



Insektensterben – eine österreichische Perspektive*

*Vortrag, gehalten auf der Tagung der Österreichischen Entomologischen Gesellschaft in Linz am 2.2.2019)

KLAUS PETER ZULKA

Abstract: Insect decline – an Austrian perspective. The so-called “Krefeld study”, published in October 2017, provided an inconvenient certainty: Biomass and numbers of insects are declining at a rapid pace. Insect declines are no longer restricted to species with small niches and high habitat requirements, but extend across all insects. Studies from various parts of the world have reached similar conclusions. Can these findings be extrapolated to Austria? Evidence is limited, but findings available are in no way supportive of any Austrian insect exceptionalism. Pollination and pest control may illustrate how insect declines may lead to millions of Euros of damages due to lost ecosystem services. For any of the possible causes of insect decline – habitat loss, climate change and novel insecticides – more or less indirect evidence is available, however, interactions of all of these factors are most likely. Measures to counter insect declines are readily available even at the current state of knowledge; e.g. establishment of more semi-natural elements in agricultural landscapes, support of organic agriculture or an insect-friendly management of ornamental gardens. However, insect decline should not be viewed as an isolated issue but rather as a symptom of a way of life characterised by overexploitation that is reaching its borders.

Keywords: Insect decline, biodiversity crisis, Austria, pressures, conservation measures.

Citation: ZULKA, K. P. 2020: Insektensterben – eine österreichische Perspektive. – Entomologica Austriaca 27: 269–283

Einleitung

Dass viele Insektenarten seit Jahren Populationsrückgänge verzeichnen, ist für die Entomologen keine neue Nachricht. Seit Jahrzehnten verzeichnen Rote Listen gefährdeter Arten (GEPP 1983, 1994; ZULKA 2005, 2007, 2009) diejenigen Insekten, die unter den gegenwärtigen Bedingungen in erhöhtem Maße Gefahr laufen, in Österreich auszusterben. Solche gefährdeten Insektenarten sind zumeist sehr eng an ihrerseits gefährdete Biotoptypen gebunden, wie etwa Trockenrasen, Moore oder dynamische Flussufer. Durch wirtschaftliche Entwicklungen im Laufe des 20. Jahrhunderts sind diese Biotoptypen zerstört, in ihrem ökologischen Wert reduziert oder in der landschaftsökologischen Konfiguration fragmentiert worden, was einen Verlust der typischen Insektenarten dieser Lebensräume in vielen Teilen Österreichs wie auch anderswo in Europa nach sich zog. Seit einigen Jahren wird aber noch ein anderes Insektensterben beobachtet. Wo es früher in Gärten summte und brummte, herrscht heute Stille. Wenn früher jede Überlandfahrt

mit dem Auto eine größere Reinigungsaktion erforderlich machte, um die vom Fahrtwind aufgeklebten Insektenleichen zu entfernen, sind solche Aktivitäten inzwischen weitgehend überflüssig geworden. Insektengitter an Fenstern im Sommer werden zunehmend entbehrlich, Nachtfalter oder früher allgegenwärtige Stubenfliegen verirren sich kaum noch in Wohnungen. Ist das alles nur Momentaufnahme, Illusion, Sehnsucht nach der guten alten Zeit? Studien aus den letzten Jahren zeigen, dass diese qualitativen, subjektiven Eindrücke nicht trügen und keine nostalgisch gefärbte Täuschung darstellen. Vergleichsuntersuchungen, bei denen Aufnahmen mit identischer Methode über Jahre repliziert oder zumindest nach Jahrzehnten wiederholt werden, zeichnen ein weitgehend konsistentes Bild: Die Insekten nehmen überall deutlich in dramatischem Ausmaß ab.

Der vorliegende Beitrag versucht, die Methoden, Befunde und Konsequenzen dieser Untersuchungen nachzuzeichnen. Drei immer wieder gestellte Fragen stehen dabei im Mittelpunkt: (1) Sind diese Ergebnisse auf Österreich übertragbar? (2) Was sind die Ursachen des Insektensterbens und wirken diese Ursachen auch in Österreich? (3) Was kann gegen das Insektensterben unternommen werden?

Welthauptstadt der Insektensterbens-Dokumentation: Krefeld

Mitte 2017 gelangte der „Entomologische Verein Krefeld e. V. 1905“ plötzlich ins Rampenlicht des medialen und politischen Interesses. Doch bereits 2013 hatten die Krefelder Entomologen einen Bericht in ihrem Hausblatt veröffentlicht, in dem sie Fangergebnisse mit Malaise-Fallen von 2013 mit solchen von 1989 von zwei Standorten im Naturschutzgebiet Orbroich verglichen und einen Rückgang der Fangzahlen im Ausmaß von 80 % verzeichnet hatten (SORG et al. 2013). Die in der regionalen Entomologenzeitschrift des Vereins publizierte Studie blieb offenbar zunächst unentdeckt, bis im Sommer 2017 sowohl das deutsche Umweltministerium als auch die Bundestagspartei „Die Grünen“ die Ergebnisse thematisierten, was allerdings sogleich wieder als Wahlkampfgetöse abgetan wurde (MANSFELD 2017). Man könne, so wurde argumentiert, schließlich von zwei Probepunkten in einem Krefelder Naturschutzgebiet nicht auf den Zustand der Insekten in der Bundesrepublik Deutschland insgesamt schließen (MÜHLBAUER 2017, HARNASCH 2017).

Die Kritik verstummte allerdings, als im Oktober 2017 die Krefelder Entomologen ihren gesamten Datenfundus, die Ergebnisse aus drei Jahrzehnten von 63 Standorten, an die Öffentlichkeit brachten (HALLMANN et al. 2017). Diese eigentliche „Krefeld-Studie“ schlug in der deutschen und in der internationalen Medienlandschaft wie eine Bombe ein. Die Journalisten sparten angesichts der Befunde nicht mit alarmistischen Saft- und Kraftausdrücken; Begriffe wie „ökologisches Armageddon“, „Kollaps“, „Massensterben“ zierten die Artikelüberschriften; vom „letzten Willi“ war die Rede (HOLZER 2019). Unter den 100 am meisten diskutierten wissenschaftlichen Artikeln den Jahres 2017 erreichte die „Krefeld-Studie“ gemäß Altmetric Score den Platz 6 (ATKINS 2017) und war damit wohl eine der Arbeiten über Insekten im aktuellen Jahrtausend, die am meisten Aufsehen erregten.

