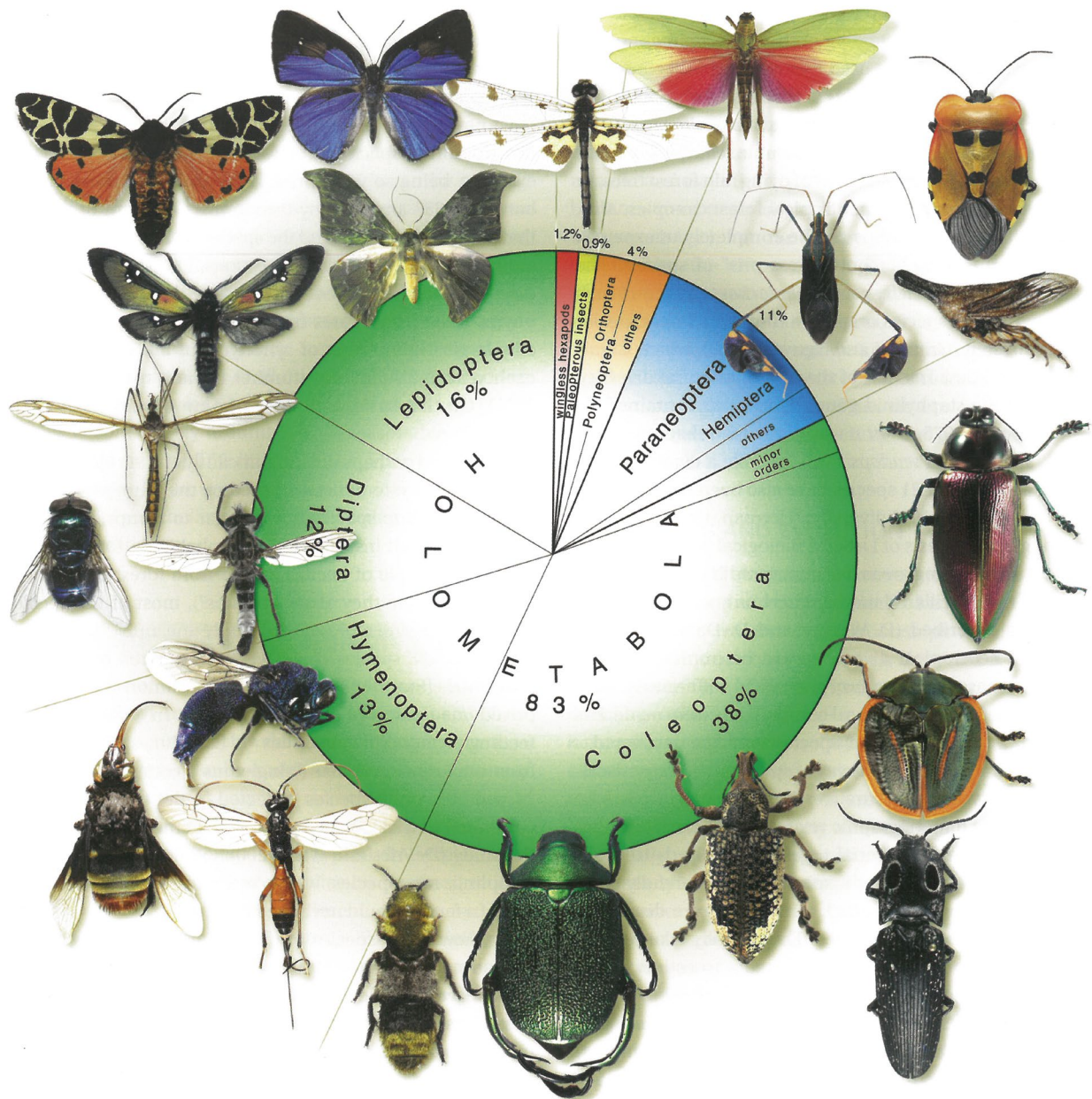
6. Die Klasse der Insekten ist die vielfältigste und artenreichste in der Geschichte des Lebens auf der Erde. Gemeinsam ist allen Insekten eine Einteilung des Körpers in drei Sektionen (Kopf, Rumpf, Hinterleib). Sie haben sechs Beine, ein Außenskelett und durchlaufen während ihrer Entwicklung vom Ei zur Imago (erwachsenes Insekt) meist mehrere Larvenstadien. Je nach Art kann dieses Entwicklungsstadium in gänzlich anderen Lebensräumen stattfinden als die adulte Phase und einen Großteil der Lebensdauer ausmachen. Die meisten Insekten verfügen während ihrer Metamorphose zusätzlich über ein Puppenstadium und werden daher als holometabol bezeichnet. Hemimetabole Insekten weisen dieses Entwick-

lungsstadium nicht auf. Zu den Insekten zählen unter anderem die vier äußerst diversen Ordnungen der Käfer (Coleoptera), Schmetterlinge (Lepidoptera), Hautflügler (Hymenoptera, z.B. Wespen, Bienen, Ameisen) und Zweiflügler (Diptera, z.B. Fliegen). Diese vier Ordnungen allein umfassen insgesamt 80 % aller Insektenarten weltweit (GRIMALDI und ENGEL 2005). Dazu kommen Libellen, Geradflügler, Wanzen, Flöhe und Schaben sowie zahlreiche weitere Ordnungen (s. Abb. 2).

7. Insekten heben sich in vielerlei Hinsicht von allen anderen Gruppen der Tierwelt ab. Im Laufe der Evolution haben sie sich durch die Herausbildung verschiedenster Formen und Überlebensstrategien an nahezu sämtliche,

◦ Abbildung 2

Taxonomische Ordnungen der Insekten weltweit



Begriffserläuterungen: Holometabola – Insekten mit Verwandlung durch ein Puppenstadium; Lepidoptera – Schmetterlinge; Diptera – Zweiflügler; Hymenoptera – Hautflügler; Coleoptera – Käfer; Paraneoptera – z.B. Staubläuse, Tierläuse, Fransenflügler; Hemiptera – Schnabelkerfe; Polyneoptera – z.B. Schrecken; Orthoptera – Heuschrecken; Paleopterous insects – z.B. Libellen oder Eintagsfliegen, die ihre Flügel nicht über das Abdomen legen können; wingless hexapods – flügellose Sechsfüßer

Quelle: GRIMALDI und ENGEL 2005, S. 13

auch extreme Lebensräume angepasst. Lediglich in den Meeren kommen wenige Insektenarten vor. Ihre Vielfalt kann indes nur erahnt werden: Bislang sind etwa 1 Million Insektenarten weltweit beschrieben worden, Schätzungen gehen aber von insgesamt 2,5 bis 10 Millionen Arten aus. Die Zahl der fast vollständig erfassten Säugetierarten liegt dagegen bei weltweit 5.488 (IUCN 2017). Die extrem diverse Gruppe der Insekten mit ihrer großen

Artenzahl spiegelt sich auch in einer Vielfalt an Lebensweisen und Habitatsprüchen wider. So werden beispielsweise bodengebundene Käferarten aus den Familien der Laufkäfer oder Rüsselkäfer von ganz anderen Faktoren beeinflusst als blütenbesuchende Schmetterlinge oder Libellen mit aquatischen Larvalstadien. Viele Arten haben multiple Habitatsprüche zum Beispiel hinsichtlich der Nahrungsaufnahme, Eiablage oder Über-

winterung und benötigen daher vielfältige Maßnahmen für ihren Schutz. Wie unterschiedlich die Lebensweisen von Insekten sein können, wird nachstehend anhand von zwei Beispielen veranschaulicht.

Beispiele für die Vielfalt der Lebensweisen und Habitatansprüche von Insekten:

◦ Abbildung 3

Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling
(*Maculinea nausithous*)



Foto: André Künzelmann, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)

8. Der dunkle Wiesenknopf-Ameisenbläuling (Abb. 3) ist ein stark spezialisierter Schmetterling, der eng an das Vorkommen sowohl einer Pflanzenart (Großer Wiesenknopf – *Sanguisorba officinalis*) als auch einer Ameisenart (Rote Knotenameise – *Myrmica rubra* bzw. wenige, nahe verwandte Arten) gebunden ist. Diese Bedingungen findet er vor allem in feuchten, extensiv genutzten Wiesen und Weiden, jungen Brachen oder entlang von Gewässern vor. Gefährdet ist die Art vor allem durch die Intensivierung der Bewirtschaftung oder ein Verzicht auf die Nutzung. Die Intensivierung der Nutzung führt dazu, dass Flächen häufiger gemäht werden und der Nährstoffeintrag zunimmt, jedoch benötigen die meisten Blühpflanzen und Insekten ein nährstoffarmes Niveau. Im Gegensatz dazu resultiert ein Brachfallen der Fläche in ungehindertem Wachstum von Bäumen und Büschen (Verbuschung). Hierdurch kommt es zu einer zunehmenden Beschattung und damit sinkenden Oberflächentemperaturen sowie zu einer generellen Verringerung des Blühpflanzenangebots. Die adulten Falter leben nur wenige Tage. Ihre Eier legen sie an den Blüten des Wiesenknopfes ab, und die Raupen ernähren sich zunächst von Blüten und Früchten der Pflanze. Nach wenigen Wochen lassen sich die Raupen dann von der Blüte fallen und von der Roten Knotenameise in deren Nest tragen. Zu diesem Zeitpunkt stellt die Raupe ihre Ernährung von pflanzlich auf tierisch um und ernährt sich fortan von Ameisenlarven. Um nicht von den Ameisen gefressen zu werden, imitieren die Schmetterlingsraupen den Geruch

des Ameisennestes und sondern ein zuckerhaltiges Sekret ab, das die Ameisen aufnehmen. So wird die Raupe von den Ameisen gepflegt und überwintert im Schutz des Nests. Schlüpft der adulte Falter aus der Puppe, verliert er seine chemische Tarnung und verlässt das Nest schnell.

◦ Abbildung 4

Plattbauch-Libelle (*Libellula depressa*)



Foto: Tim Bekaert

9. Der Plattbauch (Abb. 4) ist eine in Deutschland weit verbreitete und häufige Großlibellenart. Die adulten Tiere sind sehr gute und schnelle Flieger, die auch größere Entfernungen zurücklegen können und sich von anderen Insekten ernähren, die sie im Flug fangen. Ihre Lebensdauer beträgt meist ein bis zwei Monate. Die Männchen sind blau gefärbt und die Weibchen gelb. Die Weibchen legen ihre Eier im Flug in kleinen, stehenden Gewässern wie Tümpeln, Weihern und Teichen ab. Dort entwickeln sich die Larven meist innerhalb von ein bis zwei Jahren und häuten sich dabei bis zu 14 Mal. Eingegraben im Schlamm können sie auch Trockenphasen oder das Durchfrieren des Gewässers überstehen. Sie leben ebenfalls räuberisch und ernähren sich vor allem von wasserlebenden Insekten. Sie sind häufig Erstbesiedler neuer Habitate, was mit dem ursprünglichen Lebensraum dieser Art – Tümpel, die während Hochwasser in natürlichen Flussaunen entstehen – zusammenhängt.

Bestandsentwicklungen

10. Mit ihrem Aufkommen vor mindestens 400 Millionen Jahren existieren Insekten im Vergleich zu anderen Tierklassen faunengeschichtlich schon äußerst lange. Doch obwohl sie insgesamt als evolutiv erfolgreichste Tiergruppe gelten, sind viele Arten mittlerweile in ihrem Bestand bedroht. Der dramatische Verlust von Populationsgrößen und Artenzahl von Insekten könnte im Vergleich zu anderen taxonomischen Gruppen sogar überproportional hoch sein (BROOKS et al. 2012; RÉGNIER et al. 2015; THOMAS et al. 2004). Nicht zuletzt aufgrund ihrer großen Vielfalt sind bislang jedoch nur wenige In-

sektenarten im Detail erforscht (SCHOWALTER 2016). Daher ist denkbar, dass die Verluste von Arten weltweit noch unterschätzt werden (RÉGNIER et al. 2015; THOMAS et al. 2004).

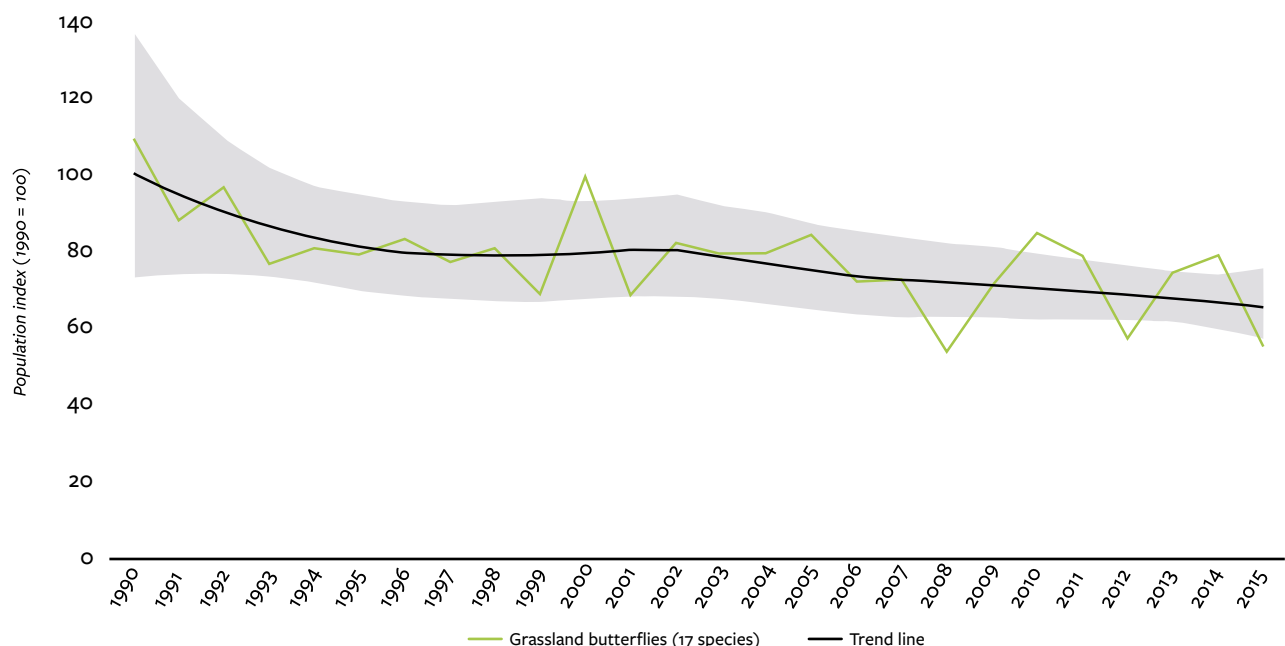
Der Kenntnisstand über die einzelnen Insektenarten unterscheidet sich demnach deutlich. Während einige Artengruppen weitgehend unerforscht sind, bestehen beispielsweise für Schmetterlinge vergleichsweise gute Datengrundlagen (MERCKX et al. 2013). Diese stellen eine der am intensivsten untersuchten Insektenordnungen dar (THOMAS 2016), was vermutlich aus ihrer allgemeinen (historischen) Beliebtheit resultiert sowie aus ihrer Eigenschaft als vergleichsweise einfaches Untersuchungsobjekt, da sie optisch auffällig und damit leicht identifizierbar sind. Basierend auf umfangreichen, langjährigen Datensätzen können fundierte Aussagen zu Veränderungen der Verbreitung und Populationsgröße von Schmetterlingen getroffen werden (THOMAS 2016; MERCKX et al. 2013; THOMAS et al. 2004). Die Verluste auf Ebene der Arten als auch der Individuen sind dabei gravierend (THOMAS et al. 2004; MERCKX et al. 2013; WENZEL et al. 2006). Beispielsweise nahm die Zahl der Schmetterlingsarten in Süddeutschland von 117 Arten im Jahr 1840 auf 71 Arten im Jahr 2013 ab (HABEL et al. 2016). Der „European Grassland Butterfly Indicator“ untersucht als ein Statusindikator der EU-Biodiversitätsstrategie stellvertretend für alle hiesigen Schmetterlingsarten die Entwicklung von 17 Grünland-Schmetterlingsarten in 19 europäischen Ländern (Abb. 5). Zwischen 1990 und 2015 wurde eine generelle Verringerung ihrer

Bestände in Europa um 30 % verzeichnet (van SWAAY et al. 2016), bei einzelnen Arten sind die Verluste noch wesentlich höher.

11. Diese Erkenntnisse sind insofern von übergeordneter Relevanz, da Schmetterlinge als Zeigerarten für den Zustand der Biodiversität und der Ökosysteme gelten. Auch wenn ihre Bestandsentwicklungen nicht spiegelbildlich der höchst diversen Klasse der Insekten insgesamt entsprechen können, so weisen Schmetterlinge Muster in Bezug auf Artenvielfalt und Endemismus auf (d.h. das auf ein bestimmtes, räumlich abgegrenztes Gebiet beschränkte Vorkommen einer Art), die repräsentativ für andere Insektengruppen sind. Sie werden daher in Europa und andernorts zunehmend als Indikatoren für Bestandsveränderungen anderer Insektengruppen herangezogen (MERCKX et al. 2013; EEA 2013; WENZEL et al. 2006; THOMAS et al. 2004). Für andere Gruppen, wie beispielsweise Hummeln, Libellen und Marienkäfer, sind vergleichbare Trends mit Populationsverlusten bekannt. Teilweise übersteigt die Abnahme bei anderen Gruppen die der Schmetterlinge noch (THOMAS 2016; THOMAS et al. 2004; DIRZO et al. 2014). So wurden beispielsweise in einer britischen Studie zwischen 1994 und 2008 deutliche Populationsabnahmen bei drei Vierteln der untersuchten Laufkäferarten festgestellt, die Hälfte hiervon war von einer Reduktion um mehr als 30 % betroffen (BROOKS et al. 2012). Die negative Bestandsentwicklung vieler Insektenarten wird auch durch die vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) veröffentlichten Roten Listen der Wirbellosen mit repräsentativen Daten

Abbildung 5

Trend des Grünland-Schmetterlingsindex in der EU



Quelle: EEA 2018b

für das gesamte Bundesgebiet dokumentiert. Von den 557 in Deutschland bewerteten Bienenarten werden knapp 50 % als ausgestorben oder bestandsgefährdet eingestuft, dasselbe trifft auf 52,8 % der Ameisenarten zu.

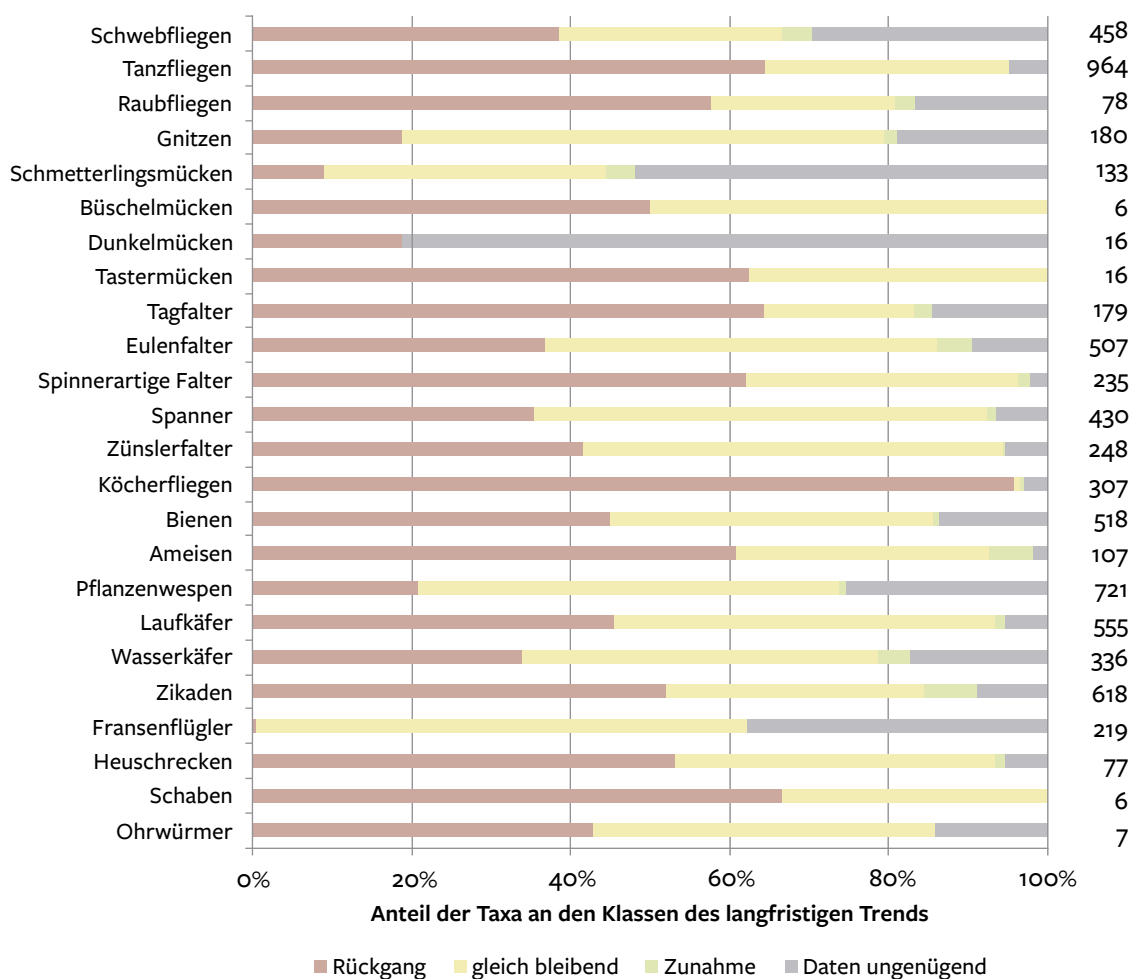
Die bundesweiten Roten Listen zeichnen sich dadurch aus, dass sie sowohl den aktuellen (möglichst neu bis max. 25 Jahre), den kurzfristigen (10 bis max. 25 Jahre) als auch den langfristigen (50 bis 150 Jahre) Bestandstrend betrachten und anhand dessen eine Einstufung der Arten in die Kategorien „Rückgang“, „gleichbleibend“ und „Zunahme“ vornehmen. Knapp 92 % der Ameisenarten weisen kurzfristige Bestandsrückgänge auf. Bei den Köcherfliegen sind im langfristigen Trend sogar 96 % der Arten rückläufig (Abb. 6). Insgesamt wird für 45 % der für die Rote Liste untersuchten Insektenarten eine rückläufige Bestandsentwicklung festgestellt, lediglich 2 % der Arten zeigen Bestandszunahmen. Letzteres kann

unter anderem mit der Erschließung neuer Lebensräume zusammenhängen, allerdings auch mit einer verbesserten Datenlage und somit nicht auf Verbesserungen des Erhaltungszustands beruhen (BfN 2011).

12. Die beschriebenen Verluste sind keine neue Erscheinung, sondern werden bereits seit vielen Jahrzehnten festgestellt und gehen damit über natürliche Populationschwankungen hinaus. Ergebnisse von Langzeitstudien bei Schmetterlingen in Deutschland und der belgischen Region Flandern zeigen zudem, dass der Artenverlust seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts bzw. den 1970er-Jahren deutlich zugenommen hat (HABEL et al. 2016; WENZEL et al. 2006; MAES und VAN DYCK 2001). Eine starke Beschleunigung des Rückgangs wurde auch für Ameisenarten festgestellt (BfN 2011). Im Gegensatz hierzu zeigte die Analyse historischer Datensätze (1851 – 1994) zum Aussterben von Bienen und blütenbesuchen-

Abbildung 6

Langfristiger Bestandstrend der in der Roten Liste erfassten Insektenarten in Deutschland*



* Rechte Spalte: Anzahl der Taxa (Arten, Unterarten, Lokalformen oder Artkomplexe) pro Artengruppe. Ohne Neobiota, nicht bewertete und ausgestorbene Taxa. Die Rote Liste der Wespen wurde nicht in die Bewertung einbezogen. Die Kategorie Rückgang umfasst die Klassen sehr starke, starke und mäßige Rückgänge sowie Ausmaß der Rückgänge unbekannt.

Quelle: BfN 2018a

den Wespenarten in Großbritannien, dass sich das Aussterben von Arten seit Mitte des 20. Jahrhunderts verlangsamt hat (OLLERTON et al. 2014). Die Autorinnen und Autoren der Studie nennen als mögliche Ursachen effektivere Schutzmaßnahmen und/oder den bereits erfolgten Verlust der sensibleren Arten.

13. Besonderes Aufsehen in Politik und Gesellschaft erlangte die im Oktober 2017 veröffentlichte sogenannte Krefeld-Studie auf Basis der Daten des Entomologischen Vereins Krefeld e. V. (HALLMANN et al. 2017). Mittels spezieller Fallen für Fluginsekten (Malaise-Fallen) wurde die Insektenbiomasse (Gesamtgewicht) in 63 Schutzgebieten einzelner Bundesländer über einen Zeitraum von 27 Jahren untersucht. Die Studie dokumentiert eine Abnahme des Gesamtgewichts der gefangenen Insekten um mehr als 75 %, in den Monaten Juli und August bis zu 82 %, zwischen den Jahren 1989 und 2016. Zwar muss berücksichtigt werden, dass sich die Ergebnisse nicht pauschal auf andere Gebiete mit anderen Landnutzungsformen übertragen lassen und das Studiendesign nur generelle Aussagen über die Entwicklung und keine Analyse möglicher Ursachen bietet. Zudem ist zu beachten, dass Insektenarten unterschiedlich von Malaise-Fallen angezogen werden, die Standorte der Fallen variierten und dass ein unterschiedlicher zeitlicher Anfangspunkt der Studie aufgrund von natürlichen, von Jahr zu Jahr schwankenden Populationen eine andere prozentuale Abnahme ergeben hätte. Dies ist aber kein negatives Alleinstellungsmerkmal einzig dieser Studie. Der nicht nach Arten differenzierte Bezug auf die gesamte Insektenbiomasse ermöglicht dennoch eine Einschätzung der dramatischen Entwicklung des Gesamtvorkommens fliegender Insekten innerhalb weniger Jahrzehnte: Je nach Standort wurden durchschnittliche jährliche Biomasseabnahmen von 5,2 bis 7,5 % registriert. Untersuchungen zweier Naturschutzgebiete in den Niederlanden zeigten ähnliche Entwicklungen bei nachtaktiven Insektenarten. Zwar sind die Ergebnisse nicht mit denen des Krefelder Entomologischen Vereins vergleichbar, da andere Fallen zum Einsatz kamen (Licht- und Bodenfallen) und nachaktive Insekten untersucht wurden. Es zeigte sich jedoch auch hier eine jährliche Abnahme von 9,2 % bei Köcherfliegen (2009 – 2017), 3,8 % bei Nachtfaltern (1997 – 2017) und 5 % bei Käfern (1997 – 2017). Insgesamt wurden bei fast 40 % der untersuchten Arten Rückgänge der Individuenzahlen festgestellt (HALLMANN et al. 2018). Die Ergebnisse entsprechen den Trends, die auch für Einzelarten ermittelt wurden.

