

# 50-jährige Untersuchungen an migrierenden Schwebfliegen, Waffenfiegen und Schlupfwespen belegen extreme Rückgänge (Diptera: Syrphidae, Stratiomyidae; Hymenoptera: Ichneumonidae)

● WULF GATTER, HARTMUT EBENHÖH, RAOUL KIMA, WALTER GATTER, FRANK SCHERER

**Abstract.** At the Research Station Randecker Maar in the Schwäbische Alb uplands in southwest Germany, founded in 1969, in addition to bird migration numbers of migrating insects have also been monitored in summer and autumn since 1970. At this spot their southwards-directed migration reaches an upland pass where the flying insects are concentrated both horizontally and vertically. In this article we compare the results for migrating hover-flies (Syrphidae), as well as soldier-flies (Stratiomyidae) and parasitic wasps or ichneumons (Ichneumonidae), from the 1970s and 1980s with those of the years 2014 to 2019. The comparison is based on two different monitoring methods, during 40, respectively 50 years which remained unaltered during this time, as did the local conditions. These facts allow us to make unambiguous statements about the dramatic changes in the insect world over the last 50 years, the longest study period in this field. For more than 40 years 1978–2019 the monitoring method was working with standardised insect funnel traps open to the north were controlled hourly, weather permitting. The values from 1978–1987 were compared with those from 2014–2019. For hover-flies the results show a strong decline in the large group of those species with a zoophagous/aphidophagous larval development, to under 10% of their earlier numbers. The simultaneously monitored soldier-flies (Stratiomyidae) and parasitic wasps (Ichneumonidae) declined to about 16 and 14% of their 1978–1987 numbers, respectively. A 50 years spanning monitoring

1970–2019 of southerly heading hover-flies is carried out by visual counting in a standardised narrow corridor, without attempting identification to species level. Each count was made for one minute four times per hour and was extrapolated to give hourly totals. Comparison of the first counts (1970–1974) with the most recent years (2014–2019) shows a drastic decline to just about 3% of the 1970s values for those species migrating in July/August whose larvae are zoophagous/aphidophagous, feeding mainly on aphids. The numbers of hover-flies migrating later, mainly in September/October, suggest that the decline of these species (with a mainly aquatic-saprophagous/microphagous larval development) is not as extreme as in zoophagous species.

**Zusammenfassung.** An der 1969 gegründeten Forschungsstation Randecker Maar auf der Schwäbischen Alb wurden neben dem Vogelzug ab 1970 auch wandernde Insekten im Sommer und Herbst auf ihrem Weg nach Süden quantitativ erfasst. Hier wird der südwärts gerichtete Zug durch einen Gebirgspass horizontal und vertikal gebündelt. In dieser Arbeit vergleichen wir die Ergebnisse wandernder Schwebfliegen (Syrphidae) sowie Waffenfiegen (Stratiomyidae) und Schlupfwespen (Ichneumonidae) aus den 1970er und 1980er Jahren mit denen der Jahre 2014–2019. Der Vergleich beruht auf zwei verschiedenen Erfassungsmethoden, die über die Jahre hinweg unverändert blieben, ebenso wie

die örtlichen Verhältnisse. Dies erlaubt über einen Zeitraum von 50 Jahren eindeutige Aussagen über den dramatischen Wandel in der Insektenwelt. Es ist damit die längste standardisierte Studie zum Thema. 40 Jahre Reusenfang: Seit 1978, also über 40 Jahre, wurden nach Norden geöffnete standardisierte Insektenreusen, bei geeignetem Wetter stündlich kontrolliert. Die Werte von 1978–1987 wurden denen von 2014–2019 gegenübergestellt. Bei den Schwebfliegen zeigt der Vergleich einen starken Rückgang der Arten mit zoophag/aphidophager Larvenentwicklung auf unter 10%. Gleichzeitig erfasste Waffenfiegen (Stratiomyidae) und Schlupfwespen (Ichneumonidae) gingen auf etwa 16 bzw. 14% zurück. 50 Jahre visuelle Erfassung: Die schon seit 1970 durchgeführte visuelle Zählung südwärts ziehender Schwebfliegen erfolgte in einem standardisierten engen Zugkorridor ohne Artdifferenzierung. Dabei wurden viermal pro Stunde eine Minute lang die nach Süden durchfliegenden Schwebfliegen gezählt und das Ergebnis auf die Stunde hochgerechnet. Der Vergleich der ersten Jahre (1970–1974) mit den Werten der letzten Jahre (2014–2019) zeigt bei Arten, deren Larven räuberisch zoophag/aphidophag vor allem von Blattläusen leben, einen Rückgang auf nur noch rund 3%. Die Sichtbeobachtungen der spät, vor allem im September/Oktober, migrierenden Schwebfliegen lassen vermuten, dass der Rückgang bei Arten mit einer aquatisch-saprophag/microphagen Larvenentwicklung nicht ganz so extrem ist wie bei den zoophagen Arten.

**Key words.** Migration, Insects, Ecology, Longterm survey, Insect decline, Randecker Maar, Palaeartic Region.

## Ein Blick 50 Jahre zurück

Vor Entdeckung des Randecker Maars (9.31E, 48.35N; Abb. 1) als Konzentrationspunkt des Vogelzugs und der 1969

dort gegründeten Station (GATTER 1978) an dem hier fast 500 m hoch aufragenden Mittelgebirge der Schwäbischen Alb, beobachteten wir unweit davon, am Sattelbogen zwischen Teck und Breitenstein

(9.29E, 48.35N), den Vogelzug. Dort wurden wir (G. KAHLERT, R. LAIH, W. GATTER) am 8. August 1967 und an den Folgetagen Zeugen eines Naturschauspiels, das sich vor dem nachmittags bereits im

Schatten liegenden Osthang des Teckberges abspielte.

Von der Nachmittagssonne angestrahlt, zog vor dem dunklen Hintergrund des Berges zum „Pass“ des Sattelbogens eine nicht endende Flut zigtausender nach Süden ziehender Fliegen hin. Gegen die Sonne und vor der hohen, im Schatten liegenden Bergkulisse zog sich, durch unsere Ferngläser verdichtet, ein so endloses Band im Gegenlicht aufleuchtender, silbrig reflektierender Schwingen und goldbis kupferfarbenen wirkender Körper, die sich vor der dunklen, im Schatten liegenden Wand der Bäume abhoben. Frischte Gegenwind auf, unterflogen die Insekten den Wind und wanderten in Bodennähe bergan, was zeitweise wie ein nach Süden fliegender endloser Bienenschwarm wirkte. Die beteiligten Individuen wurden von uns auf Hunderttausende geschätzt. An Tagen mit nördlichen oder östlichen Rückenwinden war das Phänomen nicht existent.

Aus unseren Beobachtungen an wandernden Schmetterlingen zu schließen, war uns schon damals klar, dass die Masse aus migrierenden Schwebfliegen bestehen musste, zumal sich tausende kleiner, dunkler Fliegen von der leichten, vom Pass aus Süden kommenden Luftströmung in die entgegengesetzte Richtung nach Norden verdriften ließen, oder vor Ort tanzten. Einmal sensibilisiert wurden bei intensivierter Beobachtung weitere, ebenfalls starke Bewegungen im Spätsommer und Herbst 1967 und 1968 registriert. Alles ließ darauf schließen, dass die Schwebfliegen, wie die gleichzeitig ziehenden Schmetterlinge (Pieridae und Nymphalidae) aus NNE bis NE kommend, auf den Nord-Süd verlaufenden Berghang der Teck stoßen und dadurch verdichtet nach Süd abgelenkt, weiter durch den Pass des Sattelbogens ziehen, durch den einst eine Landstraße, heute ein Wanderweg, führt. Bei schwachen Winden im Hochdruckgebiet ließen hoch ziehende Schmetterlinge und in der Höhe jagende Schwalben darauf schließen, dass vor allem an Nachmittagen mit den im Hochdruckgebiet regelmäßig auf Nord drehenden Winden unsichtbar auch kleinere und große Insekten in großer Höhe mit dem Wind wanderten (GATTER 1977b, 1981c).