Was ist nun der Inhalt dieser Studie? Zwischen 1989 und 2016 untersuchten die Hobby-Entomologen des Entomologischen Vereins 63 Standorte mit Malaise-Fallen. Diese

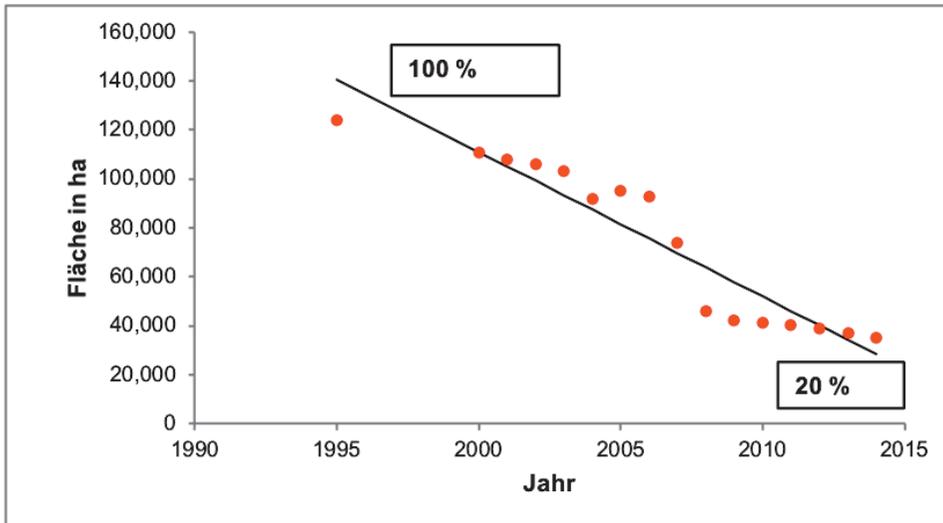


Abb.1: Entwicklung der Brachenfläche in Österreich zwischen 1995 und 2014 (nach Daten in BMNT 2018). Lineares Regressionsmodell.

Fallen sind zeltartige Konstruktionen mit einer Kopfdose; in Bodennähe fliegende Insekten fliegen gegen die Textilwände und weichen infolge positiver Phototaxis nach oben aus; dabei werden sie in der Kopfdose gefangen und in Alkohol konserviert (Fig. 1 in HALLMANN et al. 2017). Die Fangtechnik ist effektiv und erbringt in kurzer Zeit recht große Mengen an Insekten-Biomasse.

Alle 63 Probepunkte waren in Schutzgebieten platziert; davon waren 37 Natura-2000-Gebiete, 7 Naturschutzgebiete, 9 Landschaftsschutzgebiete, 6 Wasserschutzgebiete und 4 Regionalschutzgebiete. Insgesamt 26 dieser Probepunkte wurden im Untersuchungszeitraum mehrfach besammelt, der Rest wurde nur einmal besucht. Geographisch waren die meisten Probepunkte über Nordrhein-Westfalen verstreut; einige Probepunkte lagen in Rheinland-Pfalz und Brandenburg.

Nach einem Standardprotokoll wurden die in den Kopfdosen gefangenen Insekten im nassen Zustand gewogen. Die erhaltenen Gewichtsdaten wurden mit einem komplexen Regressionsmodell analysiert, in das zahlreiche Deskriptoren eingingen. Eine Identifizierung der Insekten auf Artniveau steht noch aus.

Aus dem Modell ergab sich ein signifikant negativer zeitlicher Trend der Insektenbiomasse von etwa $-6,1\%$ Rückgang der pro Jahr. Insgesamt nahm die Insektenbiomasse im Untersuchungszeitraum zwischen 1989 und 2016 um $76,6\%$ ab. Wenn man nur die Teilmenge der mehrfach besammelten 26 Probepunkte ins Kalkül zieht, so ergibt sich daraus eine fast identische Rückgangsrate von $76,2\%$. Die Tagestemperatur war mit der Insektenbiomasse positiv korreliert, der Niederschlag negativ. Die jahreszeitliche Aktivitätsverteilung zeigte über die gesamte Untersuchungsperiode keinen signifikanten zeitlichen Trend. Die Biomassezahlen unterschieden sich je nach Lebensraumtyp sehr deutlich; allerdings war die Rückgangsrate zwischen verschiedenen Lebensraumtypen nicht signifikant verschieden (HALLMANN et al. 2017).

In mehrfacher Hinsicht erbrachte diese „Krefeld-Studie“ bemerkenswerte Resultate. Es handelte es sich um die erste wissenschaftliche Untersuchung, die einen Rückgang der gesamten Fluginsektenfauna über einen größeren geographischen Raum und über mehrere Jahrzehnte belegen konnte (siehe jedoch weiter unter die Diskussion der Kritikpunkte). Waren bis dato Rückgänge bei anspruchsvollen Arten nichts Ungewöhnliches, so deuten nun die neuen Resultate an, dass Rückgänge praktisch das gesamte Artenspektrum erfasst haben; ohne Einbußen auch bei bis dato sehr häufigen und dominanten Arten lassen sich die ermittelten Zahlen schwer erklären.

Das zweite bemerkenswerte Ergebnis war das Ausmaß der Rückgangsrate, das mit 76 % in 27 Jahren bedeutend höher liegt als Rückgangsraten bei Wirbeltieren (42 % in 42 Jahren, WWF 2016). Das zieht Konsequenzen für das Funktionieren von Ökosystemen insgesamt nach sich und lässt erwarten, dass sich die Rückgangsraten bei Wirbeltieren ebenfalls steigern werden.

Drittens ist sehr bemerkenswert, dass solche Ergebnisse in Schutzgebieten gewonnen wurden. Jahrzehnte institutionellen Naturschutzes auf den Ebenen der Länder, des Bundes und der Europäischen Union sind offensichtlich verpufft; den Insektenrückgang konnten die jeweiligen Schutzgebiete zumindest nicht verhindern.

