Entomologie heute 31 (2019): 229-256

Insektenschwund – Hintergründe, Beobachtungen, Zusammenhänge*

Insect Decline – Background, Observation, Correlations

Robert Trusch

Zusammenfassung: Das Phänomen des Insektensterbens war von der Faunistik mit der Dokumentation des Verschwindens von Arten aus der Fläche bereits vor Jahrzehnten festgestellt worden. Seine Wahrnehmung in der Bevölkerung findet dagegen erst seit wenigen Jahren statt. Ursache für das neuartige Interesse am Insektensterben, auch der Medien, seit 2016 ist die so genannte „Krefeld-Studie", die sogar ein Fachgespräch im Umweltausschuss des Deutschen Bundestages auslöste. In den letzten Jahrzehnten ist der Rückgang von Insekten, wie Untersuchungen an Schmetterlingen zeigen, exponentiell angestiegen. Es besteht der Verdacht, dass dafür, neben industrieller Agrarwirtschaft mit Überdüngung und Habitatverlust, hochtoxische Insektizide aus der Stoffgruppe der Neonikotinoide maßgeblich verantwortlich sind. Sie werden erst seit Beginn der 1990er Jahre eingesetzt. Neben ihrer letalen und subletalen Wirkung selbst in extremer Verdünnung (Nanogramm-Bereich) besitzen sie eine teilweise jahrzehntelange Verweildauer in der Umwelt, so dass sie sich in der Natur angereichert haben dürften. Außerdem unterdrücken Neonikotinoide die Immunantwort bei Insekten. Es wird von Seiten der industriellen Agrarlobby abgestritten, dass man in der Fläche zum Zustand der Insekten gültige Aussagen machen könne. Dies wird exemplarisch an Hand der Entwicklung der Schmetterlingsfaunistik in Baden-Württemberg widerlegt. Der Vergleich aktueller Erhebungen mit früheren, zum Teil Jahrhunderte alten Aufzeichnungen lässt erkennen, in welch kritischem Zustand sich heute die Schmetterlinge befinden. Somit ist ein Beurteilen des heutigen Zustands möglich. Wir wissen genug, um zu handeln! Um das Insektensterben zu beenden, reichen all die kleinen Maßnahmen, die im Moment angestoßen werden, leider nicht aus. Denn mit ihnen ist keine Flächenwirksamkeit gegeben. Gefordert wird eine Agrarwende, die den Insekten wieder ausreichend Raum in der Flur gibt.

Schlüsselwörter: Insektensterben, Schmetterlinge, Insektizide, Neonikotinoide, Agarwende

Summary: The phenomenon of declining insect populations has been known for decades; entomologists have since documented the local or regional disappearance of many species. The general public and the media, however, have only taken notice during the last few years. The reason for this new interest in insect decline since 2016 is the so-called "Krefeld study", which even triggered an expert discussion in the environmental committee of the German Bundestag (Federal Parliament). In the past few decades the decline in insects has even increased exponentially as studies on butterflies show. It is suspected that, in addition to industrial agriculture with overfertilization and habitat loss, highly toxic insecticides from the neonicotinoid group are primarily responsible. These have only been in use since the beginning of the 1990s. In addition to their lethal and sublethal effects even in extreme dilution (nanogram range) they sometimes remain in the environment for decades, which means that they are likely to have accumulated in nature. Moreover, neonicotinoids suppress the immune response in insects. The industrial agricultural lobby denies that valid statements regarding the area-wide condition of insects can be made. This is refuted using the faunistic dataset on Lepidoptera in the federal state of Baden-Württemberg. Some of these records go back for centuries,

*Leicht veränderter Vortrag, gehalten am 31. Westdeutschen Entomologentag im Aquazoo Löbbecke Museum Düsseldorf am 24. November 2018.

allowing a comparison with the current situation and the deduction that our butterfly and moth populations are in a critical state. Society has enough knowledge to act accordingly! Unfortunately, all the minor measures that are being initiated at the moment are not sufficient to end insect decline, because they have no large-scale effect. What is required is a major turn in agricultural policy which gives insects sufficient space in the agriculturally used open landscape again.

Keywords: Insect decline, Lepidoptera, insecticides, neonicotinoids, turn in agricultural policy

1. Einleitung

Früher gab es mehr Schmetterlinge. Diese Aussage haben wir alle schon gehört und so mancher hat sie auch selbst schon gemacht. Dass es *früher einmal wesentlich mehr Insekten (und damit Schmetterlinge, auf die ich hier in erster Linie eingehen werde)* gab, wissen all diejenigen aus eigener Anschauung, die noch aus ihrer Kindheit echte Heuwiesen und blütenreiche Feldraine kennen. Quantitativ belegen können den Rückgang nur Experten, die regelmäßig Artkartierungen durchführen und diese Daten seit vielen Jahrzehnten sammeln. Jedoch auch jeder ältere Autofahrer weiß: Früher war die Windschutzscheibe im Sommer bei Überlandfahrten schon nach kurzer Zeit voller toter Insekten und musste unterwegs gereinigt werden. Heute können wir hingegen selbst im Sommer viele hundert Kilometer fahren, ohne die Frontscheibe putzen zu müssen. Und dies liegt nicht etwa an einem besseren c_W-Wert der Fahrzeuge, wie der Blick auf die nach wie vor senkrecht stehenden Nummernschilder zeigt, die ebenfalls schlagopferfrei sind.

Das Thema Insektenschwund hat inzwischen eine nie dagewesene Resonanz in der Öffentlichkeit erreicht. *Das Sterben der Insekten* schaffte es auf die ersten Seiten der großen Zeitungen, als es im Oktober 2017 gewissermaßen amtlich wurde. Die Wissenschaft hatte bestätigt, dass aktuell 76 % weniger Biomasse flugfähiger Insekten als 1989 an den Messorten einer hauptsächlich im Nordwesten Deutschlands durchgeführten „Insektenzählung" durch HALLMANN et al. (2017) gefunden wurde. Und die Untersuchungsgebiete dieser Studie befanden sich in Naturschutzgebieten; kaum auszudenken, wie es in der ungeschützten Feldflur aussieht. Vor unseren Augen vollzieht sich eine ökologische Katastrophe!

Was aber sind die Ursachen des Insektensterbens? Klimawandel, Einschleppung fremder Arten, Lebensraumverlust, Ausräumung der Landschaft oder Insektizide? Die Liste möglicher Ursachen ließe sich weiter fortsetzen. Ich möchte mit dieser Arbeit deutlich machen, dass vor allem die Veränderungen in der Landnutzung, die Intensivierung der Landwirtschaft und hier insbesondere die Verwendung von Insektiziden hauptverantwortlich für das Verschwinden der früheren Insektenmassen und damit auch für das Artensterben sind. Von Umweltverbänden und Aktivisten wird zu Recht ein Verbot von Herbiziden wie Glyphosat und Insektiziden wie Neonikotinoiden und ihren Nachfolgern gefordert. Im Folgenden stelle ich die meines Erachtens besonders relevanten Hintergründe und Zusammenhänge dar und gehe darauf ein, warum die Wirkung der modernen Insektizide so verheerend ist.

2. Das Insektensterben und wie es bemerkt wurde

Neben der Klimakrise, die wir zweifelsohne gerade durchleben, befinden wir uns aktuell auch in einer Biodiversitätskrise. Dabei leben wir absurderweise im „Jahrzehnt der Biodiversität". Die Vereinten Nationen (UN, United Nations) hatten die Jahre 2011 bis 2020 zur „UN-Dekade Biologische Vielfalt" erklärt (vgl. die offizielle deutsche Webseite zur UN-Dekade Biologische Vielfalt, s. Verzeichnis der Internetquellen). Was aber

umfasst die „biologische Vielfalt" bzw. der Begriff „Biodiversität" überhaupt? Es ist die Vielfalt der Ökosysteme, z.B. Wälder, Trockenrasen, Moore, Seen usw., die Vielfalt der Arten, z.B. Eichen, Eichhörnchen, Steinpilze oder Insekten, aber auch die genetische Vielfalt innerhalb der Arten, die sogenannte infraspezifische Variabilität, welche es jeder Spezies ermöglicht, sich beispielsweise an verschiedene Klimasituationen anzupassen und damit, in bestimmten Grenzen, auch auf Veränderungen in ihrer Umwelt zu reagieren.

Die Wissenschaft, welche die Biodiversität der Tierarten in Raum und Zeit beschreibt, ist die Faunistik (in der Botanik ist es die Floristik). Seit langem wird dieses Sammeln von Informationen über die in einem bestimmten Gebiet vorkommenden Organismen so bezeichnet. Faunistik ist Biodiversitätsforschung und gleichzeitig das einzige Teilgebiet der Zoologie, welches die Artenvielfalt sowie die Häufigkeitsschwankungen der Arten, ihr Oszillieren, bis hin zu ihrem Verschwinden oder Neuauftreten sowohl in der Fläche als auch im Laufe der Zeit dokumentiert. Von der Faunistik wurde der Verlust von Arten in der Fläche längst festgestellt, und zwar seit Jahrzehnten! Man müsste sie deswegen als Zukunftswissenschaft bezeichnen (Klausnitzer 2006), hat sie doch als erste jene Probleme, um die es hier geht, erkannt und beschrieben. Leider erfuhr und erfährt aber die Faunistik bis heute so gut wie keine öffentliche Anerkennung oder gar materielle Förderung. Es wäre an der Zeit, dies in der Politik und an den Hochschulen zu ändern, um in Zukunft für unsere Gesellschaft wieder mehr Menschen zu haben, welche die Arten wirklich kennen und auch erkennen (determinieren) können.

So dringt das Wissen um das Insektensterben erst seit wenigen Jahren in breitere Schichten der Bevölkerung vor. Der Grund ist das mediale Interesse, das es ab 2016 gefunden hat. Dabei ist, wie gerade ausgeführt, die Erkenntnis, dass Arten verschwinden, überhaupt nicht neu. Als Beispiel sei unter vielen anderen Beispielen der Zensus der Tagfalter für das Gebiet der Landeshauptstadt Düsseldorf herausgegriffen. Lenz & Schulten (2005) hatten gezeigt, wie viele Tagfalterarten es hier um das Jahr 1900 gab, nämlich mindestens 64, und wie viele noch im Jahr 2000 vorhanden waren: nur noch 27. Dies entspricht einem Artenverlust von 58 %. Und das vollständige Verschwinden einer Art für ein Gebiet bedeutet ja, dass man dort kein einziges Individuum mehr von ihr beobachten kann! Dieses Beispiel für eine lokale, massive Artenverarmung im 20. Jahrhundert hat, wie viele andere (z.B. Heydemann & Meyer 1983 für Laufkäfer auf Äckern), allerdings nur wenig Aufmerksamkeit erregt.

Nun ließe sich einwenden, dass mit dem obigen Zensus ja nur ein verhältnismäßig kleines Gebiet betrachtet wird, nämlich das Stadtgebiet von Düsseldorf. Allerdings ist das Phänomen des Verschwindens von Arten auch großräumig zu beklagen. Als prominentes Beispiel soll hier der Eschen-Scheckenfalter oder Maivogel *Euphydryas maturna* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Nymphalidae) herausgegriffen werden. Er kam einstmals, außer im Saarland und den Stadtstaaten, im Gebiet aller deutschen Bundesländer vor. Aus den Mittelgebirgen sind sogar recht viele ehemalige Fundorte bekannt, so dass man teilweise sogar von einer flächig, wenn auch ziemlich lokal auftretenden Art sprechen konnte. In Deutschland waren einmal weit über hundert Rasterfelder der Topografischen Karte 1:25.000 (TK25, früher als „Messtischblatt" bezeichnet) mit der Art besiedelt (Reinhardt et al. 2020). Heute ist ihre Anzahl auf vier bis fünf in ganz Deutschland zusammengeschrumpft. Und auch von diesen letzten Vorkommen befinden sich einzelne in bedrohlichem Zustand. Dies zeigt uns exemplarisch, dass das Verschwinden von Schmetterlingsarten aus der Fläche unseres Landes keineswegs ein lokales Phänomen ist.

Der subjektive Eindruck, der die geflügelten Worte „früher gab es mehr Schmetterlinge" hervorgebracht hat, täuscht also nicht. Eine Langzeitstudie mit einer ca. 200-jährigen Beobachtungsreihe zeigt sogar, dass dieser Rückgang der Schmetterlinge in den letzten Jahrzehnten exponentiell angestiegen ist (HABEL et al. 2016a, b). Die Studie betrachtet die Tagfalter und Widderchen (n = 117 Arten) von drei südexponierten Offenlandflächen an der Donau bei Regensburg (Am Keilstein, Schwabelweiser Hänge und Fellinger Berg), die seit vielen Jahren unter Naturschutz stehen. Von dort liegt durch Schmetterlingssammler und Schmetterlingsforscher historischer Zeiten wie den HERRICH-SCHÄFFERS, durch Belege in Museen (wie z.B. in der Zoologischen Staatssammlung München, ZSM) oder auch durch langjährige, bis in die heutige Zeit reichende Untersuchungen, zuletzt durchgeführt und in einer Datenbank zusammengefasst von A. SEGERER, einem Mitautor der Studie von HABEL et al. (l.c.), eine beeindruckende Datenreihe vor. Dass über einen so langen Zeitraum nahezu kontinuierliche Daten vorhanden sind, die darüber hinaus aufgrund ihrer Verfügbarkeit in einer elektronischen Datenbank (in ZSM) analysiert werden können, ist ein extrem seltener Glücksfall.

Von den Ergebnissen dieser Studie (HABEL et al. 2016a) ist insbesondere hervorzuheben, dass sich das Verschwinden der untersuchten Schmetterlingsarten stark beschleunigt hat. Während des 19. Jahrhunderts verschwand von ihnen lediglich eine einzige Art dauerhaft. Bis zum Ende der 1970er Jahre waren es bereits zwölf. Dann machte der Artenrückgang einen Sprung: In den sich anschließenden Dekaden erloschen jeweils weitere zehn bis elf Arten. Den traurigen Rekord stellt jedoch unser aktuelles Jahrzehnt mit erschreckenden 26 Arten auf, die nun nicht mehr gesichtet werden (HABEL et al. 2016a, b). Dies gibt uns einen ersten Hinweis darauf, dass sich etwas in unserer Umwelt eingestellt hat, das in der Vergangenheit so nicht wirkte, insbesondere seit den 1990er Jahren. Wie sonst ist zu erklären, dass in dem untersuchten Naturschutzgebiet die Auslöschung der Arten in den letzten Dezennien so stark angestiegen ist?