Hervorzuheben ist, dass es sich bei beiden oben genannten Studien um Untersuchungen in Schutzgebieten handelt. Auch SCHUCH et al. (2012) und WENZEL et al. (2006) verzeichnen eine drastische Populationsverringerung von Zikaden und einen deutlichen Rückgang von

Schmetterlingsarten in geschützten Gebieten in unterschiedlichen Regionen Deutschlands. Diese Beobachtungen sind insbesondere dahingehend überraschend und besonders bedenklich, da es sich um Flächen handelt, die als Refugien für wildlebende Tier- und Pflanzenarten und als Schutz für bedrohte Arten dienen. Dass ihr Schutzzweck nicht erreicht wird, äußert sich sowohl anhand der hier festgestellten besonders negativen Bestandsentwicklungen von Rote-Liste-Arten (WENZEL et al. 2006) wie auch an der gravierenden quantitativen Abnahme der Insektenbiomasse (HALLMANN et al. 2017).

14. Abgesehen von Schmetterlingen und Bienen sind langjährige Studien und Monitoringdaten zu Insekten weltweit selten und reichen meist nur wenige Jahrzehnte zurück (IPBES 2016; MIHOUB et al. 2017). Sie können damit bei Weitem nicht den gesamten Zeitraum des anthropogenen Einflusses abbilden. Untersuchungen werden tendenziell auf regionaler Maßstabsebene durchgeführt. Es gibt nur wenige großräumig angelegte Studien sowie solche, die sich mit den Zusammensetzungen und Strukturen von Insektengemeinschaften befassen. Ausgenommen hiervon sind die umfangreichen Monitoringprogramme zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, die das Makrozoobenthos betreffen (Tz. 5). Aus den bislang bestehenden Studien lässt sich jedoch ein eindeutiger Trend erheblicher Populationsverluste bei den meisten der untersuchten Insektenarten ablesen. Hierbei deuten Studien in terrestrischen Lebensräumen auf eine Abnahme insbesondere von spezialisierten Insektenarten hin, wohingegen Generalisten weniger von einem Rückgang betroffen sind (HABEL et al. 2016; BIESMEIJER et al. 2006).

15. Da Insektenarten schneller auf chemische Veränderungen ihrer Umgebung reagieren als langlebigere Tier- bzw. Pflanzenarten, können Bestandsveränderungen ein frühes Warnzeichen für Umweltveränderungen sein, beispielsweise der Wasserqualität von Flüssen oder Seen (SCHOWALTER 2016). Ihr Rückgang kann damit auch ähnliche Entwicklungen bei anderen Taxa ankündigen (THOMAS et al. 2004). Außerdem kann er sich durch ein nachlassendes Nahrungsangebot auf insektenfressende Tierarten direkt auswirken. Durch ihre funktionalen Beziehungen mit diversen Bereichen der Umwelt (Tz. 16 ff.) ist durch den Verlust von Insekten ein Dominoeffekt möglich, der sich beispielsweise in Bestandsveränderungen anderer Tierarten und der nachlassenden biotischen Bestäubung von Pflanzen fortsetzt und damit auch den Menschen direkt betrifft (BIESMEIJER et al. 2006).

Relevanz für Naturhaushalt und Mensch

16. Neben dem Menschen haben Insekten den am weitesten reichenden Einfluss auf die Ökosysteme außerhalb der Meere (SCHOWALTER 2016). Dies erklärt sich einerseits durch die enorme Diversität und Abundanz

dieser Tiergruppe, andererseits durch ihre zentrale Rolle für das Funktionieren fast aller Ökosysteme. Neben beispielsweise Bakterien, Asseln, Diplopoden und Würmern sind auch einige Insektenarten (z.B. Larven vieler Dipterenarten und Termiten) wichtige Zersetzer, die unter anderem abgestorbenes Pflanzenmaterial, Pilze und tote Tiere in ihre Bestandteile zerlegen. Durch die Zerkleinerung, Verdauung und Ausscheidung bauen sie permanent anfallende organische Materie ab, führen diese wieder dem Nährstoffkreislauf zu und fördern damit die Bodenfruchtbarkeit. Durch diese Aufbereitung können sie auch die Freisetzung von klima- und gesundheitsschädlichen Gasen (u.a. Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Methan (CH_4)) aus abgestorbenen Pflanzenresten verringern (GRIMALDI und ENGEL 2005). So haben beispielsweise die am häufigsten vorkommenden Dungkäferarten aus der Familie der Blatthornkäfer großen Einfluss auf die Freisetzung von klimawirksamen Gasen aus Kuhfladen und können die Treibhausgasemissionen, ausgedrückt in CO_2 -Äquivalenten, um bis zu ein Drittel reduzieren (im Vergleich zur Zersetzung ohne Käfer). Demgegenüber zersetzt der Mondhornkäfer *Copris lunaris* Dung zwar schnell und baut viel CO_2 ab, trägt aber gleichzeitig zu einer relativen Zunahme von Methanemissionen bei. Das verdeutlicht, wie komplex die Zusammenhänge sind und wie groß der Einfluss der Artenzusammensetzung ist (PICCINI et al. 2017).

17. Zudem bestäuben Insekten eine Vielzahl von Bäumen und weiteren Blütenpflanzen. Generell wird bei der Bestäubung von Pflanzen zwischen der abiotischen Bestäubung durch Wind oder Wasser und der biotischen Bestäubung durch Tiere (90 % der Bestäubung) unterschieden. Die biotische Bestäubung erfolgt hauptsächlich durch Insekten, wobei insbesondere in den Tropen auch Vögel und Fledermäuse eine wichtige Rolle spielen. Insekten tragen durch Bestäubung zu der Vermehrung und Ausbildung von Früchten bei (MERCKX et al. 2013), womit sie auch das Landschaftsbild entscheidend beeinflussen. 85 % der 250.000 Blütenpflanzenarten weltweit werden durch Insekten bestäubt, hierunter der Großteil der Wildpflanzen (90 %) sowie viele Nutzpflanzen (GRIMALDI und ENGEL 2005). Weltweit profitieren die Erträge von drei Vierteln der wesentlichen pflanzlichen Nahrungsmittel des Menschen in unterschiedlichem Maß von Insektenbestäubung (KLEIN et al. 2007). Für die Ernährung sehr hochwertige Nutzpflanzen, wie Kernobst und viele Beeren- und Gemüsesorten, sowie Gewürze sind für höhere Erträge besonders auf Bestäubung angewiesen. Eine ökonomische Analyse der Universität Hohenheim berechnete für ausgewählte Kulturpflanzen in Deutschland, dass bei einem gänzlichen Ausfall der Insektenbestäubung beispielsweise bis zu 65 % Ertragsrückgang bei manchem Baumobst (Äpfel, Süßkirschen, Pflaumen, Birnen und Sauerkirschen), ebenso wie bei

einigen Strauchbeeren (Heidelbeeren, Himbeeren und Brombeeren) sowie bei Gurken zu erwarten wäre. Bei einigen Gemüsekulturen, wie bei Zucchini und Speisekürbis, wäre ein Rückgang um bis zu 95 % möglich, während er bei anderem Gemüse, wie grünen Bohnen, Tomaten oder Paprika, mit 5 % deutlich geringer ausfallen würde (ORÉ BARRIOS et al. 2017). Einige wenige Nutzpflanzen erfordern entweder gar keine Bestäubung oder keine durch Insekten, sondern werden stattdessen beispielsweise durch Wind bestäubt. Dabei handelt es sich durchaus auch um Pflanzen mit einem hohen Produktionsvolumen, wie zum Beispiel Weizen, Mais, Kartoffeln oder Zuckerrüben (WILLIAMS 1994; KLEIN et al. 2007; LEONHARDT et al. 2013). In Europa wird der Großteil der übrigen Nutzpflanzen durch Insekten bestäubt. Zwar gibt es regionale Unterschiede, generell steigt jedoch das Produktionsvolumen dieser Kulturpflanzen (LEONHARDT et al. 2013). Die landwirtschaftliche Produktion und die Lebensmittelversorgung hängen damit zunehmend von der Bestäubung durch Insekten ab (IPBES 2016).

18. Biotisch bestäubte Pflanzen sind morphologisch auf unterschiedliche Bestäuber ausgerichtet. Damit ist deren Vielfalt auch untrennbar mit der Vielfalt von Pflanzenarten verknüpft (s. Tz. 19). Ein Verlust von Insekten führt folglich auch zu einem Verlust von Pflanzen, die auf die Übertragung von Pollen durch Insekten angewiesen sind (DIRZO et al. 2014). Dies betrifft neben den zuvor erwähnten landwirtschaftlich genutzten Pflanzen auch solche, die den Artenreichtum der Vegetation von naturnahen Lebensräumen bestimmen und wichtige Nahrungsquellen und Habitate für Tiere sind. Die Vielfalt der Insekten steht dementsprechend in engem Zusammenhang mit der Vielfalt weiterer Tierarten.

Die Vielfalt der Bestäuber

19. Vielfach wird in der öffentlichen Debatte im Wesentlichen die Honigbiene mit der Bestäubung von Pflanzen in Verbindung gebracht. Der Bestand der Honigbiene steht eng mit ihrer Bewirtschaftung (Imkerei) im Zusammenhang. Durch die Zunahme der Bienenhaltung (auch in Städten) entwickelt sich dieser in Deutschland nach zuvor starken Verlusten seit einigen Jahren wieder positiv. Anders als die übrigen Insekten weist die Honigbiene einen hohen Grad der Domestikation auf und gilt aufgrund ihrer Bestäubungsleistung volkswirtschaftlich betrachtet als das dritt wichtigste Nutztier nach Rind und Schwein (BLE 2017). Allerdings sind bei weitem nicht nur Honigbienen Bestäuber. Von den weltweit mehr als 20.000 Bienenarten sind zwar die westliche Honigbiene (*Apis mellifera*) und die östliche Honigbiene (*Apis cerana*) die bekanntesten Vertreter. Jedoch zählen die nicht domestizierten Wildbienenarten (in Deutschland 561 etablierte Arten, s. BfN 2011) nahezu gänzlich ebenfalls zu den Bestäubern, ebenso wie eine Vielzahl anderer Insekten. Insbesondere sind

dies die weltweit mehr als 120.000 Fliegenarten, die die zweithäufigsten blütenbesuchenden Insekten sind. Darüber hinaus übertragen Schmetterlinge, Wespen, Käfer, Fransenflügler, Vögel, Fledermäuse und weitere Wirbeltiere Blütenpollen (IPBES 2016). Für Großbritannien wurde gezeigt, dass dort Wildbienen den Großteil der Bestäubungsleistung erbringen (BREEZE et al. 2011). Aufgrund von Unterschieden sowohl in der Morphologie von Pflanzen als auch ihrer Blühzeitpunkte ist es eine wesentliche Voraussetzung, dass Bestäuber und Pflanze „zueinander passen“. Das bedeutet, dass eine größere Artenvielfalt von Bestäubern eine effektivere Bestäubung der Pflanzenarten ermöglicht und gleichzeitig auch eine größere Vielfalt an Blütenpflanzen die Ansprüche unterschiedlicher Insektenarten abdeckt (BLÜTHGEN und KLEIN 2011; KLEIN et al. 2007). Durch maßgebliche Einflussfaktoren wie die Blühzeitpunkte im Jahresverlauf, das Vorhandensein verschiedener Bestäuber- und Pflanzenarten oder das Bestäuberverhalten sind solche aufeinander abgestimmte Pflanzen-Bestäuber-Netzwerke anfällig für Veränderungen. Ein Verlust der Artenvielfalt von Bestäubern und Pflanzen oder Veränderungen der Blühzeitpunkte und des Nahrungsangebotes können dazu führen, dass das Zusammenspiel von Bestäubern und Pflanzen und damit die Bestäubungsleistung beeinträchtigt wird (BURKLE et al. 2013). Die Vielfalt bestäubender Insekten leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Ernährungssicherheit der Menschheit (LEONHARDT et al. 2013).

20. Darüber hinaus sind Insekten ein wichtiger Bestandteil von Nahrungsnetzen und damit eine wichtige Nahrungsquelle für viele andere Tiere wie Vögel, Amphibien, Reptilien, Fische, Fledermäuse und Säugetiere wie Spitzmäuse. Fehlen Insekten, wird diesen ein wichtiger Teil ihrer Nahrungsgrundlage entzogen. Die Zahl (Abundanz) der Vögel der Agrarlandschaft nahm in der EU zwischen 1990 und 2014 um 31,4 % ab (EEA 2018a). Insbesondere bei den insektenfressenden Vogelarten wird in den letzten Jahrzehnten ein deutlicher Rückgang beobachtet. Dies liegt maßgeblich an der generellen Intensivierung der Landnutzung einschließlich dem Einsatz von Insektiziden, was sich in einer Abnahme von Insekten als Nahrungsquelle niederschlägt (HALLMANN et al. 2014). Durch den engen Zusammenhang zwischen ausreichendem Nahrungsangebot und erfolgreicher Fortpflanzung ist der Insektenschwund ein wichtiger Faktor bei dem Rückgang der Vögel (WAHL et al. 2015). 80 % der ausgewachsenen Individuen von in Deutschland vorkommenden Brutvogelarten ernähren sich von tierischer Nahrung, fast die Hälfte hiervon von Insekten und Spinnentieren (ebd.). In den letzten 25 Jahren wiesen 30 % der untersuchten Brutvogelarten Bestandsrückgänge auf. In den vergangenen zwölf Jahren beschleunigte sich der Bestandsrückgang und betraf fast 50 % der insekten- und spinnenfressenden Brutvogelarten (ebd.).

21. Allerdings erbringen Insekten nicht nur vom Menschen erwünschte Ökosystemleistungen, sie können auch die Gesundheit von Mensch und Tier beeinträchtigen, was insbesondere in tropischen Regionen, durch den Klimawandel zunehmend aber auch polwärts, Gefahren mit sich bringt. So übertragen beispielsweise Stechmücken der Gattung *Anopheles* Malaria und Stechmücken der Gattung *Aedes* Gelbfieber und Chikungunyafieber. Ein weiteres Beispiel ist der Eichenprozessionsspinner, dessen Raupen Brennhaare absondern, die bei Kontakt Hautirritationen, Augenreizungen, Atembeschwerden und pseudoallergische Reaktionen hervorrufen können (Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste 2017).

Manche Insektenarten verursachen zudem ökonomische Schäden in der Landnutzung. So führt beispielsweise ein starker Befall mit Apfelwickler, Kartoffelkäfer, Rebblaus, Getreideblattlaus oder Maiszünsler durch Pflanzenfraß zu hohen Ernteeinbußen. Um die daraus entstehenden landwirtschaftlichen Schäden zu minimieren, ergreift der Mensch in der Landnutzung, und dort vor allem in der Landwirtschaft, Maßnahmen der Schädlingsbekämpfung. Dies wiederum kann Auswirkungen auf den Bestand aller Insekten im Wirkungsumkreis der Anwendung haben (vgl. u.a. Abschn. 3.2.1). Gleichzeitig ist auch die Wirkung sogenannter Schadinsekten häufig komplexer Natur. So erfüllt selbst der in der Forstwirtschaft aufgrund ökonomischer Schäden gefürchtete Borkenkäfer (in Deutschland insb. die Borkenkäferarten Buchdrucker *Ips typographus* und Kupferstecher *Pityogenes chalcographos*) prinzipiell wichtige Funktionen im Ökosystem Wald. Kommt er in normalen Dichten vor, befällt er vorwiegend kranke oder abgestorbene Fichten und trägt durch deren Zersetzung zu einer natürlichen Walderneuerung bei (WINTER et al. 2015).

22. Generell ist die Zahl der Insektenarten, die Ernteschäden verursachen, vergleichsweise gering. Insekten sind als Räuber und Parasiten bzw. Parasitoide in elementare Regulationsprozesse von Ökosystemen eingebunden. Für den Menschen erbringen sie in vielen Agrarsystemen eine unverzichtbare Ökosystemleistung, indem sie Massenvermehrungen von Organismen, die Schäden an Kulturpflanzen hervorrufen, verhindern (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2016). Eine größere Heterogenität der Agrarlandschaft, beispielsweise durch Kulturpflanzenvielfalt, Blühstreifen, Mischkulturen, blühende Untersaaten oder selbstbegrünte Brachen, erhöht das Vorkommen dieser Antagonisten. Dies wirkt sich positiv auf die natürliche Schädlingskontrolle aus und kann dadurch den Bedarf an Pflanzenschutzmitteln reduzieren (TSCHUMI et al. 2015). TSCHUMI et al. (ebd.) untersuchten den Effekt natürlicher Schädlingskontrolle durch einfache Maßnahmen auf Winterweizenfeldern in

◦ Abbildung 7

Bedeutung von Insekten im Ökosystem und für den Menschen



SRU 2018

der Schweiz. Das Vorhandensein artenreicher Blühstreifen führte durch die dort vorkommenden natürlichen Gegenspieler zu einer deutlich geringeren Dichte des Getreidehähnchens *Oulema sp.* aus der Familie der Blattkäfer auf dem Weizenfeld. Im Vergleich zu Winterweizenfeldern ohne Blühstreifen verringerte sich die Zahl der Larven des Getreidehähnchens um 40 %, die der adulten Tiere der zweiten Generation um 53 % und der Schaden an Pflanzen um 61 % (ebd.). Die natürliche Schädlingskontrolle zeigt sich auch am Beispiel der Siebenpunktmarientkäfer. In Käfigversuchen konnten fünf bis zehn Marienkäfer und deren Nachkommen pro Quadratmeter eines Weizenfeldes den Getreideblattlausbefall unter Kontrolle halten (FREIER et al. 2007).

Abbildung 7 gibt einen Überblick über die verschiedenen beschriebenen Funktionen und Bedeutungen von Insekten im Ökosystem.

23. Eine hohe Biodiversität ist wichtig für die Anpassungsfähigkeit und Widerstandskraft von Ökosystemen und damit auch für eine Erde, in der die Menschen und andere Lebewesen zuträgliche Lebensbedingungen vorfinden. Der dramatische Verlust von Insekten zeigt anhand der funktionalen Beziehungen im Ökosystem sehr deutlich, welche Auswirkungen das auf die Biosphäre als Lebensraum für den Menschen hat. GRIMALDI und ENGEL (2005, S. 4 f.) beschreiben dies eindrücklich: „Remove all vertebrates from earth [...] ecosystems would function flawlessly, particularly if humans were among them. [...] But if ants, bees, and termites alone were removed from the earth, terrestrial life would probably collapse.“ Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gehen davon aus, dass die globale Biosphäre bereits heute so beeinträchtigt ist, dass die Menschheit sich hier nicht mehr in einem „sicheren Handlungsraum“ bewegt (STEFFEN et al. 2015).

3 Ursachen des Insektenrückgangs

24. Die grundlegenden Ursachen des Insektenrückgangs sind gut bekannt (Abb. 8). Dennoch gibt es Kenntnislücken über den jeweiligen Beitrag der einzelnen Faktoren und wie diese miteinander in Wechselwirkung stehen. Zu diesen Faktoren zählen der Verlust von Lebensräumen, beispielsweise durch die Zerstörung von Hecken, Gehölzen, Wegrainen und Kleingewässern, sowie die Isolation bzw. Verinselung von Lebensräumen aufgrund der Zerschneidung (Kap. 3.1). Auch die in den letzten Jahrzehnten zunehmende Monotonisierung von Landschaften, unter anderem durch den Anbau sehr weniger Feldfrüchte, wirkt sich negativ aus. Die Qualität der verbleibenden

Lebensräume hinsichtlich der verschiedenen Ansprüche von Insekten nimmt immer stärker ab. Hier spielen Stoffeinträge (Pflanzenschutzmittel, Stickstoff und Phosphor) eine wesentliche Rolle (Kap. 3.2). Hinzu kommen weitere Faktoren wie die Lichtverschmutzung (Kap. 3.3) und die Folgen des Klimawandels (Kap. 3.4). Während wesentliche Veränderungen der Landschaftsstruktur wie Flurbereinigungen vor allem vor mehreren Jahrzehnten vorgenommen wurden (SRU 1985) und heute eher schleichend fortgesetzt werden, hat die Bedeutung von Stoffeinträgen in jüngerer Zeit zugenommen (SRU 2015; 2016, Kap. 6). Diese Stellungnahme fokussiert auf die nachfolgend be-

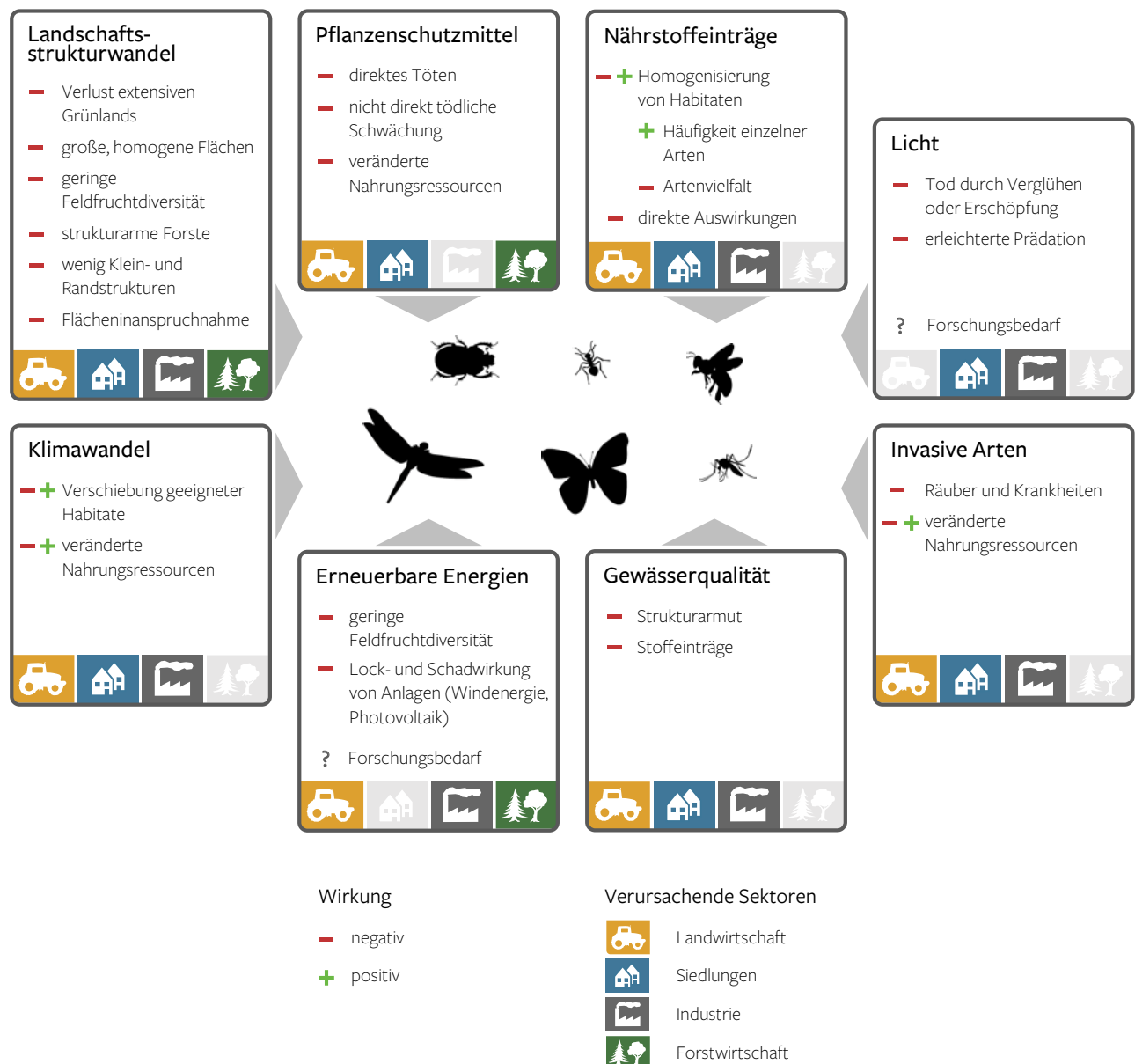
schriebenen wichtigsten Ursachen für den Insektenrückgang, die großflächig insbesondere in land- und forstwirtschaftlich geprägten Kulturlandschaften wirken. Über weitere mögliche Auswirkungen von Umwelteinflüssen aus industriell und städtisch geprägten Räumen wie Stoffeinträge, Lärm und Verkehr sowie über den Einfluss invasiver Arten auf Insekten ist bislang noch wenig bekannt und sie werden hier nicht näher betrachtet.

25. Insgesamt variieren die verschiedenen Faktoren in ihrem Einfluss je nach Region und Ökosystem. Außerdem sind sie von unterschiedlicher Bedeutung für verschiedene Insektengruppen, da diese aufgrund ihrer viel-

fältigen Lebensweisen deutlich voneinander abweichende ökologische Ansprüche haben (Tz. 8 f.). Auch innerhalb einer Art können Larven und Imagines ganz unterschiedliche Lebensweisen und daraus resultierende Empfindlichkeiten gegenüber Umweltveränderungen haben. Generell wirken viele der Stressoren gleichzeitig auf Insektenpopulationen und verstärken sich gegenseitig. Dies führt zu komplexen Wechselwirkungen und sich selbst verstärkenden Prozessen (BROOK et al. 2008; OLIVER et al. 2016; LIESS et al. 2016; GRUBISIC et al. 2018). Diese raumbezogenen Kausalzusammenhänge sind aufgrund ihrer Komplexität bislang weitgehend unbekannt.

Abbildung 8

Wesentliche Ursachen des Insektenrückgangs



3.1 Strukturwandel der Landschaft

26. Der Verlust, die Degradierung und die Zerschneidung von naturnahen Lebensräumen zählen zu den wesentlichen Faktoren für den Rückgang von Insekten (KENNEDY et al. 2013; THOMAS 2016). Sie sind Folgen der zunehmenden Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie geänderter landwirtschaftlicher Praktiken. Bevor synthetisch hergestellte Düngemittel und Pflanzenschutzmittel verfügbar waren, hatte die Landwirtschaft in Europa in den vergangenen Jahrtausenden sehr strukturreiche Kulturlandschaften geschaffen, die für viele Insektenarten des Offenlandes günstige Lebensbedingungen boten. Diese ähnelten den parkähnlichen Landschaften unter natürlichen Bedingungen, die durch Großherbivoren (z.B. Wildpferde, Wisente) gestaltet wurden. In diesen historischen Landschaften fanden sich viele nährstoffarme, offene und dadurch von der Sonne beschienene Bodenflächen mit einer reichen Flora an Blütenpflanzen und vielen Strukturelementen mit allen Sukzessionsstadien der Vegetation. Auch Strukturen wie Überschwemmungsflächen, Lesesteinhaufen, Totholz, Abbruchkanten an Hohlwegen und Gehölzen waren häufig. Diese Landschaften förderten eine reiche, häufig thermophile Insektenfauna.