Aus unseren 1969 am Randecker Maar begonnenen planmäßigen Untersuchungen des Vogel- und Insektenzugs entwickelte sich eine rege entomologische

Tätigkeit, auch mit Versuchen, neue Methoden der ornithologischen und entomologischen Forschung zu entwickeln (GATTER 1978). Neben den vogelkundlichen Untersuchungen ergab sich die Möglichkeit, nicht zuletzt auch wenig erforschte Insektengruppen wie Libellen (Odonata), verschiedene Gruppen von Käfern (Coleoptera) und Fliegen (Diptera) mit einbeziehen zu können (GATTER 1973, 1975, 1976), die schließlich in Buchform publiziert wurden (GATTER 1981a, b). Die räumlichen Begebenheiten regten dazu an, den in Deutschland bisher unbekanntem Massenzug von Schwebfliegen näher zu untersuchen (GATTER & GATTER 1973, GATTER 1975a, 1976). Von Ereignissen dieser Art gab es einzelne Berichte aus Westeuropa und den Alpen.

So beschreibt schon WILLIAMS 1961 in seinem Buch „Die Wanderflüge der Insekten“ herbstliche nach Süden gerichtete Migrationen von Schwebfliegen von der Ostküste Nordamerikas und von den Küsten Nordwesteuropas und Englands, wo der Küstensaum von Bournemouth Mitte August 1864 einmal meilenweit von toten Schwebfliegen der Art *Scaeva pyrastris* bedeckt war, so dass man sie hätte zusammenschaukeln können. Besonders oft werden von ihm die im 19. Jahrhundert auffälligen Massenwanderungen von großen Schwebfliegen von *Eristalis*, besonders *E. tenax*, (Abb. 12) an den Küsten der Britischen Inseln und über den Kanal genannt, über die Vergleichbares auch aus dem Alpenraum berichtet wurde (ELMER 1882, PRELL 1925). GATTER (1980) beschreibt Überquerungen hoher Himalayapässe gemeinsam wandernder Schmetterlinge, Hummeln und Schwebfliegen, wobei ebenfalls *Eristalis tenax* dominiert. Mit Berichten von starkem Syrphidenzug an der amerikanischen Westküste Kaliforniens (MENZ et al. 2019) schließt sich der Kreis von Berichten über circumpolare Schwebfliegenwanderungen rund um die Nordhalbkugel.

Der Insektenzug ist ein komplexes Thema das von vielen Faktoren beeinflusst wird, sodass wir mit dieser Arbeit nur einen kleinen Ausschnitt beleuchten können. So zeigten unsere Untersuchungen am Randecker Maar, dass die tageszeitlichen Zugmuster der regelmäßig migrierenden Saisonwanderer unter den Schwebfliegen und Schmetterlingen (Nymphalidae) im sichtbaren Bereich ihre Höhepunkte am späten Vormittag haben und oft bodennah gegen die im Hochdruckgebiet an Vormit-

tagen häufigeren Winde aus südlichen Richtungen anfliegen (GATTER 1981b). Die meist flugschwächeren Dismigranten mit höherer Richtungsstreuung, bei den Schwebfliegen z. B. Vertreter von *Platycheirus*, und weitere flugschwache Dipterenarten und Schmetterlinge ziehen eher am Nachmittag.

Bei Insekten liegt der Anteil nach Süden ziehender saisonaler Migranten mit jahreszeitlich ausgeprägten, dem Vogelzug entsprechenden Wanderungen vormittags im sichtbaren Bereich bei 51–60% (GATTER 1981a). Bei den eher streuenden Bewegungen der Dismigranten liegt er nur bei 7–34%. Die Werte beider am Randecker Maar an der Gebirgskante sichtbar werdender Insekten zeigen, dass gebirgsfern im windschwächeren Tiefland wandernde Insekten sich dem Beobachter vielfach entziehen. Nachweise beschränken sich dort auf rastende Individuen (GATTER 1977A, 1981A, GATTER & SCHMID 1990), oder man wird auf deren Existenz und Bedeutung erst nach Katastrophen wie die als „Strandgut“ an Meeresküsten angeschwemmten Tiere aufmerksam.

## Material und Methode

### Der Weg zu standardisierten Untersuchungen

In den 1970er und 1980er Jahren kam es in Europa zu einer Welle von Untersuchungen zur Standardisierung der Erfassung ziehender Vögel. Mit der darauf folgenden Intensivierung ornithologischer Untersuchungen gründeten wir 1969 die Beobachtungsstation am Randecker Maar, fünf Kilometer östlich des bereits erwähnten Sattelbogens. Auch hier zogen auffällige Anzahlen von Schwebfliegen, aber die Konzentrationen waren geringer als direkt am Sattelbogen. Die Höhe des Albrandes als zu überwindendes Hindernis und die Breite des Passes führten dort einerseits zur Verdichtung der Zugbewegungen, andererseits ließen sich konstante Bedingungen für die Zukunft erwarten, die eine Standardisierung ermöglichten. Durch die auf 600 m liegende Passage am Eingang des nach Nordosten zum Alvorland hin geöffneten Maarkraters verdichtet sich der Insektenzug zunächst, und fächert sich dann bis zu der auf 772 m direkt südlich des Maarkraters liegenden Station (bei südwestlicher Zugrichtung) wieder auf. Er führt dann, bei Vögeln wie Insekten, größtenteils durch eine Geländesenke westlich der Station.

Die Zahlen an Insekten unmittelbar an der Station zeigen also nur den Randbereich dieser Konzentration. Gehölze im Westen und Osten der Station boten bei größeren Insekten häufiger Arten, vor allem der Lepidoptera, die Möglichkeit einer Standardisierung der Erfassung. Sie wurden auf 30 Metern Breite zwischen zwei Gehölzstreifen gezählt und eingetragen. Der dunkle Hintergrund durch die Gehölze machte auch weniger große vorbeifliegende Insekten (besonders bei Gegenlicht) sichtbar.

Die Radaruntersuchungen von WOTTON et al. (2019) aus Südeuropa zeigen mit der Höhe über Grund abnehmenden Zug von Schwebfliegen, wobei das Radar Bewegungen erst ab 150 Metern über Grund aufzeichnet. Die hohen Werte am Sattelbogen auf 550 m, d. h. 150 m über dem Albvorland, würden etwa dem entsprechen, was in England dem Radar entgeht, also einer Verdichtung des Bereichs vom Vorland zum Sattelbogenpass. Am Randecker Maar kämen weitere 200 Höhenmeter dazu. Die in England erhobenen Radardaten könnten demnach darauf hinweisen, dass uns am Randecker Maar die oberen 30% der Migranten entgehen.

Nach diesen anfänglich intensiven Untersuchungen des Insektenzuges haben wir die entomologische Forschung jedoch wegen des Rückgangs häufiger Schmetterlinge und der Schwebfliegen über zwei Jahrzehnte hinweg zurückgefahren und jahreszeitlich an die ornithologische Arbeit angeglichen. Die aktuelle Diskussion um den Insektenrückgang führte jedoch dazu, die Sichtzählungen und Reusenfänge bei



**Abb. 1.** Randecker Maar Luftbild. Der Pfeil zeigt auf die Lage der Station auf 773 m über NN südlich des nach Norden (hier links) offenen Maarkraters umgeben von den über 800 m hohen umliegenden Kuppen. In dem hier im Bildbereich auf 440 m liegenden nördlichen Vorland die Dörfer Hepsisau vorn und Neidlingen. Die aus Nord, sozusagen „vom linken Bildrand“ ankommenden migrierenden Insekten und Vögel müssen auf kürzeste Distanz fast 400 Höhenmeter überwinden, die dann verdichtet an der Station vorbei ziehen. (Foto: PEER GATTER, 15.III.2020)

**Abb. 2a und b.** Die nach Norden offene Reuse für nach Süden ziehende Insekten während der stündlichen Kontrolle. (Fotos: WULF GATTER, 20.IX.2019)

allen Insekten ab 2014 wieder in vollem Umfang aufzunehmen.