Bei der geschilderten Öffentlichkeitswirksamkeit der Studie verwundert es nicht, dass die Ergebnisse einer genauen Überprüfung unterzogen wurden. So merkte Alexandra-Maria Klein von der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg an, das Versuchsdesign sei suboptimal gewählt worden. Man habe Datenlücken mit statistischen Modellen ausgleichen müssen, was zu Unsicherheiten führte. Zudem sei das Gewicht der Proben nicht als Trockengewicht bestimmt worden, was ebenfalls nicht optimal sei. Auch sei nicht geklärt, ob die Zahl einzelner Arten möglicherweise sogar gewachsen sei (zitiert nach Spiegel 2017). Der Deutsche Bauernverband wandte ein: „In Anbetracht der Tatsache, dass die Erfassung der Insekten ausschließlich in Schutzgebieten stattfand, verbieten sich voreilige Schlüsse in Richtung Landwirtschaft.“ (SPIEGEL 2017). Ein Posting des Nutzers „jasmuda“ zur Studie (HALLMANN et al. 2017) auf der Homepage von PlosOne merkte an, dass die Verluste möglicherweise durch die Fallen selbst entstanden sein könnten. Eigene Skepsis kommt angesichts der nichtzufälligen Auswahl der Probeflächen auf: Werden am Anfang in vielfach praktizierter Insektenkundler-Manier die attraktiveren Probeflächen besucht und am Ende die Probeflächen, auf denen weniger Insekten zu erwarten sind, dann könnten sich die beobachteten Muster als Artefakt daraus ergeben.

Keiner dieser Zweifel hält jedoch einer genaueren Betrachtung stand. Die breite Streuung der Untersuchungspunkte macht sehr unwahrscheinlich, dass aufgrund der nichtzufälligen Probeflächen lediglich lokale Phänomene entdeckt wurden. Ob Nass- oder Trockengewicht, ob einzelne Arten zunehmen oder nicht; es ändert sich nichts an der Gesamtaussage eines Insektenrückgangs. Dass die Ergebnisse durch den Fallenfang selbst ausgelöst sein könnten, erscheint unmöglich, wenn man bedenkt, dass die Mehrzahl der Probeflächen nur einmalig untersucht wurden. Eine Malaise-Falle kann wohl die lokale Insektenfauna dezimieren, nicht aber jene eines ganzen Bundeslandes. Auch bei den Probepunkten mit Mehrfachaufnahmen lagen meist viele Jahre zwischen den Aufnahmen, in den sich die Fluginsektenfauna wieder hätte erholen können, wenn sie durch die Falle

dezimiert worden wäre. Dass die Muster lediglich durch die nichtzufällige Zuordnung von Untersuchungszeit und Probepunkt zustande kommen, wird durch Inspektion der Fangzahlen auf den mehrfach besammelten Flächen (HALLMANN et al. 2017: S4 Fig.) widerlegt: Bei nahezu allen Untersuchungspunkten mit wiederholter Beprobung waren die Fangzahlen in den 1980er- und 1990er-Jahren höher als in den späteren Jahrzehnten. Besonders auffallend sind die konstant niedrigen Fangzahlen seit 2010 (HALLMANN et al. 2017: S4 Fig.).

Internationale Befunde

Die Befunde der „Krefeld-Studie“ werden durch Ergebnisse aus anderen Regionen erhärtet. So berichten LISTER & GARCIA (2018) von noch extremeren Rückgängen der Insektenfauna im Regenwald von Puerto Rico nach Untersuchungen von 1976–1977 und Wiederholungen 2011–2013; die Autoren führen diese Rückgänge in erster Linie auf den Klimawandel und Extremwetterphasen zurück.

Vor einigen Jahren bereits fanden CONRAD et al. (2006) in einer Langzeit-Monitoring-Studie über ganz Großbritannien deutliche Rückgänge bei Nachtfaltern. Zwei Drittel aller Nachtfalterarten zeigten eine negative Populationsentwicklung, bei einem Fünftel aller Arten qualifizierte der Rückgang eine Auflistung in den Roten Listen gemäß Kriterium A (IUCN 2001). CONRAD et al. (2006) sprachen damals bereits von einer Insektenbiodiversitätskrise. Ähnliche Befunde erbrachte die Studie von BROOKS et al. (2012) an Laufkäfern an 11 Dauerprobeflächen, die über das gesamte Vereinigte Königreich verteilt lagen: Die Autoren berechneten eine Rückgangsrate von 15,8 % pro Dekade über alle Arten gemittelt; allerdings unterschieden sich die Rückgangsraten sehr deutlich nach Lebensraumtyp. Drei Viertel aller Laufkäferarten zeigten einen negativen Populationstrend. Auch BROOKS et al. (2012) sprechen von „widespread loss of biodiversity“.

Befunde in Österreich

In Österreich stellt sich die Frage, inwieweit diese Insektensterbens-Befunde auf das Land übertragbar sind.

Leider fehlten bis vor Kurzem mit der „Krefeld-Studie“ vergleichbare methodisch stringente Monitoring-Studien über Insekten in Österreich. Georg Bieringer (mndl. Mitteilung) wies allerdings auf eine Untersuchung hin, die Muster zu Tage förderte, die sehr gut ins allgemeine Bild passen.

MALICKY (2001) verglich die Fangergebnisse einer Lichtfalle in einem Garten in Theresienfeld aus den Jahren 1963, 1964, 1980 und 1998 (Tab. 1): In der ersten Vergleichsperiode zwischen 1960 und 1980 zeigte sich ein deutlicher Rückgang der spezialisierten und anspruchsvollen pannonischen Schmetterlingsarten. Im zweiten Vergleichszeitraum zwischen 1980 und 1998 nahmen dann auch die häufigen Arten deutlich ab, was sich insgesamt in hohen Gesamt-Individuenzahl-Verlusten ausdrückte.

Leider zeigt die Studie einige Schwächen. Die Probennahme wurde weder repliziert noch randomisiert; die Ergebnisse stammen von einer einzigen Falle. Mitten in der Untersuchung wurde die Lampe gewechselt, weil die erste Lampe in manchen Monaten zu viele Schmetterlinge fing, wie der Autor einräumt: „1963 und 1964 wurden gewöhnliche

Tab. 1: Individuenzahlen einer Lichtfalle in Theresienfeld (aus MALICKY 2001).