27. Die zunehmende Nutzungsintensivierung der letzten Jahrzehnte und teilweise auch der Verzicht auf die Nutzung ertragsschwacher Standorte kehren diesen positiven Effekt der landwirtschaftlichen Tätigkeit allerdings zum Teil wieder um. Es kommt zu einer Simplifizierung und Monotonisierung der Landschaft. Die Größe der individuellen landwirtschaftlichen Flächen nimmt zu, die Diversität der angebauten Fruchtarten und Sorten, aber auch die der begleitenden Ackerwildkräuter, verringert sich. Der Anteil von Brachflächen sowie von Kleinstrukturen wie Hecken, Randstreifen, aber auch von Klein- und Kleinstgewässern wie Pfützen und Söllen, geht zurück (vgl. SRU 1985). Insgesamt hat die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland im Vergleich zum Beginn der 1990er-Jahre ab-, die Ackerfläche dagegen zugenommen, während die Grünlandfläche zurückgegangen ist (BMEL 2018a, S. 2). Das Grünland unterliegt einer deutlichen Intensivierung der Nutzung, und der Rückgang von ökologisch wertvollen, extensiven Flächen ist erheblich (WBBGR 2015). So hat der Anteil von Grünland mit hohem Naturwert (High nature value Farmland (HNV-Farmland), Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert) an der landwirtschaftlich genutzten Fläche von 5,6 % im Jahr 2009 auf 5,2 % im Jahr 2017 abgenommen (BfN 2017). Von den 75 Grünlandbiotoptypen der Roten Liste sind 83 % als gefährdet eingestuft (FINCK et al. 2017, S. 63). Insbesondere extensiv bewirtschaftetes Grünland hat jedoch eine erhebliche Relevanz für zahl-

reiche Insektenarten (DI GIULIO et al. 2001; STEFFAN-DEWENTER und TSCHARNTKE 2002). Erste Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass auch die bei der Mahd eingesetzte Technik direkte Auswirkungen auf die Insektenfauna der Grünländer hat (HUMBERT et al. 2010). Hier besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf.

28. Durch die Intensivierung der Landnutzung, zum Beispiel durch zunehmende Stoffeinträge (Kap. 3.2), steigende Mahdhäufigkeit und engere Fruchtfolgen, verringert sich der Anteil an Nist- und Nahrungshabitaten für viele Insektenarten und Rückzugsräume gehen verloren. Die verbleibenden Habitate sind zunehmend isoliert und verkleinert, mit negativen Folgen für Populationsentwicklungen sowie Wanderungs- und Besiedlungsbewegungen. Zahlreiche spezialisierte Arten, die spezielle Anforderungen an ihren Lebensraum und ihre Nahrung stellen, sind besonders betroffen. Veränderungen der Landschaftsstruktur können neben einem allgemeinem Rückgang von Insekten zu einer Homogenisierung der Insektenpopulationen mit einem hohen Anteil an Generalisten („gewöhnliche“, häufige Arten) führen (HABEL et al. 2016). Neben der Nutzungsintensivierung spielt in Gebieten mit ungünstigen landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen auch der Verzicht auf die Nutzung eine Rolle, vor dem Hintergrund der großen Flächen-nachfrage gleichwohl eine deutlich gesunkene. Ertrags-schwache Standorte werden aus der Nutzung genommen, was mit ihrer Verbuschung (Sukzession) und damit einer zunehmenden Beschattung und dem Verlust offener Habitate einhergeht. Blütenreiche Pflanzen werden verdrängt und die Bodentemperatur sinkt, womit die Habitatansprüche vieler Insektenarten nicht mehr erfüllt werden. Besonders naturschutzfachlich wertvolle, extensive Mager- und Trockenrasen sowie Heiden sind hiervon betroffen (BfN 2014a).

29. Kleinteilige Agrarlandschaften mit vielfältigen Strukturen, abwechslungsreichen Fruchtfolgen sowie einem hohen Anteil von extensiv bewirtschaftetem Grünland mit heterogenen Mahd- und Beweidungsregimes erhöhen hingegen die Biodiversität und können Effekte von Intensivierung auf lokaler Ebene abmildern oder kompensieren (TSCHARNTKE et al. 2005; KREMEN et al. 2002; JOHST et al. 2015). Eine äußerst wichtige Rolle für Insekten spielen Strukturen wie Hecken, Blüh- und Randstreifen (HOLLAND und FAHRIG 2000; BROOKS et al. 2012). So haben beispielsweise kleine Ackerflächen im Verhältnis zu ihrer Fläche längere Feldränder als große und weisen einen größeren Artenreichtum von Laufkäfern (Carabiden) auf (BATÁRY et al. 2017). Der Verlust von Randstreifen und Hecken wirkt sich beispielsweise negativ auf die Abundanz von Nachtfaltern aus (FOX 2013). Diese Kleinstrukturen erhöhen insbesondere in monotonen Landschaften die Habitatdiversität und

damit auch die Anzahl räuberisch und parasitisch lebender Insekten, die wiederum die natürliche Schädlingskontrolle erhöhen (BIANCHI et al. 2006; RUSCH et al. 2016; HAENKE et al. 2009; THIES und TSCHARNTKE 1999; TSCHUMI et al. 2015). Voraussetzung dafür ist, dass diese Kleinbiotope nicht Pflanzenschutzmitteln aus benachbarter Landwirtschaft durch Abdrift oder direktes Überspritzen ausgesetzt sind, da sie sonst zu tödlichen Fallen werden können.

30. In Wäldern ist ein wesentlicher Teil der Insektenarten, insbesondere Käfer, aber auch Fliegen und Hautflügler, an das Vorkommen von Alt- und Totholz gebunden (GROVE 2002). Damit sind sie abhängig von Strukturen, die in natürlichen Wäldern häufig sind, durch die forstwirtschaftliche Nutzung aber deutlich reduziert werden (ebd.). Unter den totholzbewohnenden Käfern sind jene am stärksten gefährdet, die groß sind, im Flachland vorkommen und auf Totholz mit großem Durchmesser, Laubbäume sowie offene Flächen angewiesen sind (SEIBOLD et al. 2015). Ein weiteres wichtiges Element für Insekten sind auch im Wald Randstrukturen und heterogene, kleinräumige Habitatunterschiede. Diese variieren je nach forstlicher Nutzung in ihrer Häufigkeit stark, sind in naturnahen Mischwäldern aber tendenziell häufiger als in naturfernen Forsten mit wenigen Baumarten.

31. Die in hydromorphologischer Hinsicht häufig unzureichende Gewässerqualität (BMUB und UBA 2017) spielt ebenfalls eine wichtige Rolle für den Rückgang vieler Insektenarten. Zahlreiche Gewässer sind durch verschiedenste Land- und Gewässernutzungen beeinträchtigt. So fehlen beispielsweise natürlich bewachsene Gewässerrandstreifen. Sind keine typischen Begleithölzer an den Gewässern vorhanden, geht auch deren schattengebende Funktion verloren, wodurch die Wassertemperatur ansteigt. Durch die Begradigung der Fließgewässer wurden Strömungsverhältnisse vereinheitlicht. Wandlungsmöglichkeiten sind durch Querbauwerke verstellt worden. Durch Grundräumungen, das heißt Sedimententnahme, um zum Beispiel einen ausreichenden Abfluss zu gewährleisten, wurden spezifische Substratstrukturen entfernt (LANU SH 1999; Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2016), um nur einige wichtige Faktoren zu benennen. In der Folge sind geeignete Habitatstrukturen – insbesondere für anspruchsvollere semi-aquatische Insektenlarven – oft nur noch unzureichend vorhanden (BfN 2016).

3.2 Stoffeinträge

32. Neben dem Strukturwandel der Landschaft haben Stoffeinträge negative Auswirkungen auf Insekten. Insbe-

sondere Pestizid- und Nährstoffeinträge sind relevante Gefährdungsursachen. Zwar haben die Nährstoffeinträge sowohl in die terrestrischen als auch aquatischen Lebensräume in den letzten Jahren abgenommen, sie sind aber immer noch deutlich höher als ökologisch vertretbar (hierzu ausführlich SRU 2015). Dies betrifft sowohl die Nutzflächen selbst, als auch andere, zumeist angrenzende, natürlicherweise nährstoffarme Lebensräume. Einträge weiterer Stoffe wie Biozide, Arzneimittel, Schwermetalle oder Mikroplastik werden in dieser Stellungnahme nicht betrachtet, da es derzeit noch schwierig ist, deren Auswirkungen auf die Insekten abzuschätzen.

3.2.1 Pflanzenschutzmittel

33. Pflanzenschutzmittel werden unter anderem in der Landwirtschaft, aber auch in Gärten und Parks sowie zur Pflege von Verkehrswegen eingesetzt. Sie werden genutzt, um ungewünschten Pflanzenwuchs zu regulieren bzw. zu unterbinden, Saatgut und Pflanzen vor Krankheiten und Insektenfraß zu bewahren sowie um landwirtschaftliche Erzeugnisse nach der Ernte zu schützen. Die Nutzung von Pflanzenschutzmitteln wie Insektiziden, Herbiziden und Fungiziden in der Landwirtschaft ist eine wichtige Ursache für den anhaltenden Rückgang der Biodiversität (SRU 2016, Kap. 6). Insekten sind hiervon besonders betroffen, sowohl direkt als auch indirekt. Die direkte Schädigung kann auf vielen verschiedenen Wegen stattfinden: durch die Aufnahme von Pollen, Nektar, Pflanzenmaterial bzw. -saft, Guttationswasser oder Honigtau von Blattläusen behandelter Kulturpflanzen. Aber auch der direkte Kontakt während des Ausbringens der Pflanzenschutzmittel oder Rückstände auf den Pflanzen, im Wasser oder im Boden können negative Auswirkungen haben (IPBES 2016, S. 56). Eine Literaturstudie von BRÜHL et al. (2015, S. 15 ff.) zeigt, dass zahlreiche Untersuchungen negative Auswirkungen des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln auf den Artenreichtum und die Abundanz von Insekten gefunden haben. Damit wirken sich Insektizide auch auf die Nahrungskette und die Qualität von Ackerlebensräumen, beispielsweise für Brutvögel in Agrarlandschaften, aus (JAHN et al. 2014; HALLMANN et al. 2014).

34. Trotz erheblicher Fortschritte in den letzten Jahrzehnten, Pflanzenschutzmittelwirkstoffe zielgenauer zu entwickeln und anzuwenden und die unerwünschten Begleitwirkungen auf Mensch und Umwelt zu reduzieren, sind weder die Gesamtanwendungsmengen zurückgegangen, noch wurden die negativen Auswirkungen auf Ökosysteme gemindert (SRU 2016, Kap. 6). Der Inlandsabsatz von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen in Deutschland befindet sich nach wie vor auf einem hohen Niveau (BVL 2017).

35. Besondere politische und gesellschaftliche Aufmerksamkeit hat die Wirkstoffgruppe der Neonikotinoide erhalten, die systemisch wirken und als Nervengifte das Verhalten von Insekten, zum Beispiel Bestäubern wie Honigbienen, beeinflussen können (s. SRU 2016, Kap. 6). Sie können letale oder subletale Effekte haben. Letztere betreffen zum Beispiel Beeinträchtigungen der lokomotorischen Aktivität, das Gedächtnis, das Lernverhalten, die Nahrungssuche und die Reproduktion (FELTHAM et al. 2014; STANLEY et al. 2015; EL HASSANI et al. 2008; DECOURTYE und DEVILLERS 2010; WHITEHORN et al. 2012; RUNDLÖF et al. 2015; DESNEUX et al. 2007). Dabei kann die Exposition gegenüber mehreren Wirkstoffen Kombinationswirkungen zur Folge haben. Diese sind aufgrund der Vielzahl der eingesetzten Wirkstoffe und möglichen Wechselwirkungen kaum bekannt (GILL et al. 2012). Die Europäische Kommission hat im Frühjahr 2018 den Einsatz der drei Wirkstoffe Clothianidin, Imidacloprid und Thiamethoxam im Freiland verboten (Europäische Kommission 2018a). Allerdings werden weitere Neonikotinoide und andere Wirkstoffe mit ähnlicher Wirkweise weiterhin eingesetzt.

Auch bei Kleingewässern in der Agrarlandschaft gibt es deutliche Hinweise, dass diese durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln negativ beeinflusst werden. Studienergebnisse deuten zum Beispiel auf Beeinträchtigungen empfindlicher Wirbellosearten (Invertebratenarten) in Deutschland hin (MÜNZE et al. 2015). Wie zu erwarten war, ist das Risiko, aquatische Wirbellose bzw. Insekten beim Einsatz von Insektiziden zu schädigen, besonders hoch (SCHÄFER et al. 2017; SZÖCS et al. 2017; BERGHAHN et al. 2012).

36. Herbizide haben vor allem indirekte Effekte auf Insekten, indem sie Teile der Ackerbegleitflora sowie unerwünschte Blühpflanzen im Garten reduzieren (BOHAN et al. 2005; PLEASANTS und OBERHAUSER 2013). Das Herbizid Glyphosat, der mengenmäßig am häufigsten in Deutschland eingesetzte Pflanzenschutzmittelwirkstoff (UBA 2014; SRU 2016, Tz. 399), weist zwar in Standardtests eine sehr geringe Ökotoxizität auf (EFSA 2015), es reduziert jedoch das Nahrungsangebot und Habitate für Insekten. Dies wiederum kann über trophische Beziehungen beispielsweise indirekte Wirkungen auf Konkurrenz, Prädation und Parasitismus haben. Zudem fanden BALBUENA et al. (2015) Hinweise auf den Einfluss von Glyphosat auf das Flug- und Orientierungsvermögen von Honigbienen. Kritisch ist in diesem Zusammenhang neben dem großflächigen Einsatz die „Gründlichkeit“, mit der die Pflanzen durch die Breitbandwirkung von Herbiziden beseitigt werden. Dabei spielt es jedoch letztlich keine Rolle für die Insekten, ob das Nahrungsangebot und die Habitate chemisch oder mechanisch reduziert werden. Ein Einfluss von Herbiziden auf die natürliche

Vegetation außerhalb bewirtschafteter Flächen, zum Beispiel durch Abdrift, ist zu erwarten, aber noch unzureichend erforscht.

3.2.2 Stickstoff und Phosphor

37. Der Eintrag von reaktiven Stickstoffverbindungen aus der Landwirtschaft und Verbrennungsprozessen in Verkehr und Industrie ist eine weitere wichtige Ursache für den Verlust der Biodiversität, sowohl in terrestrischen (McCLEAN et al. 2011; SALA et al. 2000; SUTTON et al. 2011) als auch in aquatischen Ökosystemen (HELCOM 2010; OSPAR COMMISSION 2010; BMUB und UBA 2016). Wesentliche Mechanismen sind Eutrophierung und Versauerung, die die Artenzusammensetzung verändern, die Artenanzahl reduzieren und die Widerstandskraft von Ökosystemen gegenüber Störungen schwächen. Dies führt zu unumkehrbaren und kaum absehbaren Folgen im gesamten Nahrungsnetz.

38. Für terrestrische Lebensräume sind die Emissionen von Ammoniak in die Luft von besonderer Relevanz. Sie machen fast zwei Drittel der Stickstoffemissionen in die Luft und knapp die Hälfte der jährlichen Gesamtemissionen von Stickstoff in Deutschland aus und stammen fast vollständig aus der Landwirtschaft (UBA 2017). Die novellierte NEC-Richtlinie EU/2016/2284 verpflichtet Deutschland, seine Ammoniakemissionen im Zeitraum 2005 bis 2030 um 29 % zu mindern. Die Richtlinie sieht vor, dass die Mitgliedstaaten bis Ende März 2019 ein nationales Luftreinhalteprogramm erstellen, in dem sie darstellen, mit welchen Maßnahmen die Reduktionsverpflichtungen erreicht werden sollen. Das wird besonders schwierig hinsichtlich der Reduzierung der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft, die in den letzten zwanzig Jahren nicht zurückgegangen sind. Es besteht ein großes Minderungspotenzial, das aber mit den bisher verabschiedeten Maßnahmen längst nicht ausgeschöpft wurde (SRU 2015, Tz. 336).

Da die Landwirtschaft der größte Emittent von Stickstoffverbindungen ist, steht sie hier im Fokus der Betrachtungen. Zu den Stickstoffemissionen aus Verbrennungsprozessen in Industrie und Verkehr sowie Empfehlungen zu deren notwendigen Reduktionen sei hier auf das Sondergutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) „Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem“ verwiesen (SRU 2015).

39. In terrestrischen Systemen wirken die Folgen von Stickstoffdepositionen vor allem indirekt auf Insekten, zum Beispiel durch den Wegfall von Nahrungspflanzen und damit verbundenen Habitatstrukturen sowie eine daraus resultierende Monotonisierung von Lebensräu-

men. Infolge erhöhter Stickstoffeinträge nimmt das Pflanzenwachstum zu, die Beschattung steigt und die Bodentemperatur sinkt. Die bodengebundenen Prozesse im Lebenszyklus laufen dadurch langsamer ab. Viele Insektenarten benötigen jedoch besonnte Bodenbereiche zum Nisten. Außerdem ändert sich die stoffliche Zusammensetzung der Nahrungspflanzen und beeinträchtigt dadurch die Nährstoffversorgung der Larven (FEEST et al. 2009). Nitrophobe Nahrungspflanzen verschwinden infolge von Stickstoffeinträgen (ebd.). Stickstoffeinträge wirken sich negativ auf den Artenreichtum von Pflanzen und die Blütendichte aus, was wiederum negative Effekte auf die Artenzahl und Häufigkeit von Bestäubern sowie die Häufigkeit von Blütenbesuchen haben kann (EBELING et al. 2008). ÖCKINGER et al. (2006) stellten beispielsweise eine Abnahme von Schmetterlingsarten fest, deren Wirtspflanzen nährstoffarme Bedingungen benötigen. Auch der Rückgang der Artenzahl und der Abundanz von Zikaden auf Trockenrasen in Ostdeutschland innerhalb von vierzig Jahren (Untersuchungszeiträume: 1964 – 1966 und 2008 – 2010) wird vor allem auf Stickstoffdepositionen, die Intensivierung der Landwirtschaft und die damit verbundenen Änderungen der Vegetationszusammensetzung zurückgeführt (SCHUCH et al. 2012). Langfristige Stickstoffeinträge führen zu einer Verarmung sowohl der Pflanzen- als auch der Insektengemeinschaften im Grünland. Analog zu Pflanzen, deren Artenreichtum infolge von Stickstoffeinträgen ab- und deren Biomasse zunimmt, kann auch der Artenreichtum von Insekten abnehmen, während deren Biomasse, insbesondere die von Pflanzenfressern und Bestandsabfallzersettern, zunehmen kann (HADDAD et al. 2000).

40. Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer können zur Eutrophierung führen. Bei Binnengewässern ist Phosphor oftmals der bestimmende Nährstoff. Trotz zum Teil deutlichen Rückgängen in den Phosphoreinträgen ist dies weiterhin eine Herausforderung für den Gewässerschutz (BMUB und UBA 2017). Besonders augenfällig wird die Eutrophierung durch Algenblüten, erhöhte Wassertrübung und Sauerstoffzehrung in tiefen Wasserschichten aufgrund des erhöhten Abbaus von Biomasse. Besonders gravierend sind diese Auswirkungen, wenn nährstoffarme (oligotrophe) Gewässersysteme in einen nährstoffreichen (eutrophen oder hypertrophen) Zustand versetzt werden. Dies hat schwerwiegende Folgen für die aquatische Biodiversität von der auch Insekten betroffen sind. Oligotrophe Gewässer sind besonders anfällig für Stoffeinträge und beherbergen oft speziell angepasste und seltene Arten (ETC Water 2010). Zudem fördern Nährstoffeinträge in Kombination mit erhöhten Temperaturen das Wachstum von Blaualgen (Cyanobakterien) in den Gewässern, die die Artenzusammensetzung wirbelloser Organismen (inkl. Insekten) verändern (CHAURASIA 2015).

3.3 Lichtverschmutzung, Klimawandel und erneuerbare Energien

Lichtverschmutzung

41. Die zunehmende Lichtverschmutzung hat erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt sowie die menschliche Gesundheit und betrifft auch den Bereich der Energieeffizienz (HELD et al. 2013). Licht übt auf zahlreiche Insektenarten eine anziehende Wirkung aus. So sind zwei Drittel der Wirbellosearten nachtaktiv (HÖLKER et al. 2010). Mit der Zunahme des besiedelten Raums steigt auch die Zahl künstlicher Lichtquellen, ein Prozess, der häufig mit dem Begriff „Lichtverschmutzung“ beschrieben wird. Das Thema hat erst in den letzten Jahrzehnten nennenswerte Aufmerksamkeit der Wissenschaft erlangt und viele Zusammenhänge und Auswirkungen, insbesondere auf ökosystemarer Ebene, sind noch nicht hinreichend verstanden. Die bisherige Forschung zeigt jedoch, dass künstliche Lichtquellen das Verhalten, wie die Nahrungssuche und das Paarungs- und Wanderverhalten, sowie den Reproduktionserfolg und das Überleben nachtaktiver Insekten beeinflussen. Damit können das Vorkommen und die Zusammensetzung von Insektengemeinschaften verändert werden (GRUBISIC et al. 2018; NAVARA und NELSON 2007; HÖLKER et al. 2010; BRUCE-WHITE und SHARDLOW 2011). Dies gilt nicht nur für flugfähige, sondern auch für bodenlebende Arten (DAVIES et al. 2012). Viele Insekten werden von Lichtquellen angezogen und umfliegen diese, teilweise bis sie vor Erschöpfung sterben oder eine leichte Beute für räuberische Tiere werden. Durch künstliche nächtliche Beleuchtung können somit Nahrungsketten und Ökosysteme beeinflusst werden (HÖLKER 2013, S. 75), was sich wiederum auf deren Funktionen auswirkt (HÖLKER et al. 2010). Dabei sind die Irritations-, Anlock- und Kollisionswirkungen abhängig vom Spektrum des Lichts, der Beleuchtungsstärke und der Gehäuserkonstruktion sowie der jeweiligen Insektenordnung (EISENBEIS 2011; BRUCE-WHITE und SHARDLOW 2011; LONGCORE und RICH 2004). Die Veränderungen haben auch indirekte Auswirkungen auf tagaktive Tiere und die gesamten Ökosysteme, beispielsweise über ein verändertes Nahrungsangebot.

Inwieweit Lichtverschmutzung zur Gefährdung einzelner Insektenarten oder zu einem wesentlichen Rückgang von Insektenpopulationen beiträgt, ist noch nicht hinreichend untersucht, aber es ist von nicht unerheblichen Auswirkungen auszugehen (EISENBEIS 2013; HÖLKER 2013; WILSON et al. 2018). Erste Ergebnisse deuten auf eine hohe Relevanz der Lichtzunahme für den Rückgang von Mottenpopulationen in Großbritannien und Irland hin (WILSON et al. 2018).

Klimawandel

42. Die Auswirkungen des Klimawandels sind vielfältig und können in Veränderungen von Insektenpopulationen resultieren (IPBES 2016). Die Abundanz und die Gemeinschaftsstruktur, die Phänologie, die Physiologie, das Verhalten und die Reproduktion können beeinflusst werden (MUSOLIN 2007; RADENKOVIĆ et al. 2017). Beispielsweise zeigen Bestäuber Veränderungen in der Verbreitung, der Abundanz und in saisonalen Aktivitätsmustern (Lebenszyklen und Interaktionen zwischen Arten) (IPBES 2016). So können die ursprünglich evolutionär aufeinander abgestimmten Zeitpunkte von Pflanzenblüte und der Aktivität von entsprechenden Bestäubern durch den Klimawandel auseinanderfallen (Pflanzen-Bestäuber-Netzwerke, Tz. 19; BURKLE et al. 2013). Je nach ökologischen Ansprüchen können die lokalen Effekte für einzelne Arten positiv oder negativ sein. Kälte liebende Arten, die bereits am oberen Ende ihres Temperaturtoleranzbereichs sind, können (lokal) verloren gehen, während wärmeliebende Arten sich weiter polwärts ausbreiten können (FOX et al. 2014). Veränderungen infolge des Klimawandels erfordern auch von Insekten Anpassungen an andere Lebensbedingungen. Dazu ist die Ausbreitungsfähigkeit zentral, die für viele Arten jedoch nicht genau bekannt ist. All dies kann dazu führen, dass sich Verbreitungsgebiete von Arten verkleinern, wobei Insekten hier einem größeren Risiko als andere Tiergruppen unterliegen (WARREN et al. 2018).

Bis die Auswirkungen des Klimawandels auf Insekten und ihre Funktionen vollständig sichtbar werden, kann es mehrere Jahrzehnte dauern, da ökologische Systeme häufig erst mit Zeitverzögerung reagieren. Bei allen methodischen Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten, mit denen Modellierungen verbunden sind, deuten Modelle darauf hin, dass bis zum Ende des 21. Jahrhunderts ein erheblicher Teil der Bestäuber in Europa durch den Klimawandel gefährdet oder ausgestorben sein könnte, abhängig vom jeweiligen Klimaszenario und der Ausbreitungsfähigkeit der einzelnen Arten (SETTELE et al. 2008; RASMONT et al. 2015; WARREN et al. 2018).

Erneuerbare Energien

43. Die Nutzung erneuerbarer Energien hat auf verschiedenen Wegen direkte und indirekte Auswirkungen auf In-

sekten. Dies gilt sowohl für den Anbau von Biomasse, als auch für Photovoltaik- und Windenergieanlagen. Der Anbau von Bioenergiepflanzen kann unterschiedliche Effekte auf Insektenpopulationen haben, abhängig von der Art der angebauten Pflanze, der umgebenden Landschaft und der betrachteten Insektengruppe (DAUBER und BOLTE 2014). So können Kulturen wie Raps, die zeitgleich eine große Anzahl an Blüten haben, durch das kurzfristige Bereitstellen von Nahrungsressourcen zwar den Artenreichtum von Bienen und Wespen erhöhen. Sobald sie jedoch geerntet sind, entsteht eine sogenannte Trachtlücke, in der die Bestäuber plötzlich keine Nahrung mehr finden. Auf der Ebene von Landschaften sind daher langfristige, naturnahe Elemente nötig, um überlebensfähige Populationen blütenbesuchender Insekten zu erhalten (s. Tz. 29; DIEKÖTTER et al. 2014).