Ein dadurch wieder notwendiger früherer Beginn schon im Juli und die Art der Erfassung mit Beschränkung auf Tage mit geeignetem Wetter und entsprechenden Temperaturen ließ sich zeitweise ohne permanente ganztägige Besetzung der Station verwirklichen. Die dadurch unzureichende Aufsicht ermöglichte aber leider mehrfach mutwillige Beschädigungen unserer teuren und weithin sichtbaren Geräte. Dies führte in den letzten Jahren teils zu verkürzten Fangsaisons.

### Einminütige Sicht-Zählungen bei Syrphiden

Während der Beobachtung des Schmetterlings- und Vogelzugs wurde im Idealfall viermal pro Stunde die Zahl der während einer Minute den standardisierten 30 Meter Korridor durchfliegenden Schwebfliegen mit dem Fernglas gezählt. Diese Zahlen wurden später auf Stundenwerte hochgerechnet. Die Zählungen erfolgten in dem für Insekten standardisierten Korridor ohne Artdifferenzierung. Bei Sonne wurde versucht, morgens gegen Osten, nachmittags gegen Westen zu zählen. Die Insekten sind dann jeweils im Gegenlicht silbrig aufleuchtend vor den im Schatten liegenden Gehölzen bestens zu sehen. Bei Verwendung zehnfacher Ferngläser waren Objekte, die auf etwa den ersten acht bis zehn Metern vorbeiflogen, kaum erkennbar, was den Zählkorridor etwas einengte. Die sich dadurch ergebende leichte Einschränkung der Standardisierbarkeit der Untersuchungsmethode ist allerdings im Vergleich zu den starken Veränderungen der Insektenzahlen über die Jahre vernachlässigbar. Die Minutenzählungen wurden, je nach Personaldecke, von 1970 bis 1974 konsequent, danach abnehmend durchgeführt und seit 2014 wieder voll aufgegriffen. In der vorliegenden Studie werden daher die Minutenzählungen aus den Jahren 1970–1974 und 2014–2019 ausgewertet.

### Reusenfang

Die wandernden Schwebfliegen und andere Insekten wurden mit Hilfe einer trichterförmigen, nach NNE geöffneten Insektenreuse gefangen. Erste Versuchsreusen mit kleiner Einflugsöffnung wurden überwiegend als Hindernis erkannt und umflogen. Daher arbeiteten wir ab 1978 bis heute mit Reusen, deren Einflugsöffnungen zehn Quadratmeter betragen. In den Jahren 1979–1982 wurde als Vergleich

zusätzlich eine Zehn-Quadratmeter-Reuse mit einer nach Süden gerichteten Öffnung betrieben. Deren Fänge ergaben ein anderes Artenspektrum und vermittelten Hinweise, welche Arten zu den Wanderern gehörten und welche auf das Habitat des Reusenstandortes beschränkt waren.

In der vorliegenden Studie wurden, wo nicht anders vermerkt, nur Daten der nach Nord geöffneten Zehn-Quadratmeter-Reuse ausgewertet (Abb. 2). Die Wände und das zum Fangbeutel hin leicht ansteigende Dach bestanden aus Fliegengitter. Den Abschluss bildete ein 20 cm breites Fenster aus einer Plastikfolie. Der „Drang zur Sonne“ führte dabei unabhängig von der Zugrichtung dazu, dass die Tiere versuchten, am oberen Ende der Reuse zu entweichen. Die Insekten gelangten dort in einen Plastikbeutel, der stündlich kontrolliert wurde. Am Arbeitsplatz in der Station wurden zu Beginn des Projektes die Insekten betäubt und bestimmt, wobei gleichzeitig eine Vergleichssammlung angelegt wurde. In den meisten Jahren und mit zunehmender Artenkenntnis war eine Betäubung normalerweise nicht mehr nötig und die Bestimmung erfolgte direkt im Beutel.

Dieser Lebendfang zeigte den Artenreichtum der Gruppe. Die Reusenfänge ermöglichten neben den Schwebfliegen auch Einblicke in weitere beteiligte Gruppen von Dipteren wie Schnaken (Tipulidae) (GATTER 1977b) oder Waffenfliegen (Stratiomyidae), außerdem Erkenntnisse bei Käfern (Coleoptera) und Schlupfwespen (Ichneumonidae), sowie geflügelten Blattläusen (Aphididae, Pemphigidae), die teils zu Tausenden an den Reusenwänden hingen. Zeitbudget und Personalkosten bei der arbeitsaufwendigen Betreuung zwangen zur Spezialisierung auf bestimmte Gruppen. Wie bei den Sichtzählungen wurden auch die Reusenfänge nicht in allen Jahren in vollem Umfang durchgeführt. In der vorliegenden Studie wurden daher nur die Fänge der nach NNE geöffneten Zehn-Quadratmeter-Reuse aus den Jahren 1978–1982, 1984–1987 und 2015–2019 ausgewertet. Aufgrund von Vandalismus an der Reusenanlage mussten manche dieser Fangsaisons später als geplant begonnen oder früher beendet werden.

### Datenauswahl bei den Sichtbeobachtungen (Minutenzählungen)

Bei den Sichtbeobachtungen wurden nur Schwebfliegen erfasst. Ausgewertet wurde

jeweils der Zeitraum vom 200. bis zum 279. Tag des Jahres, das entspricht dem 19. Juli bis 6. Oktober. Da nicht immer Sichtfassungen des Schwebfliegenzuges durchgeführt wurden, sondern bevorzugt bei Bedingungen (Wetter), bei denen Zug festgestellt wurde, ist das Datenaufnahmeschema nicht komplett standardisiert. Die Bevorzugung guter (Wetter-) Bedingungen wirkt statistisch betrachtet wie eine Zensierung niedriger Zählergebnisse. Daher, und weil die Wahl des Schwellenwertes, ab dem die Bedingungen „gut genug“ für eine Erfassung sind, einer gewissen Subjektivität und Schwankungsbreite unterliegt, ist es nicht möglich, durch Berechnung von Mittelwerten (z. B. wöchentliche Mittel der Zählergebnisse) aus den Daten ein über die Jahre vergleichbares Bild von der Zugintensität zu bekommen. Die Datenauswertung stützt sich daher stattdessen auf Maxima.

Die Daten wurden dazu pro Jahr in Zeitabschnitte von 20 Tagen Länge zusammengefasst, und aus jedem 20-Tagesabschnitt wurde das maximale Stunden-Zählergebnis herausgesucht. Zeitabschnitte, in denen kein Insektenzug beobachtet wurde, wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen. Dies war nötig, da in den Aufzeichnungen nicht unterschieden wurde zwischen „keine Zählung durchgeführt“ und „Zählung durchgeführt mit Ergebnis Null“. Die Abschnitte wurden nicht kürzer als 20 Tage gewählt, damit möglichst wenige Abschnitte mangels Zählungen aus der Auswertung herausfallen (z. B. durch Schlechtwetterphasen), und nicht länger, damit sie das jahreszeitliche Muster des Insektenzuges abbilden können. Da in der Mittagszeit die Datendichte am höchsten und die Zählergebnisse am wenigsten von der Uhrzeit anhängig waren, wurden nur Daten von (inklusive) zehn Uhr bis (exklusive) dreizehn Uhr verwendet.

### Statistische Auswertung der Sichtbeobachtungen

Jeder der 20-Tage-Abschnitte wurde getrennt nach der gleichen Methode ausgewertet. Im Folgenden wird die Auswertung für einen der Abschnitte beschrieben. Die Insektenmaxima des Abschnittes (eines pro Jahr) wurden für das statistische Modell logarithmiert, da Einflussfaktoren wie das Wetter und die Größe der Insektenpopulation multiplikativ und nicht additiv auf die Zählergebnisse wirken. Mit diesen Werten wurde dann eine einfache lineare Regression durchgeführt,

d. h. es wurde ein lineares statistisches Modell aufgestellt, welches eine Gaußsche Fehlerverteilung der Werte annimmt. Erklärende Variablen im Modell waren ein Interzept und das Erfassungsjahr (als kontinuierlicher Prediktor).