Kategorie	1963	1964	1980	1998
Alle Arten	8158	6616	4038	1412
Mitteleuropäische Arten	3782	3726	3524	1105
Pannonier (in Salzburg fehlend)	4376	2890	514	307
Pannonier (subjektiv ausgewählte Arten)	3264	1213	331	88

Glühlampen von 200 Watt verwendet, die aber in den Sommermonaten Juli und August zu große Mengen von Insekten anlockten, so daß sie in diesen Zeiten durch ebensolche Lampen, aber von nur 60 Watt ersetzt wurden. In einzelnen Nächten wurden zum Vergleich auch Mischlichtlampen von 250 Watt eingesetzt. In den Jahren 1980 und 1998 wurden hingegen Leuchtstoffröhren von 20 Watt, sogenannte Schwarzlichtröhren, verwendet.“ (MALICKY 2001). Zusätzlich erschwert wird die Vergleichbarkeit dadurch, dass der Fallenstandort während der Untersuchung gewechselt wurde: „1963, 1964 und 1980 stand die Falle genau auf der selben Stelle; 1998 wurde sie etwa 20 Meter weiter nach Süden gerückt, weil der ursprüngliche Platz schon derart mit Gebüsch zugewachsen war, daß der Anflug bei einem ebensolchen Fallenbetrieb im Jahre 1993 nahe Null war“ (MALICKY 2001).

Somit könnten die beobachteten Veränderungen einfach auf Änderungen des Fangumstände zurückzuführen sein. Andererseits entsprechen die beobachteten Muster denen, die auch in anderen Teilen der Welt für den jeweiligen Jahre erhoben wurden (z. B. VAN SWAAY [1990], THOMAS et al. [2004], CONRAD et al. [2006]). Sie fügen sich sehr gut in das übergreifende Bild ein, das einen Rückgang spezialisierter Insekten in den Jahren 1950 bis 1980 und von da an einen generellen Rückgang der Insektenfauna beschreibt.

Eine andere österreichische Studie beschäftigt sich zwar nicht direkt mit dem Insektensterben, behandelt aber eine breite Palette von Parametern, die als Gefährdungsfaktoren die Biodiversität beeinflussen können (SCHINDLER et al. 2016). Während sich die Situation der Gewässer in den letzten Jahrzehnten verbessert hat und sich diese Verbesserung auch in Umweltparametern niederschlug, zeigen die Trends in anderen Lebensräumen keine Verbesserung der Situation, was sich auch in Statusindikatoren äußert, die weiterhin einen negativen Trend zeigen. Auch diese Studie bietet keine Anhaltspunkte, dass die Situation der Fluginsekten in Österreich andere Muster zeigte als die in den zitierten internationalen Studien.

Auswirkungen und Kosten des Insektensterbens

Ein derartiger Rückgang der Insekten, wie er in den letzten Jahren beobachtet wurde, hat Auswirkungen auf die Funktion der Ökosysteme. Insekten sind zwar klein, spielen aber aufgrund ihres enormen Artenreichtums und ihrer funktionalen Vielfalt an vielen Schaltstellen entscheidende Rollen. Damit leisten sie auch für den Menschen unmittelbar wichtige Aufgaben. Hier sollen nur stellvertretend und schlaglichtartig zwei solche Ökosystemleistungen illustriert werden: Bestäubung und natürliche Schädlingskontrolle.

Dass Bestäubung eine essentielle Rolle der Insekten und für den Menschen hohen Nutzen ist, darüber bestehen in der öffentlichen Diskussion keine Zweifel. Oft wird diese Ökosystemleistung allerdings auf die Rolle der Honigbiene reduziert; Bestäuber finden sich jedoch im Insektenreich unter Schwebfliegen, Wildbienen, Hummeln oder Schmetterlingen in großer Artenzahl. Die einheimischen Agrarprodukte sind von Insektenbestäubung in unterschiedlichem Ausmaß abhängig. Aus dieser Abhängigkeit und dem Marktwert des Produkts lässt sich der monetäre Wert der Bestäubungsleistung ableiten (ZULKA & GÖTZL 2015, vgl. IPBES 2016). Wendet man geschilderte Berechnungsmethode an, so ergibt sich der monetäre Wert der Bestäubungsleistung von Insekten in Österreich zu 297,9 Millionen € pro Jahr.

Insekten leisten aber auch in der natürlichen Schädlingskontrolle wesentliche Dienste, die dem Menschen unmittelbar zu Gute kommen. Fehlen natürliche Schädlings-Antagonisten in der Agrarlandschaft, dann sind Missernten oder erhöhte Kosten und Schadstoffbelastungen infolge Insektizideinsatzes die Folge. Natürliche Schädlingsantagonisten finden sich beispielsweise unter Laufkäfern, Kurzflügelkäfern, Schwebfliegen und parasitischen Hautflüglern. Den monetären Wert ihrer Ökosystemleistung berechneten ZULKA & GÖTZL (2015) zu 255 Millionen € pro Jahr, eine Summe in ähnlicher Größenordnung wie die Bestäubungsleistung.

Diese beiden Ökosystemleistungen sind nur die Spitze des Eisbergs. Die Rolle der Insekten als Destruenten im Stoffkreislauf ist damit noch nicht einmal tangiert. Dass Insekten für viele Organismen auf höheren Ebenen der Nahrungspyramide entscheidende Ressourcen darstellen, ist für das Funktionieren von Nahrungsketten ebenfalls sehr bedeutsam, aber nicht in Euro und Cent zu fassen. Monetarisierung ist mit vielen methodischen und philosophischen Problemen behaftet; sie illustriert aber zumindest, dass das Schadpotenzial, das sich durch den Niedergang der Insektenfauna ergibt, am Ende auch in wirtschaftlicher Hinsicht keineswegs vernachlässigbar ist.

Ursachen und Auslöser des Insektensterbens

Die „Krefeld-Studie“ diskutiert verschiedene Ursachen für das beobachtete Insektensterben, sie kommt aber zu dem Schluss, dass keiner der diskutierten Faktoren ausreicht, das dramatische Ausmaß des Niedergangs zu erklären (HALLMANN et al. 2017). Drei Erklärungen für das Insektensterben werden jedoch in der Literatur regelmäßig genannt, das sind Lebensraumverlust, Klimawandel und Insektizide.