Noch wenig bekannt sind die Auswirkungen von Photovoltaik- und Windenergieanlagen auf Insekten. Windenergieanlagen können Fluginsekten anlocken, da sie die Anlagen zur Nahrungssuche, Reproduktion oder als Ruheplatz aufsuchen und dort gefangen werden (CORTEN und VELDKAMP 2001). Eine Studie von LONG et al. (2011), die die Auswirkungen unterschiedlicher Turbinenfarben untersucht hat, kam zu dem Ergebnis, dass weiße und hellgraue Turbinen zu denen mit der größten Anziehungskraft gehören. Möglicherweise haben auch die thermischen Eigenschaften der Anlagen eine anziehende Wirkung. Die Insekten wiederum locken möglicherweise räuberische Tiere wie Vögel und Fledermäuse an und erhöhen dadurch deren Kollisionsrisiko mit den Windenergieanlagen (VALDEZ und CRYAN 2013). Photovoltaikanlagen sind Quellen polarisierten Lichts und können damit eine Lockwirkung auf Insekten haben (HORVÁTH et al. 2010; HERDEN et al. 2009, S. 81 ff.). Davon sollen insbesondere aquatische und teilaquatische Insekten betroffen sein, die die Anlagen mit Wasserflächen verwechseln. Dabei haben das Design der Solarmodule und ihre Positionierung in Relation zu Gewässern möglicherweise einen deutlichen Einfluss auf die Lockwirkung (HERDEN et al. 2009). Da die Lock- und Fallenwirkungen von Photovoltaik- und Windenergieanlagen und ihr Einfluss auf die Populationen bestimmter Insektenarten noch nicht hinreichend untersucht sind, besteht Forschungsbedarf in diesem Bereich.

4 Handlungsempfehlungen für einen flächenwirksamen Insektenschutz

44. Die nachfolgenden Handlungsempfehlungen stehen im Einklang mit dem Grundgedanken der Risikoforschung, wie er in der „Je-desto-Formel“ zum Ausdruck kommt: „Je gewichtiger das gefährdete Gut und/oder je größer der zu befürchtende Schaden ist, desto geringere Anforderungen sind an die Höhe der Eintrittswahrscheinlichkeit zu stellen“, um das Risiko „als nicht mehr hinnehmbar (im Sinn von inakzeptabel)“ bewerten zu können (KLOEPFER 1993, S. 65; WBBGR 2018). Im Fall der Insekten weisen die verfügbaren Daten auf eine dramatische Bestandsabnahme vieler Arten hin (s. Tz. 10 ff.). Aufgrund der komplexen, unterschiedlich gelagerten Ursachen müssen Bund und Länder unmittelbar verschiedene, sich ergänzende Maßnahmen ergreifen, um diesen Rückgang kurzfristig zu bremsen und mittelfristig zu stoppen. Setzen sich die ermittelten Trends der Abnahme fort, führt dies zu einem zeitnahen und endgültigen Verlust etlicher Arten und damit zentraler Bestandteile unserer Ökosysteme mit weitreichenden, nachgelagerten Auswirkungen auch für die Menschen. Dies ist besonders bedrohlich vor dem Hintergrund, dass nicht abzusehen ist, in welchem Maße der Klimawandel langfristig Insektenarten zusätzlich gefährden wird. Bereits jetzt erfordern es die wissenschaftlichen Erkenntnisse daher schnell und wirksam zu handeln. Nachfolgend werden vielfältige Handlungsempfehlungen an Bund und Länder ausgesprochen. Diese sind selbstverständlich nicht abschließend und vollumfänglich. So ist auch der sich beschleunigende Klimawandel in diesem Kontext von wesentlicher Bedeutung und erfordert unverzügliches Handeln, zu dem sich der SRU bereits an anderer Stelle geäußert hat (SRU 2017a; 2017b; 2011). Auch das Thema invasive Arten wird hier nicht näher betrachtet, da über deren möglichen Beitrag zum Rückgang von Insekten bislang noch wenig bekannt ist.

45. Um die dargestellte Abnahme des Bestands von Insekten und ihre ökologischen und ökonomischen Auswirkungen zu stoppen, reichen punktuelle oder kurzfristige Maßnahmen nicht aus. Basierend auf den bereits verabschiedeten Eckpunkten muss das geplante Aktionsprogramm Insektenschutz der Bundesregierung daher auf großräumige und langfristige Wirksamkeit ausgerichtet sein und ein unverzügliches und konzertiertes Handeln der relevanten Entscheidungsträger sicherstellen. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Landwirtschaft – etwa über die Gemeinsame Agrarpolitik der EU (GAP) – nicht

zuletzt wegen ihrer Flächenrelevanz. Die geplante Ackerbaustrategie der Bundesregierung sowie die vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) angekündigte und bislang ausstehende Grünlandstrategie müssen ebenfalls für den Insektenschutz wirksam werden.

Die einschlägigen Ressorts der Bundesregierung (das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), das BMEL und im Falle von Monitoring und Forschung das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)) sollten das Aktionsprogramm Insektenschutz gemeinsam auf den Weg bringen. Für ein effektives Aktionsprogramm müssen messbare Ziele benannt und mit konkreten Maßnahmen sowie verantwortlichen Akteuren unterlegt werden. Die Ziele sollten in ein Indikatorensystem eingebunden sein und die Wirkung der Maßnahmen durch ein statistisch und biologisch aussagefähiges Monitoring der Insektenvielfalt (nicht nur für Einzelgruppen wie Schmetterlinge oder Heuschrecken) analysiert werden. Das Programm sollte in enger Abstimmung mit den Bundesländern entwickelt und umgesetzt werden. Es gibt auf Bundesebene bereits einige relevante Ziele in der nationalen Biodiversitätsstrategie und der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (z.B. Stickstoffüberschuss, Flächenverbrauch, ökologischer Landbau), deren Indikatoren jedoch weit vom Zielwert entfernt sind oder sich sogar von ihm entfernen. Teilweise wurden die Ziele in der Vergangenheit nicht erreicht und dennoch nicht ambitioniert weiterentwickelt, sondern nahezu unverändert fortgeschrieben.

46. Aufgrund der drängenden Problemlage sollten die nachfolgenden Handlungsempfehlungen umgehend eingeleitet und umgesetzt werden (Abb. 9). Prioritäre Maßnahmen sehen der SRU und der Wissenschaftliche Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMEL (WBBGR) darin, die Landnutzung insektenfreundlicher zu gestalten und dies nicht nur punktuell, sondern flächenwirksam. Weiterhin sollte das Monitoring substanziell weiterentwickelt werden. Diese Maßnahmen werden als prioritär angesehen (prioritäre Maßnahmen) und sollten durch weitere, ebenfalls stoff- und flächenbezogene Maßnahmen gezielt unterstützt werden (ergänzende Maßnahmen). Flankierend hinzu kommen Maßnahmen zur Kommunikation, Wissensgenerierung und Bildung.

Abbildung 9

Übersicht über die Handlungsempfehlungen

Prioritäre Maßnahmen	Ergänzende Maßnahmen	Flankierende Maßnahmen
Landnutzung insektenfreundlicher gestalten • GAP-Reform nutzen • Vertragsnaturschutz ausbauen und attraktiver honorieren • Ökologischen Landbau weiter ausbauen • Heterogene Landschaften erhalten und schaffen • Grüne Infrastruktur stärken: Biotopverbund vollständig etablieren • Gewässerrandstreifen und -refugien ausweisen und sichern • Gesamteinsatz und Umweltauswirkungen von Pflanzenschutzmitteln deutlich reduzieren • Integrierten Pflanzenschutz konsequent umsetzen • Novellierte Düngegesetzgebung stringent vollziehen	Landnutzung insektenfreundlicher gestalten • Der Eingriffsregelung zu Wirksamkeit verhelfen • Defizite in Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln in Bezug auf die Einschätzung von Risiken beheben • Ambitionierte Programme mit Stickstoffminderungsmaßnahmen festlegen	Kommunikation verbessern, Bevölkerung sensibilisieren • Mehr Naturerfahrungsräume schaffen • Umweltbildung im Bereich Insekten stärken • Bevölkerung in ihren Konsumgewohnheiten sensibilisieren • Ehrenamtliches Engagement und Citizen Science fördern
	Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr weiter reduzieren	Wissenslücken schließen
	Negative Auswirkung von Beleuchtung verringern	Aus-, Fort- und Weiterbildung stärken
Insekten- und Biodiversitätsmonitoring substanziell weiterentwickeln	Bestehende Schutzgebiete stärken	

SRU 2018

Insgesamt hat der Insektenschutz gleichzeitig auch viele Synergien mit anderen Biodiversitäts- und Umweltzielen der Bundesregierung, zum Beispiel den Zielen zum Flächenverbrauch, zum ökologischen Landbau, zum Stickstoffüberschuss und zur Artenvielfalt in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, zu zahlreichen Zielen der nationalen Biodiversitätsstrategie aber auch zu den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie und des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) (u.a. die Förderung von Nützlingen durch die Schaffung von Rückzugsräumen).

4.1 Landnutzung insektenfreundlicher gestalten

4.1.1 Agrarförderung an ökologischen Belangen ausrichten

GAP-Reform nutzen

47. Die derzeit dominierenden Formen der Landbewirtschaftung sind ein zentraler Treiber des Insektenverlustes. Die künftige Ausgestaltung der GAP ist daher von wesentlicher Bedeutung für den Insektenschutz. Während das „Greening“ der flächenbezogenen Direktzahlungen („Erste Säule“ der GAP) sehr wenig zum Schutz der Biodiversität im Allgemeinen und der Insekten im Besonderen beigetragen hat, sind die Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen im Rahmen der integrierten ländlichen Entwicklungspolitik („Zweite Säule“ der GAP) gegenwärtig das maßgebliche Instrument zur Finanzierung der Biodiversitätsziele in den Mitgliedstaaten (SRU und WBW 2017; WBBGR 2018). Daher liegt hier ein wesentlicher Hebel zum flächenwirksamen Insektenschutz. Die bisherigen Anstrengungen, Umwelt- und Naturschutzbelange stärker in der Agrarpolitik zu berücksichtigen (Greening), waren unzureichend, um die notwendigen ökologischen Veränderungen anzustoßen, und sind damit ökonomisch ineffizient (PE’ER et al. 2017). Auch der Europäische Rechnungshof (2017) kommt zu dem Schluss, dass es unwahrscheinlich ist, dass das Greening „[...] einen signifikanten Nutzen für Umwelt und Klima erbringen wird“ (ebd., S. 57) und es so, wie es „[...] derzeit umgesetzt wird, wohl kaum signifikant zur Verbesserung der Umwelt- und Klimaleistung der GAP beitragen wird“ (ebd., S. 56).

Der SRU und der WBBGR haben wiederholt darauf aufmerksam gemacht, dass öffentliche Gelder nur für die Bereitstellung öffentlicher Güter eingesetzt werden sollten (WBBGR 2018; FEINDT et al. 2018a). Dazu zählen der Natur- und Umweltschutz sowie die Erhaltung und

Pflege einer abwechslungsreichen, ökologisch wertvollen Kulturlandschaft (SRU 2009; 2013). Die Bundesregierung sollte sich im Rahmen der laufenden Verhandlungen zur Reform der GAP klar für eine Neuausrichtung nach 2020 einsetzen, die konsequent zum Biodiversitätsschutz beiträgt (WBBGR 2018).

48. Die besorgniserregende Lage und die negativen Trends der Biodiversität in den Agrarlandschaften und insbesondere die Situation der Insekten erfordern, dass die Anstrengungen der landwirtschaftlichen Produktion im Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der weiteren Umweltgüter auf europäischer Ebene verstärkt werden. Die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass bereits auf EU-Ebene ambitionierte einheitliche Umweltstandards festgelegt werden. Die Europäische Kommission sieht in ihrem am 1. Juni 2018 veröffentlichten Vorschlag für die GAP nach 2020 hierzu unter anderem eine Zusammenführung der bisherigen Cross-Compliance-Regelungen mit den jetzigen Greening-Komponenten vor (Europäische Kommission 2018b). Allerdings soll die Ausgestaltung wesentlicher Elemente den Mitgliedstaaten überlassen bleiben. Dies birgt die Gefahr, dass einzelne Mitgliedstaaten Umweltstandards senken, um ihren Produzenten damit verbundene Kosten zu sparen. Größer werdende nationale Spielräume in der nächsten Förderperiode, die sich derzeit abzeichnen, sollten vielmehr für eine Stärkung von Umwelt- und Naturschutzbelangen auf nationaler Ebene genutzt werden. Eine Differenzierung der flächenbezogenen Direktzahlungen nach Merkmalen der jeweiligen landwirtschaftlichen Flächen, welche die biologische Vielfalt beeinflussen, ist anzustreben (FEINDT et al. 2018b; WBBGR 2018).

Auf nationaler Ebene sollten zudem die in der guten fachlichen Praxis definierten gesetzlichen Pflichten präziser gefasst werden, um sie besser umsetzen, überprüfen und vollziehen zu können (SRU 2015, Tz. 409 f.).

Vertragsnaturschutz ausbauen und attraktiver honorieren

49. Um den fortschreitenden Verlust von Insekten und Biodiversität insgesamt zu stoppen, sind wirksame Naturschutzmaßnahmen notwendig, für die langfristig ausreichend finanzielle Mittel zur Verfügung stehen müssen (SRU und WBW 2017). Eine Stärkung des gemeinwohlorientierten Einsatzes öffentlicher Gelder eröffnet auch Chancen für Landnutzende. Eine stärkere Honorierung des Gutes „Naturschutz“ kann insbesondere in landwirtschaftlich benachteiligten Regionen, die häufig durch eine besonders große Biodiversität gekennzeichnet sind, betriebswirtschaftliche Alternativen bieten (ebd., Tz. 34). Auch um mehr Landwirtinnen und Landwirte für eine Teilnahme am Vertragsnaturschutz zu gewinnen, sollten

bestehende Förderprogramme für Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen finanziell deutlich besser als bisher ausgestattet werden (SRU 2016, Tz. 474). Dies gilt in besonderem Maße für effektive Programme zur Förderung artenreichen Grünlands, welches für die Insektenvielfalt von besonderer Bedeutung ist (WBBGR 2015; 2016; 2018). Vor allem die Umsetzung sogenannter dunkelgrüner Maßnahmen, das heißt Maßnahmen mit hoher ökologischer Wirksamkeit, sollte verstärkt werden. Vor diesem Hintergrund ist es dringend geboten, die Mittel der zweiten Säule der GAP zu erhöhen, um gezielte Maßnahmen zum Insektenschutz in der Agrarlandschaft durchführen zu können. Die derzeitigen Vorschläge der Kommission für die kommende Förderperiode, die eine überproportionale Kürzung der zweiten Säule vorsehen, sind daher mit großer Sorge zu betrachten.

Ökologischen Landbau weiter ausbauen

50. Unter anderem durch seinen Verzicht auf synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel hat der ökologische Landbau zahlreiche positive Auswirkungen auf Insekten. Studien konnten belegen, dass der Artenreichtum und die Abundanz von Insekten im ökologischen Landbau oft höher sind als im konventionellen, insbesondere in intensiv bewirtschafteten Landschaften (INCLÁN et al. 2015; POWER et al. 2016; BENGTTSSON et al. 2005). Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie enthält das Ziel, den Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche von 7,5 % im Jahr 2016 auf zukünftig 20 % zu erhöhen (Bundesregierung 2017; BMEL o.J.). Es ist sehr zu begrüßen, dass die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag nunmehr vereinbart hat, dieses Ziel bis zum Jahr 2030 zu erreichen (SRU 2016, Tz. 475). Die jüngst gestiegene Förderung in zahlreichen Bundesländern hat zu einer Ausweitung der ökologischen Produktion beigetragen. Dies ist positiv zu beurteilen und die Bundesregierung sollte den mit der Zukunftsstrategie ökologischer Landbau (BMEL 2017) begonnenen Prozess zielorientiert und zügig fortsetzen. Die Förderung des ökologischen Landbaus durch die Bundesländer sollte weiter ausgebaut werden.

4.1.2 Vielfältige Landschaftsstrukturen fördern

Heterogene Landschaften erhalten und schaffen

51. Vielfältige Habitate auf verschiedenen räumlichen Skalen können entscheidend zu mehr Biodiversität in Agrarlandschaften beitragen (BENTON et al. 2003). Die Agrarförderung sollte daher zukünftig deutlich effektiver als bisher heterogene Landschaftsstrukturen fördern, beispielsweise über gezielte Prämien für Landschaftsvielfalt (FEINDT et al. 2018b). Mehr Strukturelemente

wie Blühstreifen, Feldränder und Hecken können dem Verlust von Insekten entgegenwirken, insbesondere in Landschaften, die durch die gegenwärtige Form der Nutzung strukturarm geworden sind.

Um die Biodiversität in Agrarlandschaften schützen oder wiederherstellen zu können, wird in der Literatur vielfach ein Anteil von 10 bis 20 % naturnaher Flächen als notwendig erachtet (HOLZSCHUH et al. 2011; HOFFMANN et al. 2012; HOTES und EBERMANN 2010; UBA 2010; SRU 1985), auf denen keine Dünge- und Pflanzenschutzmittel zum Einsatz kommen dürfen. Dazu sollten Betriebsinhaber die Möglichkeit erhalten, sich bei der Anlage der Strukturelemente beraten zu lassen. Auch müssen einige grundsätzliche Vorgaben zur Nutzung auf diesen Flächen gemacht werden. Bodenruhe und eine regelmäßige Pflege sind wichtige Voraussetzungen für eine hohe Lebensraumqualität für Insekten und die Biodiversität der Agrarlandschaft insgesamt. Eine Nutzung des anfallenden Aufwuchses, beispielsweise des Mahdgutes, als Tierfutter oder in der Energieerzeugung, muss den angestrebten ökologischen Leistungen der Flächen nicht entgegenstehen (WBBGR 2012). Dies gilt es auch bei der Ausgestaltung der ökologischen Vorrangflächen im Rahmen der neuen Konditionalität der Direktzahlungen, das heißt der Umwelt- und Klimaschutzvorgaben, angemessen zu berücksichtigen.

Landschaften sollten zudem extensiv genutzte Grünländer mit vielen verschiedenen Mahd- und Beweidungsregimen aufweisen (WÄTZOLD et al. 2016). So kann einerseits einer großflächigen Verbuschung entgegengewirkt werden, andererseits kann durch angepasste Mahdzeitpunkte die Verbreitung von Blühpflanzen gefördert und ein nährstoffarmes Niveau erhalten werden. Vielfältige Fruchtfolgen auf Äckern können sich ebenfalls positiv auswirken, sofern sie nicht zu einer insgesamt intensiveren Nutzung beitragen. Brachen, Gewässer- und Ackerandstreifen sowie Pufferzonen um intensiv genutzte Flächen sind wichtige Rückzugsräume sowie Nist- und Nahrungshabitate für Insekten und sollten erhalten oder neu geschaffen werden (TSCHUMI et al. 2015). Bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln muss ein hinreichender Abstand zu diesen Landschaftselementen eingehalten werden, um sie vor negativen Auswirkungen zu schützen.

Auch der Anbau von Biomasse zur energetischen oder stofflichen Nutzung sollte möglichst insektenfreundlich ausgestaltet werden. Naturverträglich angebaute, blütenreiche Bioenergiepflanzen, beispielsweise in Mischkulturen oder als Blühstreifen, können die Landschaftsheterogenität fördern und zum Insektenschutz beitragen. In großflächigen Monokulturen sind Bioenergiepflanzen hingegen kritisch zu sehen (SRU 2007a; 2011).

52. Im aquatischen Bereich ist die Wiederherstellung naturnaher Lebensräume durch strukturverbessernde, hydromorphologische Maßnahmen entscheidend für den guten ökologischen Zustand (BMUB und UBA 2016) und damit auch für die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Insektendiversität. Dazu gehören zum Beispiel die Renaturierung der Gewässerläufe einschließlich des Rückbaus von Verbauungen und des Anlegens bzw. Wiederherstellens von Auen und entsprechend bewachsenen Gewässerrandstreifen (s.a. BMUB und BfN 2015). Für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wird bereits eine Vielzahl von Maßnahmen ergriffen (BMUB und UBA 2016). Trotzdem erreichen derzeit nur etwa 8 % der Oberflächengewässer den guten Zustand (BMUB und UBA 2017). Auch aus diesem Grund müssen die Aktivitäten für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie eine angemessene Bedeutung erhalten.

53. Von den vielen im Wald vorkommenden Insekten sind in erster Linie diejenigen gefährdet, die abhängig von Alt- und Totholz sowie von Randstrukturen sind (Tz. 30). Nicht bewirtschaftete Wälder und Waldbereiche, aber auch Totholzinseln können daher für diese Arten wichtige Rückzugsflächen sein und ihr Anteil sollte weiter erhöht werden, wie beispielsweise in der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt vorgesehen (5 % Wälder mit natürlicher Entwicklung, 2 % Wildnis) (SRU 2016, Kap. 5; 2012, Kap. 6). Außerdem können sich der Schutz alter, ursprünglicher Wälder und eine naturnahe Bewirtschaftung mit langen Umtriebszeiten, die die strukturelle Diversität der Wälder erhöht, beispielsweise positiv auf Käfergemeinschaften auswirken (LANGE et al. 2014). Viele waldlebende Insektenarten benötigen in bestimmten Lebensphasen außerdem angrenzende Offenlandlebensräume. Daher sollten in nachhaltig bewirtschafteten Wäldern Insekten durch die Anwendung möglichst unterschiedlicher waldbaulicher Verjüngungsverfahren sowie die konsequente Schaffung von insektenfreundlichen Waldinnenstrukturen und Übergangsbereichen zur freien Landschaft systematisch gefördert werden. Die Bekämpfung von Massenvermehrungen forstlich schädlicher Insekten sollte in jedem Fall der guten fachlichen Praxis bei der Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes im Wald entsprechen und möglichst nur selektive Maßnahmen umfassen.

Grüne Infrastruktur stärken: Biotopverbund vollständig etablieren

54. Zum Schutz der Biodiversität und der durch sie erbrachten Leistungen gibt es EU-weite Bestrebungen, eine grüne Infrastruktur zu etablieren. Grüne Infrastruktur wird von der Europäischen Kommission definiert als „ein strategisch geplantes Netzwerk natürlicher und naturnaher Flächen mit unterschiedlichen Umweltmerkmalen, das mit Blick auf die Bereitstellung eines breiten

Spektrums an Ökosystemdienstleistungen angelegt ist“ (Europäische Kommission 2013). Sie umfasst dabei sowohl Flächen im ländlichen als auch im urbanen Raum.

Auf nationaler Ebene leistet der Biotopverbund einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung dieses Konzepts. Im Bundesnaturschutzgesetz ist festgelegt, dass ein länderübergreifender Biotopverbund geschaffen wird, der mindestens 10 % der Fläche eines jeden Landes umfasst. Mit seinen Kernflächen, Verbindungsflächen und -elementen leistet der Biotopverbund einen wichtigen Beitrag zur Vernetzung verinselter Habitats und Insektenpopulationen, da viele Insekten nur eine sehr geringe Ausbreitungsfähigkeit haben. Dafür müssen die oft isoliert liegenden Reste natürlicher oder semi-natürlicher Habitats geschützt bzw. wiederhergestellt und vernetzt werden. Hierbei liegt die Verantwortung zur Umsetzung vor allem in den Ländern. Da es keine zeitliche Vorgabe gibt, erfolgte die Umsetzung bisher zu langsam und wurde unter anderem durch fehlende finanzielle Mittel und die allgemeine Flächenknappheit gehemmt (JEDICKE 2015; FRITZ 2013; RECK 2013). Eine vollständige und schnellstmögliche Umsetzung ist dringend nötig und sollte spätestens in zehn Jahren abgeschlossen sein. Dazu sollte der Bund 2028 als verbindliches Zieljahr für die vollständige Etablierung des Biotopverbundes im Bundesnaturschutzgesetz verankern. Dieses Ziel muss allerdings mit Qualitätskriterien unterlegt werden, die notwendige Voraussetzungen für Flächen des Biotopverbundes definieren. Allein die Ansprüche verschiedener Insektengruppen an ihre Habitats sind äußerst vielgestaltig und können sich auch gegenseitig widersprechen. Daher sollte der Biotopverbund ein möglichst breites Spektrum verschiedener Lebensräume umfassen. Durch Maßnahmen, die die Länder mithilfe von Agrarumweltmaßnahmen im Rahmen der GAP fördern, könnte der Biotopverbund gezielt unterstützt werden. Um den Insektenschutz erfolgreich in dieses Konzept zu integrieren, sollte er in der örtlichen und überörtlichen Landschaftsplanung berücksichtigt werden.

Im aquatischen Bereich hat die Bundesregierung im Februar 2017 das Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“ auf den Weg gebracht (BMVI und BMUB 2017). Es soll zur Renaturierung von Fließgewässern und Auen beitragen (ebd.) und unterstützt damit auch den Schutz (teil)aquatischer Insekten, indem neue Lebensräume geschaffen oder die Qualität bestehender verbessert wird. Die Bundesregierung ist nun gefordert, dieses Programm ambitioniert umzusetzen (Europäische Kommission 2013).

Der Eingriffsregelung zu Wirksamkeit verhelfen

55. Das Bundesnaturschutzgesetz regelt den Ausgleich von Eingriffen in Natur und Landschaft in den §§ 13 ff.

Als Eingriffe gelten Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen können. Solche erheblichen Beeinträchtigungen sollen möglichst vermieden werden. Nicht vermeidbare Eingriffe sind von den Verursachenden zu kompensieren, wo möglich durch Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen und, wo dies nicht möglich ist, durch einen finanziellen Ausgleich. Insekten sind als Bestandteil des Naturhaushalts bei der Wirkungsprognose grundsätzlich angemessen zu berücksichtigen. Entsprechende Kompensationsmaßnahmen sollten in einen ökosystemaren Zusammenhang gestellt werden und landschaftliche Aspekte berücksichtigen. Die verschiedenen Konzepte zur Vernetzung von Habitats sollten hierbei einbezogen werden.