Aber auch diese Studie hatte die Öffentlichkeit nicht wachgerüttelt, obwohl die Autoren sogar eine leicht verständliche Zusammenfassung in einem populärwissenschaftlichen Naturmagazin veröffentlichten (HABEL et al. 2016b). Das Insektensterben hätte vermutlich nie eine solche Aufmerksamkeit erlangt, hätte nicht der Entomologische Verein Krefeld seine Befunde bekannt gemacht. Bereits seit den späten 1980er Jahren hatten die Entomologen des Vereins die an sich sehr einfache Dokumentation der von ihnen jeweils mit Malaise-Fallen eingesammelten Insektenbiomassen vorgenommen – einfach, indem sie die Abtropfmassen ihrer Proben wogen und festhielten. Schließlich publizierten sie ihre Ergebnisse, anfangs sogar nur in ihrer eigenen Vereinszeitschrift (SORG et al. 2013). In dieser Arbeit sind die im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch an jeweils zwei Standorten gefangenen Insekten aus den Jahren 1989 und 2013 hinsichtlich ihrer Masse miteinander verglichen. Nach dem Abtropfen der Fangflüssigkeit betrug die Masse der 1989 gefangenen Insekten am ersten Standort 1.117 g und am zweiten 1.426 g. Im Jahr 2013 waren es am ersten Standort nur noch 257 g und am zweiten 294 g. Dies entspricht einem Rückgang flugaktiver Insekten (nur diese können mit der Methode erbeutet werden) auf 23 % bzw. 20,7 % zwischen den Jahren 1989 und 2013 (SORG et al. 2013). Es war dies das erste Mal, dass für ein konkretes Gebiet im Vergleich zu vergangenen Zeiten festgestellt wurde, dass aktuell nur noch rund 20 % der Biomasse der betrachteten Insekten vorhanden sind.

Im Normalfall hätten auch hier nur Fachleute registriert, was in dieser Veröffentlichung steht. Dabei bleib es diesmal aber nicht. Im Nachhinein betrachtet war es eine geniale

Idee der Krefelder Entomologen, die Abtropfmassen ihrer mit den Malaise-Fallen erbeuteten Insekten zu wiegen und zu protokollieren, und dies über Jahrzehnte. So hatten die Krefelder als erste wirklich harte Zahlen vorzuweisen, die nachprüfbar belegen, dass und wie dramatisch die Insekten-Biomasse abgenommen hat. Diese Fakten sowie gute Kontakte zum Bundesumweltministerium (BMU) führten schließlich zu einem Fachgespräch im Umweltausschuss des Deutschen Bundestages am 13. Januar 2016 (Link zum Nachhören und Nachsehen siehe Bundestag-Mediathek im Verzeichnis der Internetquellen). In diesem Fachgespräch erklärten drei von der Regierung ausgewählte Wissenschaftler und der mit den Krefeldern assoziierte Naturschützer Josef Tumbrinck (damals NABU Nordrhein-Westfalen, heute BMU) erstmals ausgewählten Abgeordneten und Vertretern der Bundesregierung, dass es in unserer Umwelt zu einem dramatischen Rückgang der Insekten gekommen sei. So etwas hatte es zuvor im Deutschen Bundestag noch nie gegeben!

Damit war auch die Aufmerksamkeit der „Großen Politik" hergestellt. Als Ursachen für den dramatischen Rückgang der heimischen Insekten wurden vor allem der Verlust der Strukturvielfalt in der Landschaft, Stickstoffbelastung und der Einfluss von Pestiziden angegeben. Zudem wurde den Entscheidungsträgern vermittelt, dass der Rückgang der Insekten nicht nur für die Insekten selbst von Bedeutung sei: Viele Pflanzen (das gilt auch für einen Großteil der Kulturpflanzen) sind auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. Ohne Insektenbestäubung können viele Pflanzen keine Früchte hervorbringen, unsere Ernährung ist also ebenfalls in Gefahr. Darüber hinaus sind Insekten in den Ökosystemen eine wichtige Nahrungsgrundlage für viele weitere Tiere, da sie an der Basis der Nahrungspyramide stehen. Ein massiver Verlust der Insektenbiomasse muss daher zwangsläufig auch einen Rückgang insektenfressender Wirbeltiere zur Folge haben. Und dieser Zusammenhang ist beispielsweise für Vögel bereits gezeigt worden, so für den Neuntöter (Schreurs 1964) sowie für Feldlerche, Rauchschwalbe, Schafstelze, Star, Dorngrasmücke und Misteldrossel (Hallmann et al. 2014).

Natürlich wurde diese „erste Studie" der Krefelder (Sorg et al. 2013) angezweifelt. Denn sie war nicht hochrangig publiziert worden und es wurden zudem nur zwei Jahre (1989 und 2013) betrachtet. Es könnte mithin reiner Zufall sein, das sich gerade in diesen beiden Jahren möglicherweise natürliche Schwankungen der Insekten-Biomasse so extrem verhielten. Auch die so genannte „Unstatistik des Monats", eine vom RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V. in Essen vom 31. August 2017 herausgegebene Pressenmitteilung (vgl. Unstatistik 2017 im Verzeichnis der Internetquellen), kritisierte diese Arbeit. Reinhardt (2018) widerlegte diese unberechtigte Kritik und stellte klar, dass es aus momentaner wissenschaftlicher Kenntnis überhaupt keinen Grund gibt, an einer 76 %igen Abnahme der Biomasse fliegender Insekten in den Naturschutzgebieten Nordwestdeutschlands zu zweifeln und dass die von der o.g. Statistikergruppe verbreiteten Darstellungen zum Insektensterben verzerrt und falsch sind, ja dass deren Aussagen sogar Wissenschaftsbetrug entsprächen.

Die Krefelder hatten nicht nur in den beiden von Sorg et al. (2013) publizierten Jahren Stichproben genommen, sondern 63 Naturschutzgebiete (zum Teil kontinuierlich) seit 1989 beprobt und ihre Untersuchungen auch nach 2013 weiter fortgeführt, Letzteres auch als Reaktion auf die Kritik an ihrer Arbeit. Auf die Veröffentlichung dieser umfassenderen Daten musste die Öffentlichkeit allerdings drei Jahre warten. Schließlich erschien die Studie am 18. Oktober 2017 (Hallmann et al. 2017), und diesmal in einem international anerkannten Journal mit „Impact-Faktor".

Abb. 1: Eine neue Qualität in der öffentlichen Wahrnehmung ist erreicht, wenn es eine Insektenstudie auf die Titelseiten der großen Zeitungen schafft: „Die Zeit" Nr. 44 vom 26.10.2017, die in Anlehnung an den Oscar-prämierten Film von 1991 „Das Schweigen der Lämmer" Bundeskanzlerin Angela Merkel mit dem Totenkopfschwärmer (*Acherontia atropos*) vor dem Mund zeigt.
Fig. 1: A new quality in public perception is reached when an insect study makes it onto the covers of major newspapers: "Die Zeit" No. 44 of 26.10.2017, which, based on the Oscar award-winning 1991 film "The Silence of the Lambs" shows Chancellor Angela Merkel with a death's-head hawkmoth (*Acherontia atropos*) in front of her mouth.

Diese Veröffentlichung rief ein hinsichtlich der Insekten nie zuvor dagewesenes Echo in den Medien hervor. Exemplarisch steht hierfür das Titelbild der Wochenzeitung „Die Zeit" (Abb. 1), die als deutsches „Leitmedium" gilt. In ihr war am 26.10.2017 auf Seite 3 zu lesen: „… seit einer Woche ist es gewissermaßen amtlich. Die Wissenschaft bestätigt, was alle ahnten: 76 Prozent weniger Insekten als 1989 leben an den Messorten der Insektenzählung – und die befinden sich in Naturschutzgebieten. Kaum auszudenken, wie es in den geschundenen Teilen Deutschlands aussieht. … Vor aller Augen vollzieht sich hierzulande eine ökologische Katastrophe."

27 Jahre lang hatten die Krefelder von 1989 bis 2016 in 63 Naturschutzgebieten Deutschlands standardisiert Malaise-Fallen zur Messung der Biomasse fliegender Insekten eingesetzt (HALLMANN et al. 2017). Ziel ihrer jahrelangen Arbeit war es, auf den Status und den Trend der jeweils lokalen Fauna flugfähiger Insekten zu schließen. Diese umfassende Analyse ergab einen saisonalen Rückgang der Insekten-Biomasse von durchschnittlich 76 %, im Sommer sogar um 82 % (Abb. 2). Damit war der Befund der ersten Studie (SORG et al. 2013) bestätigt. Zwar vermied man, in der neuen Publikation eine Antwort auf die Frage nach den Ursachen zu geben; der Hinweis jedoch, dass dieser massive Verlust an Insekten kaskadierende Effekte auf die Nahrungsnetze haben wird und die Ökosystemdienstleistungen insgesamt gefährdet seien, alarmierte die Öffentlichkeit. Schließlich wurde damit die Abhängigkeit unserer Nahrungsmittelproduktion von den Insekten einmal mehr angesprochen.

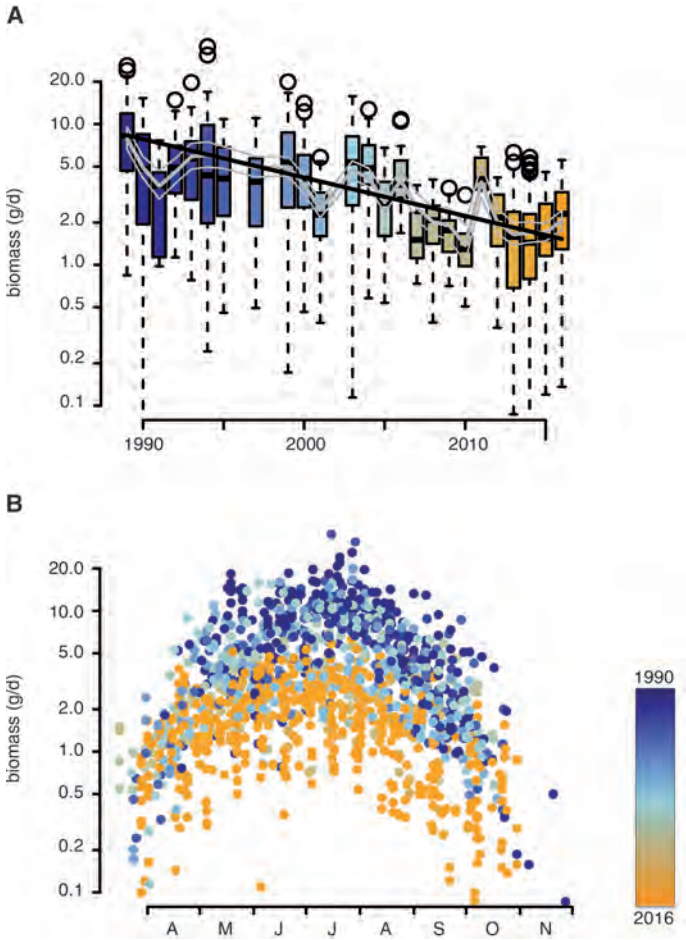

Abb. 2: Umgezeichnete Kopie der Abbildung 2 aus Hallmann et al. (2017) zur Veränderung der Insektenbiomasse in der Zeit und über den Jahresgang, Es handelt sich um eine logarithmische Skala auf der y-Achse (Ordinate)! Hallmann et al. (2017: 11): „**A** Als Kastengrafik ist die Verteilung der Insektenbiomasse (Gramm pro Tag) dargestellt, die in jedem Jahr über alle Fallen und Fänge gesammelt wurde (n = 1.503). Basierend auf dem endgültigen Modell der Studie zeigt die graue Linie den angepassten Mittelwert (+ 95 % nachträgliche Glaubwürdigkeitsintervalle) unter Berücksichtigung von Wetter-, Landschafts- und Lebensraumeffekten. Die schwarze Linie zeigt den geschätzten mittleren Trend, der mit dem Basismodell der Studie geschätzt wurde. **B** Die saisonale Verteilung der Insektenbiomasse zeigt, dass die höchsten Insektenbiomassenfänge im Hochsommer den stärksten Rückgang aufweisen. Der Farbverlauf in beiden Bereichen reicht von 1989 (blau) bis 2016 (orange)."
Fig. 2: Change in insect biomass in time and over the annual cycle (redrawn copy) of figure 2 from Hallmann et al. (2017) showing the change in insect biomass in time and over the annual cycle. It is a logarithmic scale on the y-axis (ordinate)! Hallmann et al. (2017: 11): "**A** Boxplots depict the distribution of insect biomass (gram per day) pooled over all traps and catches in each year (n = 1,503). Based on the final model, the grey line depicts the fitted mean (+95% posterior credible intervals) taking into account weather, landscape and habitat effects. The black line depicts the mean estimated trend as estimated with our basic model. **B** Seasonal distribution of insect biomass showing that highest insect biomass catches in mid summer show most severe declines. Color gradient in both panels range from 1989 (blue) to 2016 (orange)."

2. Ursachen

Seit den frühen 1990er Jahren sind systemische Insektizide im Einsatz. Sie galten als Revolution im Pflanzenschutz und waren zunächst sogar von Naturschützern begrüßt worden, weil man plötzlich mit sehr viel geringeren Dosen das auf der Fläche erreichte, wofür zuvor erheblich größere Substanzmengen zum Einsatz kamen. Diese damals neuen Insektizide gehören zur Stoffgruppe der Neonikotinoide. Es handelt sich bei ihnen um Nervengifte. Sie werden deswegen systemische Insektizide genannt, weil sie bei entsprechender Anwendung bereits beim Keimen in die Pflanze eindringen und sich mit dem Saftstrom in allen Systemen der Pflanzen einer behandelten Fläche, also auch in den Nicht-Zielpflanzen einschließlich deren Pollen und Samen, verteilen und somit allgegenwärtig sind.