Die klassische Erklärung für Populationsrückgänge bei Insekten ist der Lebensraumverlust. Insekten sind klein und an bestimmte Habitattypen gebunden; werden diese Habitate vernichtet oder umgewandelt, können die Insektenarten nicht einfach auf andere Habitate ausweichen. In der Agrarlandschaft sind seminatürliche Lebensräume wie Brachen, Blühstreifen, Wegränder oder ungemähte Raine für viele Offenlandarten von besonderer Bedeutung: Sie bilden Rückzugsräume während der Störungsphasen wie Bodenbearbeitung, Insektizideinsatz oder Mahd, beherbergen normalerweise ein vielfältiges Ressourcenangebot und dienen zur Überwinterung. Im Zeitalter des Klimawandels kommt diesen Landschaftselementen eine besondere Rolle als Trittsteinbiotope und Verbindungselemente für Nord-Süd-Wanderbewegungen zu.

Um das Jahr 2008 wurde EU-weit die konjunkturelle Stilllegung von Feldern aufgegeben; die Brachenfläche in der Agrarlandschaft nahm daraufhin in Österreich drastisch ab; diese Abnahme setzte sich auch in den Folgejahren fort. Betrachtete man mit einem linearen Regressionsmodell die Brachenfläche Österreichs nur zwischen 1995 und 2014; dann läge deren Verlustrate in einer ähnlichen Größenordnung wie die Insektenbiomasse-Verlustrate der „Krefeld-Studie“ (Abb. 1).

Eine andere Ursache für das Insektensterben könnte ist der Klimawandel sein. HALLMANN et al. (2017) finden zwar nur geringfügige Temperaturerhöhungen im Untersuchungsgebiet der „Krefeld-Studie“ und betrachten sie als nicht ausreichend für eine Erklärung der dramatischen Abundanzverluste. Allerdings berücksichtigen HALLMANN et al. (2017) nur die Mitteltemperaturen; nicht die immer häufigeren Extremwetterphasen. LISTER & GARCIA (2018) schreiben diesen Extremphasen die Hauptursachen des Insektensterbens in tropischen Regenwald von Puerto Rico zu.

In der klassischen Aussterbenstheorie (vgl. z. B. SHAFFER 1981) ist die Umweltstochastizität ein wesentlicher Faktor des Aussterbensrisikos. Bei Organismengruppen wie Insekten ist sie der Hauptfaktor, da aufgrund von hohen Reproduktionsraten und meist großen Populationszahlen die Faktoren genetische und demographische Stochastizität selten ins Spiel kommen. Diese Umweltstochastizität in Form klimatischer Extreme hat in den letzten Jahren zweifellos überall zugenommen. So folgte etwa 2018 auf einen ungewöhnlich warmen Winter, der bei Insekten zu erhöhtem Energieumsatz im Winterlager führte, ein Kälteeinbruch im Frühjahr, der sie gleichsam mit leerem Tank kalt erwischte. Hitze- und Trockenphasen im Sommer setzten den wilden umweltstochastischen Ritt, dem die Insektenpopulationen ausgesetzt waren, den Rest des Jahres über fort; wohl manch eine Population wurde dabei aus dem Sattel geworfen.

Als weitere Erklärung des Insektensterbens müssen neue Insektizide ins Kalkül gezogen werden. Seit den 1990er-Jahren hat sich die Zusammensetzung des Pestizidcocktails, der auf die Ackerfelder ausgebracht wird, deutlich verändert (DIBARTOLOMEIS et al. 2019). Eine neue Stoffklasse von hochwirksamen Insektiziden kommt seit Jahren vermehrt zum Einsatz, die Neonicotinoide (GOULSON 2013). Die Toxizität für Insekten von Imidacloprid, Thiamethoxam oder Clothianidin ist dabei größenordnungsmäßig 10000 Mal so hoch wie jene von DDT (Tab. 1 in DIBARTOLOMEIS et al. 2019). Diese Neonicotinoide wirken systemisch; es genügt, die Samen zu beizen und die Insekten, die an den aufwachsenden Pflanzen saugen oder Nektar aufnehmen, werden verlässlich vergiftet. Die Halbwertszeiten der meistverwendeten Neonicotinoide sind so hoch, dass eine Akkumulation im Boden bei jährlicher Ausbringung nicht ausgeschlossen werden kann (GOULSON 2013), allerdings ist das Verhalten der Stoffe im Boden und ihre Metabolisierung noch weitgehend unverstanden. Neonicotinoide können beim Aussäen als Staubpartikel vertragen werden (FORERO et al. 2017), mit PM2.5-Partikeln können Insektizide dabei auch über weite Entfernungen verdriftet werden (NASCIMENTO et al. 2017). Neonicotinoide wären eine Erklärung, warum auch bisher häufige und vergleichsweise anspruchslose Arten in den Abundanzzahlen zurückgegangen sind.

Offensichtlich schließen sich diese möglichen Ursachen nicht gegenseitig aus und je nach Situation mögen sie unterschiedlich wichtig sein. SEGERER & ROSENKRANZ (2017) gehen

grundsätzlich von einem je nach Situation komplexen Zusammenwirken verschiedener Ursachen, einer so genannten Netzkausalität, aus. Seit Jahrzehnten existiert eine Theorie, die das Zusammenwirken verschiedener Ursachen im Aussterbeprozess von Populationen thematisiert und verständlich macht, die Metapopulationstheorie (HANSKI et al. 1996, HANSKI 1999).

Die Metapopulationstheorie wurde an Insekten entwickelt. Ihre Modelle sind zwar auf viele Organismen anwendbar, aber für Insekten mit ihren normalerweise kleinräumig habitatspezifisch verinselten Verbreitung und ihrem Flugvermögen ist die Theorie prädestiniert. Nach dieser Theorie ist eine notwendige Bedingung für das Überleben eines Ensembles von Einzelpopulationen, einer so genannten Metapopulation, dass die Wiederbesiedlungsrate größer oder gleich der Aussterbensrate ist; anders gesagt, dass die Neubesiedlung vakanter Biotopinseln mindestens so oft gelingt wie der Verlust von lokalen Populationen durch Aussterben stattfindet. Nun hängen Wiederbesiedlungs- und Aussterbensraten von vielen Faktoren ab, die sich in den letzten Jahren deutlich verändert haben. Lebensraumverlust führt nicht nur zum direkten Aussterben der jeweiligen lokalen Insektenpopulation, sondern ändert auch die Wiederbesiedlungsrate, da eine verlorene Biotopinsel auch bedeuten kann, dass die Entfernungen zwischen den verbliebenden Biotopinseln zu groß für eine erfolgreiche Wiederbesiedlung werden. Insektizide und Extremwetterphasen, wie sie durch den Klimawandel ausgelöst werden, erhöhen die Populationsfluktuationen und damit die Aussterbenswahrscheinlichkeit der Populationen auf den Biotopinseln, denen eine tendenziell abgesenkte Wiederbesiedlungsrate gegenübersteht (Tab. 2).