Da es sich bei den Daten um Zeitreihen handelt, muss bei der Auswertung unter anderem der mögliche Einfluss von Autokorrelation bedacht werden. Da die Daten jedoch nur kurze Jahresblöcke (max. sechs Jahre am Stück) überspannen, ist es prinzipiell nicht möglich, die Autokorrelation präzise zu messen und zu berücksichtigen. In den Modell-Residuen konnte keine Autokorrelation nachgewiesen werden, daher wurde keine Korrektur für Autokorrelation angewendet. Die Modellrechnung ist daher geeignet, Unterschiede zwischen den mittleren Insektenzahlen früher und heute nachzuweisen, kann aber nur wenig darüber aussagen, wie groß diese Unterschiede im Vergleich zu den zufälligen jährlichen Schwankungen der Populationsgröße sind.

Die Berechnungen wurden mit Hilfe von bayesianischer Statistik durchgeführt, unter Verwendung von minimal informativen Prioren (breite Normalverteilung für alle Parameter außer des Dispersions-Parameters, dort log-normalverteilt). Dazu wurden die Programme „R“ und „Stan“ verwendet (R Core Team 2019, Stan Development Team 2019), unter Hilfe des R-Package „brms“ (BÜRKNER 2017). Die Posterior-Verteilung wurde von der Software Stan über ein Markov-Chain-Monte-Carlo Verfahren (NUTS) berechnet. Dabei wurden in zehn Ketten jeweils 10 000 effektive Samples aus der Posterior-Verteilung gezogen, nach einer Warmup-Phase von je 1000 Samples (Potential Scale Reduction Factor  $\ll 1,1$ ).

#### Datenauswahl und -auswertung bei den Reusenfängen

Eine Artenliste aller bis 1987 nachgewiesenen Schwebfliegen findet sich in SCHMID & GATTER (1988). Für die vorliegende Studie wurden drei Artengruppen ausgewählt: häufige Schwebfliegenarten (diese lassen sich einteilen in zwei Gruppen unterschiedlicher Larvenentwicklung), alle Waffenfliegen, alle Schlupfwespen. Für jede dieser Artengruppen erfolgte die Auswertung getrennt. Geeignete Daten für die Schwebfliegen standen für die Jahre 1978–1987 ohne das Jahr 1983, sowie für 2015–2019 zur Verfügung. Für die Schlupfwespen und Waffenfliegen war es

ebenso, nur zusätzlich ohne die Jahre 1978 und 1984.

Im Gegensatz zu den Sichtbeobachtungen war die Reuse an den Fangtagen immer den ganzen Tag fängig. Daher wurde im Gegensatz zu dort nicht mit Stundenwerten gerechnet, sondern mit Tagessummen. Wie bei der Auswertung der Sichtbeobachtungsdaten wurden die Reusenfänge in Zeitfenster von jeweils 20 Tagen Länge aufgeteilt, um den jahreszeitlichen Verlauf des Insektenzuges abbilden zu können. Für diejenigen Abbildungen, in denen der jahreszeitliche Verlauf nicht dargestellt ist (Abb. 8, 9) wurde das Fenster vom 204. bis 224. Tag des Jahres (23. Juli–12. August) verwendet (auch für die Sichtbeobachtungen). Dieses Fenster wurde gewählt, weil darin für alle Untersuchungsjahre ausreichend Daten zur Verfügung standen (in manchen Jahren war die Fangsaison verkürzt, z. B. aufgrund Vandalismus an der Fanganlage, oder andauernd windige bzw. stürmische Wetterlagen oder Regen an der Gebirgskante), und weil in diesem Zeitfenster die Fangzahlen am höchsten waren und am wenigsten jahreszeitliche Schwankungen aufwiesen.

Aus den Reusendaten wurden pro Jahr für jeden der 20-Tage-Abschnitte (bzw. dem Abschnitt vom 204. bis 224. Jahrestag) die drei Tage mit den höchsten Fangsummen ausgewählt und der Mittelwert deren Fangzahlen ausgerechnet. Dies weicht zugunsten geringerer Streuung leicht ab von der Auswertung der Sichtbeobachtungen, denn dort konnte aufgrund der geringeren Standardisierung der Datenaufnahme nur ein einfaches Maximum ausgerechnet werden (s. o.). Für Zeitabschnitte, die nur zum Teil innerhalb der Reusen-Fangsaison lagen, wurden entsprechend der geringeren Anzahl der verfügbaren Saison-Tage auch weniger Maxima für die Berechnung des Maximum-Mittelwertes verwendet (bis sieben Tage: ein Maximum, bis 14 Tage: zwei Maxima). Obwohl es sich dadurch genau genommen bei den Reusen-Ergebnissen nicht exakt um Maxima handelt, wird im Folgenden der Einfachheit halber von Maxima gesprochen. Zeitabschnitte, die stark vom Saisonrand betroffen sind, sind in den Abbildungen entsprechend gekennzeichnet. Dabei ist zu bedenken, dass nicht exakt dokumentiert ist, wie lange die Reusen-Fangsaison in den verschiedenen Jahren jeweils ging. Der exakte Tag des Beginns und Endes der jährlichen Reusen-Fangsaison ist auch nicht aus den Fangdaten ersichtlich, denn manch-

mal flogen wetterbedingt über mehrere Tage keine Insekten (der untersuchten Arten) in die Reuse. Bei der Auswertung der Daten sind wir daher davon ausgegangen, dass die Fangsaison jeweils an dem Tag begann, für den die ersten standardisierten Fänge notiert sind, und an dem Tag mit den letzten Standard-Fängen endete.

Zur Errechnung der Populationsänderung wurde bei den Reusenfängen aufgrund des dort größeren Problems der Autokorrelation auf eine statistische Auswertung verzichtet. Stattdessen wurde einfach im ersten Schritt für die 20-Tage-Abschnitte mit guten Daten (19. Juli–6. Oktober) jeweils der Mittelwert der jährlichen Maxima für die Jahresblöcke 1978–1987 sowie 2015–2019 errechnet. Im zweiten Schritt wurde zwischen den 20-Tage-Abschnitten gemittelt, sodass am Ende nur eine Zahl für jeden der beiden Jahresblöcke herauskommt. Der Quotient aus diesen beiden Zahlen ergibt die Populationsänderung.

## Ergebnisse

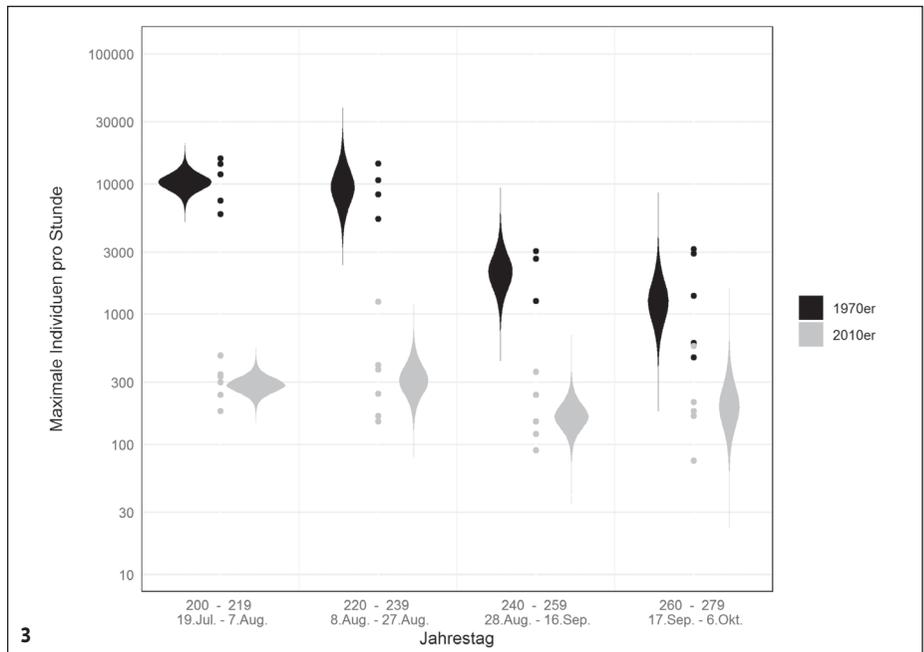
### Schwebfliegen (Syrphidae) nach visueller Erfassung der aktiven Migration

Zwischen den 1970 bis 1974 erhobenen Werten und denen aus den Jahren 2014 bis 2019 zeigen sich extreme Rückgänge. Die Zählungen im Zeitraum Ende Juli – Anfang August lieferten um 1972 im Durchschnitt Maximalwerte von ~10.000 Individuen pro Stunde, um das Jahr 2017 waren es ~290 Individuen/Stunde (Abb. 3). Die Schwebfliegen-Maxima sind also in diesem Zeitraum auf etwa ein Sechsdreißigstel (bzw. knapp drei Prozent) ihres ursprünglichen Wertes zurückgegangen.