Neonikotinoide wurden und werden (unter anderem) als Saatgutbeize ausgebracht. So werden beispielsweise als Saatgut dienende Maiskörner mit dieser so genannten „Beize" umhüllt. Bei einer solchen Vorgehensweise vergiftet man folglich, obwohl auf den Nutzpflanzen (noch) gar keine Schädlinge vorhanden sind, sozusagen vorauseilend, die Nahrungspflanzen vieler unschädlicher Insekten auf der Fläche gleich mit. Alle Pflanzen werden gewissermaßen zum Insektizid. Ein prominenter Unfall mit solchem Saatgut geschah im Frühjahr 2008. In der Oberrheinebene waren rund 12.000 Bienenvölker zugrunde gegangen, nachdem sie in Kontakt mit dem Neonikotinoid Clothianidin gekommen waren. Das Jahr 2008 ging dadurch als jenes mit dem großen (Honig-) Bienensterben in der Oberrheinebene in die Annalen ein (vgl. z.B. Spiegel vom 8.5. und 16.5.2008; Die Zeit vom 21.5.2008). Das Pestizid war, wie oben beschrieben, auf das Saatgut aufgebracht worden, um den Maiswurzelbohrer *Diabrotica virgifera* (LeConte, 1858) (Coleoptera, Chrysomelidae), eine seit Beginn der 1990er Jahre eingeschleppte und invasive Art, zu bekämpfen. Der Saatguthersteller hatte in dem Unglücksjahr bei einigen Chargen die gebeizten Maiskörner mit zu wenig Haftmittel versehen. Das Saatgut wurde mit pneumatischen Einzelkornsägeräten ausgebracht. Dabei war das Gift verstärkt abgerieben worden und der Abrieb von den Maiskörnern wurde durch die Technik der Aussaat mit der Luft nach oben gerissen (und nicht wie sonst in den Boden abgeführt). Somit waren die toxischen Stäube sofort in die Atmosphäre gelangt. Der Wirkstoff legte sich über benachbarte Rapsfelder und drang auch in die weitere angrenzende Landschaft vor. Insbesondere der Raps stand in diesem Jahr aufgrund des Witterungsverlaufs gerade in Blüte und wurde u.a. von Honigbienen beflogen. – Und nur Honigbienen haben eine Lobby! Der Schaden wurde bei den Imkern offiziell registriert und somit bekannt. Im Gegensatz zu den Schäden in der Natur bei den anderen Insekten, für die sich kaum jemand interessierte. Ich persönlich erinnere mich noch sehr gut, dass ich in diesem Frühjahr 2008 kaum Schmetterlinge am Westhang des Schwarzwaldes in der Ortenau fand, die sich in direkter Nachbarschaft zur Rheinebene befindet.

Neonikotinoide sind Nervengifte, die in den Synapsen der Nervenbahnen an den Acetylcholin-Rezeptoren andocken, so wie auch das Nikotin dort bindet. Raucher kennen das Phänomen der Abhängigkeit zu dieser Stoffgruppe, und auch bei Insekten wurde eine Bevorzugung von mit Neonikotinoiden vergifteten Blüten festgestellt (KESSLER et al. 2015). Im Gegensatz zum Nikotin, welches nur vorübergehend bindet und dadurch stimulierend wirkt, besetzen die Neonikotinoide diese Rezeptoren dauerhaft, woraus eine fortlaufende Stimulierung resultiert. Sie führt zum Zusammenbruch der Nervenfunktion. Eine solche Dauerstimulation ist z.B. erkennbar, wenn akut vergiftete Bienen zitternd von den Blüten fallen (WENZEL 2015).

Die Verwendung der Neonikotinoide als Insektizide begann in den frühen 1990er Jahren mit ihrer Entwicklung und Etablierung als „Pflanzenschutzmittel" am Markt. Das Vereinigte Königreich ist einer der wenigen EU-Staaten, aus dem detaillierte Verbrauchsstatistiken von Neonikotinoiden vorliegen, die von Simon-Delso et al. (2015) in einer instruktiven Grafik zusammengefasst wurden (Abb. 3).

Zu Beginn war mit der Studie von Habel et al. (2016a) anhand tagaktiver Schmetterlinge gezeigt worden, dass die Extinktion dieser Arten in den letzten Jahrzehnten immer stärker angestiegen ist. Genau seit jener Zeit, von der an die Neonikotinoide in die Landschaft gelangten, verschwanden besonders viele Tagfalterarten. Offenbar hat sich seit damals etwas in unserer Umwelt verändert, dass auch fernab landwirtschaftlicher Nutzung die Insekten aussterben lässt. Bedauerlich ist nur, dass man eine solche Zeitreihenanalyse wie die von Habel et al. (2016a), in deren Ergebnis das Ansteigen der Auslöschung von Arten nachgewiesen wurde, erst nach Jahrzehnten und immer erst im Nachhinein machen kann – dann, wenn es längst zu spät ist! Das Zusammenfallen der beiden Phänomene „Einführung der Neonikotinoide in die Landnutzung" und „exponentiell ansteigender Rückgang der Tagfalterarten" ist jedoch so auffällig, dass ein Zusammenhang naheliegend ist.

Die Substanz Imidacloprid wurde als erstes photochemisch stabiles Neonikotinoid im Jahr 1991 von der Bayer AG gegen „schluckende und saugende Insekten" auf den Markt gebracht. In der Folge wurden die Neonikotinoide am Markt zu der vom Umsatz her am schnellsten wachsenden

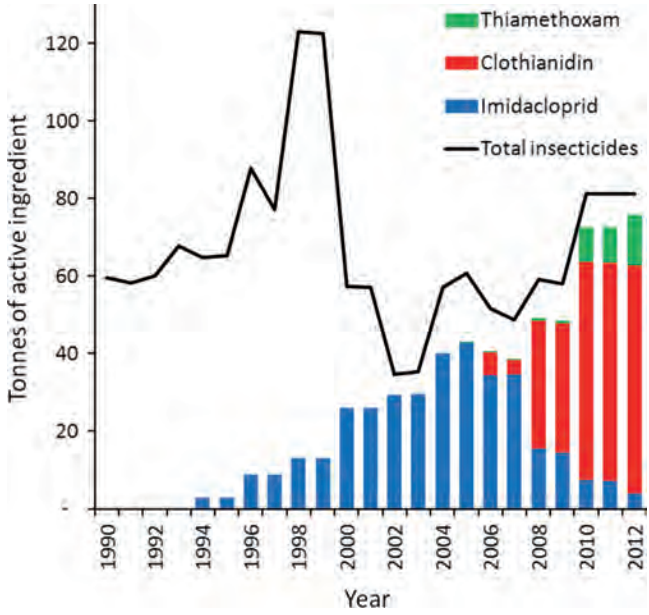

Abb. 3: Reproduktion der Abbildung 4 aus Simon-Delso et al. (2015: 12): „Entwicklung der landwirtschaftlichen Verwendung von Neonikotinoid-Insektiziden als Saatgutbehandlung in Großbritannien ab 1990, gemessen in Tonnen Wirkstoff pro Jahr (Säulen). Der Gesamtverbrauch aller insektiziden Saatgutbehandlungen (durchgezogene Linie) ist ebenfalls gezeigt."

Fig. 3: Copy of figure 4 from Simon-Delso et al. (2015: 12): "Trend in the agricultural use of neonicotinoid insecticides as seed treatments in Great Britain from 1990, measured in tonnes of active ingredient per year (bars). The total usage of all insecticidal seed treatments (solid line) is also shown."

Klasse von Insektiziden (Wikipedia-Eintrag zu Neonikotinoiden, siehe Verzeichnis der Internetquellen). Andere Insektizide wurden durch sie seitdem weitgehend substituiert (Abb. 3). Seitdem steigt die Bienensterblichkeit exponentiell an (WENZEL 2015) und mit ihr das Verschwinden vieler anderer Insekten. 2012 wurden im Vereinigten Königreich (UK) 82 t Neonikotinoide auf 1,3 Mio. ha Fläche verbraucht, 71 % davon Clothianidin und 16 % Thiamethoxam. Imidacloprid, das zuvor dominant war, verlor seit 2005 massiv an Bedeutung, während Clothianidin und Thiamethoxam stark zulegten. 2012 entfielen 85 % der mit Neonikotinoiden behandelten Fläche auf Getreide (vor allem Clothianidin) und Ölsaaten (vor allem Thiamethoxam). 19 % der Getreidefläche und 68 % der Ölsaatenfläche wurden mit Neonikotinoiden behandelt (Wikipedia l.c.).

Betrachtet man die Flächennutzung in Deutschland, so zeigt sich, dass 51 % der Gesamtfläche von der Landwirtschaft beansprucht werden, 30 % sind Waldfläche (Abb. 4; Quelle: Statistisches Bundesamt 2018). Die anderen Flächennutzungen können für die hier betrachtete Problematik vernachlässigt werden. Ein Teilverbot einiger Neonikotinoide hat das Problem nicht wirklich gelöst, vgl. Amtsblatt der Europäischen Union vom 25.5.2013: L139/12-14: „… die Beschränkung betrifft den Einsatz von … Neonikotinoiden … zur Saatgutbehandlung, Bodenanwendung und Blattbehandlung bei Pflanzen und Getreide (ausgenommen Wintergetreide), die Bienen anziehen. … Ausnahmen beschränken sich auf die Möglichkeit, Pflanzen, die Bienen anziehen, in Gewächshäusern zu behandeln, und im Freien nach der Blüte." Denn auch nach dem Teilverbot ist die genutzte Menge nicht wesentlich unter 200 t/Jahr gefallen (Abb. 5). Die Abbildung zeigt insbesondere, wie gering der Anteil nicht beruflich genutzter Neonikotinoide ist und entlarvt den Ruf nach einem Verbot zunächst der privaten Nutzung. Ein solches würde keinesfalls signifikant zu einer Verringerung dieser Stoffklasse in unserer Umwelt beitragen.

200 Tonnen Verbrauch von Neonikotinoiden pro Jahr gehen aus Abb. 5 hervor. Vor dem Hintergrund ihrer extrem starken Giftigkeit für Insekten erscheint diese Menge ziemlich groß. Ältere erinnern sich wohl noch an DDT. Dichlordiphenyltrichlorethan (abgekürzt DDT) ist ein Insektizid, das seit Anfang der 1940er-Jahre als Kontakt- und Fraßgift eingesetzt wurde. In Deutschland

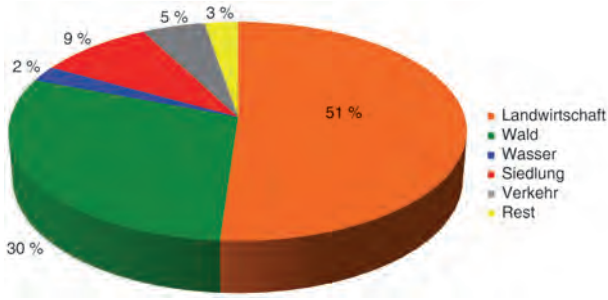

Abb. 4: Flächennutzung in Deutschland. Die Landwirtschaft macht über 50 % der Fläche aus. Nach STEIDLE (in litt.) auf der Basis von Daten des Statistischen Bundesamtes 2018.
Fig. 4: Land use in Germany. Agriculture accounts for over 50% of the area. After STEIDLE (in litt.), data from the Federal Statistical Office 2018. (Landwirtschaft = agriculture; Wald = forest; Wasser = water; Siedlung = settelement; Verkehr = traffic [road network]; Rest = rest)

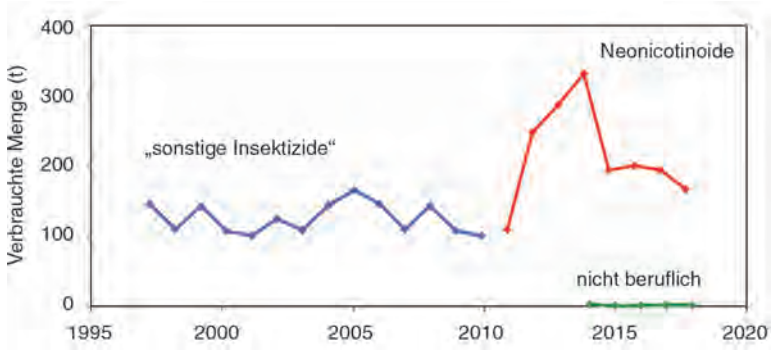

Abb. 5: Verbrauch von Insektiziden und Neonikotionoiden in Deutschland. Auch nach dem Teilverbot von 2013 ist die genutzte Menge nicht wesentlich unter 200t/Jahr gefallen. Nach Steidle (in litt.) auf Basis von Daten des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland, Meldungen gemäß § 19 Pflanzenschutzgesetz für die Jahre 1995-2018.

Fig. 5: Insecticide and neonicotionoid consumption in Germany. Even after the partial ban in 2013, the amount used did not drop significantly below 200t/year. After Steidle (in litt.), data from the Federal Office for Consumer Protection and Food Safety. Sales of plant protection products in the Federal Republic of Germany, notifications pursuant to article 19 of the Plant Protection Act for the years 1995-2018. ("Verbrauchte Menge" = amount used, "sonstige Insektizide" = other insecticides, "nicht beruflich" = non-professional)

wurde es vor dem Hintergrund seiner toxischen Wirkungen in der Umwelt 1972 vom Markt genommen. Bekannt ist die Anreicherung seiner Abbauprodukte in der Nahrungskette oder die durch DDT-Metaboliten verursachten dünnen Eischalen bei Greifvögeln wie Wanderfalke oder Fischadler, die zu katastrophalen Bestandseinbrüchen bei diesen Arten führten. Auch kam es zu Resistenzen bei den Zielorganismen, was dem massiven Einsatz in der Landwirtschaft zugeschrieben wurde. Deswegen war es nicht mehr sinnvoll, dieses Gift einzusetzen (vgl. Wikipedia-Eintrag zu DDT im Verzeichnis der Internetquellen).