Tab. 2: Faktoren, die Aussterbens- und Wiederbesiedlungsraten von Biotopinseln in mitteleuropäischen Landschaften beeinflussen.

Faktor	Trend	Aussterbensrate
Brachen als Rückzugsräume	–	+
Flächenverlust	+	+
Aufdüngung über Luftpfad	+	+
Klimaextreme	+	+
Katastrophen	+	+
Insektizidwirksamkeit	+	+

Faktor	Trend	Wiederbesiedlungsrate
Verkehrswege	+	–
Abstände geeigneter Biotopinseln	+	–
Lebensfeindliche Matrix	+	–
Trittsteinbiotope	–	–
Korridore	–	–
Insektizid-Aerosole	+	–

Das Aussterben einer Metapopulation kann der Veränderung der Landschaftsstruktur, die es ursprünglich auslöste, lange Zeit hinterherhinken (HANSKI & OVASKAINEN 2002). Denkbar wäre, dass Habitatverluste und Landschaftsbarrieren seit vielen Jahrzehnten eine Metapopulationsaussterbens-Aussterbenszeitbombe ausbildeten, die dann im neuen Jahrtausend durch Klimaextreme und Insektizide letztlich gezündet wurde.

Gegenmaßnahmen

Für effektive Gegenmaßnahmen wäre ein genaueres Verständnis der Ursachen des Insektensterbens zweckmäßig. Aber auch ohne dieses Wissen sind Maßnahmen möglich, mit denen Insekten geholfen werden kann.

Eine solche Maßnahme ist die Schaffung von Insektenlebensräumen in der Agrarlandschaft in Form von Brachen, Blühstreifen oder Rainen. Die Rolle dieser Landschaftselemente, in der Vernetzung von Populationen ist bereits vielfach hervorgehoben worden (BENTON et al. 2003). Für die Bewahrung von Bestäubern und Schädling antagonististen sind diese Rückzugsräume unabdingbar (vgl. z. B. WRIGHT et al. 2013); für die Erleichterung von Süd-Nord-Wanderungen, wie sie Klimawandel den Organismen abverlangt, werden sie zunehmend Bedeutung erlangen.

Eine weitere unmittelbar wirksame Maßnahme wäre die Ausweitung der biologischen Landwirtschaft in Österreich. Bereits aktuell ist der Anteil der biologisch bewirtschafteten Flächen in Österreich im europäischen Vergleich hoch. Bestimmte Insektizide sind zwar auch im biologischen Landbau zugelassen, aber tendenziell werden Insekten im biologischen Landbau eher als Teil der Lösung denn als Teil des Problems gesehen: So erfordert Schädlingskontrolle im biologischen Landbau eine Zusammenarbeit von Landwirt und geförderten antagonistischen Arthropoden. Eine mehr oder weniger prophylaktische Totalbehandlung ganzer Ökosysteme, wie sie mit Neonicotinoiden möglich ist, hätte im biologischen Landbau keinen Raum.

Ein drittes weites Feld der Verbesserung der Lebensbedingungen für Insekten sind die Hausgärten. Einheimische Pflanzen statt exotischer Gehölze, Blumenwiesen statt Mähroboter-gepflegten Grasnarben, Bienenhotels statt Insektizideinsatz, Kompostierung statt Entsorgung – jeder Gartenbesitzer könnte den Insekten auf einfache Weise helfen und sich damit meist auch noch Arbeit sparen. Trotz Biodiversitätskrise sind viele Ziergärten übermäßig steril und insektenfeindlich. Im Siedlungsraum liegt ein großes Biodiversitätspotenzial, das derzeit nicht gehoben wird.

Diskussion

Insgesamt ergibt sich aus der Betrachtung des Insektensterbens ein beunruhigendes Bild. Zahlreiche Journalisten haben die Situation der Insekten mit dem Attribut „apokalyptisch“ beschrieben; die Berechtigung solcher Ausdrücke leitet sich wohl nicht nur aus den extremen Rückgangsraten und der geographischen Grenzenlosigkeit der Muster ab, sondern auch aus dem offensichtlichen Scheitern der bisher standardmäßig praktizierten Gegenmaßnahmen. Offenbar konnte der Flächenschutz mit seinen verschiedenen Kategorien von Schutzgebieten das Insektensterben nicht verlangsamen, geschweige denn umkehren. Das ist nicht unbedingt dem Naturschutz anzulasten; auch in der Medizin

agiert der Arzt auf verlorenem Posten, wenn die krankmachenden Praktiken nicht zu nächst einmal vor der Therapie abgestellt werden.

Obwohl das Insektensterben wie gezeigt größeren direkten materiellen Schaden für den Menschen bedeuten kann, ist die anthropozentrische Perspektive fragwürdig. Bei der Lektüre der Artikel zu den Neonicotinoiden konnte man manchmal den Eindruck gewinnen, die Insektenfauna umfasste nicht etwa 40000 Arten allein in Österreich (GEISER 2018), sondern bestünde lediglich aus einer Art, der Honigbiene, einem Haustier.