Später im Jahr sahen die Zahlen etwas anders aus. Mit fortschreitender Jahreszeit wurden in den 1970ern die Maxima der Zählungen geringer. In den 2010ern jedoch waren sie über den gesamten untersuchten Jahresausschnitt ähnlich bleibend (Abb. 3). Gegen Ende September beläuft sich der Unterschied zwischen ~1972 und ~2017 noch auf einen Rückgang auf rund ein Sechstel (bzw. 15%). Für den gesamten untersuchten Jahresausschnitt ist der Unterschied zwischen den 1970er und 2010er Jahren mit hoher Sicherheit nachweisbar. Die Ursache liegt im Artenwandel und dem extremen Rückgang der früh ziehenden Arten mit zoophager Larvennahrung.

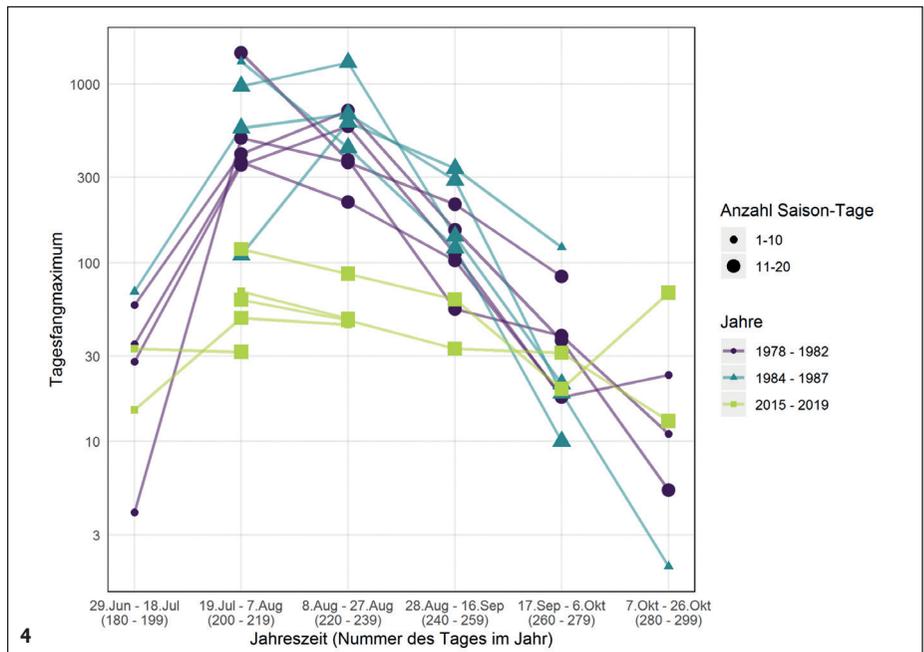
Die maximalen Tagessummen der Schwebfliegen-Reusenfänge im Zeitraum Ende Juli–Anfang August lagen im Zeitraum von 1978 bis 1987 im Schnitt bei ~700 Individuen, im Zeitraum 2014–2019 bei ~70 Individuen (Abb. 4). Das entspricht einem Rückgang auf ein Zehntel. Trotz der starken Schwankungen der Zahlen von Jahr zu Jahr ist diese Abnahme klar erkennbar. Das gleiche Muster ließ sich im auch bei den Waffenschwebfliegen und Schlupfwespen finden (Abb. 5, 6, 7), bei allerdings insgesamt deutlich niedrigeren Fangzahlen. Für die Schlupfwespen wurde ein Rückgang

**Abb. 3.** Maximalzahl der Schwebfliegen bei der visuellen Erfassung zu verschiedenen Jahreszeiten, 1970er versus 2015er Jahre. Jeder Punkt ist das maximale Stunden-Zählergebnis aus einem Jahr. Die eingefärbten Flächen geben mit ihrer Form die Wahrscheinlichkeitsverteilung (Posterior-Verteilung) der Modellschätzung für die beiden Zeiträume an. Die Breite der Fläche bei einem y-Achsen-Wert ist proportional zur Wahrscheinlichkeitsdichte bei diesem Wert.



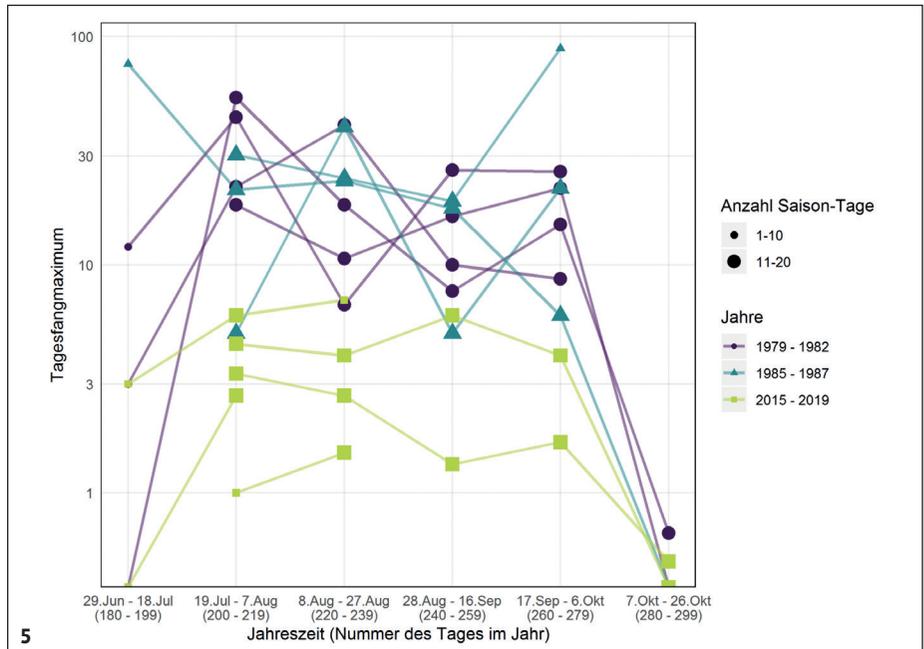
3

**Abb. 4.** Schwebfliegen, Reusenfänge. Maximaler Tagesfang im Jahresverlauf für verschiedene Jahre. Da die Fangsaisons unterschiedlich lang waren, gibt die Punktgröße die Anzahl der Tage des Zeitabschnittes an, die sicher innerhalb der Saison lagen.



4

**Abb. 5.** Waffenschwebfliegen, Reusenfänge. Maximaler Tagesfang im Jahresverlauf für verschiedene Jahre. Diejenigen Punkte, die den Boden des Diagrammes berühren, haben einen maximalen Tagesfang von null. Da die Fangsaisons unterschiedlich lang waren, gibt die Punktgröße die Anzahl der Tage des Zeitabschnittes an, die sicher innerhalb der Saison lagen.