DDT wirkt hauptsächlich auf das zentrale Nervensystem bei Insekten und führt zu einer Lähmung und schließlich zum Tod des Insekts. Damit ist es ebenfalls ein Nervengift, so wie die Neonikotinoide. Setzt man die Giftigkeit (letale Dosis im Sinne der LD_{50}) von DDT mit „1" an und vergleicht sie mit der Giftigkeit der Neonikotinoide, dann sieht man, dass letztere eine um mehrere Zehnerpotenzen höhere Giftigkeit besitzen (Abb. 7). Somit werden, um ein einzelnes Individuum z.B. einer Honigbiene zu töten, nur noch extrem geringe Mengen benötigt (wenige Nanogramm), die analytisch kaum noch nachgewiesen werden können.

Neonikotinoide sind für (Honig-)Bienen und damit wohl für die meisten Insekten bis zu 10.000-fach toxischer als DDT (Abb. 6). Wenn wir nun in der Vergangenheit diese Substanzen in der Natur ausgebracht haben und noch immer ausbringen, dann waren sie ja nicht weg, nachdem das Ziel ihrer Applikation erreicht wurde, sondern sie persistieren für eine bestimmte Zeit in der Natur weiter. Imidacloprid (Markenname „Gaucho" von Bayer), ein häufig angewendetes Neonikotinoid, kann mit einer Halbwertszeit von fast 1.000 Tagen rund fünf Jahre im Boden vorhanden bleiben. Das angeblich für Bienen so ungefährliche Thiamethoxam („Cruiser", Syngenta) hat zwar nur eine Halbwertszeit von 25-100 Tagen und damit eine Höchstverweildauer

Pestizid	®	Nutzung	Dosierung g/ha	LD_{50}/ng	Toxizität/ DDT
DDT	Dinocid	Insektizid	200-600	27.000,0	1,0
Thiacloprid	Proteus	Insektizid	62,5	12.600,0	2,1
Amitraz	Apivar	Akarizid	-	12.000,0	2,3
Acetamiprid	Supreme	Insektizid	30-150	7.100,0	3,8
Coumaphos	Perizin	Akarizid	-	3.000,0	9,0
Methiocarb	Mesurol	Insektizid	150-2.200	230,0	117,0
Tau-fluvalinat	Apistan	Akarizid	-	200,0	135,0
Carbofuran	Curater	Insektizid	600	160,0	169,0
λ-Cyhalothrin	Karate	Insektizid	150	38,0	711,0
Thiamethoxam	Cruiser	Insektizid	69	5,0	5.400,0
Fipronil	Regent	Insektizid	50	4,2	6.475,0
Imidacloprid	Gaucho	Insektizid	75	3,7	7.297,0
Clothianidin	Poncho	Insektizid	50	2,5	10.800,0

Abb. 6: Übersicht über einige häufig verwendete Pestizide und ein Vergleich ihrer Giftwirkung (LD_{50}) mit DDT, das 1972 in Deutschland und den USA verboten wurde. Rot unterlegte Zeilen bezeichnen die Neonikotinoide. – Quelle: Umgezeichnet nach BONMATIN, J.-M., Neonicotinoid Pesticides and Honeybees, siehe Verzeichnis der Internetquellen.
Fig. 6: Toxicity (LD_{50}) of some commonly used pesticides compared with that of DDT which was banned in Germany and the USA in 1972. Neonicotinoids are highlighted in red. – Source: Redrawn after BONMATIN, J.-M., Neonicotinoid Pesticides and Honeybees, see list of internet sources.

im Boden von ca. einem halben Jahr, sein primäres Abbauprodukt ist jedoch Clothianidin. Und Clothianidin, auch als Insektizid „Poncho" direkt von Bayer vertrieben, besitzt eine Halbwertszeit von 148 bis 1.155 Tagen; REXRODE et al. (2003) geben sogar bis zu 6.900 Tage an. Das wären dann fast 19 Jahre Halbwertszeit, was zu einer maximalen Verweildauer im Boden von über 30 Jahren und mutmaßlich ubiquitärer Verbreitung in der Natur durch Verdriften führen kann. Deswegen ist selbst nach einem Totalverbot der Neonikotinoide davon auszugehen, dass ein positiver Effekt für die Insekten in der Feldflur lange Zeit auf sich warten lassen wird.

Leider beeinträchtigen selbst kleinste, subletale Dosen von z.B. Imidacloprid wichtige lebensnotwendige Fähigkeiten bei Honigbienen. Das Nutztier muss hier als „Modell-Organismus" für Insekten dienen, da die Wirkungen von Neonikotinoiden bisher hautsächlich an ihm (sowie an Hummeln) untersucht wurden. Eine Störung folgender, für die Organismen wichtiger Vitalfunktionen wurde bei den hier angegebenen Applikationsmengen festgestellt: Rüssel-Reflex (Einrollen): 0,1-0,4 ng/Biene, Aufsuchen von Futterquellen: 0,075-0,21 ng/Biene, Erkennen verwandter Bienen: 0,25-0,7 ng/Biene, Scheintod (bis zu Stunden) und Bewegungskoordination: 0,0022 ng/Biene, Präzision der Angabe des Winkels beim Bienentanz: 0,5-1,4 ng/Biene, Präzision der Angabe der Entfernung beim Bienentanz: 2,5-7,0 ng/Biene (DOUCET-PERSONENI et al. 2003, s. Verzeichnis der Internetquellen).

HENRY et al. (2012) wiesen mittels Radiofrequenz-Identifikation nach, dass nach Gabe von 1,34 ng Thiamethoxam in 20 µl Zuckerlösung (Saccharose) bis zu 43,2 % der Sammelbienen nicht mehr zu ihrem Stock zurückfanden. WENZEL (2015: 68) führt dazu aus: „Das Tückische an diesen Substanzen ist …, dass die Bienen in der Regel nicht akut vergiftet … von den Blüten fallen, sondern dass … eine verdeckte subletale Vergiftung verursacht wird. Diese chronische Vergiftung bewirkt dann allmähliche Schädigungen des gesamten Nervensystems

einschließlich des Gehirns. Darauf beruht der gravierende Effekt der Desorientierung, weshalb ein Großteil der Bienen nicht mehr zum Stock nach Hause findet (Henry et al. 2012; Fischer et al. 2014). In diesem Zusammenhang ist das besonders in den USA gefürchtete CCD (Colony Collapse Disorder) zu sehen, wo bei vorhandener Königin, vollen Waben und gesund erscheinenden Jungbienen plötzlich sämtliche Flugbienen fehlen, ohne dass im Stock oder außerhalb tote Bienen zu finden sind. An der Harvard-Universität haben Semi-Feldversuche mit subletalen Dosen von Imidacloprid … ergeben, dass Bienenvölker nach zwölf Wochen noch lebten, dass aber nach 23 Wochen 96 % [der Völker] zugrunde gegangen waren (Lu et al. 2012)." (Ende Zitat Wenzel l.c.)
Auch muss erwähnt werden, dass Neonikotinoide die Immunantwort bei Honigbienen unterdrücken und bereits die geringe Menge von 21 ng/Biene ein Steuerungsprotein der Immunantwort beeinflusst, was zur Immunsuppression führt (Di Prisco et al. 2013). Wenzel (2015: 68:) führt dazu aus: „Biologische Prozesse gelten als bewiesen, wenn sie auf molekular-biologischer (genetischer) Ebene verifiziert werden können. Eben das wurde … durch Entomologen von drei italienischen Universitäten erreicht. Sie fanden, dass ein sogenanntes LRR-Protein, welches negativ mit der Bildung des Transkriptionsfaktors für die Produktion von Immunproteinen gekoppelt ist, durch Neonikotinoide direkt in der Expression erhöht wird, d.h., dass Neonikotinoide direkt ein LRR-Protein vermehren, welches zur Unterdrückung der Immunantwort führt. Die biologische Bedeutung dieser unterdrückten Immunantwort zeigten die Autoren auf, indem sie bei frisch geschlüpften Bienen (aus *Varroa*-freien Stöcken der Universität Neapel) nachgewiesen haben, dass die Replikation des Genoms des DWV-Virus dosisabhängig bis zum mehreren 1.000-fachen durch subletale, feld-realistische Dosen von Neonikotinoiden vermehrt wurde, und dosisabhängig zum Tod der Bienen führte. Di Prisco et al. (2013) weisen darauf hin, dass dieser verheerende Mechanismus der Immununterdrückung durch Neonikotinoide auch bei anderen Infektionen, insbesondere bei Darm-Bakterien und Mykosen (z.B. *Nosema*), zum Tragen kommt." (Ende Zitat Wenzel l.c.) Es ist zu befürchten, dass diese krankmachende Wirkung der Neonikotinoide nicht nur die Honigbienen trifft.

3. Wo unser Wissen herkommt, warum Insektensammlungen Primärdatenbanken der Biodiversität sind und warum es gilt, sie zu fördern

Zuweilen begegnet man der Schutzbehauptung, insbesondere von Seiten der industriellen Agrarlobby, man wisse zu wenig, um in der Fläche zum Zustand der Insekten gültige Aussagen treffen zu können. Dies wird im Folgenden an Hand der Entwicklung der Schmetterlingsfaunistik in Baden-Württemberg widerlegt (vgl. auch Trusch 2009). In diesem Flächenland sind Aussagen zur dieser Insektengruppe aufgrund von Daten, die über 200 Jahre in die Vergangenheit reichen, sehr gut möglich (Daten zuletzt analysiert von Habel et al. 2019). Und dies dürfte auch für andere Bundesländer zutreffen, wenn man die historischen Datenquellen erschließt und auswertet. Auch wenn etliche sehr frühe Angaben im Grundlagenwerk (GLW) „Die Schmetterlinge Baden-Württembergs" (Ebert 1991-2005) und damit in der Landesdatenbank „Schmetterlinge Baden-Württembergs" (LDS-BW) vorliegen, z.B. durch Johann Bauhin (1541-1613), vgl. dazu Steiner & Ebert (2005), die früheste Übersicht über einen größeren Teil Baden-Württembergs erschien zu Beginn des 19. Jahrhunderts (Roth von Schreckenstein 1800). Solche Lokalfaunen, die in den folgenden zweihundert Jahren immer größere Gebiete bis hin zu Landesfaunen für Württemberg (Seyffer 1850; Keller & Hofmann 1861; Schneider

1937-1940; WÖRZ 1949-1956, 1958) und Baden (REUTTI 1853; REUTTI et al. 1898) umfassten, wurden schließlich mit dem zehnbändigen GLW für den Artenschutz (EBERT 1991-2005) vorläufig gekrönt.

Heute zeigt uns ein Blick in das GLW, ob und wo eine Schmetterlingsart in Baden-Württemberg vorkam (Ausnahme: Neufunde nach dem Erscheinen des letzten Bandes 2005), informiert über ihre Biologie und zeigt nötigenfalls Möglichkeiten für ihre Erhaltung auf. Der aktuellste Zeithorizont der Verbreitungskarten der einzelnen Arten liegt in den Büchern allerdings im Jahr 1970. Aussagen zur gegenwärtigen Bestandssituation wurden damit zunehmend schwieriger, denn das Werk verliert mit fortschreitender Zeit an Aktualität. Diesem langsamen Veralten der Verbreitungskarten des GLW wird entgegengewirkt, indem die LDS-BW mit der so genannten Webapplikation „InsectIS-Online" in Form von regelmäßig aktualisierten Beobachtungskarten seit Juli 2008 der Allgemeinheit zugänglich gemacht wurde. Die LDS-BW ist die Arbeitsdatenbank zur Schmetterlingsfauna des südwestdeutschen Bundeslandes und wird vom Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe (SMNK) betreut. Mit ihr stehen interaktive, aktualisierte Beobachtungskarten aller ca. 1.170 in Baden-Württemberg heimischen Großschmetterlingsarten zur Verfügung, darüber hinaus auch immer mehr Meldungen zu den ca. 1.680 im Südwesten vorkommenden Kleinschmetterlingsarten (s. dazu auch TRUSCH 2009). Die Nutzung des Internets für die Faunistik kann man durchaus als „Faunistik 2.0" bezeichnen, denn die Erforschung des Bezugsraumes wurde in den vergangenen zehn Jahren, seit denen das Portal den Faunisten zur Verfügung steht, deutlich beschleunigt. So lagen im Jahr 2008 nur von 40 topografischen Kartenblättern (TK25, 1:25.000, ca. 12 x 12 km) Nachweise von mehr als 600 Schmetterlingsarten vor. Die zugehörige Menge der Datensätze

Abb. 7: Auch geschützte Insektenarten sind Bestandteile der natürlichen Nahrungspyramide. Ein Pirol verfüttert einen Kleinen Schillerfalter *Apatura ilia* an seine Jungen. Foto: KARL VERLOHNER.
Fig. 7: Protected insect species are part of the natural food pyramid too. An oriole feeds a specimen of the lesser purple emperor *Apatura ilia* to its offspring. Photo: KARL VERLOHNER.

betrug rund 600.000. Sie waren in fast vier Jahrzehnten seit den späten 1960er Jahren durch die Arbeitsgruppe um Günter Ebert am SMNK zusammengetragen worden. Bereits mit diesem Durchforschungsgrad war es möglich, das GLW in vorbildlicher Qualität zu erarbeiten. Mit dem Bearbeitungsstand von 2018 ist diese Artenzahl bereits auf 118 Kartenblättern überschritten worden und die Menge der Beobachtungen (= Datensätze) hat sich innerhalb des letzten Jahrzehnts auf 1,4 Mio. erhöht (Trusch et al. 2020).

Schmetterlinge haben viele Feinde. Entomologen und Schmetterlingssammler, also jene Menschen, die heutzutage als die fast letzten Insektenkundigen zu bezeichnen sind, gehören freilich nicht dazu. Auch Vögel verfüttern seltene und geschützte Arten wie z.B. den Kleinen Schillerfalter *Apatura ilia* (Abb. 7), der nach der „Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung, BArtSchV) als „besonders geschützte Art" gilt. Und eine einzige Fledermaus frisst 1,8-3,6 kg Insekten im Jahr (Scoble 1995), worin beispielsweise mehr als 10.000 Schmetterlinge enthalten sind (Hausmann 2001).