Es scheint nötig, das Insektensterben nicht als eigenständiges Problem, sondern als ein Symptom in einem größeren Zusammenhang zu sehen; als Symptom eines konsumtiven Umgangs mit der Welt, der enge und eindimensionale Produktionsziele verfolgt, Nebenwirkungen dabei aber weitgehend außer Acht lässt. Die marktwirtschaftliche Dynamik war sehr erfolgreich darin, große Mengen von Gütern auf effiziente Art zu produzieren und zur Verfügung zu stellen. Wie schon vor langer Zeit vorhergesagt (MEADOWS et al. 1972), stößt dieses wirtschafts- und gesellschaftspolitische Entwicklungsmodell jedoch an Grenzen, die durch die Endlichkeit der Welt vorgegeben sind. Diese Endlichkeit zeigt sich in der Flächenkonkurrenz (Agrarfläche versus Biodiversität), in der Endlichkeit der Rohstoffe und in den Grenzen der Aufnahmefähigkeit für Schadstoffe, was derzeit insbesondere am Klimawandel deutlich wird.

Es besteht daher weitgehend Einigkeit darüber, dass neue Biodiversitätsziele, punktuelle Interventionen und schrittweises Vorgehen nicht mehr ausreichen, wenn es darum geht, die Biodiversitätskrise zu überwinden. Notwendig ist eine rasche und umfassende Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft (IPBES 2019). Was getan werden muss, ist im Wesentlichen bekannt: Die Umstellung der Energieversorgung auf Solar- und Windenergie, die Umstellung des Transportwesens auf elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen, konsequente Kreislaufwirtschaft und Wiederverwendung von Rohstoffen in der Industrie, Umstellung der Landwirtschaft auf biologische Produktionsverfahren, weitgehender Verzicht auf Fleischproduktion, Bewahrung, Wiederherstellung und weiträumige Vernetzung von natürlichen Lebensräumen. All das sind keine neuen Einsichten; neu ist, dass diese Umstellungen ein Maß von gemeinsamer Vernunft erfordern, wie es bisher in der Menschheitsgeschichte noch nicht aufgebracht wurde und auch nicht erforderlich war. Man kann also das Insektensterben als einen Teil des Tests ansehen, dem sich die Menschheit derzeit ausgesetzt sieht: Gelingt es, die grundsätzliche Befähigung zur Vernunft auch in kollektives angemessenes Handeln umzusetzen? Bisher sind die Erfolge diesbezüglich sehr überschaubar; der Einsatz ist hoch; im Endeffekt steht die menschliche Zivilisation auf dem Spiel.

Zusammenfassung

Die so genannte „Krefeld-Studie“, die im Oktober 2017 erschien, erbrachte unerfreuliche Gewissheit: Biomasse und Individuenzahl der Insekten nehmen seit etwa drei Jahrzehnten dramatisch ab. Von einem Bestandsrückgang sind nicht mehr nur anspruchsvolle und eng eingennischte Arten betroffen, sondern offenbar die Gesamtheit der Insektenarten. Studien aus verschiedenen Teilen der Welt kommen zu ähnlichen Schlussfolgerungen. Inwieweit lassen sich die Befunde auf Österreich übertragen? Obwohl die Evidenz be-

grenzt ist, bestehen keine Anhaltspunkte dafür, dass Österreich sich von übergeordneten Mustern abkoppelte und eine Insel der seligen Insekten repräsentierte. Anhand der Bestäubung und Schädlingskontrolle lässt sich illustrieren, dass das Insektensterben auch für den Menschen selbst Millionenschäden in Form von Ökosystemleistungs-Verlusten mit sich bringt. Für jede der möglichen Ursachen des Insektensterbens – Habitatverluste, Klimawandel, neuartige Insektizide – gibt es mehr oder weniger direkte Anhaltspunkte; mit großer Wahrscheinlichkeit interagieren diese Faktoren. Einige Maßnahmen zur Förderung der Insekten wären auch mit dem gegenwärtigen Wissensstand und ohne Risiken sofort umsetzbar; dazu gehören die Etablierung seminaturlicher Landschaftselemente in der Agrarlandschaft, die Förderung des biologischen Landbaus und ein insektenfreundlicheres Management von Ziergärten. Insgesamt sollte das Insektensterben nicht als isolierte Erscheinung, sondern als Symptom eines konsumtiven Wirtschaftens, das an seine Grenzen stößt, interpretiert werden.

Danksagung

Wolfgang Rabitsch regte zu dem Vortrag an, der diesem Text zu Grunde lag, und war seither ein konstruktiv-kritischer Gesprächspartner zu allen Aspekten des Insektensterbens.

Literatur

- ATKINS J. 2017: The most talked about research of 2017. – Internet: <https://blogs.plos.org/ecology/2017/12/21/the-most-talked-about-research-of-2017/>, abgerufen am 5. 12. 2019.
- BENTON T.G., VICKERY J.A. & WILSON J.D. 2003: Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? – *Trends in Ecology and Evolution* 50: 182–188.
- BMNT 2018: Grüner Bericht 2018 gemäß § 9 des Landwirtschaftsgesetzes. 59. Auflage. Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahr 2017. – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien, 268 pp.
- BROOKS D.R., BATER J.E., CLARK S.J., MONTEITH D.T., ANDREWS C., CORBETT S.J., BEAUMONT D.A. & CHAPMAN J.W. 2012: Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. – *Journal of Applied Ecology* 49: 1009–1019.
- CONRAD K.F., WARREN M.S., FOX R., PARSONS M.S. & WOIWOD I.P. 2006: Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. – *Biological Conservation* 132: 279–291.
- DI BARTOLOMEIS M., KEGLEY S., MINEAU P., RADFORD R. & KLEIN K. (2019): An assessment of acute insecticide toxicity loading (AITL) of chemical pesticides used on agricultural land in the United States. *PLoS One* 14: e0220029.
- FORERO L.G., LIMAY-RIOS V., XUE Y. & SCHAAFSMA A. 2017: Concentration and movement of neonicotinoids as particulate matter downwind during agricultural practices using air samplers in southwestern Ontario, Canada. – *Chemosphere* 188: 130–138.
- GEISER E. 2018: How many animal species are there in Austria? Update after 20 years. – *Acta ZooBot Austria* 155: 1–18.