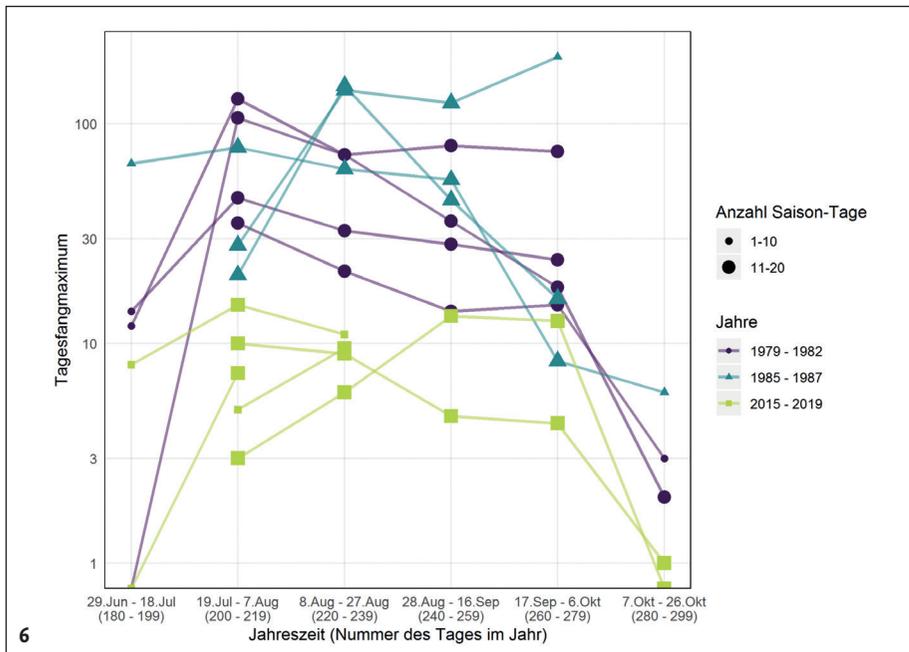


5

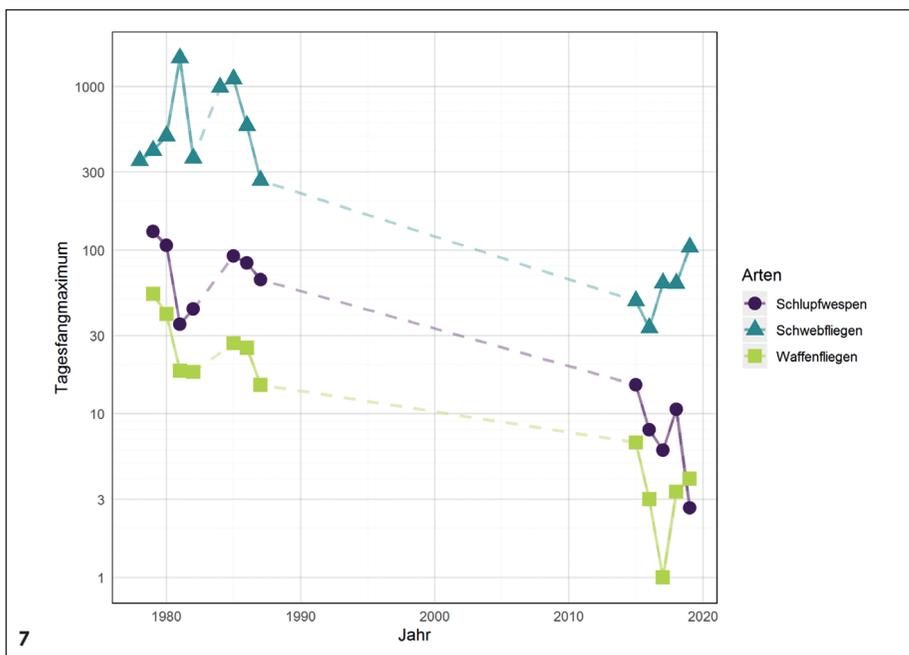
**Abb. 6.** Schlupfwespen, Reusenfänge. Maximaler Tagesfang im Jahresverlauf für verschiedene Jahre. Diejenigen Punkte, die den Boden des Diagrammes berühren, haben einen maximalen Tagesfang von null. Da die Fangsaisons unterschiedlich lang waren, gibt die Punktgröße die Anzahl der Tage des Zeitabschnittes an, die sicher innerhalb der Saison lagen.

**Abb. 7.** Reusenfänge, maximaler Tagesfang über die Jahre für verschiedene Artengruppen, im Zeitraum vom 204. bis 224. Jahrestag (23. Juli – 12. August).

**Abb. 8.** Verlauf der Insektenmaxima über die Jahre für verschiedene Erfassungsmethoden und Artengruppen. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Zahlen jeder Linie in % des Wertes von 1980 ausgedrückt (für die Sichtbeobachtungsdaten wurde der interpolierte Wert verwendet). Dargestellt ist der Zeitraum von 204. bis zum 224. Jahrestag (23. Juli–12. August).



auf 14% und für die Waffenfliegen auf 16% in dem im Mittel etwa 35 Jahre überspannenden Zeitraum errechnet. Die jährlichen Abnahmeraten der Fangzahlen aller drei Artengruppen stimmen damit (Anfang August) relativ gut überein, und decken sich auch mit jener aus den Sichtzählungen der Schwebfliegen (Abb. 8). Später im Jahr wurden die Fangzahlen der Schwebfliegen insgesamt geringer, aber auch die Abnahme der Zahlen zwischen damals und heute. Am geringsten war die Abnahme am Ende des analysierten Jahreszeitabschnittes, an dem nur noch ein geringes Artenspektrum spät ziehender Schwebfliegenarten mit hohem Anteil von Arten mit aquatisch sapro-/microphag lebenden Larven beteiligt ist. Im Gegensatz zu den Sichtbeobachtungen ist bei den Reusendaten am Saisonende keine klare Populationsänderung mehr erkennbar.

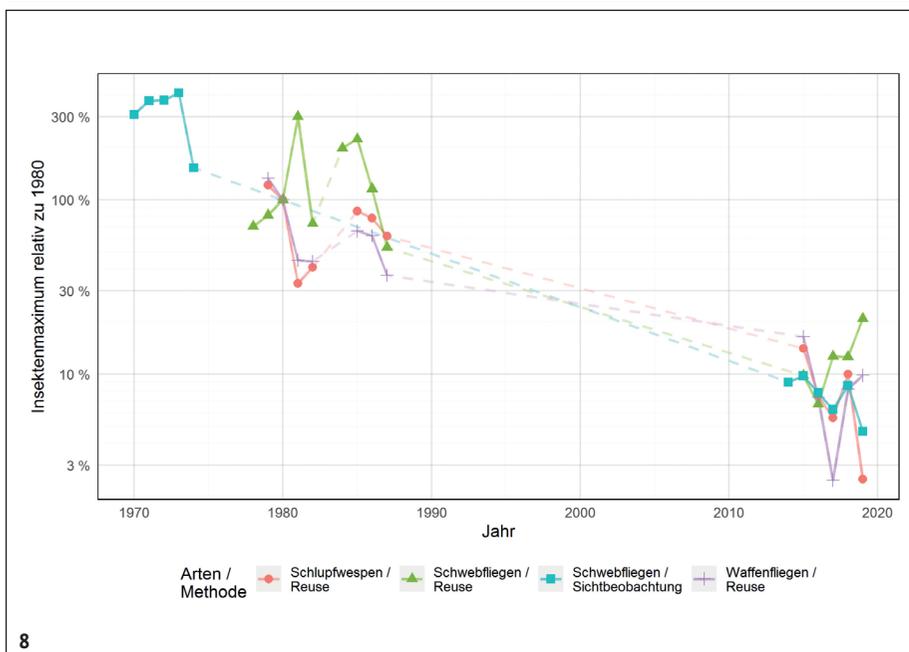


## Diskussion

### Rückgang der Schwebfliegen

Unsere Untersuchungen stellen mit ihrer Dauer von nunmehr 50 Jahren die mit Abstand längste standardisierte Studie an Insekten zum Thema Insektenrückgang dar. Sie begann als Grundlagenforschung zum Wanderverhalten verschiedener Insektenarten (GATTER & GATTER 1973; GATTER 1975b, 1976, 1981a, c; GATTER & SCHMID 1990) und folgte von Anfang an Kriterien der damals im ornithologischen Bereich schon verschärften Ansprüche an eine Standardisierung (z. B. BERTHOLD, BEZZEL & THIELCKE 1974, GATTER 1978).

In dieser Studie, in der wir uns vor allem mit Schwebfliegen befassen, zeigen unsere Ergebnisse einen massiven Rückgang dieser migrierenden Insekten auf (je nach betrachteter Jahreszeit) 3–15% in den vergangenen fünf Jahrzehnten. Es ist heute kaum mehr vorstellbar, in welcher Häufigkeit in den 1970er und 1980er Jahren Schwebfliegen vorgekommen sind. Ein ähnlicher Rückgang betrifft die von uns später mit einbezogenen Waffenfliegen und Schlupfwespen, die verglichen mit den Schwebfliegen, einen weit geringeren Anteil unseres Datensatzes stellen.