Obwohl also durch Fledermäuse oder Vögel erheblich größere Insektenmassen der Natur entnommen werden, als dies naturwissenschaftlich sammelnde Entomologen je tun könnten, benötigen letztere eine Ausnahmegenehmigung von einer Naturschutzbehörde. Die Tätigkeiten der Entomologen haben jedoch einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Insektenpopulationen, die als Teil der natürlichen Nahrungspyramide zum überwiegenden Teil Beute von Prädatoren und Parasitoiden werden. Hier zeigt sich einmal mehr die Absurdität solcher Verordnungen (BArtSchV) und Naturschutzgesetze (BNatSchG und die entsprechenden Landesversionen), welche sich nicht gegen die wirklichen Verursacher des Insektensterbens richten. Denn die sogenannte „gute fachliche Praxis" der Land- und Forstwirtschaft, welche die ganze Misere erst verursacht hat, wird sogar explizit von diesen Gesetzen ausgenommen! Um das schizophrene Handeln des Staates in Bezug auf den Schutz von Insekten auf den Punkt zu bringen, haben Segerer & Rosenkranz (2018) das Instrument der ABC-Analyse bemüht, einer in der Wirtschaft üblichen Methode zur Entscheidungshilfe mittels Einteilung in die Klassen A (sehr wichtig), B (wichtig) und C (am wenigsten wichtig). Sie ist ein Instrument zum Erkennen von Schwerpunkten; ein solches Verfahren ist ferner für außenstehende (politische) Entscheider übersichtlich und klar nachvollziehbar. Stellen Sie sich dazu einen Betrieb vor, der in die roten Zahlen rutscht. Konsequenterweise wird die Unternehmensleitung Ursachenforschung betreiben und die erkannten Faktoren nach Wichtigkeitsklassen einteilen und gewichten (Tab. 1, linke Seite). Auf der Basis dieser Erkenntnisse gibt es nur eine vernünftige Lösung zur Rettung unseres hypothetischen Betriebes: nämlich die wesentlichen Ursachen unter A und vielleicht noch B anzugehen. Der Rest (C) ist weder notwendig noch würde er sich rechnen.

Der Staat macht beim Insektensterben genau das Gegenteil. Obwohl die Hauptursachen (A; siehe Tabelle 1, rechte Seite) längst so klar sind, dass er als Gesetzgeber entsprechend handeln könnte, tut er so gut wie nichts, um z.B. die Agrarindustrie in der Verwendung von Ackergiften einzuschränken oder den Flächenfraß, der auch durch zukünftige Baugebiete weiter die Habitatverinselung verschärft, endlich zu stoppen. Noch immer haben wir keine „Netto-Null" beim Flächenverbrauch! Selbst im aktuellen, gerade z.B. für Karlsruhe erarbeiteten Flächennutzungsplan (FNP), der ja bis in die Mitte unseres Jahrhunderts (2050) reichen soll, ist das so. Vermutlich sieht auch andernorts fast jeder gültige FNP so aus. Dagegen erschwert der Staat kraft Gesetz massiv das wissenschaftliche Insektensammeln (Kategorie C in Tab. 2). Damit tut er nicht nur nichts Effektives gegen das

Insektensterben, er bewirkt gleichzeitig, dass es zukünftig immer weniger Menschen gibt, die das Insektensterben wissenschaftlich dokumentieren können.

Bedingt dadurch, dass Kinder und Jugendliche sich heute nicht mehr unbeschwert mit freilebenden Tieren befassen und diese nach Hause mitnehmen dürfen, und auch, weil die früher hierzu motivierenden Biologielehrer den dafür verantwortlichen Natur- und Artenschutzgesetzen unterliegen und oft die Mühen von Ausnahmegenehmigungen und nachfolgender Berichtspflicht scheuen, haben wir seit Jahrzehnten kaum noch Nachwuchs an Artenkennern, insbesondere bei Entomologen. Bei letzteren ist das Anlegen einer Sammlung aber Grundvoraussetzung für spätere Artenkenntnis und dient u.a. der Nachprüfbarkeit der Determination, aber auch der wiederholten Anschauung von immer wieder demselben Individuum, was für das Erlernen von Arten in der Jugend eine große Rolle spielt. Die Veranlagung zum Artenspezialisten ist, ähnlich wie eine musische Begabung, jedoch nur bei sehr wenigen Kindern und Jugendlichen angelegt. Wird eine solche Begabung von der Gesellschaft nicht „abgeholt" (d.h. durch sie unterstützt und nicht von ihr verboten), ist ein „Begreifen" im doppelten Wortsinn nicht möglich, dann gehen solche Begabungen Einzelner für die Gesellschaft verloren. Dies ist fatal, wie uns der eklatante Mangel an Artenkennern zeigt. Schon heute können beispielsweise Behörden kaum noch Spezialisten finden, die in der Lage sind, artenreiche Tiergruppen z.B. für ein Insekten-Monitoring zu bearbeiten, sofern es sich nicht um „Modellgruppen" wie Tagfalter oder Heuschrecken handelt.

Dabei ist das Anlegen von Insektensammlungen unbedingt erforderlich, um z.B. die Determinationssicherheit und die spätere Überprüfbarkeit der Bestimmung faunistischer Datensätze zu gewährleisten. Die Anzahl der Falter, die z.B. in Europa innerhalb einer Minute im Straßenverkehr getötet werden, übersteigt die Zahl der von allen europäischen Sammlern in einem Jahrhundert gesammelten Exemplare um ein Vielfaches (HAUSMANN 2001). Auch lockt private und industrielle Beleuchtung Nachtfalter und andere Insekten an, tötet sie oder verhindert ihre Vermehrung. So vernichtet z.B. die intensive Beleuchtung an monumentalen Denkmälern in Süditalien über fünf Millionen Großschmetterlinge im Jahr (HAUSMANN 2001). Und bei Fahrzeugverkehr oder Beleuchtung handelt es sich noch nicht einmal um die Hauptursachen des Insektensterbens.

Betrieb **Wertanteile**	**Klasse**	**Insektensterben** **Wertanteile**	**Klasse**
Produktmängel, Vertrieb	A	Agrarindustrie, Überdüngung, Güllewirtschaft, Flächenfraß, Habitatvereinselung	A
Krankenstand	B	Straßenverkehr, Lichtverschmutzung, Klimawandel	B
Diebstahl von Klopapier	C	Insektensammeln	C

Tab. 1: Aus der Betriebswirtschaft entlehnte „ABC-Analyse" mit der Einteilung und Gewichtung der Ursachen nach Klassen: A (sehr wichtig), B (wichtig) und C (am wenigsten wichtig) zur Ermittlung der Hauptgründe für die finanzielle Schieflage eines Betriebes, der in die roten Zahlen geraten ist (linke Seite), und analoge Anwendung der ABC-Analyse zur Darstellung der Hauptursachen beim Insektensterben (rechte Seite) (nach SEGERER & ROSENKRANZ 2018: 125).

Tab. 1: "ABC analysis" borrowed from business management with the classification and weighting of the causes according to classes: A (very important), B (important) and C (least important) to determine the main reasons for the financial imbalance of a company that got into the red (left), and analogous use of the "ABC analysis" to show the main causes in the decline in insect populations (right) (after SEGERER & ROSENKRANZ 2018: 125).

Wissenschaftliches Sammeln dient dem Naturschutz! Denn ohne die umfangreichen Sammlungen, die in der Vergangenheit angelegt wurden, wüssten wir heute nicht, wo bestimmte Arten einst vorkamen. Insektensammlungen sind heute die mit Abstand wichtigste Informationsquelle für den Artenschutz. Beim wissenschaftlichen Sammeln geht es nicht darum, von einer Art möglichst viele makellose Exemplare zu besitzen, sondern die jeweilige Art in der Fläche zu dokumentieren, d.h. von möglichst vielen Stellen und aus verschiedenen Zeiten Belegexemplare aufzubewahren und datentechnisch zu erschließen. Eine Sammlung von Tieren kann nur sehr eingeschränkt durch die Fotografie ersetzt werden, denn neue Erkenntnisse in der Forschung erfordern immer wieder eine Überprüfung am Objekt, z.B. um eine veraltete Bestimmung zu korrigieren oder neue Untersuchungsmethoden (z.B. DNA-Sequenzierung, Analyse von Inhaltsstoffen, morphologische Untersuchungen etc.) an den genadelten und bezettelten Objekten anzuwenden. Sammlungen sind damit die „Primärdatenbanken" der Biodiversität, die idealerweise zu gegebener Zeit in einem Naturkundemuseum deponiert und dort dauerhaft erhalten werden (wozu wissenschaftliches und technisches Personal nötig ist, das sich die Gesellschaft ebenfalls leisten muss). Ort und Datum sowie der Sammler sind unverrückbare Informationen. Aber bereits die Determination ist eine erste wissenschaftliche Hypothese, die am Objekt im Licht neuer Erkenntnisse gegebenenfalls immer wieder erneut getestet werden muss. Ohne das Wissen der Sammler, die in der Regel auch die faunistischen Experten für die von ihnen gesammelten Gruppen sind, hätten wir im Übrigen auch keine Roten Listen, eines der Hauptinstrumente des Naturschutzes. Denn nur diese Sammler liefern (zumeist ehrenamtlich) die für die Erstellung der Roten Listen notwendigen Daten über das Auftreten der Arten in Zeit und Raum sowie auch zu ihrer Biologie, aus denen dann die darüber hinausgehenden Aussagen zu den lang- und kurzfristigen Bestandstrends abgeleitet werden können. Die Rote Liste ist gleichzeitig Aussage zur

	Anzahl ausgestorbener oder verschollener Arten RL 0	Anzahl vom Aussterben bedrohter Arten RL 1	Anzahl stark gefährdeter Arten RL 2	Anzahl gefährdeter Arten RL 3	Gefährdung unbekannten Ausmaßes RL G	Ausgestorbene oder bestandsgefährdete Arten in Prozent / Gesamtzahl der Arten %/n
Tagfalter	5	12	33	25	2	**41,8 %/184**
Eulenfalter, Trägspinner und Graueulchen	23	32	61	52	2	**32,1 %/530**
Spinnerartige Falter	15	27	25	25	0	**36,9 %/249**
Spanner, Eulenspinner und Sichelflügler	10	35	30	41	3	**27,0 %/440**
Schmetterlinge Deutschlands insgesamt						**34,4 %/1.403** (von 3.682 Arten)

Tab. 2: Gefährdungssituation der Schmetterlinge Deutschlands nach den aktuellen Roten Listen der Artengruppen Tagfalter (Reinhardt & Bolz 2011), Spinnerartige (Rennwald et al. 2011), Eulenfalter (Wachlin & Bolz 2011) und Spanner (Trusch et al. 2011).

Tab. 2: Threat situation of Lepidoptera in Germany according to the current red lists of species groups of butterflies ("Tagfalter", Reinhardt & Bolz 2011), bombycoids ("Spinnerartige", Rennwald et al. 2011), noctuoids ("Eulenfalter", Wachlin & Bolz 2011) and geometroid moths ("Spanner", Trusch et al. 2011). 0: extinct or missing, 1: critically endangered, 2: endangered, 3: vulnerable, G: endangerment of unknown extent.

gegenwärtigen Situation der Insekten, z.B. bei den Großschmetterlingen in Baden-Württemberg (EBERT et al. 2005). Nur diese Publikation gibt Antwort darauf, wie viele Großschmetterlingsarten dort schon ausgestorben oder verschollen (5 %), vom Aussterben bedroht (8 %), stark gefährdet (9 %) und gefährdet sind (12 %) oder auf die Vorwarnliste gesetzt werden müssen (14 %). Insgesamt ist bei den Großschmetterlingen in Baden-Württemberg ein Drittel der Arten (34 %) gefährdet, und es ist davon auszugehen, dass eine neuere Bearbeitung (die gültige Rote Liste ist fast 20 Jahre alt) keine besseren Werte liefern wird. Denn auch nach den aktuellen Roten Listen der Großschmetterlinge Deutschlands (Tagfalter: REINHARDT & BOLZ 2011, Eulenfalter: WACHLIN & BOLZ 2011, Spinnerartige: RENNWALD et al. 2011 und Spanner: TRUSCH et al. 2011) ergibt sich, dass insgesamt ein gutes Drittel der Arten (34,4 %) in unterschiedlichem Ausmaß gefährdet sind (Tab. 2), obgleich hier ein wesentlich größeres Gebiet betrachtet wird und damit der Anteil gefährdeter Arten eigentlich sinken sollte.

Insekten übernehmen wichtige Funktionen im Nahrungsnetz der Natur. Gefährdet oder gar ausgerottet wurden sie dadurch seit Abermillionen Jahren nicht. Erst unsere menschlichen Aktivitäten haben sie in die gegenwärtige besorgniserregende Situation gebracht. Die grundsätzliche Änderung der Landnutzung nach dem Zweiten Weltkrieg ist die Hauptursache für das Insektensterben, das in den letzten Jahrzehnten noch einmal deutlich anstieg (HABEL et al. 2019), was an einem für die Nutzung großer Flächen relevanten Beispiel noch verdeutlicht werden soll.

So war der wesentliche Energielieferant (sozusagen die „Energiepflanze“) für den Transport oder die Bearbeitung der Felder vor dem Zweiten Weltkrieg das Heu. Und um Heu zu produzieren braucht man Wiesen. Jahrhundertelang gab es keine großen, motorbetriebenen Maschinen und man hat die Wiesen zwar in der Fläche intensiv genutzt, jede Böschung wurde noch gemäht, aber der Schnitt erfolgte manuell, meist mit der Sense, und in der Regel nur zwei Mal pro Jahr. Gedüngt wurde nicht, der wertvolle Mist war dem Acker vorbehalten. Nährstoffarme Wiesen sind natürlich eine vom Menschen geschaffene Kulturlandschaft, aber diese Nutzungsform der Landschaft hat einen hohen Artenreichtum bei Pflanzen und Tieren, insbesondere bei den Insekten, hervorgebracht, eine extrem große Biodiversität. Den Absatzmarkt für das Heu lieferten die Milchkühe und nicht zuletzt das Militär, das es für die Kavallerie benötigte.