- GEPP J. (Ed.) 1983: Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. – Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, Grüne Reihe Band 2, 243 pp.
- GEPP J. (Ed.) 1994: Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. – Styria, Graz, Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Band 2, 355 pp.
- GOULSON D. (2013): An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology* 50: 977–987.
- 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: e0185809.
- HANSKI I. & OVASKAINEN O. 2002: Extinction debt at extinction threshold. – *Conservation Biology* 16: 666–673.
- HANSKI I. 1999: *Metapopulation ecology*. – Oxford University Press, Oxford, 313 pp.
- HANSKI I., MOILANEN A. & GYLLENBERG M. 1996: Minimum viable metapopulation size. – *American Naturalist* 147: 527–541.
- HARNASCH D. 2017: Die grüne Lobby will weniger Menschen haben und mehr Natur. – Internet: <https://www.salonkolumnisten.com/interview-mansfeld/>, abgerufen 3. 2. 2019.
- HOLZER E. 2019: Insektensterben: Der letzte Willi. – *Kurier*, 24. 2. 2019.
- IPBES 2016: The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. – Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, 552 pp.
- IPBES 2019: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. – IPBES Secretariat, Bonn, 56 pp.
- IUCN 2001: IUCN Red List categories. Version 3.1. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. – IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 23 pp.
- LISTER B.C. & GARCIA A. 2018: Climate driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. – *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: E10397–E10406.
- MALICKY H. 2001: Schmetterlinge (Lepidoptera) in Lichtfallen in Theresienfeld (Niederösterreich) zwischen 1963 und 1998. – *Stapfia (Linz)*, zugleich Kataloge des OÖ Landesmuseums 77: 261–278.
- MANSFELD H. 2017: Angeblicher Insektenschwund: Wie die Medien in die grünrote Wahlkampfalle tappten. – Internet: <https://meedia.de/2017/07/18/angeblicher-insektenschwund-wie-die-medien-in-die-gruen-rote-wahlkampfalle-tappten/>, abgerufen 1. 2. 2019.

- MEADOWS D.H., MEADOWS D.L., RANDERS J. & BEHRENS III W.W. 1971: The limits of growth. A report of the Club of Rome's project on the predicament of mankind. – Universe Book, New York, 205 pp.
- MÜHLBAUER P. 2017: Gibt es 80 Prozent weniger Insekten? – Internet: <https://www.heise.de/tp/features/Gibt-es-80-Prozent-weniger-Insekten-3776822.html>, abgerufen 1. 2. 2019.
- NASCIMENTO M.M., DA ROCHA G.O. & DE ANDRADE J.B. 2017: Pesticides in fine airborne particles: from a green analysis method to atmospheric characterization and risk assessment. – *Scientific Reports* 7: 2267.
- SCHINDLER S., ZULKA K.P., SONDEREGGER G., OBERLEITNER I., PETERSEIL J., ESSL F., ELLMAUER T., ADAM M. & STEJSKAL-TIEFENBACH M. 2016: Biologische Vielfalt in Österreich. Schutz, Status, Gefährdung. Umweltbundesamt, Wien, REP0542, Internet: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0542.pdf>, abgerufen am 6. 2. 2017, 192 pp.
- SEGERER A.H. & ROSENKRANZ E. 2017: Das große Insektensterben. Was es bedeutet und was wir jetzt tun müssen. – oekom verlag, München, 204 pp.
- SHAFFER M.L. 1981: Minimum population sizes for species conservation. – *BioScience* 31: 131–134.
- SORG M., SCHWAN H., STENMANS W. & STENMANS A. 2013: Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch mit Malaise-Fallen in den Jahren 1989 und 2013. – Mitteilungen aus dem Entomologischen Verein in Krefeld 1: 1–5.
- SPIEGEL 2017: Zahl der Insekten in Deutschland sinkt deutlich. – Internet: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/insekten-in-deutschland-forscher-bestaetigen-insektensterben-a-1173525.html>, abgerufen 1. 2. 2019.
- THOMAS J.A., TELFER M.G., ROY D.B., PRESTON C.D., GREENWOOD J.J.D., ASHER J., FOX R., CLARKE R.T. & LAWTON J.H. 2004: Comparative losses of British butterflies, birds, plants and the global extinction crisis. – *Science* 303: 1879–1881.
- VAN SWAAY, 1990: An assessment of the changes in butterfly abundance in the Netherlands during the 20th century. – *Biological Conservation* 52: 287–302.
- WRIGHT H.L., ASHPOLE J.E., DICKS L.V., HUTCHISON J. & SUTHERLAND W.J. 2013: Enhancing natural pest control as an ecosystem service. Evidence for the effects of selected actions. – University of Cambridge, Cambridge, 106 pp.
- WWF 2016: Living Planet Report 2016. Long version. – WWF International, Gland, Switzerland, 144 pp.
- ZULKA K.P. (Ed.) 2005: Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 1: Säugetiere, Vögel, Heuschrecken, Wasserkäfer, Netzflügler, Schnabelfliegen, Tagfalter. – Böhlau, Wien, Grüne Reihe des

Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Gesamtherausgeberin RUTH WALLNER) Band 14/1, 406 pp.

ZULKA K.P. (Ed.) 2007: Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 2: Kriechtiere, Lurche, Fische, Nachtfalter, Weichtiere. – Böhlau, Wien, Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Gesamtherausgeberin RUTH WALLNER) Band 14/2, 515 pp.

ZULKA K.P. (Ed.) 2009: Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalysen, Handlungsbedarf. Teil 3: Flusskrebse, Köcherfliegen, Skorpione, Weberknechte, Zikaden. – Böhlau, Wien, Grüne Reihe des Lebensministeriums (Gesamtherausgeberin RUTH WALLNER) Band 14/3, 534 pp.

ZULKA K.P. & GÖTZL M. 2015: Chapter 10. Ecosystem services: pest control and pollination. – In: STEININGER K., KÖNIG M., BEDNAR-FRIEDL B., KRANZL L., LOIBL W., PRETTENTHALER F. (Ed.): Economic evaluation of climate change impacts. Development of a cross-sectoral framework and results for Austria. Cham, Springer: 169–189.

Anschrift des Verfassers

Dr. Klaus Peter Zulka, Department für Integrative Zoologie, Universität Wien, Althanstraße 14, 1090 Wien, Österreich. E-Mail: klaus.peter.zulka@univie.ac.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologica Austriaca](#)

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: [0027](#)

Autor(en)/Author(s): Zulka Klaus-Peter

Artikel/Article: [Insektensterben – eine österreichische Perspektive. Vortrag, gehalten auf der Tagung der Österreichischen Entomologischen Gesellschaft in Linz am 2.2.2019\) 269-283](#)