Da bei unseren Untersuchungen migrierende Insekten erfasst wurden, repräsentieren die Ergebnisse nicht nur die lokale Insektenwelt rings um die Station und nicht nur wenige dort vorkommende Lebensraumtypen, sondern zeigen, dass es sich bei den starken Rückgängen um ein großräumiges Phänomen handelt. Im

**Tab. 1.** Veränderungen der relativen Anteile der häufigsten Schwebfliegenarten in den Reusen am Randecker Maar in zwei Untersuchungszeiträumen, aufgeteilt nach den Ernährungstypen der Larven; BL = von Blattläusen lebend; ZP = zoophag und fakultativ von Blattläusen lebend; ASM = aquatisch sapro-/microphag lebend. Zu berücksichtigen ist, dass die Prozentwerte der Spalte 2015–2019 aus extrem geringeren Gesamtsummen errechnet wurden (n = 5204) als in den Jahren 1975–1987 (n = 82147).

Typ	Art	1978–1987 Anteil in %	2015–2019 Anteil in %
BL	<i>Episyrphus balteatus</i> (DE GEER, 1776)	33,2	22,8
BL	<i>Sphaerophoria scripta</i> (LINNAEUS, 1758)	12,0	13,8
BL	<i>Metasyrphus corollae</i> (FABRICIUS, 1794)	9,07	4,59
BL	<i>Syrphus ribesii</i> (LINNAEUS, 1758) / <i>S. vitripennis</i> MEIGEN, 1822	6,0	17,0
BL	<i>Scaeva pyrastris</i> (LINNAEUS, 1758) / <i>S. selenitica</i> (MEIGEN, 1822)	1,24	0,17
	<b>Zwischensumme BL</b>	<b>61,6</b>	<b>58,3</b>
BL, ZP	<i>Melanostoma mellinum</i> (LINNAEUS, 1758)	15,9	23,0
ZP, BL	<i>Platycheirus clypeatus</i> (MEIGEN, 1822) / <i>P. peltatus</i> (MEIGEN, 1822)	17,7	3,71
BL, ZP	<i>P. albimanus</i> (FABRICIUS, 1781) / <i>P. manicatus</i> (MEIGEN, 1822)		
	<b>Zwischensumme BL, ZP</b>	<b>33,6</b>	<b>26,7</b>
ASM	<i>Helophilus pendulus</i> (LINNAEUS, 1758) / <i>H. trivittatus</i> (FABRICIUS, 1805)	1,06	7,8
ASM	<i>Eristalis tenax</i> (LINNAEUS, 1758)	0,90	4,34
	<b>Zwischensumme ASM</b>	<b>1,96</b>	<b>12,1</b>
	<b>Andere Arten</b>	<b>2,90</b>	<b>2,88</b>

Blick der Entomologen standen bisher vor allem der Rückgang und das Verschwinden seltener bzw. von Entomologen bevorzugter Arten (Schmetterlinge, Wildbienen etc.), von denen viele ohnehin auf Grund ihrer speziellen Habitatansprüche gefährdet sind. Unsere Studie dagegen zeigt den Rückgang für einige zahlenmäßig besonders bedeutende Artengruppen.

Besondere Aufmerksamkeit erregten die Autoren der sogenannten Krefeld-Studie (HALLMAN et al. 2017). Sie begannen 20 Jahre nach uns 1989 damit, die Biomasse an Fluginsekten durch standardisierten Fallenfang (Malaise-Fallen) in zahlreichen Schutzgebieten in NRW zu bestimmen. Sie stellten innerhalb von 27 Jahren einen Biomasseverlust von 75 % bei flugfähigen Wirbellosen fest. Erste Ergebnisse dazu hatten bereits SORG et al. 2013 veröffentlicht. Durch unsere Untersuchungen am Randecker Maar, die 20 Jahre früher begannen, wird dieses erschreckende Ergebnis nicht nur bestätigt, sondern leider weit übertroffen. Fast alle weiteren Studien reichen meist nur wenig über zehn Jahre hinaus, wobei nur wenige der längeren Studien auf standardisier-

te Untersuchungsmethoden zurückgreifen können.

HABEL et al. (2019) werteten bis ins 18. Jahrhundert zurückreichende Quellen über Schmetterlingsvorkommen in Süddeutschland aus und fanden ebenfalls erschreckende Verluste in der Häufigkeit der Arten und Einbußen von Vorkommen. In einer neuen Radarsstudie zur Migration von Schwebfliegen konnten WORTON et al. (2019) von 2000–2009 in England keine Bestandsveränderungen bei den Schwebfliegen finden. Sie weisen auf diesen günstigen Umstand gegenüber anderen Insektengruppen hin. Allerdings konnten auch wir nach unseren ersten 13 Untersuchungsjahren (1974–1987) aufgrund der starken jährlichen Populationsschwankungen die Rückgänge noch nicht erkennen. Dies zeigt, wie bereits von WORTON et al. hypothetisiert, dass aufgrund der inhärenten großen Schwankungen solcher Datenreihen längere Untersuchungszeiträume nötig sind, um gesicherte Aussagen zur Bestandsentwicklung von Schwebfliegen (und sicherlich auch vielen weiteren Insektengruppen) treffen zu können. Mit ihren nunmehr 50 Jahren als längste stan-

dardisierte Untersuchung an Insekten belegen wir dramatische Rückgänge auch bei dieser wichtigen Insektengruppe.

### Wandel in der relativen Häufigkeit ökologischer Gruppen

Innerhalb der artenreichen Schwebfliegen gibt es ökologisch/biologisch gesehen zwei große Gruppen. Beide sind als Vollinsekten überwiegend Blütenbesucher. Um etwas Klarheit in die zeitlichen Abläufe zu bekommen, lohnt es sich, einen Blick auf die Phänologie der häufigsten Arten bzw. Gattungen und die Entwicklungsformen und Entwicklungshabitate ihrer Larven zu werfen. Unter den 15 häufigsten am Randecker Maar wandernden Arten sind zwölf zoophag, überwiegend aphidophag. Das heißt sie ernähren sich im Larvenstadium räuberisch, vor allem von Blattläusen. Unter den Reusenfängen der 1970er und 1980er Jahre fielen 95,2 % der beteiligten häufigen Schwebfliegen (im langjährigen Durchschnitt) in diese Gruppe. Die restlichen 4,8 % entfielen auf Arten mit terrestrisch saprophagen bzw. aquatisch sapro-/microphagen Larven. Diese finden sich in Gewässern, Tümpeln, feuchten Astlöchern bis hin zur Jauche. Zur letzteren Gruppe gehören *Eristalis tenax* (Abb. 12), *Helophilus pendulus* (Abb. 10) und *H. trivittatus*. Bei den Werten nach 2015 hatten sich die Anteile geändert (Tab. 1). Mit ausnahmsweise starkem Auftreten von *Helophilus* mit 202 Individuen beschränkt auf die Jahre 2018/2019 (Platz 6 und einem Anteil von 7,8 % gegenüber 1,06 % in den 1970er Jahren) und *Eristalis tenax* (Platz 7 und 4,43 % gegenüber einst 0,9 %) sind zwei Arten der letzteren Gruppe vorgerückt. Bei ihrer aquatisch-sapro-/microphager Larvenentwicklung sind sie wohl weit weniger von Pestizideinwirkungen betroffen als zoophage/aphidophage. Dabei sollte allerdings nicht übersehen werden, dass auch diese Arten trotz der Zunahme ihres relativen Anteils in absoluten Zahlen gegenüber früher nicht zugenommen, sondern wahrscheinlich ebenfalls stark zurückgegangen sind. Dafür sprechen zumindest die Minutenzählungen Ende September und im Oktober, wenn fast nur noch Vertreter dieser Arten wandern. Bei den Reusendaten jedoch ist Ende September kein Rückgang zu erkennen. Der restliche, um 3 % schwankende Anteil der Reusenfänge verteilt sich auf weitere über 70 Arten aus allen Entwicklungsstrata und Habitaten.