ROBERT LAUTERBORN (* 23. Oktober 1869 in Ludwigshafen, † 11. September 1952 in Freiburg im Breisgau), der berühmte Rheinforscher, schreibt in seiner Autobiografie, die um das Ende des Zweiten Weltkrieges in seinen letzten Lebensjahren entstand, in Kapitel „6.1.12 Ein verlorenes Paradies der Vorderpfalz“ (posthum veröffentlicht durch REGIOWASSER e.V. 2009: 381): „Ein Botaniker, der heute mit der Straßenbahn von Ludwigshafen nach Bad Dürkheim an der Haardt fährt, ahnt nicht, daß er zwischen Oggersheim, Maxdorf und dem Fuß des Gebirges ein Gebiet durchquert, das vor einem Jahrhundert zu den floristisch reichsten und pflanzengeographisch interessantesten des ganzen Rheingebietes gehörte. Denn an Stelle der Ackerfelder, Kulturwiesen, Obstbaumpflanzungen und Weinberge, wie wir sie jetzt hier schauen, dehnten sich damals weithin Naturwiesen, und zwar auf dem etwas höher gelegenen Gelände Trockenwiesen vom Charakter der Steppenheide, während die feuchten Senken Riedwiesen erfüllten. Hier hatten sich also die letzten etwas größeren zusammenhängenden Bestände einer urwüchsigen Vegetation erhalten, welche ehedem die kalkreichen Böden der diluvialen Hoch- und Niederterasse im Bereich der Pfälzer Rheinebene weithin beherrschte, seitdem aber durch die Kultur so stark verdrängt oder vernichtet worden

ist, daß wir ihre frühere Ausdehnung fast nur noch aus älteren Fundortsangaben bestimmter Leitpflanzen der Trockenwiesen und Riede zu erschließen vermögen."

Die heutige Energiepflanze ersten Ranges ist der aus Mexiko stammende Mais (*Zea mays*; Poaceae). Er dominiert die Flur inzwischen weiträumig. Und nicht nur die Biodiversität eines Maisackers ist äußerst gering, von herbizidtoleranten Pflanzen wie „Schadhirsen" (ein von der Agrarchemie verwendeter Begriff für Arten der Gattungen *Digitaria*, *Echinochloa*, *Panicum* oder *Setaria*, alle Poaceae) einmal abgesehen. Auf die Frage eines Bauern an einen südwestdeutschen Botaniker, was er denn hier tue, als er ihn auf seinem Weizenfeld im Rahmen seiner Arbeit für ein Biodiversitäts-Monitoring antraf, sagte dieser, dass er hier Pflanzen kartiere, aber nur noch eine weitere Pflanzenart neben der Nutzpflanze gefunden hätte. Der Bauer antwortete daraufhin: „Oh, da habe ich etwas falsch gemacht" (Breunig in litt.). – Das ist also der Anspruch des „perfekten Landwirts" heute: nichts mehr neben seiner Kultur zu dulden! Man muss sich nicht wundern, dass Lebensraum für andere Arten in solcherart vergewaltigter Agrarlandschaft praktisch nicht mehr vorhanden ist.

Leider ist dies nicht das einzige Problem der heutigen industriellen Landnutzung. Dem Problem des Stickstoffüberschusses durch Düngung (Gülle) und den atmosphärischen Stickstoffeintrag sind inzwischen ganze Abhandlungen gewidmet (für die Wirkung auf Schmetterlinge siehe z.B. Reichholf 2017; eine zusammenfassende Übersicht der Stickstoff-Berichte für Baden-Württemberg siehe LUBW im Verzeichnis der Internetquellen). Mehr Nährstoffe führen zu stärkerem Wachstum und dem Verdrängen von Pflanzen, die auf magere Standorte angewiesen sind. Die üppigere Vegetation führt auch dazu, obwohl es eigentlich wärmer wird (Stichwort: Klimawandel), dass es heute mikroklimatisch am Boden kälter ist, weil die dichtere Vegetation dazu führt, dass es dort schattiger und damit kühler und feuchter ist. Offene, besonnte Bodenstellen verschwinden, die Vegetationsdecke am Boden verfilzt. Feuchtigkeit und Kälte begünstigt Pilzinfektionen bei den Raupen, auch wird stickstoffreiche Nahrung schlechter vertragen (z.B. Reichholf l.c.; Kurze et al. 2018). Die anfangs zitierte „Regensburger Studie" (Habel et al. 2016a) hat ebenfalls gezeigt, dass thermophile Arten trotz der Klimaerwärmung rückläufig sind. Daneben zeigt die Studie eine systematische Zunahme von Arten mit nitrotoleranten/-philen Futterpflanzen, Spiegel zunehmender Eutrophierung und dem daraus resultierenden Verlust an Habitatspezialisten bei gleichzeitiger Zunahme an Generalisten.

Dass die durch Düngung hervorgerufene hohe Stickstoffkonzentration in den Nahrungspflanzen ebenfalls für den Insektenrückgang verantwortlich ist, zeigen die Ergebnisse von Kurze et al. (2018). Um den Einfluss der Düngung zu untersuchen, wurden die Überlebensraten der Raupen von sechs weit verbreiteten Tag- und Nachtfalterarten unter verschiedenen Düngeszenarien dokumentiert. Die Stickstoffgaben entsprachen dabei den in der mitteleuropäischen Landwirtschaft heute üblichen Düngemengen. Diese führten in der Studie zu einer Zunahme des Stickstoffgehalts in den Wirtspflanzen und gleichzeitig zu einer deutlich erhöhten Mortalitätsrate der Schmetterlingsraupen aller getesteten Arten. Damit konnte gezeigt werden, dass die aktuell in der Landwirtschaft ausgebrachte Düngermenge den physiologischen Toleranzbereich der Schmetterlinge überschreitet. Somit trägt auch die Düngung zum flächenhaften Insektenrückgang bei.

Seit mehr als einem Jahrhundert wurden durch Melioration, Flurbereinigung, Einsaat von Nutzgräsern, Forstwirtschaft (Monokulturen), Landschaftsverbrauch (Gewerbeflächen, Straßen) oder die immer stärkere

Nutzung der Natur in der Freizeit Habitate vernichtet. Zum größten Teil hält dies bis heute an. Letztere Faktoren, die eher lokal wirken, haben unterschiedlich starke Wirkungen, die z.T. nicht so verheerend sind wie jene der weiter oben besprochenen, flächig wirkenden Faktoren.

Der flächendeckende Rückgang von Schmetterlingen konnte kürzlich für Baden-Württemberg auch hinsichtlich seiner zeitlichen Dimension analysiert werden (HABEL et al. 2019). Mit dieser ersten landesweiten Langzeitstudie, welche Daten über die tagaktiven Schmetterlinge in Südwestdeutschland (35.751 km²) bis zurück in das 18. Jahrhundert nutzt, verfestigt sich das Bild, das bereits die „Krefeld-Studie" (HALLMANN et al. 2017) zeichnete: (1) der Artenreichtum geht stark zurück, (2) Habitatspezialisten verschwinden aus großen Teilen Baden-Württembergs. Die

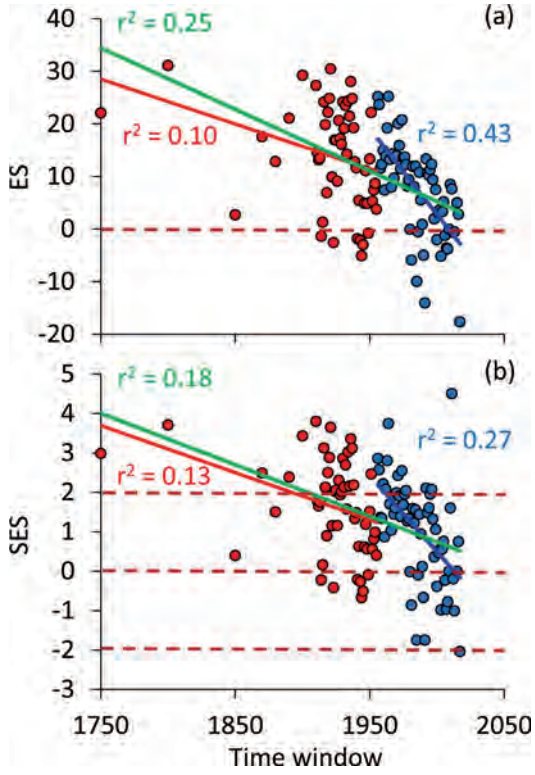

Abb. 8: Reproduktion der Abbildung 1 aus HABEL et. al (2019: 3) „Analysen von (**a**) Effektgrößen ($ES = S_{obs} - S_{exp}$) und (**b**) standardisierten Effektgrößen (SES) des Artenreichtums in jedem Studienfenster ergaben 1956 einen Kipppunkt (rote Daten und Regressionslinie davor, blaue Daten und Regressionslinie nach 1956). Die grünen Regressionslinien beziehen sich auf alle Studienfenster. Erklärte Varianzen (r_2) beziehen sich auf gewöhnliche lineare Regressionen der kleinsten Quadrate. Alle Regressionen sind bei $P < 0{,}01$ signifikant. Durchbrochene Linien definieren die Null-Effekte und die oberen und unteren zweiseitigen 95 %-Konfidenzgrenzen der SES."

Fig. 8: Copy of figure 1 from (HABEL et. al 2019: 3) "Analyses of (**a**) effect sizes ($ES = S_{obs} - S_{exp}$) and (**b**) standardized effect sizes (SES) of species richness in each study window returned a breakpoint in 1956 (red data and regression line before, blue data and regression line since 1956). The green regression lines refer to all study windows. Explained variances (r_2) refer to ordinary linear least squares regressions. All regressions are significant at $P < 0.01$. Broken lines define the zero effects and the upper and lower two-sided 95% confidence limits of SES."

Wahrscheinlichkeit, viele Individuen von unterschiedlichen Arten anzutreffen, hat besonders seit Mitte der 1950er Jahre stark abgenommen, wobei der Kipppunkt bereits im Jahr 1956 liegt (Abb. 8). Dieser negative Trend hat sich im Verlauf der letzten zwei Jahrzehnte nochmals drastisch beschleunigt, obwohl in dieser Zeit, bedingt durch die Einführung des Natura 2000 Netzwerks, die Naturschutzanstrengungen der öffentlichen Hand sogar zugenommen haben („FFH-Richtline": Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen und nachfolgende Anpassungen, zuletzt mit Wirkung zum 1. Juli 2013, s. FFH-Richtlinie im Verzeichnis der Internetquellen). Die Feststellungen der Regensburger Studie (Habel et al. 2016a) beschreiben also keineswegs ein lokales Phänomen. Vielmehr bestätigt sich, dass das Land insgesamt vom Auslöschen der Arten betroffen ist.

Unsere statistische Analyse von 163 tagaktiven Schmetterlingsarten Baden-Württembergs zeigt in jedem Untersuchungsfenster (Zeitabschnitt) ab 1956 einen Zusammenbruch und belegt eine flächendeckende Reduktion der Häufigkeit der meisten Arten. Ein Trend, der auch vor Naturschutzgebieten und extensiv genutzten Flächen nicht Halt macht, unabhängig von Nutzungsgrad und Nutzungsänderung. Dies sollte äußerst nachdenklich und besorgt stimmen, da sich offensichtlich die Landschaft in einem so lebensfeindlichen Zustand für die Schmetterlinge befindet, dass überregional Populationen verschwinden. Ökologische Systeme können bei der Überschreitung eines Grenzwertes kippen. Dies könnte in Baden-Württemberg schon vor etwa 20 Jahren geschehen sein.

Besonders jene Arten sind von Populationsverlusten betroffen, die ganz spezifische Lebensraumansprüche haben und somit über eine geringe Umweltplastizität verfügen, also nicht flexibel auf Umweltveränderungen reagieren können. Beispiel hierfür sind die Arten der Magerrasen, Feuchtwiesen und Moore. Diese Lebensräume finden sich in unseren intensiv genutzten Landschaften kaum noch. Darüber hinaus hat sich auch die Qualität der verbleibenden Resthabitate in den meisten Fällen verschlechtert, vor allem durch atmosphärische Düngung (Ammoniak, Stickoxide) sowie durch den Eintrag schädlicher Stoffe (Pestizide) aus angrenzenden Flächen.

Als Beispiel für eine Art der Feuchtwiesen und Moore soll hier das Moorwiesenvögelchen *Coenonympha tullia* (Müller, 1764) in Baden-Württemberg näher betrachtet werden. Diese Art kam in den Mooren des Südschwarzwaldes und Oberschwabens einst als Charakterart (Leitart) für diesen Lebensraumtyp an vielen Stellen vor (Abb. 9). Heute sehen wir, dass diese Art in den Mooren Oberschwabens, obwohl diese inzwischen fast alle unter Naturschutz stehen, nahezu verschwunden ist. Trotz Nachsuche konnten ihre Vorkommen dort nicht mehr bestätigt werden; nur ein besiedelter Quadrant ist verblieben. Im Gegensatz dazu gibt es die Art im Südschwarzwald noch an etlichen Stellen.