Im Bereich der Eingriffsregelung ist jedoch ein erhebliches Vollzugsdefizit zu konstatieren. In der Praxis sind sowohl die Umsetzungsrate als auch die Qualität der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen oft gering. Eine deutschlandweite Erfassung und Auswertung gibt es nicht und häufig beruhen Befunde auf Stichproben, Zufallsfunden und Erfahrungen. Dennoch haben Untersuchungen in verschiedenen Bundesländern gezeigt, dass oft nur gut die Hälfte der festgelegten Maßnahmen überhaupt und nur etwa ein Viertel gut oder sehr gut umgesetzt werden (ECKER und PRÖBSTL-HAIDER 2016; Niedersächsischer Landtag 2018). Auch die langfristigen Pflegemaßnahmen finden vielfach nicht im erforderlichen Umfang statt. Eine wesentliche Ursache für diese Defizite in Vollzug und Nachkontrolle ist das Fehlen qualifizierten Personals in den zuständigen Naturschutzbehörden. In vielen Bundesländern sind die Naturschutzverwaltungen seit Jahren mit einem Stellenabbau konfrontiert, während Aufgabenvielfalt und -komplexität zunehmen (SRU 2007b; EBINGER 2011; BOGUMIL et al. 2017; 2016; KOTTWITZ 2015; BÖCHER 2016; VOLKERY 2008). Um die Eingriffsregelung angemessen zu vollziehen, ist eine adäquat ausgestattete und qualifizierte Naturschutzverwaltung essenziell. Darüber hinaus könnten öffentlich zugängliche Daten die Kontrolle durch die Öffentlichkeit stärken. Verstöße müssen stärker sanktioniert werden.

Gewässerrandstreifen und -refugien ausweisen und sichern

56. Gewässerrandstreifen sind ein wichtiges Strukturelement in der Agrarlandschaft. Ein entsprechender Bewuchs auf diesen Flächen erhöht zusätzlich ihre Funktion für die Biodiversität. Darüber hinaus haben sie eine hohe Bedeutung, um Nährstoffeinträge in die Gewässer durch Abfluss und Abschwemmung zu vermindern. In

ähnlicher Weise können sie auch Einträge von Pflanzenschutzmitteln und Tierarzneimittelwirkstoffen abpuffern (SRU 2016, Tz. 469). Der SRU hat bereits in der Vergangenheit empfohlen, Gewässerrandstreifen an natürlichen Gewässern im Außenbereich auf 10 m Breite festzulegen (SRU 2015; 2016, Kap. 6). Außerdem sollte der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf diesen Flächen generell verboten werden.

Refugien sind Abschnitte in den Gewässern, die möglichst von anthropogenen Eingriffen frei gehalten werden und aus denen heraus belastete Abschnitte im Gewässer wiederbesiedelt werden können. So dienen sie zum Beispiel dazu, dass sich Lebensgemeinschaften nach dem Eintrag von Pflanzenschutzmitteln schneller erholen können (ORLINSKIY et al. 2015). Beispiele für solche Refugien sind bewaldete Flächen stromaufwärts im Fließgewässer. Die Bereitstellung von Refugien ist nicht ganz einfach. Sie könnte zum Beispiel bei Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässermorphologie im Zuge der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, zum Hochwasser- oder Naturschutz erfolgen. Außerdem sollte geprüft werden, ob die Schaffung von Gewässerrandstreifen und Ausgleichsflächen in der Agrarlandschaft auch über Anwendungsaufgaben, die mit der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln festgelegt werden, möglich ist (s. Tz. 62; SRU 2016, Tz. 473; HÖTKER et al. 2018). Ein wesentliches Hemmnis bei der Erreichung eines guten ökologischen Zustands von Gewässern gemäß Wasserrahmenrichtlinie ist die fehlende naturnahe Ausgestaltung der ufernahen Vegetationsbereiche oder Uferzonen, besonders in urbanen oder landwirtschaftlich genutzten Gebieten. Eine Erhöhung des Kleinstrukturanteils in Gewässernähe würde sowohl dem integrierten Pflanzenschutz als auch den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie dienen. Gleichzeitig können diese Kleinstrukturen chemische Einträge in Gewässer verhindern und stellen wiederum terrestrische Habitate für teilaquatische Insekten dar.

4.1.3 Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduzieren und fokussieren

Gesamteinsatz und Umweltauswirkungen von Pflanzenschutzmitteln deutlich reduzieren

57. Die Zulassung von Glyphosat wurde erst Ende letzten Jahres durch die Europäische Kommission nach entsprechendem Beschluss der Mitgliedstaaten um fünf Jahre verlängert (Europäische Kommission 2017). Trotzdem hat sich die Regierungskoalition im Koalitionsvertrag für ein grundsätzliches Ende des Glyphosateinsatzes ausgesprochen, was generell zu begrüßen ist (CDU, CSU und SPD 2018, S. 140). Allerdings ist anzumerken, dass

ein solcher Ausstieg auch den Gesamteinsatz und die generellen Umweltwirkungen von Herbiziden und anderen Pflanzenschutzmitteln, insbesondere auch von Insektiziden, in den Blick nehmen muss. So reicht es keineswegs aus, den Einsatz eines einzelnen Wirkstoffs zu beenden, vor allem dann nicht, wenn dieser durch andere Wirkstoffe ersetzt wird, die eventuell ähnliche oder sogar stärker schädigende Wirkungen für die Umwelt haben. Insbesondere sollte der flächenhafte und rein prophylaktische Einsatz von Total- und Breitbandpflanzenschutzmitteln beendet werden.

Aus diesem Grund sowie auch vor dem Hintergrund, dass beim Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln das Risiko besteht, dass diese auf benachbarte Flächen abdriften, ist anzustreben den Einsatz nicht-chemischer Methoden, wie sie unter anderem im integrierten Pflanzenschutz (Tz. 61) festgelegt sind, zu stärken. Die Gesamtmenge der eingesetzten Pflanzenschutzmittel sowie deren Umweltauswirkungen muss deutlich reduziert werden. Potenziale für einen umweltgerechten Ansatz können neben dem integrierten Pflanzenschutz zum Beispiel umweltgerecht ausgestaltetes Precision Farming, das heißt die möglichst zielgerichtete und präzise Bewirtschaftung, aber auch agrarökologische Anbaukonzepte darstellen. Wesentliche Potenziale gegenüber Krankheiten und Schädlingen bieten robuste Sorten sowie die biologische Schädlingskontrolle.

Mit dem 2013 beschlossenen Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) hat sich die Bundesregierung das Ziel gesetzt, Risiken von Pflanzenschutzmitteln für Mensch und Umwelt zu reduzieren (BMEL 2013). Der NAP wird derzeit bezüglich der Ziele, verwendeten Indikatoren und vorgesehenen Aktivitäten zum Schutz der Biodiversität weiterentwickelt. Bislang stellt sich insbesondere das Problem, dass keine Institution dazu verpflichtet wird, die Einhaltung der genannten Ziele sicherzustellen und, wenn diese nicht erreicht werden, Gegenmaßnahmen einzuleiten.

58. Der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln in Haus- und Kleingärten und durch nichtberufliche Anwendende wie Hobbygärtnerinnen und -gärtner sollte umgehend beendet werden. Auch öffentliche – zum Beispiel kommunale – Flächen sollten pestizidfrei bewirtschaftet werden. Vorbild könnte hier beispielsweise Frankreich sein, wo Pestizide außerhalb der Landwirtschaft ab 2019 vollständig verboten sein werden (EurActiv 30.03.2017). In Deutschland haben sich im Rahmen des Projekts des BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V.) „Pestizidfreie Kommune“ bislang 240 Städte und Gemeinden für den gänzlichen oder weitgehenden Verzicht von Pflanzenschutzmitteln auf ihren kommunalen Grünflächen ausgesprochen (BUND 2016). Mehr öffent-

liche und private Grünräume in der Stadt sollten möglichst naturnah gestaltet und es sollte bei der Auswahl der Bepflanzung auf heimische, insektenfördernde Arten geachtet werden (SRU 2018). Je nach Ausgestaltung können durch eine extensivere, seltenere Bewirtschaftung auch Kosten für die Pflege eingespart werden.

Insgesamt sollte die Beratung zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sowohl im kommunalen, als auch im privaten Bereich ausgebaut werden. Pauschale, großflächige Anwendungen von Insektiziden zur Bekämpfung von Stechmücken, wie beispielsweise am Rhein, mit unbekannten Auswirkungen auf die betroffenen Ökosysteme, sollten durch gezielte und kontrollierte Maßnahmen ersetzt werden, die Schutzgebiete aussparen.

59. Um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland zu reduzieren, hat der SRU in seinem Umweltgutachten 2016 eine Abgabe auf Pflanzenschutzmittel empfohlen (SRU 2016, Tz. 477 ff.; s. a. MÖCKEL et al. 2015). Diese dient dazu, den Landwirtinnen und Landwirten einen zusätzlichen Anreiz zu geben, weniger Pflanzenschutzmittel wirkungsvoller einzusetzen und negative Umwelteffekte stärker einzupreisen. Insbesondere vor dem Hintergrund von schwierigen und aufwändigen Kontrollen könnte sie als Anreizinstrument dazu dienen, ordnungsrechtliche Vorgaben sinnvoll zu ergänzen (SCHÄFFER et al. 2018, S. 38). Durch eine risikobasierte Ausgestaltung der Abgabe kann deren positive Umweltwirkung erhöht werden (Ministry of Environment and Food of Denmark 2017). Steigende Pflanzenschutzmittelpreise aufgrund der Einführung einer Abgabe haben außerdem zur Folge, dass Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes (Tz. 61) für Landwirtinnen und Landwirte attraktiver werden. Für eine entsprechende Lenkungswirkung müsste die Abgabe ausreichend hoch angesetzt werden (SRU 2016, Tz. 477 ff.; MÖCKEL et al. 2015; SALOMON et al. 2017). Die Einnahmen sollten für Monitoring, Beratung und Schutzmaßnahmen sowie für Kompensationsmaßnahmen verwendet werden.

60. Anwenderinnen und Anwender von Pflanzenschutzmitteln sollten besser geschult werden, welche Möglichkeiten sie haben, auf die Mittel zu verzichten bzw. diese gezielt und möglichst umweltgerecht anzuwenden. Die Ausbildung sollte bei Landwirtinnen und Landwirten sowie Schädlingsbekämpfenden gleichermaßen um Umweltauswirkungen, umweltschonende Verfahren, nicht-chemische Alternativverfahren, integrierte Bekämpfungsmaßnahmen und entsprechende gute fachliche Praxen ergänzt werden.

Integrierten Pflanzenschutz konsequent umsetzen

61. Das deutsche Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) schreibt vor, dass Pflanzenschutz nur nach guter fach-

licher Praxis durchgeführt werden darf. Das Leitprinzip ist dabei der integrierte Pflanzenschutz. Dieser umfasst nach § 2 PflSchG „eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird“. Das System ist allerdings darauf angewiesen, dass Fruchtfolgen nicht zu eng geplant werden, Brachen, Randstreifen und Hecken in der Agrarlandschaft existieren und daher ein naturnahes Verhältnis von Schädlingen und Nützlingen entstehen kann (s. Tz. 22). Sonst sind Unkraut- und Schädlingsbefall nur noch durch chemische Anwendungen zu lösen. Prinzipiell fordert das Pflanzenschutzmittelrecht daher nachhaltige Fruchtfolgen und ausreichende Strukturen in der Landschaft. Es fehlt allerdings an einem konsequenten Vollzug und einer entsprechenden Rechtsauslegung der Pflichten der Landwirtinnen und Landwirte, um Schädlingsbefall vorzubeugen. Die Bestimmungen des § 2 PflSchG könnten von den zuständigen Behörden durch einen vorgegebenen Anteil an Brachen und Kleinstrukturen sowie obligaten erweiterten Fruchtfolgen konkretisiert werden. Dies würde zwar auf der einen Seite zu höheren Kosten und reduzierten Erntemengen führen. Andererseits würden bei geeignetem Management die gestärkten Selbstregulationskräfte, die durch die biologische Schädlingskontrolle und verbesserte Bodenfruchtbarkeit erzeugt würden, zu einem reduzierten Produktionsmitteleinsatz beitragen, was zu Einsparungen führt (FIRBANK et al. 2003). Durch einen höheren Anteil an Brachen und Kleinstrukturen, wie Hecken, Rand- und Blühstreifen, sowie erweiterte Fruchtfolgen werden auch viele andere Lebewesen der Agrarbiodiversität, wie Vögel, direkt oder indirekt gefördert (VICKERY et al. 2009). Um die Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes zu unterstützen, sollten Beratungsangebote verbessert und die Entwicklung von selektiven, praxisgerechten Verfahren des biologischen Pflanzenschutzes vorangebracht werden. Diese Maßnahmen zur breiten Umsetzung des integrierten Anbaus könnten somit nicht nur unmittelbar zum Insektenschutz und zur Verwirklichung der Biodiversitätsstrategie der Bundesregierung beitragen. Auch die Ziele zum ökologischen Landbau, die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und die Verpflichtungen zum Biotopverbund würden damit unterstützt werden.

Defizite in Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln in Bezug auf die Einschätzung von Risiken beheben

62. Der Genehmigung von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und der Zulassung ihrer Produkte geht eine umfangreiche Umweltrisikobewertung voraus. In Deutschland ist das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit die zentrale Zulassungsstelle für

Pflanzenschutzmittel und das Umweltbundesamt (UBA) Einvernehmensbehörde für die Bewertung des Umwelt-risikos. Dennoch hat diese Bewertung Defizite. So erwiesen sich zum Beispiel im Labor verwendete Testorganismen als weniger empfindlich gegenüber der Exposition mit bestimmten Pflanzenschutzmittelwirkstoffen als in der Natur vorkommende Arten. Ebenso finden indirekte Wirkungen noch zu wenig Beachtung (s. hierzu SRU 2016, Tz. 449 ff.). Außerdem stößt die Zulassung an ihre Grenzen, weil darin mit vertretbarem Aufwand nicht alle schädlichen Auswirkungen auf die Biodiversität abgebildet werden können (SRU 2016, Kap. 6). Diese Defizite müssen durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Risikobewertung adressiert werden. So sollten zum Beispiel besonders empfindliche (Wild-)Tier- und Pflanzenarten sowie Kombinationswirkungen berücksichtigt werden (SCHÄFFER et al. 2018). Aufgrund ihrer Fokussierung auf die einzelnen Produkte und deren jeweilige Anwendung sind die Risiken des integrierten Pflanzenschutzmitteleinsatzes jedoch nicht vollständig erfassbar. Daher kann im Rahmen der Zulassungsverfahren immer nur ein Mindestschutzstandard sichergestellt werden, sodass weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Pflanzenschutzmittelsrisiken über das Zulassungsverfahren hinaus unerlässlich sind. Die Möglichkeiten der Zulassungspraxis, zu denen auch Anwendungsbestimmungen und Auflagen gehören, müssen genutzt werden, um unannehmbare Auswirkungen des Pflanzenschutzmitteleinsatzes zu verhindern. Anwendungsaufgaben können zum Beispiel auch das Bereithalten von Ausgleichs- bzw. Kompensationsflächen sein. In einer Studie im Auftrag des UBA wird vorgeschlagen, die Biodiversitätsverluste infolge des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln durch Kompensationsflächen in der Größe von mindestens 10 % der Anwendungsfläche zu kompensieren. Dieser Wert basiert auf Studien über Vögel und Säugetiere. Für Insekten liegen vergleichbare Daten bislang noch nicht vor (HÖTKER et al. 2018).

Die Auswirkungen des Pflanzenschutzmitteleinsatzes sollten durch ein entsprechendes Monitoring erfasst werden, um gegebenenfalls die Zulassungsbedingungen anpassen zu können (SCHÄFFER et al. 2018).

4.1.4 Nährstoffeinträge verringern

Novellierte Düngegesetzgebung stringent vollziehen

63. Der übermäßige Eintrag reaktiver Stickstoffverbindungen, insbesondere aus der Landwirtschaft, gehört zu den persistenten Umweltproblemen und trägt auf verschiedenen Wegen auch zum Verlust von Insekten bei (Abschn. 3.2.2). Das zentrale Instrument für die Minderung von Stickstoff- aber auch Phosphoreinträgen aus

der Landwirtschaft ist die Düngeverordnung, die im Jahr 2017 novelliert wurde und nun stringent vollzogen werden muss, um die Umweltqualitätsziele für Oberflächengewässer, Grundwasser, Luft und Biodiversität zu erreichen (s. a. SRU 2013). Darüber hinaus muss die Düngeverordnung frühzeitig hinsichtlich ihrer Umweltwirkung evaluiert und gegebenenfalls nachgebessert werden.

64. Die verschärften Vorgaben in der Düngeverordnung werden zu einem vermehrten Transport von Wirtschaftsdünger wie Gülle, Jauche, Mist und Gärresten führen, der dann sinnvoll ist, wenn dadurch Mineraldünger ersetzt wird (SRU 2015). Dies darf jedoch nicht zu höheren Stickstoffüberschüssen in den aufnehmenden Regionen führen, die negativere Auswirkungen als in der Ursprungsregion haben, beispielsweise in Regionen mit ungünstigeren Standorteigenschaften oder in der Nähe empfindlicher Ökosysteme, wie natürlicherweise nährstoffarmer Grünländer oder Gewässer.

65. Um die notwendigen Reduktionen der Stickstoffeinträge zu erreichen, hat der SRU sich in seinem Sondergutachten „Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem“ 2015 dafür ausgesprochen, ergänzend zum Ordnungsrecht eine Abgabe einzuführen, die am Stickstoffüberschuss des einzelnen Betriebes ansetzt (SRU 2015). Mit der Abgabe würde ein Anreiz für die Landwirtinnen und Landwirte geschaffen werden, das Gesamtemissionsniveau kosteneffizient und über die ordnungsrechtlichen Anforderungen hinaus zu senken. Nach der Deckung der administrativen Kosten sollten aus Sicht des SRU die eingenommenen Mittel in den landwirtschaftlichen Sektor zurückfließen, zum Beispiel in Form von Beratungsangeboten, der Förderung technischer Maßnahmen zur Emissionsminderung oder von Managementmaßnahmen in sensiblen Naturräumen.

Ambitionierte Programme zur Stickstoffminderung festlegen

66. Die Minderung der Stickstoffemissionen sollte integriert und koordiniert erfolgen. Die Bundesregierung hat zwar in ihrem Stickstoffbericht aus dem Jahr 2017 ein gemeinsames Verständnis für die hohen Stickstoffeinträge als ein drängendes Umweltproblem entwickelt (BMUB 2017), es fehlt aber ein anspruchsvolles Aktionsprogramm, das in Kooperation verschiedener Ressorts entwickelt und umgesetzt wird und langfristig ausgerichtet ist (s. a. SRU 2015).

Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang auch das nationale Luftreinhalteprogramm, das die Bundesregierung bis Ende März 2019 aufstellen muss (Tz. 38). Darin muss sie darstellen, mit welchen Maßnahmen die Emis-

sionen von Ammoniak bis 2030 um 29 % gemindert werden sollen. Es ist absehbar, dass diese Reduktionsverpflichtung mit den derzeitig bestehenden oder bereits beschlossenen Maßnahmen nicht eingehalten werden kann. Es ist daher dringend notwendig, dass mindestens die oben genannten Maßnahmen zur Verringerung des Stickstoffeinsatzes (Tz. 63 ff.) umgesetzt werden. Daher sollte der Stickstoffbericht der Bundesregierung mit einem anspruchsvollen Aktionsprogramm unterlegt und die darin festgelegten Maßnahmen auch verwendet werden, um das nationale Luftreinhalteprogramm so auszugestalten, dass die Reduktionsverpflichtungen für Ammoniak bis 2030 sicher eingehalten werden können.

4.2 Bestehende Schutzgebiete stärken

67. Schutzgebiete nach dem Bundesnaturschutzgesetz sichern ökologisch besonders wertvolle Flächen rechtlich ab. Als Reste natürlicher oder halbnatürlicher Habitate stellen sie wichtige Rückzugsräume nicht nur für viele bedrohte Arten dar. Umso alarmierender ist es, wenn selbst in diesen geschützten Landschaftsbestandteilen die Insektenpopulationen dramatisch zurückgehen und Schutzgebiete ihre Funktion nicht mehr erfüllen können. Viele dieser Gebiete befinden sich in einem schlechten ökologischen Zustand und weisen häufig eine negative Entwicklung auf (BfN 2014b). Stoffeinträge sind eine erhebliche Ursache dafür. Daher darf der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in diesen Gebieten nicht länger zulässig sein (SRU 2016, Kap. 6). Die rechtliche Grundlage dazu bietet die Pflanzenschutz-Rahmenrichtlinie 2009/128/EG. Nach Art. 12 lit. b dieser Richtlinie stellen die Mitgliedstaaten sicher, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in FFH- und Vogelschutzgebieten so weit wie möglich minimiert oder verboten wird. Pflegekonzepte für Schutzgebiete sollten im Hinblick auf Habitatansprüche und Lebenszyklen von Insekten möglichst optimiert werden, sofern dem keine anderen Schutzziele entgegenstehen.

Zusätzlich sollten extensiv bewirtschaftete Pufferzonen um Schutzgebiete eingerichtet werden, um sie von unerwünschten externen Effekten abzusichern, insbesondere von solchen, die durch Bewirtschaftung entstehen, wie das Abdriften von Pflanzenschutzmitteln bei der Ausbringung (BENNETT und MULONGOY 2006, S. 7). Abhängig von der Nutzung und der Struktur der umgebenden Landschaft können Pufferzonen eine besondere Bedeutung sowohl für den Schutz als auch für die Akzeptanz der Gebiete haben. Für die Einrichtung solcher Zonen ist es aber erforderlich, dass landwirtschaftliche Gebiete dafür zur Verfügung gestellt werden (SRU 2016, Kap. 5).

4.3 Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr weiter reduzieren

68. Die Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlung und Verkehr ist mit vielfältigen negativen Auswirkungen auf die Biodiversität und damit auch auf Insekten verbunden (SRU 2016, Kap. 4). Neben dem direkten Verlust von Lebensräumen für Insekten werden auch das Platz- und Nahrungsangebot und die Lichtbedingungen in den benachbarten Flächen verändert. Hinzu kommt die Landschaftszerschneidung durch die Barrierewirkung von Verkehrswegen, die zur Verhinderung von Wanderungsbewegungen bis hin zur Isolierung von Populationen führt. Mit zunehmendem Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr steigt auch der Nutzungsdruck auf die übrige Fläche, dies gilt sowohl für landwirtschaftlich genutzte Flächen als auch für Schutzgebiete.

69. Der SRU sieht den Flächenzertifikatehandel als chancenreiches Instrument an, um den Flächenverbrauch zu reduzieren (SRU 2016, Kap. 4). Das Konzept sieht vor, dass Städten und Gemeinden Zertifikate zugeteilt werden, die sie benötigen, um im Außenbereich bauen zu dürfen. Nicht in Anspruch genommene Zertifikate können gehandelt werden. Dafür sollte das Flächenziel „30 ha minus x“ der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie in Form einer Kontingentierung operationalisiert werden. Um die Neuausweisung von Bau- und Gewerbegebieten wirkungsvoll zu begrenzen, sollte außerdem die Regelung des § 2 Abs. 6 S. 3 Raumordnungsgesetz (ROG) durch quantifizierte Vorgaben in der Landes- bzw. Regionalplanung für die Flächenausweisung mit Leben gefüllt werden. Das Ziel sollte es sein, den Flächenverbrauch bis 2030 auf netto null zu reduzieren (ebd.). Leider wurden in der Neuauflage der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie 2016 zwar Ziele zum Freiraumverlust und zur Siedlungsdichte ergänzt, das Flächenziel „30 ha minus x“ bis 2030 aber nicht konkret weiterentwickelt (Bundesregierung 2016).

4.4 Negative Auswirkungen von künstlicher Beleuchtung verringern

70. Um die negativen Auswirkungen von künstlicher Beleuchtung zu reduzieren, gibt es eine Reihe von Ansatzpunkten in den Bereichen Technik, Verhalten, Recht und Forschung (HELD et al. 2013; GASTON et al. 2012). Die für Straßenbeleuchtung relevante Norm DIN EN 13201 enthält nur Minimal-, aber keine Maximalwerte für Beleuchtung. Sie sollte so angepasst werden, dass die nega-

tiven Auswirkungen auf Insekten, aber auch auf die menschliche Gesundheit reduziert werden. Straßenbeleuchtung sollte sich an den notwendigen Minimalwerten orientieren, die für die Sicherheit notwendig sind. Darüber hinaus sollte künstliche Beleuchtung generell so wenig wie möglich eingesetzt werden. Im Interesse des Insektenschutzes sollten Leuchten so abgedichtet sein, dass Insekten nicht eindringen können, und sie sollten nach unten abstrahlen. Warmweiße LEDs ohne UV- und Blauanteile haben sich als die insektenfreundlichsten Leuchtmittel herausgestellt, da sie die geringste Anziehungswirkung haben (EISENBEIS 2013). Kommunen berücksichtigen in ihren Grundsätzen und Vorgaben für die öffentliche Beleuchtung neben Sicherheitsaspekten zunehmend auch ökologische Belange. Dabei steht allerdings in erster Linie die Energieeffizienz im Fokus, nicht zuletzt durch die EU-Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG. Daher sollten Bund und Länder die bestehenden Förderprogramme (z.B. das Bundesförderprogramm „Kommunaler Klimaschutz“) dahingehend anpassen, dass über die Energieeffizienz hinaus auch Aspekte des Insektenschutzes berücksichtigt werden, insbesondere, da es sich bei der Umstellung solcher Systeme um langjährige Investitionen handelt. Die öffentliche Hand sollte ihrer Vorbildfunktion gerecht werden. Hier wäre ein Handlungsleitfaden mit Empfehlungen hinsichtlich Lampengestaltung, Ausrichtung, Beleuchtungsintensität, Farbtemperatur etc. wertvoll. Über die Bereitstellung von Informationen und die Schaffung von Anreizen sollten auch im privaten Bereich die Auswirkungen künstlicher Beleuchtung auf Insekten reduziert werden. Außerdem sollten beleuchtungsarme Gebiete wie Sterneparks gefördert werden, die durch eine natürliche Nachtlandschaft mit einem sternenreichen Himmel gekennzeichnet sind. Im Bereich der Lichtverschmutzung sind zudem dringend weitere Forschungsaktivitäten notwendig.