Wir haben es bei den Habitaten im Südschwarzwald mit weiträumig durch Wälder gepufferten Bereichen zu tun, die dadurch relativ gut vor Stoffeinträgen aus der Umgebung geschützt sind. Die dortigen Habitate grenzen nicht unmittelbar an Äcker an. Dagegen reicht in Oberschwaben die intensive Landwirtschaft bis in die unmittelbare Nachbarschaft der Schutzgebiete. Neben der atmosphärischen Düngung, der die Lebensräume auch im Schwarzwald ungeschützt ausgesetzt sind, können in Oberschwaben viel direkter Stoffeinträge aus den benachbarten Äckern in die Lebensstätten des Falters eindringen. Und die Stoffgruppe, die hier verdächtigt wird, wurde oben benannt. Die Analogie zum Verschwinden der Arten, wie sie mit der Regensburger Studie (Habel et

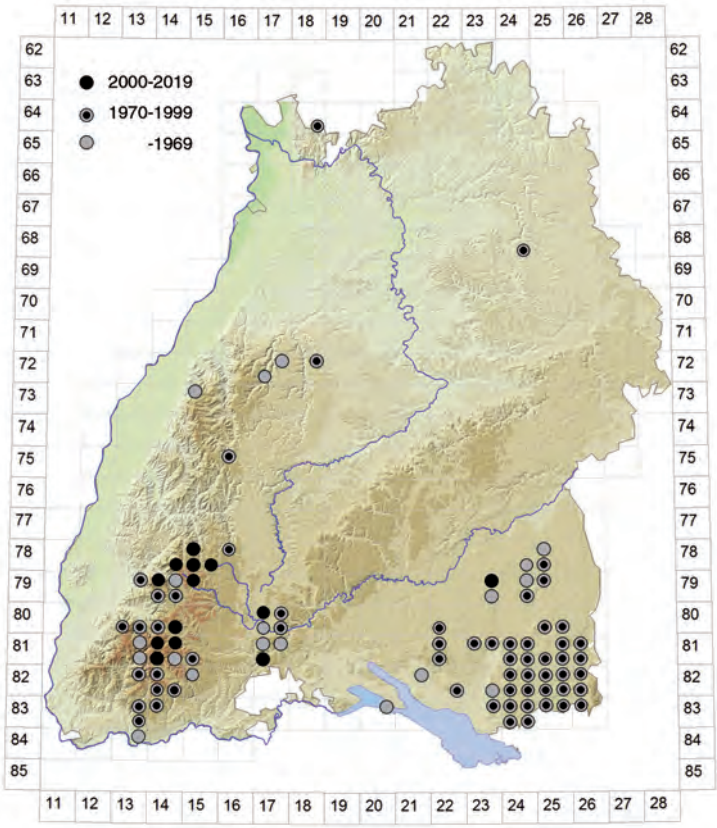

Abb. 9: Arealregression beim Moorwiesenvögelchen *Coenonympha tullia* (Müller, 1764) in Baden-Württemberg. Mit der Jahrtausendwende ist die Art in Oberschwaben aus der Fläche fast verschwunden. – Quelle: Landesdatenbank Schmetterlinge Baden-Württembergs, Grafik aus InsectIS (© G. SEIGER).
Fig. 9: Areal regression in the Large Heath *Coenonympha tullia* (Müller, 1764) in Baden-Wurttemberg. With the turn of the millennium the species had almost completely disappeared from the pre-alpine region Upper Swabia. – Source: central Lepidoptera database Baden-Wuerttemberg, graphic from InsectIS (© G. SEIGER).

al. 2016a) aufgezeigt wurde, drängt sich geradezu auf.

Bei meinen eigenen Untersuchungen zur Schmetterlingsfauna Baden-Württembergs ist mir aufgefallen, dass es Gebiete gibt, in denen das Artinventar auch heute noch an Zeiten erinnert, in denen „die Welt noch in Ordnung war", d.h. in denen bei einer einzigen Beprobung 100-150, manchmal sogar mehr, verschiedene Schmetterlingsarten nachgewiesen werden können. Dies ist dort der Fall, wo die Untersuchungsgebiete fernab landwirtschaftlicher Nutzung liegen und z.B. durch Wälder von der intensiv genutzten Flur gegen Stoffeinträge abgeschirmt sind (z.B. im Wolfstal bei Lauterach). Auf der anderen Seite beobachte ich in stark landwirtschaftlich genutzten oder an sie angrenzenden Gebieten eine verarmte Schmetterlingsfauna. Die Artenzahl liegt dort bei einem Leuchtabend oft nur bei 30-50 (z.B. am Rand der Oberrheinebene bei Karlsruhe; eigene Beobachtungen).

4. Was ist zu tun, um das Insektensterben zu beenden?

Maßgeblich verantwortlich für den exponentiellen Anstieg des Rückgangs der Insekten in den vergangenen drei Jahrzehnten sind die Insektizide, insbesondere die sogenannten systemischen Pestizide aus der Stoffklasse der Neonikotinoide (Sanchez-Bayo & Wyckhuys 2019; Goulson et al. 2015; Pisa et al. 2015). Der bisherige Fokus der Politik hinsichtlich des Schutzes der Insekten und eines möglichen Beendens des aktuellen Insektensterbens liegt hingegen auf Nebenkriegsschauplätzen, mit fatalen Folgen für Umwelt und Wissenschaft.

Unsere Naturschutzbestimmungen sind im Grundsatz verfehlt. Denn die gesetzlichen Beschränkungen zum Artenschutz, die seit den 1980er Jahren existieren, waren für das Erhalten der Insekten völlig wirkungslos. Sie erfassen nicht ihre massenhafte Vernichtung durch Agrarindustrie, Flächenfraß oder Habitatverinselung. Die Gesetze haben lediglich erreicht, dass das Interesse an der Natur stark abgenommen hat, ja, dass sich Eltern von Kindern strafbar machen, die Tiere mit nach Hause nehmen. Es ist an der Zeit, diese wirkungslosen Verordnungen abzuschaffen, da sie von den wirklichen Problemen ablenken.

Zur Rettung der Insekten ist eine Agrarwende erforderlich! An die Politiker geht die Forderung, die EU-Agrarförderung so zu verändern, dass nicht mehr pauschal nach bewirtschafteter Fläche vergütet wird. Die Gelder, immerhin 58 Mrd. Euro pro Jahr in der EU (für 2014, vgl. Webseite des Bundesministeriums der Finanzen), wovon ca. 700 Mio. auf Baden-Württemberg entfallen (mdl. Auskunft. des stv. Abteilungsleiters Landwirtschaft des MLR-BW), müssen endlich an gesellschaftliche Leistungen gekoppelt werden. Da es sich auch um „unser Geld" handelt, schließlich sind 40 % der EU-Landwirtschaft subventioniert, ist eine solche Forderung nur legitim. Es dürfen nur noch jene Landwirte finanziell belohnt werden, die Lebensräume für die biologische Vielfalt schaffen und erhalten. Zu der geforderten Wende gehört, dass auch die Anwendung systemischer Insektizide wie Neonikotionide und ihrer Nachfolger (z.B. Sulfoxaflor) verboten werden muss.

Es ist Zeit, das Pestizid-Karussell zu stoppen! Letzterer Aufruf aus der Wissenschaft ist nicht neu, er war im „Tagesspiegel" vom 21. März 2018 zu lesen, unterzeichnet von einem internationalen Kreis von zehn namhaften Wissenschaftlern, angeführt von dem durch seine Bücher zum Thema (z.B. 2014: Und sie fliegt doch: Eine kurze Geschichte der Hummel; 2016: Wenn der Nagekäfer zweimal klopft: Das geheime Leben der Insekten) auch in Deutschland bekannten englischen Biologen Dave Goulson von der University of Sussex.

Blühstreifen und ähnliche Alibimaßnahmen, mit denen sich die zuständige Politik dagegen verzettelt (und das Image der Landwirtschaft aufpolieren möchte), genügen nicht. Das zeigt schon der Vergleich der Größenordnungen aktuell getroffener Maßnahmen: Da stehen z.B. jährlich 15 Mio. Euro im „Sonderprogramm zur Stärkung der Biologischen Vielfalt" 700 Mio. Euro Landwirtschaftsförderung in Baden-Württemberg gegenüber. Die Verluste bei den Insekten lassen sich aber nicht mehr durch kleinräumiges und schon gar nicht durch privates Engagement, z.B. im eigenen Garten, ausgleichen. Auch die Naturschutzgebiete können das Artensterben nicht mehr aufhalten, der Artenrückgang findet ja auch dort bereits statt. Das gesamte gegenwärtige staatliche und private Engagement spielt sich auf viel zu kleiner Fläche ab. Und dass Städte die „neuen Refugien" für die biologische Vielfalt darstellen sollen, die ja für viele Arten überhaupt nicht als Lebensstätte geeignet sind, wird hier gar nicht erst weiter diskutiert. So weit ist es also gekommen, dass man uns die Städte als Refugien „verkauft"! Neben einem Pestizidverbot muss natürlich

auch Überdüngung und Güllewirtschaft aufhören. Denn beim Offenland ist die Entwicklung besonders dramatisch, vor allem bei Wiesen und Weiden, wie Bundesamt für Naturschutz und BMU 2017 anlässlich der Veröffentlichung der Roten Liste der Biotoptypen Deutschlands verlauten ließen. Extensiv bewirtschaftete Mähwiesen aller Standorte, blütenreich mit spätblühenden Kräutern, wenig gedüngt und nicht vor der Hauptblütezeit der Gräser gemäht, befinden sich fast überall in einem schlechten Erhaltungszustand (vgl. Bundesamt für Naturschutz, s. Verzeichnis der Internetquellen). Die Wissenschaft braucht Unterstützung aus der Gesellschaft. Wir alle müssen Einfluss nehmen auf die großen Landnutzer: Landwirtschaft, Forst, Industrie. Üben Sie diesen Einfluss aus!

Danksagung

An erster Stelle danke ich Prof. Dr. KLAUS-WERNER WENZEL (Berlin), Mitglied der IUCN Task Force on Systemic Pesticides, der als erster das Thema Neonikotinoid-Insektizide auf einer Veranstaltung des Naturwissenschaftlichen Vereins Karlsruhe e.V. im April 2017 im Karlsruher Naturkundemuseum vortrug und mir viele Informationen zum Thema zugänglich machte. Dem Naturfotografen KARL VERLOHNER aus Knittelsheim (Landkreis Germersheim) danke ich von Herzen für die freundliche Genehmigung zum Abdruck seines Fotos des Pirols, der seine Jungen gerade mit einem im Sonnenlicht schillernden Kleinen Schillerfalter füttert. Die Aufnahme entstand bei Neupotz auf der Pfälzer Seite des Oberrheins (nordwestlich Karlsruhe). Prof. Dr. JOHANNES STEIDLE (Hohenheim), der mir die Abbildungen 4 und 5 sowie die ihnen zugrundeliegenden Daten zur Verfügung gestellt hat, bin ich ebenfalls zu großem Dank verpflichtet, ebenso THOMAS BREUNIG (Karlsruhe) für seine botanischen Hinweise. Prof. Dr. HARTMUT GREVEN (Düsseldorf) und Dr. MANFRED VERHAAGH (Karlsruhe) machten hilfreiche Anmerkungen zum Manuskript, AXEL STEINER (Wöschbach) korrigierte die englischen Texte, wofür ich sehr dankbar bin. Für das Erstellen der Verbreitungskarte (Abb. 9) aus dem Entomofaunistischen Informationssystem InsectIS, für das GERALD SEIGER (Kraupa) für seine jahrzehntelange ehrenamtliche Programmierungsarbeit zu danken ist, bedanke ich mich bei MICHAEL FALKENBERG (Karlsruhe); für die grafische Endbearbeitung der Abbildungen danke ich sehr herzlich ARIANE RAPP (Karlsruhe).

Literatur

DI PRISCO, G., CAVALIERE, V., ANNOSCIA, D., VARRICCHIO, P., CAPRIO, E., NAZZI, F., GARGIOLO, G., & PENNACCHIO, F. (2013): Neonicotinoid clothianidin diversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees. Proceedings of the National Academy of Science USA 110(46): 18466-18471; DOI: 10.1073/PNAS1314923110

EBERT, G. (Hrsg., 1991-2005): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Bände 1-10. Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart.

EBERT, G., HOFMANN, A., MEINEKE, J.-U., STEINER, A., & TRUSCH, R. (2005): Rote Liste der Schmetterlinge (Macrolepidoptera) Baden-Württembergs (3. Fassung). Pp. 110-136 in: EBERT, G. (Hrsg.): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Bd. 10. Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart.

FISCHER, J., MÜLLER, T., SPATZ, A.K., GREGGERS, U., GRÜNEWALD, B. , & MENZEL, R. (2014): Neonicotinoids interfere with specific components of navigation in honeybees. PLoS ONE 9 (3): e91464. DOI: 10.1371/journal.pone.0091364

GOULSON, D., NICHOLLS, B., BOTIAS TALAMANTES, C., & ROTHERAY, E. (2015): Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. Science 347(6229): 1255957. DOI: 10.1126/science.1255957

HABEL J. C., TRUSCH, R., SCHMITT, T., OCHSE, M., & ULRICH, W. (2019): Long-term large-scale decline in relative abundances of butterfly and burnet moth species across south-western

Germany. Scientific Reports 9: 14921. DOI: 10.1038/s41598-019-51424-1

Habel, J.C., Segerer, A., & Schmitt, T. (2016b): Früher gab es mehr Schmetterlinge. Naturmagazin Berlin-Brandenburg 3/2016: 12-15.

Habel, J.C., Segerer, A., Ulrich, W., Torchyk, O., Weisser, W.W., & Schmitt, T. (2016a): Butterfly community shifts over two centuries. Conservation Biology 30 (4): 754-762. DOI: 10.1111/conbi.12656

Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., & de Kroon, H. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLoS ONE 12(10): e0185809. DOI: 10.1371/journal.pone.0185809

Hallmann, C.A., Foppen, R.P.B., van Turnhout, C.A.M., de Kroon, H., & Jongejans, E. (2014): Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. Nature 511: 341-343. DOI: 10.1038/nature13531

Hausmann, A. (2001). Introduction. Archiearinae, Orthostixinae, Desmobathrinae, Alsophilinae, Geometrinae. Pp. 1-282 in Hausmann, A. (ed.): The Geometrid Moths of Europe, vol. 1. Apollo Books; Stenstrup.

Henry, M., Begui, M., Requier, F. O., Rollin, O., Odoux, J.F., Aupinel, P., Aptel, J., Tchamitchian, S., & Decourtye, A. (2012): A common pesticide decreases foraging success and survival of honey bees. Science 336 (6079): 348-350. DOI: 10.1126/science.1215039

Heydemann, B., & Meyer, H. (1983): Auswirkungen der Intensivkultur auf die Fauna in den Agrarbiotopen. Deutscher Rat für Landschaftspflege und Landwirtschaft 42: 174-191.