4.5 Insekten- und Biodiversitätsmonitoring substanziell weiterentwickeln

Situation des Insekten- und Biodiversitätsmonitorings

71. Umweltmonitoring ermöglicht es, Probleme (frühzeitig) zu erkennen, die Ergebnisse von Modellen und Vorhersagen in der Realität zu prüfen und die Effektivität politischer Maßnahmen sowie die Wirksamkeit von Schutz- und Managementmaßnahmen zu evaluieren. Ein umfassendes nationales Monitoring der Artenvielfalt über Zeiger- und FFH-Arten hinaus ist auch, aber nicht nur, für Insekten dringend notwendig. In Deutschland gibt es derzeit kein Monitoring, das den Zustand der Biodiversität umfassend abbildet und flächendeckende Aus-

sagen ermöglicht (SRU 2012, Kap. 10). Folgerichtig hat das Bundesumweltministerium sich bereits in seiner Naturschutzoffensive im Jahr 2015 vorgenommen „das bestehende Monitoring so [zu] erweitern, [zu] harmonisieren und mit den Ländern ab[zu]stimmen, dass künftig aktuelle Fragen zu Zustand und Entwicklung der biologischen Vielfalt in Deutschland verlässlich beantwortet werden können“ (BMUB 2015). Dabei müssten sowohl Schutzgebiete als auch die Normallandschaft wie land- und forstwirtschaftliche Flächen, Gewässer und Siedlungen kontinuierlich überwacht werden. Die im Koalitionsvertrag vereinbarte Einrichtung eines wissenschaftlichen Monitoringzentrums für Biodiversität ist ausdrücklich zu begrüßen (CDU, CSU und SPD 2018, S. 137).

Um Nutzungseinflüsse, Stoffbelastungen und Wirkungen des Klimawandels mit Daten zu Insekten und zur Biodiversität im Allgemeinen zu verknüpfen, ist ein medienübergreifendes Monitoring erforderlich (SRU 2012, Kap. 10). Dieses sollte auch die Entwicklung von Landschafts- und Infrastrukturen berücksichtigen. Dabei gilt es nicht nur, die Auswirkungen auf Insekten im Sinne des Naturschutzes zu berücksichtigen, sondern auch die möglichen Auswirkungen von Schadinsekten für die menschliche Gesundheit sowie die Land- und Forstwirtschaft im Blick zu halten. Hinzu kommen die von Insekten erbrachten regulierenden Ökosystemleistungen wie Bestäubung und natürliche Schädlingskontrolle in der Land- und Forstwirtschaft.

Den verschiedenen Zuständigkeiten entsprechend bestehen im Biodiversitätsmonitoring bereits zahlreiche staatliche Aktivitäten, sowohl auf Länder- als auch auf Bundesebene (MARQUARD et al. 2013; GESCHKE et al. 2017). Diese bilden eine wichtige Basis für eine Weiterentwicklung und Ergänzung mit Bezug zu Insekten. So hat das Bundesamt für Naturschutz zum Beispiel zusammen mit verschiedenen Partnern das Monitoring nach FFH-Richtlinie (inklusive der Erfassung der Insektenarten in den Anhängen), das ehrenamtlich getragene und durch den Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) koordinierte Brutvogelmonitoring sowie das HNV-Farm-land-Monitoring entwickelt und umgesetzt. Diese lassen bereits für ihre Schwerpunkte Aussagen zum Zustand und zur Veränderung der Biodiversität zu. Brutvogelmonitoring und HNV-Farmland-Monitoring nutzen bereits bundesweit repräsentative Stichprobenflächen (BfN 2018b).

Im NAP (Tz. 57) haben sich Bund und Länder verpflichtet, ein Rahmenkonzept zum Monitoring von Kleingewässern in der Agrarlandschaft zu erstellen, an dessen Ausgestaltung derzeit gearbeitet wird (BMEL 2018b). Ergänzt wird dieses Programm durch den SPEAR-Index (SPECiesAtRisk-Index) (ebd.), Dieser kann Auskunft da-

rüber geben, inwieweit Makroinvertebraten in Fließgewässern durch den Einsatz von Insektiziden gefährdet werden (BRINKE et al. 2017). Ferner entwickelt das Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI) gemeinsam mit dem Julius Kühn-Institut (JKI) und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) derzeit Monitoringansätze und Biodiversitätsindikatoren für offene Agrarlandschaften und landwirtschaftlich genutzte Böden weiter (DAUBER et al. 2016). Um die agrarräumliche Vielfalt Deutschlands in einer konkreten Umsetzung eines Biodiversitätsmonitorings im Agrarbereich berücksichtigen zu können, erarbeiten TI, JKI und BLE eine Charakterisierung von Agrarräumen in Deutschland. Für diese kann dann eine Abstimmung und Festlegung von agrarraumspezifischen Leitbildern und Biodiversitätszielen erfolgen, für welche wiederum jeweils relevante Indikatorensets getestet werden und zum Einsatz kommen können.

Ferner hat auch die Wissenschaft in den letzten Jahrzehnten substanzielle Beiträge sowohl auf konzeptioneller und methodischer Ebene als auch auf der Umsetzungsebene geleistet (MARQUARD et al. 2013; GESCHKE et al. 2017). Zudem spielen nichtstaatliche Akteure im Monitoring eine wesentliche Rolle und müssen in die Weiterentwicklung des bundesweiten Monitorings aktiv einbezogen werden. Ehrenamtliche leisten beim erwähnten Vogelmonitoring und auch anderen Aktivitäten einen wesentlichen Beitrag (vgl. Tz. 81).

Neben den erwähnten Monitoringaktivitäten gibt es noch vielfältige, wertvolle Datenbestände aus Wissenschaft und öffentlichen Projekten. Diese sind nicht originär für Monitoringzwecke erhoben worden, aber dafür nutzbar. Konzepte für den Zugang zu und Umgang mit solchen heterogenen Biodiversitätsdaten wurden in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft e. V. (DFG) finanzierten Konsortium bereits entwickelt (GFBio o. J.). Zur Nutzung der entwickelten Datenstrukturen, Arbeitsflüsse und Serviceangebote fehlt aber eine Verstetigung und eine Verpflichtung zur Dateneinspeisung öffentlich finanzierter Projekte aus Forschung und Praxis.

Während es beim Monitoring einzelner Arten, Artengruppen und Lebensräume (wie bei Landwirtschaftsflächen, FFH-Arten, FFH-Lebensraumtypen und Vögeln) bereits zahlreiche koordinierte Aktivitäten gibt, beinhaltet gerade das Monitoring von Insekten zusätzliche Herausforderungen aufgrund der Vielfalt der zu erfassenden Insektengruppen und damit auch in Bezug auf Organisation und Arbeitsaufwand. So sind bisher nur ausgewählte Artengruppen, wie etwa Tagfalter, vergleichsweise gut erfasst (vgl. Tz. 81; UFZ 2018). Ferner gibt es bisher nur einzelne, lokal begrenzte Programme wie die bereits erwähnte Arbeit des Entomologischen Vereins Krefeld e. V. (Tz. 13).

Bestehende Aktivitäten integrieren und in einem Monitoringzentrum zusammenführen

72. Die bestehenden, mit verschiedenen Zielsetzungen und Interessen verbundenen Aktivitäten zusammenzubringen, noch stärker abzustimmen und um eine substanzielle Insektenkomponente zu erweitern, muss ein wesentliches Ziel eines zukünftigen bundesweiten Biodiversitätsmonitorings sein (vgl. auch BONN et al. 2016). Für ein zeitnah eingeführtes und zwischen Bund und Ländern abgestimmtes Insektenmonitoring gilt es dabei, die bestehenden Erfahrungen aus dem Monitoring von anderen Artengruppen und deren Erfassungsmethoden für die Insekten zu nutzen und die Datengrundlage vergleichbar und somit gemeinsam auswertbar zu machen. Zudem müssen aber die Besonderheiten bei der Erfassung dieser diversen Artengruppen, vor allem hinsichtlich der Methodik und des Arbeitsaufwandes, im Blick behalten werden. Bei der Entwicklung des Monitorings sollten auch solche Insektengruppen berücksichtigt werden, die gegebenenfalls weniger auffällig sind, dafür aber wichtige Funktionen im Ökosystem erfüllen (z.B. parasitische Arten, Destruenten). Das Insektenmonitoring sollte hinsichtlich einer weitergehenden Integration mit bestehenden Aktivitäten zum Biodiversitätsmonitoring die vorhandenen repräsentativen Stichprobenflächen nutzen. Es sollte lebensraumtypenübergreifend konzipiert sein, um etwa, ähnlich wie beim Vogelmonitoring, Aussagen für verschiedene Lebensräume zu ermöglichen. Mit der Etablierung des deutschlandweiten Insektenmonitorings sollte noch in dieser Legislaturperiode begonnen werden.

73. Ein bundesweites (wissenschaftsbasiertes) Monitoringzentrum sollte in der Folge so konzipiert sein, dass es Langzeittrends erfassen und dokumentieren kann. Die bestehenden Aktivitäten inklusive des Insektenmonitorings sollten stärker integriert, die Weiterentwicklung von neuen (technischen), kostengünstigen Erfassungsmethoden und Auswertungsverfahren unterstützt sowie deren Umsetzung koordiniert werden. Dabei sollte der Anspruch sein, sowohl die Erfassung von Status und Trends der Bestandsentwicklungen, als auch die Verbindung mit den möglichen Ursachen ihrer Veränderungen und wichtigen Belastungsindikatoren zu ermöglichen. Bereits in Forschung und Praxis vorhandene Daten müssen besser erfasst und in den Datenbestand des Zentrums eingebunden werden.

Hierfür sollte die Bundesregierung möglichst zeitnah alle Akteure aus Behörden, Wissenschaft und Zivilgesellschaft an einen Tisch bringen. Es gilt zunächst eine Governance-Struktur zu entwickeln, die die notwendigen politischen Zielsetzungen des Monitorings mit den Akteuren in der Umsetzung und der breit vorhandenen wissenschaftlichen Expertise in Deutschland verbindet.

Eine kontinuierliche Finanzierung muss sichergestellt und dabei die strukturelle Frage von Zuständigkeiten zwischen Praxis und Forschung überwunden werden. Zuletzt sollten auch die internationalen Entwicklungen im Biodiversitätsmonitoring auf EU-Ebene und im Rahmen der CBD Berücksichtigung finden, damit die deutschen Ansätze für das internationale Monitoring anchlussfähig sind (vgl. z.B. die Arbeit der Biodiversity Indicator Partnership (BIP) oder die Entwicklung der Essential Biodiversity Variables (EBVs) im Rahmen von der Group On Earth Observations Biodiversity Observation Network (GEOBON)).

Der Aufbau des Monitoringzentrums wird es auch erfordern, die bestehende taxonomische Expertise in Deutschland neu zu bewerten: Es wird nötig sein, vermehrt in die einschlägige Ausbildung zu investieren, sowohl in Artenkenntnis, klassische Taxonomie und Systematik (Tz. 75) als auch in moderne Erfassungs- und Analysemethoden, wie zum Beispiel genetisches Barcoding, automatische Erfassungsmethoden, Modellierung und moderne Statistik für Trendanalysen (Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften 2014).

4.6 Wissenslücken schließen

74. Neben dem Forschungsbedarf zur Weiterentwicklung des Monitorings zeichnen sich verschiedene Felder ab, in denen es noch erheblichen Forschungsbedarf zur Ökologie von Insekten, ihren Funktionen in den Ökosystemen und ihrer Reaktion auf verschiedene Belastungen durch Umweltveränderungen gibt. Hierzu zählen auch die unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren in der Landwirtschaft und ihre Auswirkungen auf Insekten. Bereits thematisiert wurde die Rolle der Lichtverschmutzung für den Rückgang von Insekten, aber auch andere Faktoren sind noch weitgehend unerforscht. Auch die Wirkung chemischer Stressoren sowie von Klimaveränderungen auf die Häufigkeit und Verbreitung von Insekten sollten weiter untersucht werden. Wichtig wird es dabei auch sein, die Gefährdungsfaktoren in Kombination zu analysieren, um die Wechselwirkungen zwischen ihnen auf Insekten besser zu verstehen. Bessere Gefährdungsanalysen, gepaart mit einem verbesserten Monitoring, werden auch helfen, die Roten Listen der Insekten weiterentwickeln zu können.

Auch beim Verständnis der Funktionen von Insekten in den Ökosystemen bestehen weiterhin große Wissenslücken, etwa bei ihrer Rolle in Böden oder auch in ihrem Wirken auf Schadinsekten. Wie sich der Insektenschwund etwa auf Nahrungsnetze auswirkt, bedarf ebenfalls weiterer Klärung. Als Teil der Biodiversitätsforschung sollte die Bearbeitung solcher Fragen entsprechend dem hohen

Stellenwert der Gefahren des Biodiversitätsverlustes für den Menschen und andere Lebewesen ähnlich der Klimaforschung umfassend finanziert und systematisch aufgestellt werden. Hier sind in den letzten Jahrzehnten einige Fortschritte erzielt worden, etwa durch die Gründung mehrerer Forschungszentren und -verbünde. Dennoch sind neu aufgelegte und über Ressortgrenzen hinweg koordinierte Förderprogramme und die weitere Stärkung und Abstimmung der institutionellen Forschung über Trägergrenzen hinweg weiter vonnöten.

4.7 Aus-, Fort- und Weiterbildung stärken

75. Seit einigen Jahren zeichnet sich für den Natur- und Gewässerschutz die „Erosion der Artenkenner“ zunehmend als ein Problem ab. Insbesondere für artenreiche und schwer zu bestimmende Gruppen wie Insekten gibt es teilweise nur wenige Expertinnen und Experten (Taxonominnen und Taxonomen). Einige Tiergruppen, wie Nützlinge unter den parasitoiden Insekten oder Dipteren, sind ungenügend erforscht, da es keine Taxonominnen und Taxonomen dafür gibt. Naturschutzfachbehörden, Planungsbüros und Naturschutzverbände spüren bereits die Auswirkungen dieses Mangels und haben Schwierigkeiten adäquat ausgebildete Mitarbeitende zu finden (FROBEL und SCHLUMPRECHT 2016). Diese Situation ist vor dem Hintergrund des aktuell bestehenden und perspektivisch zunehmenden Bedarfs an Expertinnen und Experten besorgniserregend. Um rechtliche Vorgaben wie die FFH- und Wasserrahmenrichtlinie umzusetzen oder Umweltverträglichkeitsprüfungen durchzuführen, aber auch für den gesellschaftliche Diskurs über den Wert und die Erhaltung der Biodiversität, sind fundierte Artenkenntnisse nötig (JEDICKE 2010). Als ein grundsätzliches Problem wird der Abbau der Taxonomie an Hochschulen gesehen. Aber auch eine zu geringe Artenkenntnis der Lehrerinnen und Lehrer an Schulen und zu wenige Möglichkeiten für Kinder und Jugendliche, Natur zu erleben und eine Beziehung zu ihr aufzubauen, werden als Defizite benannt (FROBEL und SCHLUMPRECHT 2016). Neben der Artenkenntnis sollten dringend auch das Wissen über Gründe für das Artensterben und geeignete Strategien zum Schutz von Insekten vertieft werden.

76. Der Verlust an Biodiversität macht die Erhaltung und Weitergabe von Wissen über Arten sowie die Methodik der Artansprache und Artenerfassung dringend erforderlich. Dies betrifft in besonderem Maße den Verlust von Insekten, von denen viele kaum erforscht und für die Allgemeinheit tendenziell wenig zugänglich sind. Eine Ausnahme bilden hier noch am ehesten planungsrelevante und „optisch attraktive“ Gruppen wie Schmetterlinge,

Wildbienen und Libellen. Die taxonomische Ausbildung und Freilandökologie an den Hochschulen ist daher zu erhalten, zu fördern und qualitativ aufzuwerten. Das Thema Biodiversität allgemein und die Entomologie im Besonderen sollten, soweit noch nicht geschehen, auch in die Lehrpläne anderer Studiengänge aufgenommen werden. Dies betrifft maßgeblich auch die Ausbildung in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Berufsschullehrkräfte im agrarischen Bereich. Darüber hinaus ist es notwendig, die Ausbildung der Lehrerinnen und Lehrer in Bezug auf Artenkenntnis und Exkursionsdidaktik zu verbessern, da ihnen die wichtige Rolle zukommt, das Interesse von Kindern und Jugendlichen für das Thema zu wecken. Auf die Rolle der Elternhäuser hierbei sei ebenfalls deutlich hingewiesen (s. a. Tz. 77).

4.8 Kommunikation verbessern, Bevölkerung sensibilisieren

Umweltbildung im Bereich Insekten stärken

77. Die Aufmerksamkeit, die dem Thema Insektensterben aktuell zuteilwird, sollte genutzt werden, um die Bedeutung naturschutzfachlicher Themen in Politik und Öffentlichkeit noch stärker als bisher zu kommunizieren. Hierbei sind der Bund, die Länder und die Zivilgesellschaft gefragt. Akteure, die einen direkten Bezug zu Insektenthemen haben (z.B. Landwirte, Imker, Gärtner), sollten dabei aktiv einbezogen werden. Am Beispiel der Bedeutung der Insekten für den Naturhaushalt, aber auch ihrer Funktionen für den Menschen, zeigt sich sehr deutlich die große Bedeutung der Biodiversität (IPBES 2016).

Diese funktionalen Zusammenhänge – und damit die Schlüsselrolle von Insekten – sollten in der Umweltbildung stärker herausgestellt werden, um die übergeordnete Relevanz des fortschreitenden Verlusts dieser Tierklasse zu verdeutlichen. Denn der Insektenschwund ist in seiner Qualität und Quantität ein Ausdruck einer verarmenden Landschaft und als Warnsignal eines weiteren substanziellen Biodiversitätsverlustes zu werten. Gleichzeitig bietet sich das Thema aber an, im immer wieder aufgeworfenen Konflikt zwischen Landwirtschaft einerseits und Naturschutz andererseits zu vermitteln und über die Bestäubungs- und Regulationsleistung eines intakten Insektenbestandes stärker die Verbindungen zwischen einer intakten Natur und einer erfolgreichen Landwirtschaft zu betonen.

Hierzu sollten entsprechende Kommunikationsprojekte durch die beteiligten Bundesministerien finanziert werden, wobei sowohl bestehende Initiativen zusätzliche Unterstützung erfahren als auch gegebenenfalls neue Projekte durch Ausschreibungen oder Wettbewerbe (inkl. Vorförderung zur Konzeptentwicklung) initiiert werden

sollten. Die Förderung teilweise bereits langjährig bestehender Initiativen hat den wichtigen Vorteil, durch zusätzliche Investitionen den dort häufig bereits bestehenden Zielgruppenkanon zu festigen bzw. kosteneffizient zu erweitern. Projekte sollten ferner die kommunikative Perspektive betonen, auf bestimmte Zielgruppen zugeschnitten und nicht zu allgemein gefasst sein.

Bevölkerung in ihren Konsumgewohnheiten sensibilisieren

78. Letztlich sollte in der Kommunikation des Themas auch die Rolle der Konsumentinnen und Konsumenten stärker betont werden. Diese können durch ihre Kaufentscheidungen die ökologische Landwirtschaft und generell biodiversitätsfreundliche Produkte maßgeblich unterstützen (WBBGR 2016). Indem sie nur tatsächlich benötigte Lebensmittel kaufen und generell Lebensmittelabfälle vermeiden, können die Verbraucherinnen und Verbraucher eine nachhaltigere Produktion unterstützen. Durch die Nachfrage nach Produkten, die von einer Vielfalt heimischer und saisonaler Nutzpflanzenarten und -sorten sowie Tierrassen stammen, können sie die Vielfalt der landwirtschaftlichen Produktion und damit die Biodiversität und Insektenvielfalt im ländlichen Raum zusätzlich positiv beeinflussen. Gleichzeitig kann privates oder berufliches Engagement im Sinne von insektenfreundlicher Bepflanzung sowohl in Wohnquartieren als auch in Schreber-, Unternehmens-, Schul- und Kitagärten sowie auf kommunalen Flächen große Wirksamkeit erzeugen. Hierbei sollten auch die negativen Auswirkungen intensiver nächtlicher Beleuchtung vor allem von Privatgärten und Häusern auf Insekten thematisiert werden. Gute Ansätze zeigen hier diverse Projekte und Kampagnen, wie etwa die in Städten gestartete und mittlerweile auch auf Landkreise erweiterte Aktion „Deutschland summt!“ oder die Landesaktion „Schleswig-Holstein blüht auf“.

79. Es ist zu prüfen, inwieweit von staatlicher Seite ein Labelling nachhaltiger Formen der landwirtschaftlichen Produktion, mit dem Ziel, die Kaufentscheidung der Konsumentinnen und Konsumenten zu beeinflussen, weiter vorangebracht werden muss. Zwar kann eine weitere Steigerung der Vielfalt und Komplexität von Produktkennzeichnungen Verbraucherinnen und Verbraucher potenziell überfordern und Label damit an Effektivität verlieren (SRU 2012, Tz. 220). Jedoch wird eine biodiversitätsfreundliche Landwirtschaft langfristig nicht allein durch staatliche Fördergelder finanzierbar sein. Die Gesellschaft muss über den Preis für Nahrungsmittel und andere Agrarprodukte eine solche Landwirtschaft mittragen. Ansätze im Bereich der Grünlandnutzung und der Milchviehhaltung, wie gelabelte Standards im Bereich der Weide- oder Heumilchproduktion, mögen hier beispielhaft sein (WBBGR 2016; 2015). Auch die

Einführung eines „Naturschutz-Siegels“ für Produkte, die auf Flächen mit Agrarumweltmaßnahmen oder Vertragsnaturschutz hergestellt wurden, könnte sinnvoll sein (SRU 2012, Tz. 222).

Mehr Naturerfahrungsräume schaffen

80. In der Naturbewusstseinsstudie 2015 (BMUB und BfN 2016) wurde die Einstellung der Deutschen zur Natur und zur hiesigen Landwirtschaft und Agrarlandschaft untersucht. Sowohl bei der Gruppe der unter Dreißigjährigen als auch bei den Bewohnerinnen und Bewohnern der Großstädte wurde ein weniger stark ausgeprägtes Bewusstsein für Natur und Artenverlust in der Agrarlandschaft festgestellt. Befragungen im Rahmen der Umweltbewusstseinsstudie 2014 des UBA (GOSSEN et al. 2015) ergaben eine vergleichsweise untergeordnete Bedeutung der Themen Natur und Umwelt bei Jugendlichen. Die generelle Förderung der Beziehung von Mensch und Natur bereits in jungen Jahren ist daher ein wesentliches Handlungsfeld, um das Interesse der Bevölkerung an der Natur und ihrer Erhaltung zu stärken. Dies gilt insbesondere für urbane Bereiche, in denen nur wenige natürliche Elemente vorhanden sind. Hier kommt Freiräumen (insb. Grünräumen, wie Parks und Gärten) eine wichtige Rolle zu. Diese sollten in angemessener Quantität (Verteilung im Stadtgebiet, Erreichbarkeit) und Qualität (Gestaltung, Pflanzenauswahl, Nutzbarkeit) in den Städten vorhanden sein und eine Versorgung der Stadtbevölkerung mit Stadtnatur gewährleisten. Diese ausreichende Versorgung sollte den unterschiedlichen ökologischen, klimatologischen und gesundheitlichen Funktionen von Freiräumen entsprechend definiert werden und den Städten als Orientierung dienen (SRU 2018). Um das Interesse von Kindern an der Natur zu fördern und Berührungsgängste mit Pflanzen und Tieren – auch mit Insekten – abzubauen, sind Naturerfahrungsräume aus umweltpädagogischer Sicht wichtig und

können gegebenenfalls um moderne Medien wie Smartphone-Apps ergänzt werden (z. B. „Naturblick“-App: Stadtnatur entdecken o. J.). Ungestaltete Grünräume in der Stadt, die Sicherheitsaspekten Rechnung tragen, können als „wilde Spielräume“ fungieren, die das eigenständige, kreative Spiel und die körperliche Bewegung in einer natürlichen Umgebung ermöglichen (STOPKA und RANK 2013).

Ehrenamtliches Engagement und Citizen Science fördern

81. Professionelle Erhebungen von Insekten können durch Citizen-Science-Projekte ergänzt werden (RICHTER et al. 2018). Zusätzlich zu einer notwendigen Stärkung der professionellen Taxonomieausbildung sollte daher auch die Einbindung Ehrenamtlicher in die Erfassung durch entsprechende (Fort-)Bildungsangebote und Aktivitäten verbessert werden. Dazu ist eine stärkere Vernetzung von Artenkennerinnen und Artenkennern mit anderen Akteuren hilfreich. Durch die vertiefte und intensive Beschäftigung mit dem Thema Insekten steigt das Bewusstsein für die Bedeutung und Gefährdung dieser Tierklasse. Menschen, die sich in solchen Projekten engagieren, können außerdem zu wichtigen Multiplikatoren werden. Ein sehr erfolgreiches Beispiel ist das vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) koordinierte Tagfaltermonitoring, bei dem Freiwillige seit 2005 deutschlandweit Schmetterlinge wöchentlich entlang standardisierter Routen (Transekte) erfassen und so wertvolle Bestands- und Trenddaten generieren (UFZ 2018). Das bundesweite Monitoring häufiger Brutvögel des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten e. V. (DDA) und weiterer Partner ist ein weiteres wichtiges Beispiel, bei dem Ehrenamtliche Daten erfassen, auf deren Basis bundesweite Aussagen getroffen werden können. Weiterhin sollte für das Ehrenamt eine gezielte Nachwuchsausbildung schon im Schulalter entwickelt werden.

5 Fazit

82. Insekten sind aufgrund ihrer vielfältigen Funktionen, die sie in Ökosystemen erfüllen, zentral für die Bereitstellung wichtiger Ökosystemleistungen, die wiederum die Grundlagen für menschliches Wohlergehen liefern. Deshalb sind die zu beobachtenden Veränderungen im Vorkommen von Insekten mit großer Sorge zu betrachten. Die verfügbaren wissenschaftlichen Untersuchungen und Daten weisen auf einen starken Verlust von Insekten sowohl auf Art-, als auch auf Populationsebene hin. Dies ist das Ergebnis komplexer, häufig kumulativ wirkender Einflussfaktoren, deren konkreter Anteil

sich daher nicht immer genau isolieren lässt. Dennoch sind die wesentlichen Ursachen für den Rückgang der Insekten hinreichend bekannt, um unverzüglich zu handeln. Die Verluste in der artenreichsten Klasse aller Tiergruppen sind dabei ein Abbild des Verlustes und der generellen Degradierung von Ökosystemen infolge anthropogener Übernutzung. Es ist daher zu begrüßen, dass die Bundesregierung ein Aktionsprogramm Insektenschutz angekündigt hat. Ein effektiver Wasser-, Luft- und Bodenschutz ist nicht nur für den Insektenschutz erforderlich. Ein starkes Insektenschutzprogramm hat

gleichzeitig auch wichtige Synergieeffekte, etwa mit dem Schutz der Biodiversität insgesamt, mit dem Schutz der Gewässer und mit der Umsetzung einer umweltgerechteren Landwirtschaft. Umgekehrt ist auch ein ambitionierter Klimaschutz für den Insekten- und Biodiversitätsschutz hoch relevant.