Keller, A., & Hofmann, J. (1861): Systematische Zusammenstellung der bisher in Württemberg aufgefundenen Macrolepidopteren nebst Bemerkungen über deren Lebensweise. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 17: 263-324.

Kessler, S.C., Tiedeken, E.J., Simcock, K. L., Derveau, S., Mitchell, J., Softley, S., Stout, J.C., & Wright, G.A. (2015): Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. Nature 521: 74-76. DOI: 10.1038/nature14414

Klausnitzer, B. (2006): Faunistik als Zukunftswissenschaft. Entomologische Zeitschrift 117(1): 3-6.

Kurze, S., Heinken, T. , & Fartmann, T. (2018): Nitrogen enrichment in host plants increases the mortality of common Lepidoptera species. Oecologia 188: 1227-1237. DOI: 10.1007/s00442-018-4266-4

Lenz, N. &, Schulten, D. (2005): Tagfalter (Lep., Hesperioidea et Papilionoidea) im Gebiet der Landeshauptstadt Düsseldorf um 1900 und um 2000 – ein Beispiel für alarmierende Artenverarmung im 20. Jahrhundert. Melanargia 17(1): 19-29.

Lu, C., Warchol, K.M., & Callahan, R.A (2012): In situ replication of honey bee colony collapse disorder. Bulletin of Insectology 65(1): 90-106.

Pisa, L.W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Downs, C.A., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C., Liess, M., McField, M., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J.D., van der Sluijs, J., van Dyck, H., & Wiemers, M., (2015): Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. Environmental Science and Pollution Research 22 (1): 68-102. DOI: 10.1007/s11356-014-3471-x

RegioWasser e.V. (Hrsg., 2009): 50 Jahre Rheinforschung. Lebensgang und Schaffen eines deutschen Naturforschers. Robert Lauterborn (1869-1952). Ernst Lavori Verlag; Freiburg.

Reichholf, J. (2017): Das Verschwinden der Schmetterlinge und was dagegen unternommen werden sollte. Deutsche Wildtierstiftung; Hamburg.

Reinhardt, K. (2018): Sind aktuelle Zahlen zur Abnahme der Biomasse fliegender Insekten falsch? Entomologische Nachrichetn und Berichte 62: 33-36.

Reinhardt, R., & Bolz, R. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Tagfalter (Rhopalocera) (Lepidoptera: Papilionoidea et Hesperioidea) Deutschlands. Pp. 167-194 in: Binot-Hafke, M., Balzer, S., Becker, N., Gruttke, H., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G., & Strauch, M. (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3). Landwirtschaftsverlag; Münster.

Reinhardt, R., Harpke, A., Caspari, S., Dolek, M., Kühn, E., Musche, M., Trusch, R., Wiemers, M., & Settele, J. (Hrsg.) (2020, in Vorber). Verbreitungsatlas der Tagfalter und

Widderchen Deutschlands. Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart.

RENNWALD, E., SOBCZYK, T., & HOFMANN, A. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der spinnerartigen Falter (Lepidoptera: Bombyces, Sphinges s.l.) Deutschlands. Pp. 243-283 in: BINOT-HAFKE, M., BALZER, S., BECKER, N., GRUTTKE, H., HAUPT, H., HOFBAUER, N., LUDWIG, G., MATZKE-HAJEK, G., & STRAUCH, M. (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3). Landwirtschaftsverlag; Münster.

REUTTI, C. (1853): Übersicht der Lepidopteren-Fauna des Grossherzogthum's Baden. Beiträge zur Rheinischen Naturgeschichte, herausgegeben von der Gesellschaft zur Beförderung der Naturwissenschaften zu Freiburg im Breisgau 3: I-VIII+1-216.

REUTTI, C., SPULER, A., & MEESS, A. (1898): Übersicht der Lepidopteren-Fauna des Grossherzogthums Baden (und der anstossenden Länder). Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Karlsruhe 12: I-XII+1-361.

REXRODE, M., BARRETT, M., ELLIS, J., GABE, P., VAUGHAN, A., FELKEL, J., & MELENDESZ, J. (2003): EFED risk assessment for the seed treatment of clothianidin 600FS on corn and canola. United States Environmental Protection Agency, Washington D.C.: 1-91. (www3.epa.gov/pesticides/chem_search/cleared_reviews/csr_PC-044309_20-Feb-03_a.pdf)

[ROTH VON SCHRECKENSTEIN, F.] (1800): Verzeichniss der Schmetterlinge, welche um den Ursprung der Donau und des Nekars, dann um den untern Theil des Bodensees vorkommen. Samt Nachträgen und Berichtigungen zu dem Verzeichniss sichtbar blühender Gewächse allda. J.G. Cotta; Tübingen.

SANCHEZ-BAYO, F., & WYCKHUYS, K.A.G. (2019): Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. Biological Conservation 232: 8-27. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.01.020

SCHNEIDER, C. (1936 [1937]): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. I. Macrolepidoptera. Großschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 92: 184-208.

SCHNEIDER, C. (1937 [1938]): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. I. Macrolepidoptera. Großschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 93: 123-160.

SCHNEIDER, C. (1938 [1939]): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. I. Macrolepidoptera. Großschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 94: 187-228.

SCHNEIDER, C. (1938 [1940]): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. I. Macrolepidoptera. Großschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 95: 231-287.

SCHREURS, T. (1964): Besiedlungsdichte und Bevölkerungsbewegung bei 53 Singvogelarten des Hülserbruch- und Hülserberggebietes. Niederrheinisches Jahrbuch 7: 88-99.

SCOBLE, M.J. (1995): The Lepidoptera: Form, Function and Diversity. The Natural History Museum & Oxford University Press; London & Oxford.

SEGERER, A.H. & ROSENKRANZ, E. (2018): Das große Insektensterben. Oekom-Verlag; München.

SEYFFER, O.E.J. (1850): Verzeichnis und Beobachtungen über die in Württemberg vorkommenden Lepidopteren. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 5: 76-123.

SIMON-DELSO, N., AMARAL-ROGERS, V., BELZUNCES, L.P., BONMATIN, J.M., CHAGNON, M., DOWNS, C., FURLAN, L., GIBBONS, D.W., GIORIO, C., GIROLAMI, V., GOULSON, D., KREUTZWEISER, D.P., KRUPKE, C.H., LONG, E., LIESS, M., MCFIELD, M., MINEAU, P., MITCHELL, E.A.D., MORRISSEY, C.A., NOOME, D.A., SETTELE, J., WIEMERS, M., STARK, J.D., TAPPARO, A., VAN DYCK, H., VAN PRAAGH, J., VAN DER SLUIJS, J.P., & WHITEHORN, P.R. (2015): Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. Environmental Science and Pollution Research 22 (1): 5-34. DOI: 10.1007/s11356-014-3470-y

SORG, M., SCHWAN, H., STENMANS, W., & MÜLLER, A. (2013): Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch. Mitteilungen aus dem Entomologischen Verein Krefeld 1: 1-5.

STEINER, A., & EBERT, G. (2005): Geschichte der lepidopterologisch-faunistischen Erforschung in Baden-Württemberg. Pp. 139-194

in: Ebert, G. (Hrsg.) Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Bd. 10. Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart.

Trusch, R. (2009): Wie behalten wir den Überblick über die Schmetterlinge Baden-Württembergs? Moderne Faunistik mit der Landesdatenbank am Naturkundemuseum Karlsruhe. Entomologie heute 21: 183-191.

Trusch, R., Gelbrecht, J., Schmidt, A., Schönborn, C., Schumacher, H., Wegner, H., & Wolf, W. (2011): Rote Liste der Spanner, Eulenspinner und Sichelflügler (Lepidoptera: Geometridae et Drepanidae) Deutschlands. Pp. 287-324 in: Binot-Hafke, M., Balzer, S., Becker, N., Gruttke, H., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G., & Strauch, M. (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3). Landwirtschaftsverlag; Münster.

Trusch, R., Steiner, A. & Nuss, M. (2020, im Druck): Die Schmetterlinge Deutschlands – Online-Portal zur Bearbeitung der Schmetterlingsfauna. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (DGaaE) 22.

Wachlin, V. & Bolz, R. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Eulenfalter, Trägspinner und Graueulchen (Lepidoptera: Noctuoidea) Deutschlands. Pp. 197-239 in: Binot-Hafke, M., Balzer, S., Becker, N., Gruttke, H., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G., & Strauch, M. (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3). Landwirtschaftsverlag; Münster.

Wenzel, K.W. (2015): Neonikotinoid-Insektizide als Verursacher des Bienensterbens. Ein Addendum zum Beitrag von Hans-Joachim Flügel in der Märzausgabe der EZ (Hymenoptera: Apidae). Entomologische Zeitschrift 125 (2): 67-73.

Wörz, A. (1949): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 97-101: 220-254.

Wörz, A. (1950): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 102-105: 49-64.

Wörz, A. (1950): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 112: 282-313.

Wörz, A. (1951): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 106: 125-144.

Wörz, A. (1952): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 107: 191-211.

Wörz, A. (1953): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 108: 90-118.

Wörz, A. (1954): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 109: 83-130.

Wörz, A. (1955): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 110: 229-260.

Wörz, A. (1956): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des

Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 111: 223-254.

WÖRZ, A. (1958): Die Lepidopterenfauna von Württemberg. Systematischer Teil. Zusammengestellt im Auftrag des Entomologischen Vereins Stuttgart 1869 E.V. II. Microlepidopteren. Kleinschmetterlinge. Jahreshefte des Vereins für Vaterländische Naturkunde in Württemberg 113: 153-312.

Internetquellen

BONMATIN, J.-M. – Neonicotinoid Pesticides and Honeybees. (Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Biophysique Moléculaire, 45071 Orléans, France) auf http://www.moraybeedinosaurs.co.uk/neonicotinoid.html. Seite zuletzt besucht im Januar 2020.

Bundesamt für Naturschutz – Pressearchiv 2017: Rote Liste 2017. Wiesen und Weiden in Gefahr. – www.bfn.de/presse/pressearchiv/2017/detailseite.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=6087. Seite zuletzt besucht im Januar 2020.

Bundesministerium der Finanzen – Mittel für die Finanzierung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) als größtem Ausgabenblock im mehrjährigen Finanzrahmen der Europäischen Union: https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Europa/EU_auf_einen_Blick/Politikbereiche_der_EU/EU_Agrarpolitik/2012-03-21-ueberblick-gemeinsame-agrarpolitik.html. Seite zuletzt besucht im Januar 2020.

Bundestag-Mediathek –Vollständige Videoaufzeichnung des Fachgespräches „Ursachen und Auswirkungen des Biodiversitätsverlustes bei Insekten“ in der 73. Sitzung des Umweltausschusses im Bundestag am 13. Januar 2016: https://www.bundestag.de/mediathek?videoid=6375484&url=L21lZGlhdGhla292ZXJsYXk=&mod=mediathek#url=L21lZGlhdGhla292ZXJsYXk/dmlkZW9pZD02Mzc1NDg0JnVybD1MMjFsWkdsaGRHaGxhMjkyWlhKc1lYaz0mbW9kPW1lZGlhdGhlayZ2aWRlb2lkPTYzNzU0ODQmdXJsPUwyMWxaR2xoZEdobGEyOTJaWEpzWVhrPSZtb2Q9bWVkaWF0aGVr&mod=mediathek. Seite zuletzt besucht im Dezember 2019.

DDT – Wikipedia-Eintrag zu Dichlordiphenyltrichlorethan: de.wikipedia.org/wiki/Dichlordiphenyltrichlorethan. Seite zuletzt besucht im Dezember 2019.

DOUCET-PERSONENI, C., HALM, M.P., TOUFLET, F., RORTAIS, A., & ARNOLD, G. (2003): Imidaclopride utilisé en enrobage de semences (Gaucho®) et troubles des abeilles. Rapport final. (Centre d'Etudes et de Recherche Sur le Médicament de Normandie Université de Caen, 5 rue Vaubénard 14032 Caen cedex): controverses.sciences-po.fr/archive/pesticides/rapportfin.pdf. Seite zuletzt besucht im Dezember 2019.

FFH-Richtlinie – Wikipedia-Eintrag zur FFH-Richtlinie: de.wikipedia.org/wiki/Richtlinie_92/43/EWG_(Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie). Seite zuletzt besucht im Januar 2020.

Landesdatenbank Schmetterlinge Baden-Württembergs – LDS-BW: www.schmetterlinge-bw.de. Seite zuletzt besucht im Dezember 2019.

LUBW – zusammenfassende Liste der Stickstoff-Berichte für Baden-Württemberg: www.lubw.baden-wuerttemberg.de/medienuebergreifende-umweltbeobachtung/stickstoffbw/berichte. Seite zuletzt besucht im Januar 2020.

Neonikotinoide – Wikipedia-Eintrag zu Neonikotinoiden: de.wikipedia.org/wiki/Neonicotinoide, Seite zuletzt besucht im Dezember 2019.

UN-Dekade Biologische Vielfalt – Webseite der Geschäftsstelle, nova-Institut GmbH, Chemiepark Knapsack: www.undekade-biologischevielfalt.de. Seite zuletzt besucht im Januar 2020.

Unstatistik (2017) – „Unstatistik des Monats“, vom RWI-Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V. in Essen herausgegebene Pressemitteilung vom 31. August 2017: www.rwi-essen.de/unstatistik/70. Seite zuletzt besucht im Januar 2020.

Anschrift des Autors:
Dr. Robert Trusch
Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe
Abt. Biowissenschaften, Referat Entomologie
Erbprinzenstr. 13
D-76133 Karlsruhe
E-Mail: trusch@smnk.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Entomologie heute

Jahr/Year: 2019

Band/Volume: 31

Autor(en)/Author(s): Trusch Robert

Artikel/Article: Insektenschwund – Hintergründe, Beobachtungen, Zusammenhänge. Insect Decline – Background, Observation, Correlations 229-256