83. Um den Insektenverlust zu stoppen, sind weitreichende, systemische und flächenwirksame Ansätze notwendig, die Maßnahmen in verschiedenen Bereichen erfordern (Abb. 9). Die Maßnahmen sollten umgehend auf den Weg gebracht werden. Prioritär ist dabei eine insektenfreundlichere Gestaltung der Landnutzung, da Land- und Forstwirtschaft nicht zuletzt aufgrund ihrer Flächenwirksamkeit eine erhebliche Rolle spielen. Wichtigste Maßnahmen sind hierbei die Reduzierung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffen sowie die Anreicherung monotoner Landschaften mit Kleinstrukturen, wie Hecken, Blüh- und Randstreifen, letztere insbesondere an Gewässern. Um dies zu erreichen, ist die gegenwärtige Reform der GAP ein wichtiges Zeitfenster, um die Förderung von Biodiversitätsbelangen zu stärken und Natur- und Umweltschutzmaßnahmen angemessen zu honorieren. Die Bundesregierung sollte diese zentrale Weichenstellung dringend nutzen, um sich auf europäischer Ebene für eine Stärkung des Biodiversitätsschutzes einzusetzen, wie er sowohl international durch die CBD als auch europäisch mit der EU-Biodiversitätsstrategie verpflichtend angelegt ist.

84. Zu diesen prioritären Maßnahmen kommen ergänzend Maßnahmen im Siedlungsbereich hinzu. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln muss auch hier drastisch zurückgehen, sowohl auf öffentlichen Grünflächen als auch in privaten Gärten. Die Lichtverschmutzung muss ebenfalls reduziert werden. Das Bewusstsein der Bevölkerung für die ökologischen Funktionen von Insekten, die über ihre bekannte Bestäubungsleistung weit hinausgehen, sollte verbessert und die möglichen Beiträge eines jeden Menschen zur Problemlösung anschaulich kommuniziert werden.

Bis zum Ende der gegenwärtigen Legislaturperiode sollte die Bundesregierung ein deutschlandweites Monitoringsystem für Insekten gemeinsam mit den Bundes-

ländern konzipieren und mit der Etablierung beginnen. Dabei müssen verschiedene Insektenordnungen und deren Entwicklung in unterschiedlichen Landschaftstypen abgebildet werden. Damit lassen sich langfristige Entwicklungen beobachten sowie bestehende Monitoringsysteme fortentwickeln, um den Zustand der Biodiversität im Allgemeinen zu erfassen und ein nationales Zentrum für Biodiversitätsmonitoring zu etablieren.

Wissenslücken müssen dabei nicht nur durch ein Monitoring geschlossen werden, sondern auch durch die Untersuchung konkreter ökologischer Wirkungszusammenhänge. Dies gilt beispielsweise für die Auswirkungen künstlicher Lichtquellen oder die Rolle des Klimawandels auf die Bestandssituation von Insekten. Die Erhaltung der biologischen Umwelt braucht eine Forschung, die ähnlich der Klimaforschung umfassend finanziert und systematisch aufgestellt ist. Sie sollte ihre Ergebnisse entsprechend mit der Öffentlichkeit teilen und diskutieren sowie in die Debatte um Maßnahmen des Natur- und Umweltschutzes aktiv einbringen.

85. Da die Mitwirkung von Land- und Forstwirtschaft sowie weiterer Akteure notwendig ist, um den dargestellten negativen Entwicklungen entgegenzuwirken bzw. sie umzukehren, sollten die einschlägigen Ressorts der Bundesregierung (das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und im Falle von Monitoring und Forschung das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)) zusammen das Aktionsprogramm Insektenschutz auf den Weg bringen. Eine gemeinsame Koordinationsstruktur zwischen den Ressorts aber auch klare Verantwortlichkeiten für die Umsetzung der einzelnen Maßnahmen und das Erreichen der gesetzten Ziele sind dabei von zentraler Bedeutung. Dabei sollten auch die Verantwortlichen und Betroffenen frühzeitig einbezogen werden. Eine besondere Verantwortung kommt hierbei den Landwirtschaftsministerien in Bund und Ländern zu. Ein gemeinsames, ambitioniertes Handeln wäre ein wichtiges Signal, dass die Bundesregierung die dramatischen Bestandsentwicklungen bei Insekten tatsächlich ernst nimmt und stoppen will.

6 Literatur

- Balbuena, M. S., Tison, L., Hahn, M.-L., Greggers, U., Menzel, R., Farina, W. M. (2015): Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *The Journal of Experimental Biology* 218 (17), S. 2799–2805.
- Batáry, P., Gallé, R., Riesch, F., Fischer, C., Dormann, C. F., Mußhoff, O., Császár, P., Fusaro, S., Gayer, C., Happe, A.-K., Kurucz, K., Molnár, D., Rösch, V., Wietzke, A., Tscharnatke, T. (2017): The former Iron Curtain still drives biodiversity – profit trade-offs in German agriculture. *Nature Ecology & Evolution* 1 (9), S. 1279–1284.
- Bengtsson, J., Ahnstrom, J., Weibull, A. C. (2005): The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42 (2), S. 261–269.
- Bennett, G., Mulongoy, K. J. (2006): Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. CBD technical series 23. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-23.pdf> (12.03.2015).
- Benton, T. G., Vickery, J. A., Wilson, J. D. (2003): Farm-land biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18 (4), S. 182–188.
- Berghahn, R., Mohr, S., Hübner, V., Schmiediche, R., Schmiedling, I., Svetich-Will, E., Schmidt, R. (2012): Effects of repeated insecticide pulses on macroinvertebrate drift in indoor stream mesocosms. *Aquatic Toxicology* 122–123, S. 56–66.
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2018a): Bestands-trends und Gefährdung der Insekten. Bonn: BfN. <https://www.bfn.de/themen/insektenrueckgang/bestand-und-gefaehrderung.html> (21.06.2018).
- BfN (2018b): Monitoring und Indikatoren für den Naturschutz. Bonn: BfN. <https://www.bfn.de/themen/monitoring.html> (20.08.2018).
- BfN (2017): Anteil der Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (HNVF-Anteil) an der Agrarland-schaftsfläche in Prozent. Stand: 2017. Bonn: BfN. https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/monitoring/Dokumente/Tabelle_BF_HNV_Farmland_Bundeswerte_Stand_2017_fuer_Homepage_final_1.pdf (20.08.2018).
- BfN (2016): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Bd 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). Bonn-Bad Godesberg: BfN. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70,4.
- BfN (2014a): BfN Grünland-Report: Alles im Grünen Bereich? Bonn: BfN.
- BfN (2014b): Die Lage der Natur in Deutschland. Ergebnisse von EU-Vogelschutz- und FFH-Bericht. Bonn: BfN.
- BfN (2011): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Bd 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). Bonn-Bad Godesberg: BfN. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70,3.
- Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H., Tscharnatke, T. (2006): Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society/B* 273 (1595), S. 1715–1727.
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A. P., Potts, S. G., Kleukers, R., Thomas, C. D., Settele, J., Kunin, W. E. (2006): Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313 (5785), S. 351–354.
- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) (2017): Ohne Bienen keine Früchte. Bedeutung und Lebensweise der Honigbiene. Bonn: BLE.
- Blüthgen, N., Klein, A.-M. (2011): Functional complementarity and specialisation: The role of biodiversity in plant-pollinator interactions. *Basic and Applied Ecology* 12 (4), S. 282–291.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (o. J.): Betriebe und Flächen des ökologischen Landbaus in Deutschland (1994 bis 2016). Berlin: BMEL. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachhaltige-Landnutzung/Oekolandbau/_Texte/Tabelle2OekolandbauInD.html (18.05.2018).
- BMEL (2018a): Statistisches Jahrbuch über Landwirtschaft, Ernährung und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2017. Bonn: Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. <https://www.bmel-statistik.de/filead->

- min/user_upload/010_Jahrbuch/Agrarstatistisches-Jahrbuch-2017.pdf (06.07.2018).
- BMEL (2018b): Zwischenbericht 2013 bis 2016. Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bonn: BMEL. https://www.nap-pflanzenschutz.de/fileadmin/user_upload/_imported/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Service/nap_zwischenbericht_2013-2016_web_oeff.pdf (22.08.2018).
- BMEL (2017): Zukunftsstrategie ökologischer Landbau. Impulse für mehr Nachhaltigkeit in Deutschland. Berlin: BMEL. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Zukunftsstrategie-%C3%B6kologischer-Landbau.pdf?__blob=publicationFile (18.05.2018).
- BMEL (2013): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Berlin: BMEL.
- BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2017): Stickstoffeintrag in die Biosphäre. Erster Stickstoff-Bericht der Bundesregierung. Berlin: BMUB. https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/stickstoffbericht_2017_bf.pdf (18.05.2018).
- BMUB (2015): Naturschutz-Offensive 2020. Für biologische Vielfalt! Berlin: BMUB.
- BMUB, BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2016): Naturbewusstsein 2015. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Berlin, Bonn: BMUB, BfN.
- BMUB, BfN (2015): Den Flüssen mehr Raum geben. Renaturierung von Auen in Deutschland. Berlin, Bonn: BMUB, BfN.
- BMUB, UBA (Umweltbundesamt) (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland. Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_2017_web_aktualisiert.pdf (19.06.2018).
- BMUB, UBA (2016): Die Wasserrahmenrichtlinie. Deutschlands Gewässer 2015. Berlin, Dessau-Roßlau: BMUB, UBA.
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur), BMUB (2017): Bundesprogramm Blaues Band Deutschland. Eine Zukunftsperspektive für die Wasserstraßen – beschlossen vom Bundeskabinett am 1. Februar 2017. Berlin: BMVI, BMUB.
- Böcher, M. (2016): Umwelt- und Naturschutzpolitik der Bundesländer. In: Hildebrandt, A., Wolf, F. (Hrsg.): Die Politik der Bundesländer. Zwischen Föderalismusreform und Schuldenbremse. 2., aktualisierte und erw. Aufl. Heidelberg: Springer VS, S. 259–281.
- Bogumil, J., Bogumil, S., Ebinger, F. (2017): Weiterentwicklung der baden-württembergischen Naturschutzverwaltung. Wissenschaftliches Ergänzungsgutachten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Bochum, Kassel, Wien: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.
- Bogumil, J., Bogumil, S., Ebinger, F., Grohs, S. (2016): Weiterentwicklung der baden-württembergischen Umweltverwaltung. Wissenschaftliches Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Bochum, Speyer, Wien: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.
- Bohan, D. A., Boffey, C. W. H., Brooks, D. R., Clark, S. J., Dewar, A. M., Firbank, L. G., Haughton, A. J., Hawes, C., Heard, M. S., May, M. J., Osborne, J. L., Perry, J. N., Rothery, P., Roy, D. B., Scott, R. J., Squire, G. R., Woiod, I. P., Champion, G. T. (2005): Effects on weed and invertebrate abundance and diversity of herbicide management in genetically modified herbicide-tolerant winter-sown oilseed rape. *Proceedings of the Royal Society/B* 272 (1562), S. 463–474.
- Bonn, A., Settele, J., Löw, M., Ruschkowski, E. von, Andersen, A., Grescho, V., Hecker, S., Inden-Heinrich, H., Krämer, R., Lischka, A., Richter, A., Wedekind, S., Wiebe, A., Wessel, M. (2016): Lebendiger Atlas – Natur Deutschland: Machbarkeitsstudie. Endbericht. Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung Halle-Jena-Leipzig. http://www.ufz.de/export/data/global/128134_LAND_endbericht_machbarkeitsstudie_online.pdf (18.05.2018).
- Breeze, T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G., Potts, S. G. (2011): Pollination services in the UK: how important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 142 (3–4), S. 137–143.
- Brinke, M., Bänsch-Baltruschat, B., Keller, M., Szöcs, E., Schäfer, R. B., Foit, K., Liess, M. (2017): Umsetzung des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pestiziden. Bestandsaufnahme zur Erhebung von Daten zur Belastung von Kleingewässern der Agrarlandschaft. Dessau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 89/2017.

- Brook, B. W., Sodhi, N. S., Bradshaw, C. J. A. (2008): Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution* 23 (8), S. 453–460.
- Brooks, D. R., Bajer, J. E., Clark, S. J., Monteith, D. T., Andrews, C., Corbett, S. J., Beaumont, D. A., Chapman, J. W. (2012): Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 49 (5), S. 1009–1019.
- Bruce-White, C., Shardlow, M. (2011): A Review of the Impact of Artificial Light on Invertebrates. Peterborough: Buglife – The Invertebrate Conservation Trust. https://www.buglife.org.uk/sites/default/files/A%20Review%20of%20the%20Impact%20of%20Artificial%20Light%20on%20Invertebrates%20docx_0.pdf (18.05.2018).
- Brühl, C. A., Alscher, A., Hahn, M., Berger, G., Bethwell, C., Graef, F., Schmidt, T., Weber, B. (2015): Protection of Biodiversity in the Risk Assessment and Risk Management of Pesticides (Plant Protection Products & Bio-cides) with a Focus on Arthropods, Soil Organisms and Amphibians. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 76/2015.
- BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschlands e.V.) (2016): Pestizidfreie Kommunen. Blütenreich und ohne Gift. Berlin: BUND. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/umweltgifte/umweltgifte_pestizidfreie_kommunen.pdf (20.08.2018).
- Bundesregierung (2018): Eckpunktepapier zum Aktionsprogramm Insektenschutz der Bundesregierung. Berlin: Bundesregierung. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Artenschutz/eckpunkte_insektenschutz_bf.pdf (22.08.2018).
- Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016. Stand: 1. Oktober 2016, Kabinettsbeschluss vom 11. Januar 2017. Berlin: Bundesregierung.
- Bundesregierung (2016): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016. Entwurf. Stand: 30. Mai 2016. Berlin: Bundesregierung.
- Burke, L. A., Marlin, J. C., Knight, T. M. (2013): Plant-Pollinator Interactions over 120 Years: Loss of Species, Co-Occurrence, and Function. *Science* 339 (6127), S. 1611–1615.
- BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) (2017): Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2015. Braunschweig: BVL.
- CDU (Christlich Demokratische Union Deutschlands), CSU (Christlich-Soziale Union in Bayern), SPD (Sozialdemokratische Partei Deutschlands) (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. 19. Legislaturperiode. Berlin: CDU, CSU, SPD. https://www.cdu.de/system/tmf/media/dokumente/koalitionsvertrag_2018.pdf?file=1 (13.04.2018).
- Chaurasia, A. (2015): Cyanobacterial biodiversity and associated ecosystem services: introduction to the special issue. *Biodiversity and Conservation* 24 (4), S. 707–710.
- Corten, G. P., Veldkamp, H. F. (2001): Insects can halve wind-turbine power. *Nature* 412, S. 41–42.
- Dauber, J., Bolte, A. (2014): Bioenergy: Challenge or support for the conservation of biodiversity? *GCB Bioenergy* 6 (3), S. 180–182.
- Dauber, J., Klimek, S., Schmidt, T. G. (2016): Konzept für ein Biodiversitätsmonitoring Landwirtschaft in Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Thünen Working Paper 58.
- Davies, T. W., Bennie, J., Gaston, K. J. (2012): Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biology Letters*. <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/roybiolett/early/2012/05/15/rsbl.2012.0216.full.pdf> (18.05.2018).
- Decourtye, A., Devillers, J. (2010): Ecotoxicity of Neonicotinoid Insecticides to Bees. In: Thany, S. H. (Hrsg.): *Insect Nicotinic Acetylcholine Receptors*. New York, NY: Springer. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 683, S. 85–95.
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.-M. (2007): The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annual Review of Entomology* 52 (1), S. 81–106.
- Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste (2017): Sachstand. Übertragung tropischer Krankheiten in Deutschland. Berlin: Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste. WD 9 – 3000 – 034/17. <https://www.bundestag.de/blob/530518/96fed0dac9efbb7767b552863e885681/wd-9-034-17-pdf-data.pdf> (20.08.2018).
- Di Giulio, M., Edwards, P. J., Meister, E. (2001): Enhancing insect diversity in agricultural grasslands: the roles of management and landscape structure. *Journal of Applied Ecology* 38 (2), S. 310–319.

- Diekötter, T., Peter, F., Jauker, B., Wolters, V., Jauker, F. (2014): Mass-flowering crops increase richness of cavity-nesting bees and wasps in modern agro-ecosystems. *GCB Bioenergy* 6 (3), S. 219–226.
- Dirzo, R., Young, H., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N., Collen, B. (2014): Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345 (6195), S. 401–406.
- Ebeling, A., Klein, A.-M., Schumacher, J., Weisser, W. W., Tscharntke, T. (2008): How does plant richness affect pollinator richness and temporal stability of flower visits? *Oikos* 117 (12), S. 1808–1815.
- Ebinger, F. (2011): Analyse der Vollzugssituation in den deutschen Umweltverwaltungen & Folgerungen für eine zukunftsorientierte Organisation. Vortrag, 20. Brandenburger Kolloquium, 27.09. 2011, Neubrandenburg.
- Ecker, S., Pröbstl-Haider, U. (2016): Erfolgskontrolle von Ausgleichsflächen im Rahmen der Bauleitplanung in Bayern. Analyse am Beispiel des Landkreises Passau in Niederbayern. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 48 (5), S. 161–167.
- EEA (European Environment Agency) (2018a): Abundance and distribution of selected species. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/abundance-and-distribution-of-selected-species-6/assessment> (22.08.2018).
- EEA (2018b): Grassland Butterflies Population Index. Last modified: 13.06.2018. Copenhagen: EEA. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/european-grassland-butterfly-indicator-2#tab-chart_4 (07.09.2018).
- EEA (2013): The European Grassland Butterfly Indicator: 1990–2011. Luxembourg: Publications Office of the European Union. EEA Technical Report 11/2013.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2015): Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate The EFSA Journal 13 (11), 4302.
- Eisenbeis, G. (2013): Lichtverschmutzung und die Folgen für nachtaktive Insekten. In: Held, M., Hölker, F., Jessel, B. (Hrsg.): Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 336, S. 53–56.
- Eisenbeis, G. (2011): Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Straßenbeleuchtung unter Einbeziehung von LEDs. *Natur und Landschaft* 86 (7), S. 298–306.
- El Hassani, A. K., Dacher, M., Gary, V., Lambin, M., Gauthier, M., Armengaud, C. (2008): Effects of sublethal doses of acetamiprid and thiamethoxam on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 54 (4), S. 653–661.
- ETC Water (European Topic Centre on Water) (2010): Freshwater Eutrophication Assessment. Background Report for EEA European Environment State and Outlook Report 2010. Prague: European Topic Centre on Water. ETC Water Technical Report 2/2010. [http://cenia.cz/C12572160037AA0F.nsf/\\$pid/CPRJ8BQMA3EZ/\\$FILE/Freshwater_eutrophication_background_report_29_Nov_2010_final4.pdf](http://cenia.cz/C12572160037AA0F.nsf/$pid/CPRJ8BQMA3EZ/$FILE/Freshwater_eutrophication_background_report_29_Nov_2010_final4.pdf) (22.08.2018).
- EurActiv (30.03.2017): Frankreich stellt Antrag auf EU-weites Pestizidverbot in Gärten. EurActiv. <https://www.euractiv.de/section/gesundheit-und-verbraucherschutz/news/frankreich-stellt-antrag-auf-eu-weites-pestizidverbot-in-gaerten/> (06.09.2018).
- Europäische Kommission (2018a): Rechtsvorschriften. Brüssel: Europäische Kommission. Amtsblatt der Europäischen Union L 132. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2018:132:FULL&from=EN> (06.07.2018).
- Europäische Kommission (2018b): Vorschlag für eine Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates mit Vorschriften für die Unterstützung der von den Mitgliedstaaten im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik zu erstellenden und durch den Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL) und den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) zu finanzierenden Strategiepläne (GAPStrategiepläne) und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Verordnung (EU) Nr. 1307/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates. COM(2018) 392 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2017): Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2324 of 12 December 2017 renewing the approval of the active substance glyphosate in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market, and amending the Annex to Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011 (Text with EEA relevance). Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2013): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Eu-

- europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Grüne Infrastruktur (GI) – Aufwertung des europäischen Naturkapitals. COM(2013) 249 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäischer Rechnungshof (2017): Die Ökologisierung: eine komplexere Regelung zur Einkommensstützung, die noch nicht ökologisch wirksam ist (gemäß Artikel 287 Absatz 4 Unterabsatz 2 AEUV). Luxemburg: Europäischer Rechnungshof. Sonderbericht 21/2017. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR17_21/SR_GREENING_DE.pdf (22.05.2018).
- Feest, A., Swaay, C. van, Hinsberg, A. van (2009): Nitrogen deposition and the reduction of butterfly biodiversity quality in the Netherlands. *Ecological Indicators* 39, S. 115–119.
- Feindt, P. H., Krämer, C., Früh-Müller, A., Wolters, V., Pahl-Wostl, C., Heißenhuber, A., Bers, C. van, Thomas, F., Purnhagen, K. (2018a): Ein neuer Gesellschaftsvertrag für eine nachhaltige Landwirtschaft. Wege zu einer integrativen Politik für den Agrarsektor. Berlin: Springer. Im Erscheinen.
- Feindt, P. H., Krämer, C., Früh-Müller, A., Wolters, V., Pahl-Wostl, C., Heißenhuber, A., Bers, C. van, Thomas, F., Purnhagen, K. (2018b): Der Status quo ist keine Option – Vorschlag für eine zukunftsfähige Architektur der Agrarpolitik. *Natur und Landschaft* 93 (6), S. 280–285.
- Feltham, H., Park, K., Goulson, D. (2014): Field realistic doses of pesticide imidacloprid reduce bumblebee pollen foraging efficiency. *Ecotoxicology* 23 (3), S. 317–323.
- Finck, P., Heinze, S., Raths, U., Riecken, U., Ssymank, A. (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Dritte fortgeschriebene Fassung 2017. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 156.
- Firbank, L. G., Smart, S. M., Crabb, J., Critchley, C. N. R., Fowbert, J. W., Fuller, R. J., Gladders, P., Green, D. B., Henderson, I., Hill, M. O. (2003): Agronomic and ecological costs and benefits of set-aside in England. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95 (1), S. 73–85.
- Fox, R. (2013): The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect Conservation and Diversity* 6 (1), S. 5–19.
- Fox, R., Oliver, T. H., Harrower, C., Parsons, M. S., Thomas, C. D., Roy, D. B. (2014): Long-term changes to the frequency of occurrence of British moths are consistent with opposing and synergistic effects of climate and land-use changes. *Journal of Applied Ecology* 51 (4), S. 949–957.
- Freier, B., Triltsch, H., Mowes, M., Moll, E. (2007): The potential of predators in natural control of aphids in wheat: Results of a ten-year field study in two German landscapes. *BioControl* 52, S. 775–788.
- Fritz, M. (2013): Grüne Infrastruktur in Europa – ein integrativer Ansatz. *Natur und Landschaft* 88 (12), S. 497–502.
- Frobel, K., Schlumprecht, H. (2016): Erosion der Artenkenner. Ergebnisse einer Befragung und notwendige Reaktionen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 48 (4), S. 105–113.
- Gaston, K. J., Davies, T. W., Bennie, J., Hopkins, J. (2012): REVIEW: Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments. *Journal of Applied Ecology* 49 (6), S. 1256–1266.
- Geschke, J., Schliep, R., Richter, A., Vohland, K. (2017): Nationales Biodiversitätsmonitoring – Revisited. Bericht zum NeFo-Fachgespräch am 27. Juni 2017. Berlin: Netzwerk-Forum zur Biodiversitätsforschung Deutschland (NeFo). http://www.biodiversity.de/sites/default/files/products/reports/2017_fachgesprach-nationales-biodiversitaetsmonitoring_final_0.pdf (22.05.2018).
- GFBio (German Federation for Biological Data) (o. J.): Research Data Management. Step by step through the Data Life Cycle. Bremen: GFBio. <https://www.gfbio.org/> (20.08.2018).
- Gill, R. J., Ramos-Rodriguez, O., Raine, N. E. (2012): Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature* 491 (7422), S. 105–108.
- Gossen, M., Scholl, G., Holzhauer, B., Schipperges, M. (2015): Umweltbewusstsein in Deutschland 2014. Vertiefungsstudie: Umweltbewusstsein und Umweltverhalten junger Menschen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 77/2015. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_77_2015_umweltbewusstsein_in_deutschland_2014_vertiefungsstudie.pdf (13.03.2018).
- Grimaldi, D., Engel, M. S. (2005): Evolution of the Insects. Cambridge, New York, Melbourne: Cambridge University Press
- Grove, S. J. (2002): Saproxylic Insect Ecology and the Sustainable Management of Forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33 (1), S. 1–23.

- Grubisic, M., Grunsven, R. H. A., Kyba, C. C. M., Manfrin, A., Hölker, F. (2018): Insect declines and agroecosystems: does light pollution matter? *Annals of Applied Biology* 173 (2), S. 180–189.
- Habel, J. C., Segerer, A., Ulrich, W., Torchyk, O., Weisser, W. W., Schmitt, T. (2016): Butterfly community shifts over two centuries. *Conservation Biology* 30 (4), S. 754–762.
- Haddad, N. M., Haarstad, J., Tilman, D. (2000): The effects of long-term nitrogen loading on grassland insect communities. *Oecologia* 124 (1), S. 73–84.
- Haenke, S., Scheid, B., Schaefer, M., Tschardtke, T., Thies, C. (2009): Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology* 46 (5), S. 1106–1114.
- Hallmann, C., Foppen, R. P. B., Turnhout, C. A. M. van, Kroon, H. de, Jongejans, E. (2014): Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature* 511 (7509), S. 341–343.
- Hallmann, C., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Holland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., Kroon, H. de (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12 (10). <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0185809> (21.06.2018).
- Hallmann, C., Zeegers, T., Klink, R. van, Vermeulen, R., Wielink, P. van, Spijkers, H., Jongejans, E. (2018): Analysis of insect monitoring data from De Kaaistoep and Drenthe. Nijmegen: Radboud University. Reports Animal Ecology and Physiology 2018-2. https://www.researchgate.net/publication/325206013_Analysis_of_insect_monitoring_data_from_De_Kaaistoep_and_Drenthe?enrichId=rgreq-608f3eed00d45b11365217b4a2d0ae28-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyNTIwNjAxMztBUzo2MjcjNDkwOTU3MTA3MjNAMTUyNjU4MzA4ODc0MA%3D%3D&el=1_x_3&_esc=publication-CoverPdf (22.08.2018).
- HELCOM (Helsinki-Kommission) (2010): Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003–2007: HELCOM Initial Holistic Assessment. Helsinki: HELCOM. Baltic Sea Environment Proceedings 122.
- Held, M., Hölker, F., Jessel, B. (2013): Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 336. https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript_336.pdf (22.05.2018).
- Herden, C., Gharadjedaghi, B., Rassmus, J. (2009): Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freiland-photovoltaikanlagen. Bonn: BfN. BfN-Skripten 247.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2016): Rote Liste der Köcherfliegen (Trichoptera) Hessens. 2. Fassung, Stand: 08.08.2016. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- Hoffmann, J., Berger, G., Wiegand, I., Wittchen, U., Pfeffer, H., Kiesel, J., Ehlert, F. (2012): Bewertung und Verbesserung der Biodiversität leistungsfähiger Nutzungssysteme in Ackerbaugebieten unter Nutzung von Indikatorvogelarten. Kleinmachnow: Julius Kühn-Institut. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 163.
- Hölker, F. (2013): Lichtverschmutzung und die Folgen für Ökosysteme und Biodiversität. In: Held, M., Hölker, F., Jessel, B. (Hrsg.): Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 336, S. 73–76.
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., Tockner, K. (2010): Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution* 25 (12), S. 681–682.
- Holland, J., Fahrig, L. (2000): Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 78 (2), S. 115–122.
- Holzschuh, A., Dormann, C. F., Tschardtke, T., Steffan-Dewenter, I. (2011): Expansion of mass-flowering crops leads to transient pollinator dilution and reduced wild plant pollination. *Proceedings of the Royal Society/B* 282 (1818), S. 3444–3451.
- Horváth, G., Blahó, M., Egri, A., Kriska, G., Seres, I., Robertson, B. (2010): Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects. *Conservation Biology* 24 (6), S. 1644–1653.
- Hotes, S., Ebermann, V. (2010): BIOLOG. Biodiversität und Globaler Wandel. München: oekom.
- Hötter, H., Brühl, C., Buhk, C., Oppermann, R. (2018): Biodiversitätsflächen zur Minderung der Umweltauswirkungen von Pflanzenschutzmitteln. Anforderungen an Kompensationsmaßnahmen im Risikomanagement. Des-

- sau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 53/2018. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-29_texte_53-2018_risikomanagement-kompensationsmassnahmen.pdf (20.08.2018).
- Humbert, J.-Y., Ghazoul, J., Sauter, G. J., Walter, T. (2010): Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. *Journal of Applied Entomology* 134 (7), S. 592–599.
- Inclán, D. J., Cerretti, P., Gabriel, D., Benton, T. G., Sait, S. M., Kunin, W. E., Gillespie, M. A. K., Marini, L. (2015): Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales. *Journal of Applied Ecology* 52 (4), S. 1102–1109.
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) (2016): The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Bonn: IPBES.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2017): The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. Cambridge: IUCN. <http://www.iucnredlist.org> (21.06.2018).
- Jahn, T., Hötker, H., Oppermann, R., Bleil, R., Vele, L. (2014): Protection of biodiversity of free living birds and mammals in respect of the effects of pesticides. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 30/2014.
- Jedicke, E. (2015): Biotopverbund zwischen Soll und Haben. Bilanz und Ausblick aus bundesweiter Sicht. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 47 (8–9), S. 233–240.
- Jedicke, E. (2010): Die Erosion der Artenkenntnis – selbst mitverschuldet? *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42 (8), S. 225–228.
- Johst, K., Drechsler, M., Mewes, M., Sturm, A., Wätzold, F. (2015): A novel modeling approach to evaluate the ecological effects of timing and location of grassland conservation measures. *Biological Conservation* 182, S. 44–52.
- Kennedy, C. M., Lonsdorf, E., Neel, M. C., Williams, N. M., Ricketts, T. H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A. L., Cariveau, D., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Cunningham, S. A., Danforth, B. N., Dudenhöffer, J. H., Elle, E., Gaines, H. R., Garibaldi, L. A., Gratton, C., Holzschuh, A., Isaacs, R., Javorek, S. K., Jha, S., Klein, A. M., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M. M., Morandin, L., Neame, L. A., Otieno, M., Park, M., Potts, S. G., Rundlöf, M., Saez, A., Steffan-Dewenter, I., Taki, H., Viana, B. F., Westphal, C., Wilson, J. K., Greenleaf, S. S., Kremen, C. (2013): A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters* 16 (5), S. 584–599.
- Klein, A.-M., Vaissère, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tscharntke, T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London / B* 274 (1608), S. 303–313.
- Kloepfer, M. (1993): Handeln unter Unsicherheit im Umweltstaat. In: Gethmann, C. F., Kloepfer, M.: *Handeln unter Risiko im Umweltstaat*. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest: Springer, S. 55–98.
- Kottwitz, A. (2015): Landschaft 2020 – Naturschutz in einer sich wandelnden Gesellschaft. Vortrag, Niedersächsische Naturschutztage 2015, 04.11.2015, Visselhövede.
- Kremen, C., Williams, N. M., Thorp, R. W. (2002): Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99 (26), S. 16812–16816.
- Lange, M., Türke, M., Pašalić, E., Boch, S., Hessenmöller, D., Müller, J., Prati, D., Socher, S. A., Fischer, M., Weisser, W. W., Gossner, M. M. (2014): Effects of forest management on ground-dwelling beetles (Coleoptera; Carabidae, Staphylinidae) in Central Europe are mainly mediated by changes in forest structure. *Forest Ecology and Management* 329, S. 166–176.
- LANU SH (Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein) (1999): Eintags-, Stein- und Köcherfliegen Schleswig-Holsteins und Hamburgs – Rote Liste. Flintbek: LANU SH.
- Leonhardt, S. D., Gallai, N., Garibaldi, L. A., Kuhlmann, M., Klein, A.-M. (2013): Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. *Basic and Applied Ecology* 14 (6), S. 461–471.
- Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (2014): Herausforderungen und Chancen der integrativen Taxonomie für Forschung und Gesellschaft. *Taxonomische Forschung im Zeitalter der OMICS-Technologien*. Halle (Saale): Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften. Stellungnahme. https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2014_Stellungnahme_Taxonomie_LANG_final.pdf (06.07.2018).

- Liess, M., Foit, K., Knillmann, S., Schäfer, R. B., Liess, H.-D. (2016): Predicting the synergy of multiple stress effects. *Scientific Reports* 6, Art. 32965.
- Long, C. V., Flint, J. A., Lepper, P. A. (2011): Insect attraction to wind turbines: does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research* 57 (2), S. 323–331.
- Longcore, T., Rich, C. (2004): Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2 (4), S. 191–198.
- Maes, D., Van Dyck, H. (2001): Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? *Biological Conservation* 99 (3), S. 263–276.
- Marquard, E., Dauber, J., Doeringhaus, A., Dröschmeister, R., Frommer, J., Frommolt, K.-H., Gemeinholzer, B., Henle, K., Hillebrand, H., Kleinschmit, B., Klotz, S., Kraft, D., Premke-Kraus, M., Römbke, J., Vohland, K., Wägele, W. (2013): Biodiversitätsmonitoring in Deutschland: Herausforderungen für Politik, Forschung und Umsetzung. *Natur und Landschaft* 88 (8), S. 337–341.
- McClean, C. J., Berg, L. J. L. van den, Ashmore, M. R., Preston, C. D. (2011): Atmospheric nitrogen deposition explains patterns of plant species loss. *Global Change Biology* 17 (9), S. 2882–2892.
- Merckx, T., Huertas, B., Basset, Y., Thomas, J. (2013): A global perspective on conserving butterflies and moths and their habitats. In: Macdonald, D., Willis, K. (Hrsg.): *Key Topics in Conservation Biology* 2. New York, NY: Wiley, S. 239–257.
- Mihoub, J.-B., Henle, K., Titeux, N., Brotons, L., Brummitt, N. A., Schmeller, D. S. (2017): Setting temporal baselines for biodiversity: the limits of available monitoring data for capturing the full impact of anthropogenic pressures. *Scientific Reports* 2017 (7), 41591.
- Ministry of Environment and Food of Denmark (2017): Danish National Actionplan on Pesticides 2017 – 2021. Facts, caution and consideration. Copenhagen: Ministry of Environment and Food of Denmark. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_sup_nap_denmark-rev_en.pdf (22.08.2018).
- Möckel, S., Gawel, E., Kästner, M., Knillmann, S., Liess, M., Bretschneider, P. (2015): Einführung einer Abgabe auf Pflanzenschutzmittel in Deutschland. Berlin: Dunker & Humblot. *Studien zu Umweltökonomie und Umweltpolitik* 10.
- Münze, R., Orlinskiy, P., Gunold, R., Paschke, A., Kaske, O., Beketov, M. A., Hundt, M., Bauer, C., Schüürmann, G., Möder, M., Liess, M. (2015): Pesticide impact on aquatic invertebrates identified with Chemcatcher® passive samplers and the SPEAR(pesticides) index. *Science of The Total Environment* 537, S. 69–80.
- Musolin, D. L. (2007): Insects in a warmer world: ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change. *Global Change Biology* 13 (8), S. 1565–1585.
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2016): Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Grundlage für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. Schlussfolgerungen für Entscheidungsträger. Hannover, Leipzig: Leibniz Universität Hannover, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ.
- Navara, K. J., Nelson, R. J. (2007): The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *Journal of Pineal Research* 43 (3), S. 215–224.
- Niedersächsischer Landtag (2018): Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung mit Antwort der Landesregierung. Anfrage des Abgeordneten Christian Meyer (GRÜNE). Antwort des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz namens der Landesregierung. Hannover: Niedersächsischer Landtag. Drucksache 18/699.
- Öckinger, E., Hammarstedt, O., Nilssona, S. G., Smith, H. G. (2006): The relationship between local extinctions of grassland butterflies and increased soil nitrogen levels. *Biological Conservation* 128 (4), S. 564–573.
- Oliver, I., Dorrough, J., Doherty, H., Andrew, N. R. (2016): Additive and synergistic effects of land cover, land use and climate on insect biodiversity. *Landscape Ecology* 31 (10), S. 2415–2431.
- Ollerton, J., Erenler, H., Edwards, M., Crockett, R. (2014): Extinctions of aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. *Science* 346 (6215), S. 1360–1362.
- Oré Barrios, C., Mäurer, E., Lippert, C., Dabbert, S. (2017): Eine ökonomische Analyse des Imkerei-Sektors in Deutschland. Schlussbericht. Stuttgart: Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre. http://orgprints.org/32437/1/32437_15NA073_dabbert_uni_hohenheim_analyse_Imkerei.pdf (22.08.2018).
- Orlinskiy, P., Münze, R., Beketov, M., Gunold, R., Paschke, A., Knillmann, S., Liess, M. (2015): Forested headwaters mitigate pesticide effects on macroinvertebrate

- communities in streams: Mechanisms and quantification. *Science of the Total Environment* 524–525, S. 115–123.
- OSPAR Commission (2010): Quality Status Report 2010. London: OSPAR Commission.
- Pe'er, G., Lakner, S., Müller, R., Passoni, G., Bontzorlos, V., Clough, D., Moreira, F., Azam, C., Berger, J., Bezak, P., Bonn, A., Hansjürgens, B., Hartmann, L., Kleemann, J., Lomba, A., Sahrbacher, A., Schindler, S., Schleyer, C., Schmidt, J., Schüler, S., Sirami, C., Meyer-Höfer, M. von, Zinngrebe, Y. (2017): Is the CAP Fit for purpose? An evidence-based fitness-check assessment. Leipzig: German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig. https://www.idiv.de/fileadmin/content/iDiv_Files/Documents/peer_et_al_2017_cap_fitness_check_final_20-11.pdf (22.05.2018).
- Piccini, I., Arnieri, F., Caprio, E., Nervo, B., Pelissetti, S., Palestini, C., Roslin, T., Rolando, A. (2017): Greenhouse gas emissions from dung pats vary with dung beetle species and with assemblage composition. *PLoS ONE* 12 (7), e0178077.
- Pleasants, J. M., Oberhauser, K. S. (2013): Milkweed loss in agricultural fields because of herbicide use: effect on the monarch butterfly population. *Insect Conservation and Diversity* 6 (2), S. 135–144.
- Power, E. F., Jackson, Z., Stout, J. C. (2016): Organic farming and landscape factors affect abundance and richness of hoverflies (Diptera, Syrphidae) in grasslands. *Insect Conservation and Diversity* 9 (3), S. 244–253.
- Promote Pollinators (2018): Five new members to promote pollinators during IPBES6. Haarlem: Promote Pollinators. <https://promotepollinators.org/2018/03/22/five-new-members-promote-pollinators-ipbes6/> (22.08.2018).
- Radenković, S., Schweiger, O., Milić, D., Harpke, A., Vujić, A. (2017): Living on the edge: Forecasting the trends in abundance and distribution of the largest hoverfly genus (Diptera: Syrphidae) on the Balkan Peninsula under future climate change. *Biological Conservation* 212, S. 216–229.
- Rasmont, P., Franzén, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S., Biesmeijer, J. C., Castro, L., Cederberg, B., Dvorak, L., Fitzpatrick, Ú., Gonseth, Y., Haubruge, E., Mahé, G., Manino, A., Michez, D., Neumayer, J., Ødegaard, F., Paukkunen, J., Pawlikowski, T., Potts, S., Reemer, M., Settele, J., Straka, J., Schweiger, O. (2015): Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees. Sofia: Pensoft. *BioRisk* 10. <https://biorisk.pensoft.net/article/4749/download/pdf/> (22.05.2018).
- Reck, H. (2013): Die ökologische Notwendigkeit zur Wiedervernetzung und Anforderungen an deren Umsetzung. *Natur und Landschaft* 88 (12), S. 486–496.
- Régnier, C., Achaz, G., Lambert, A., Cowie, R., Bouchet, P., Fontaine, B. (2015): Mass extinction in poorly known taxa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (25), S. 7761–7766.
- Richter, A., Singer-Brodowski, M., Hecker, S., Trénel, M., Letz, B., Bonn, A. (2018): Positionspapier. Handlungsbedarfe und Maßnahmen für die Förderung von Citizen Science in der Umweltbildung und Umweltkommunikation. Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig. *UFZ Discussion Papers* 2/2018. https://www.ufz.de/export/data/global/203484_DP_2018_2_Richteretal.pdf (20.08.2018).
- Rundlöf, M., Andersson, G. K. S., Bommarco, R., Fries, I., Hederstrom, V., Herbertsson, L., Jonsson, O., Klatt, B. K., Pedersen, T. R., Yourstone, J., Smith, H. G. (2015): Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 521 (7550), S. 77–80.
- Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M. M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., Thies, C., Tscharncke, T., Weisser, W. W., Winqvist, C., Woltz, M., Bommarco, R. (2016): Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 221, S. 198–204.
- Sala, O. E., Stuart Chapin, F., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., Wall, D. h. (2000): Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287 (5459), S. 1770–1774.
- Salomon, M., Schmid, E., Wiese, J., Kuhn, T., Niekisch, M. (2017): Biodiversität vor dem Pflanzenschutzmittel-einsatz schützen. In: BBN (Bundesverband Beruflicher Naturschutz) (Hrsg.): *Naturschutz und Landnutzung. Analysen – Diskussionen – zeitgemäße Lösungen*. Bonn: BBN. *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* 61, S. 76–85.
- Schäfer, R. B., Kühn, B., Hauer, L., Kattwinkel, M. (2017): Assessing recovery of stream insects from pesticides using a two-patch metapopulation model. *Science of The Total Environment* 609, S. 788–798.
- Schäffer, A., Filser, J., Frische, T., Gessner, M., Köck, W., Kratz, W., Liess, M., Nuppenau, E.-A., Roß-Nickoll, M.,

- Schäfer, R., Scheringer, M. (2018): Der stumme Frühling – Zur Notwendigkeit eines umweltverträglichen Pflanzenschutzes. Halle (Saale): Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften. Diskussion 16. https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2018_Diskussionspapier_Pflanzenschutzmittel.pdf (06.07.2018).
- Schowalter, T. D. (2016): *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. 4th ed. Amsterdam: Elsevier. Insect Ecology Series.
- Schuch, S., Wesche, K., Schaefer, M. (2012): Long-term decline in the abundance of leafhoppers and planthoppers (Auchenorrhyncha) in Central European protected dry grasslands. *Biological Conservation* 149 (1), S. 75–83.
- Seibold, S., Brand, R., Buse, J., Hothorn, T., Schmidl, J., Thorn, S., Müller, J. (2015): Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe. *Conservation Biology* 29 (2), S. 382–390.
- Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kühn, I., Swaay, C. van, Verovnik, R., Warren, M., Wiemers, M., Hanspach, J., Hickler, T., Kühn, E., Halder, I. van, Veling, K., Vliegenthart, A., Wynhoff, I., Schweiger, O. (2008): *Climatic Risk Atlas of European Butterflies*. Sofia: Pensoft. Bio-Risk 1. <https://biorisk.pensoft.net/article/1821/download/pdf/> (22.05.2018).
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2018): *Wohnungsneubau langfristig denken. Für mehr Umweltschutz und Lebensqualität in den Städten*. Berlin: SRU. Im Erscheinen.
- SRU (2017a): *Kohleausstieg jetzt einleiten*. Berlin: SRU. Stellungnahme.
- SRU (2017b): *Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor*. Sondergutachten. Berlin: SRU.
- SRU (2016): *Umweltgutachten 2016. Impulse für eine integrative Umweltpolitik*. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2015): *Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem*. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2013): *Die Reform der europäischen Agrarpolitik: Chancen für eine Neuausrichtung nutzen*. Berlin: SRU. Kommentar zur Umweltpolitik 11.
- SRU (2012): *Umweltgutachten 2012. Verantwortung in einer begrenzten Welt*. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2011): *Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung*. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2009): *Für eine zeitgemäße Gemeinsame Agrarpolitik (GAP)*. Berlin: SRU. Stellungnahme 14.
- SRU (2007a): *Klimaschutz durch Biomasse*. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2007b): *Umweltverwaltungen unter Reformdruck. Herausforderungen, Strategien, Perspektiven*. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (1985): *Umweltprobleme der Landwirtschaft*. Sondergutachten. März 1985. Stuttgart: Kohlhammer.
- SRU, WBA (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), WBD (Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2013): *Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen. Kurzstellungnahme der Wissenschaftlichen Beiräte für Agrarpolitik (WBA) und für Düngungsfragen (WBD) beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und des Sachverständigenrates für Umweltfragen der Bundesregierung (SRU) zur Novellierung der „Düngeverordnung“ (DüV)*. Berlin: WBA, WBD, SRU. http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2012_2016/2013_08_AS_Novellierung_Duengeverordnung.pdf?__blob=publicationFile (03.09.2013).
- SRU, WBW (Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2017): *Für eine bessere Finanzierung des Naturschutzes in Europa nach 2020*. Berlin: SRU. Stellungnahme.
- StadtNatur entdecken (o. J.): *Naturblick. Stadtnatur entdecken*. Berlin: Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung. <http://naturblick.naturkundemuseum.berlin/> (05.09.2018).
- Stanley, D. A., Smith, K. E., Raine, N. E. (2015): Bumblebee learning and memory is impaired by chronic exposure to a neonicotinoid pesticide. *Scientific Reports* 5, Art. 16508.
- Steffan-Dewenter, I., Tscharnkte, T. (2002): Insect communities and biotic interactions on fragmented calcareous grasslands – a mini review. *Biological Conservation* 104 (3), S. 275–284.

- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., Vries, W. de, Wit, C. A. de, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347 (6223), 1259855.
- Stopka, I., Rank, S. (2013): Naturerfahrungsräume in Großstädten – Wege zur Etablierung im öffentlichen Freiraum. Abschlussbericht zur Voruntersuchung für das Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben „Naturerfahrungsräume in Großstädten am Beispiel Berlin“. Bonn: Bundesamt für Naturschutz BfN-Skripten 345.
- Sutton, M. A., Howard, C. M., Erismann, J. W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H. van, Grizzetti, B. (2011): The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Delhi, Tokyo, Mexico City: Cambridge University Press.
- Swaay, C. van, Strien, A. J. van, Aghababian, K., Åström, S., Botham, M., Brereton, T., Carlisle, B., Chambers, P., Collins, S., Dopagne, C., Escobés, R., Feldmann, R., Fernández-García, J. M., Fontaine, B., Goloshchapova, S., Gracianteparaluceta, A., Harpke, A., Heliölä, J., Khanamirian, G., Komac, B., Kühn, E., Lang, A., Leopold, P., Maes, D., Mestdag, X., Monasterio, Y., Munguira, M. L., Murray, T., Musche, M., Öunap, E., Pettersson, L. B., Piqueray, J., Popoff, S., Prokofev, I., Roth, T., Roy, D. B., Schmucki, R., Settele, J., Stefanescu, C., Švitra, G., Teixeira, S. M., Tiitsaar, A., Verovnik, R., Warren, M. S. (2016): The European Butterfly Indicator for Grassland Species: 1990–2015. Wageningen: De Vlinderstichting, Butterfly Conservation Europe, Statistics Netherlands. Technical Report.
- Szöcs, E., Brinke, M., Karaoglan, B., Schäfer, R. B. (2017): Large Scale Risks from Agricultural Pesticides in Small Streams. *Environmental Science & Technology* 51 (13), S. 7378–7385.
- Thies, C., Tschardtke, T. (1999): Landscape Structure and Biological Control in Agroecosystems. *Science* 285 (5429), S. 893–895.
- Thomas, J. A. (2016): Butterfly communities under threat. *Science* 353 (6296), S. 216–218.
- Thomas, J. A., Tefler, M. G., Roy, D. B., Preston, C. D., Greenwood, J. J. D., Asher, J., Fox, R., Clarke, R. T., Lawton, J. H. (2004): Comparative Losses of British Butterflies, Birds, and Plants and the Global Extinction Crisis. *Science* 303 (5665), S. 1879–1881.
- Tschardtke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C. (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8 (8), S. 857–874.
- Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M. H., Jacot, K. (2015): High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society / B* 282 (1814), 20151369.
- UBA (Umweltbundesamt) (2017): Daten. Luftbelastung. Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland. Stand: 12.06.2017. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland> (10.04.2017).
- UBA (2014): UBA kritisiert übermäßigen Einsatz von Glyphosat. Dessau-Roßlau: UBA. <http://www.umweltbundesamt.de/themen/uba-kritisiert-uebermaessigen-einsatz-von-glyphosat> (29.10.2015).
- UBA (2010): Umsetzung der Verordnung (EG) 1107/2009 und der Richtlinie 128/2009/EG in Deutschland: Maßnahmen zum Schutz der biologischen Vielfalt auf Agrarflächen vor den Auswirkungen der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.nap-pflanzenschutz.de/gremien/forum-nap/archiv/stellungnahmen/pflanzenschutz-und-biodiversitaet/> (14.11.2012).
- UFZ (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung) (2018): tagfalter-monitoring.de. Leipzig: UFZ. <https://www.ufz.de/tagfalter-monitoring/> (06.07.2018).
- Valdez, E. W., Cryan, P. M. (2013): Insect Prey Eaten by Hoary Bats (*Lasiurus cinereus*) Prior to Fatal Collisions with Wind Turbines. *Western North American Naturalist* 73 (4), S. 516–524.
- Vickery, J. A., Feber, R. E., Fuller, R. J. (2009): Arable field margins managed for biodiversity conservation: A review of food resource provision for farmland birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133 (1), S. 1–13.
- Volkery, A. (2008): Naturschutzpolitik in den Bundesländern. In: Hildebrandt, A., Wolf, F. (Hrsg.): Die Politik der Bundesländer. Staatstätigkeit im Vergleich. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 257–273.
- Wahl, J., Dröschmeister, R., Gerlach, B., Grüneberg, C., Langgemach, T., Trautmann, S., Sudfeldt, C. (2015): Vögel in Deutschland 2014. Münster, Bonn: Dachverband Deutscher Avifaunisten, Bundesamt für Naturschutz, Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten.

- Warren, R., Price, J., Graham, E., Forstenhaeusler, N., VanDerWal, J. (2018): The projected effect on insects, vertebrates, and plants of limiting global warming to 1.5°C rather than 2°C. *Science* 360 (6390), S. 791–795.
- Wätzold, F., Drechsler, M., Johst, K., Mewes, M., Sturm, A. (2016): A Novel, Spatiotemporally Explicit Ecological-economic Modeling Procedure for the Design of Cost-effective Agri-environment Schemes to Conserve Biodiversity. *American Journal of Agricultural Economics* 98 (2), S. 489–512.
- Wenzel, M., Schmitt, T., Weitzel, M., Seitz, A. (2006): The severe decline of butterflies on western German calcareous grasslands during the last 30 years: A conservation problem. *Biological Conservation* 128 (4), S. 542–552.
- Whitehorn, P. R., O'Connor, S., Wackers, F. L., Goulson, D. (2012): Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science* 336 (6079), S. 351–352.
- Williams, I. H. (1994): The dependences of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews* 6, S. 229–257.
- Wilson, J. F., Baker, D., Cheney, J., Cook, M., Ellis, M., Freestone, R., Gardner, D., Geen, G., Hemming, R., Hodggers, D., Howarth, S., Jupp, A., Lowe, N., Orridge, S., Shaw, M., Smith, B., Turner, A., Young, H. (2018): A role for artificial night-time lighting in long-term changes in populations of 100 widespread macro-moths in UK and Ireland: a citizen-science study. *Journal of Insect Conservation*. 22 (2), S. 189–196.
- Winter, M.-B., Baier, R., Ammer, C. (2015): Regeneration dynamics and resilience of unmanaged mountain forests in the Northern Limestone Alps following bark beetle-induced spruce dieback. *European Journal of Forest Research* 134 (6), S. 949–968.
- WBBGR (Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (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. Bonn: WBBGR. https://beirat-gr.genres.de/fileadmin/SITE_GENRES/downloads/docs/Beirat-GR/Gutachten_Stellungnahmen/beirat_04_2018_web.pdf (06.07.2018).
- WBBGR (2016): Verbraucher für die Erhaltung der biologischen Vielfalt in der Landwirtschaft aktivieren! Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Bonn: WBBGR.
- WBBGR (2015): Perspektiven für das artenreiche Grünland – Alternativen zur Belohnung einer Überschussproduktion bei Milch. Kurzstellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Bonn: WBBGR. https://beirat-gr.genres.de/fileadmin/SITE_GENRES/downloads/docs/Beirat-GR/Gutachten_Stellungnahmen/Gutachten_Milchpreis_NeuerTitel.pdf (06.07.2018).
- WBBGR (Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2012): Ökologische Vorrangflächen zur Förderung der Biodiversität – Bedeutung, Bewirtschaftung, Ausgestaltung. Stellungnahme. Bonn: WBBGR.

Sachverständigenrat für Umweltfragen

Luisenstraße 46
10117 Berlin
+49 30 263696-0
info@umweltrat.de
www.umweltrat.de

Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Geschäftsstelle:
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Ref. 321 – Informations- und Koordinationszentrum für
Biologische Vielfalt (IBV)
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
www.ble.de
www.genres.de