Der jahreszeitliche Schwerpunkt von *Helophilus* scheint in den jüngst vergangenen



Abb. 9–12. Schwebfliegen am Randecker Maar. 9. *Sphaerophoria scripta* ist häufig und steht an vierter Stelle der Südflieger in der nach Norden offenen Reuse. Die Larven leben aphidiphag von Blattläusen (3.VII.2019). 10. *Helophilus pendulus* deren Larven sich aquatisch sapro- und microphag ernähren, macht im Herbst ausgeprägte Wanderungen nach Süden (14.VIII.2019). 11. *Episyrphus balteatus*, auf Wegwarte, die in den meisten Jahren häufigste der nach Süden ziehenden Arten in der nach Norden offenen Reuse. Ihre Larven leben überwiegend aphidiphag von Blattläusen (5.VI.2019). 12. Hochzeitsflug von *Eristalis tenax* (31.VIII.2019), im Herbst nach Süden gerichtete Massenwanderungen dieser großen Art mit Honigbienen-Mimikry sind bereits im 19. Jahrhundert mehrfach beschrieben worden. Die Larven der im Volksmund auch als Mistbiene bezeichnet Art entwickeln sich aquatisch sapro- und microphag selbst in extrem verschmutzten Gewässern (Fotos: WULF GATTER).

Jahren durch eine stärker hervortretende Herbstgeneration im September und Oktober (vor allem bei *H. pendulus*) durchschnittlich später zu liegen als noch in den 1970er und 1980er Jahren, während ihr prozentualer Anteil an den Fängen steigt. Dasselbe scheint innerhalb der Waffenfliegen (Stratiomyidae) mit Ihrer ähnlichen Biologie statt zu finden.

*Eristalis tenax* weist eine ähnliche Lebensweise auf. Speziell für diese große Art konnten wir visuell belegen, dass sie die Reusen als Hindernis erkennt und umfliegt und somit in den Reusen unterrepräsentiert ist, aber bei den Minutenzählungen wohl entsprechend ihrer allgemeinen Häufigkeit exakt erfasst wird.

Im Gegensatz zum Artenreichtum von

*Eristalis* auf benachbarten Wiesen macht *Eristalis tenax* bei den Reusenfängen wohl 98% der großen bienenähnlichen Syrphidenarten aus. Die leichte visuelle Erkennbarkeit der großen *Eristalis*-Arten begünstigte, dass sich einstige Publikationen von Süd-Wanderungen dieser Gruppe bei uns und in Amerika zunächst überwiegend auf *Eristalis tenax* bezogen (EIMER 1882, PRELL 1925, WILLIAMS 1961). Auch wir versuchten in den ersten Jahren diese auffällige und leicht zu identifizierende Art bei visuellen Beobachtungen getrennt zu erfassen (GATTER & GATTER 1973, GATTER 1975a, b).

#### Land- und forstwirtschaftliche Bedeutung der Schwebfliegen

Die Bedeutung der Schwebfliegen kommt derjenigen der Bienen nahe und übertrifft

sie sogar zeitweise. Dipteren, zu welchen die Schwebfliegen gehören, sind wichtige Bestäuber (RADER et al. 2015). Auch wenn Schwebfliegen nicht unbedingt die gleiche Effizienz bei der Bestäubung an den Tag legen wie Bienen (JAUKER et al. 2012), können sie Bestäubung auch in Bereichen leisten, wo für Bienen kein geeignetes Habitat existiert (JAUKER et al. 2009) und helfen damit, eine wichtige Lücke im Bestäubungssystem zu füllen.

Auch bei der biologischen Schädlingsbekämpfung spielen Schwebfliegen eine wichtige Rolle (GATTER & SCHMID 1990, RAYMOND et al. 2014). Unter den aphidophagen Schwebfliegen gibt es weitgehend spezialisierte Arten wie z. B. *Neocnemodon vitripennis* (MEIGEN 1822), eine hauptsächlich von Tannenstammläusen

lebende Art, die einen mit den Populationsmaxima der Beutetiere synchronisierten bivoltinen Lebenszyklus aufweist. Zahlreiche univoltine Frühjahrsarten unter den Schwebfliegen nutzen das Frühjahrs- und Frühsommermaximum der Laus-Populationen. Viele dieser Arten, wie *Dasysyrphus* und *Parasyrphus*, sind hauptsächlich in Wäldern anzutreffen und spielen nach unseren Ergebnissen als Wanderer eine geringe Rolle. Die häufigsten aphidophagen Schwebfliegenlarven in einem von Bastian (1984) untersuchten Koniferenjungwuchs waren allerdings typische Wanderschwebfliegen wie *Syrphus ribesii*, *S. torvus*, *S. vitripennis*, *Episyrphus balteatus* (Abb. 11) und *Sphaerophoria scripta* (Abb. 9) sowie der Saisonale Dismigrant *Melanostoma mellinum*, also Arten, die am Randecker Maar die herausragende Rolle spielen. BASTIAN (1984) konnte zeigen, dass unter den Blattlausprädatoren unsere migrierenden Schwebfliegenarten in einem Jahr mit witterungsbedingt stark verzögertem Aufbau der Läusepopulation am raschesten auf diese veränderte Situation reagierten.

Voraussetzung für diese Flexibilität ist nach GATTER & SCHMID (1990) einerseits die hohe Mobilität der Wanderschwebfliegen, andererseits ihr polyvoltiner Lebenszyklus und ihre geringe Spezialisierung auf bestimmte Beutetiere. Die polyvoltinen Arten sind nicht an eng begrenzte Fortpflanzungszeiten gebunden. Sie nutzen Blattlauskolonien auch im Sommer, wenn die Populationshöhe und Fortpflanzungsrate der Läuse einen Tiefpunkt erreicht haben und damit auch ihr Einfluss als Prädatoren höher wird. Die Merkmalskombination „mobil/polyvoltin/wenig spezialisiert“ macht gerade Wanderschwebfliegen zu forst- und landwirtschaftlich bedeutenden Blattlausvertilgern. Will man sie ökonomisch im Rahmen der biologischen Schädlingsbekämpfung nutzen, ist eine sehr genaue Kenntnis ihrer individuellen Lebenszyklen unerlässlich.

Dem Phänomen der Migration muss hierbei wesentlich mehr Aufmerksamkeit als bisher geschenkt werden. Gerade die Zugbewegungen der Schwebfliegen spielen für ihre schnelle Reaktion auf lokale Häufungen von Aphiden eine wichtige Rolle (GATTER & SCHMID 1990). Nach RAYMOND et al. (2014) spielen immature Schwebfliegen, die in kultivierten Anbauten überwintern eine im Herbst offenbar signifi-

kante Rolle innerhalb von Blattlauspopulationen. Auch WOTTON et al. (2019) die das Wanderverhalten zweier migrierender Schwebfliegenarten im Süden Englands mit Hilfe von Radar untersuchten, weisen auf die zunehmende Bedeutung der Schwebfliegen für die Blütenbestäubung und die biologische Schädlingsbekämpfung durch Blattlaus fressende Larven hin.

Die artenreiche Gruppe der Syrphiden mit zoophager Larvenentwicklung und der Möglichkeit zur Entwicklung hoher Individuendichten bei gleichzeitig kontinentweiten Migrationen machen Syrphiden zur einflussreichsten Gruppe einer Eindämmung gefährlicher Gradationen von Blattläusen (Aphidae) bis hin zu Wicklern (Tortricidae) und kleinen Spannerarten (Geometridae).

#### Waffenfliegen (Stratiomyidae) und Schlupfwespen (Ichneumonidae)

Die Waffenfliegen und Schlupfwespen sollen hier wenigstens kurz erwähnt werden, da standardisiertes Material zu ihrer Populationsentwicklung wie das unserer Reusenfänge über einen so langen Zeitraum auch bei diesen nicht existiert.

Waffenfliegen finden sich im Gegensatz zu den Schwebfliegen kaum auf Blüten des Stationshügels und sie fallen hier generell kaum auf. Trotzdem sind sie recht regelmäßig in den Reusen anzutreffen. Innerhalb dieser artenreichen Familie mit sehr unterschiedlich gestalteten Gattungen erscheinen am Maar acht blaue bis blaugrün schillernde Arten. Angesichts des trockenen Habitats der Station und der Larvenentwicklung in Gewässern wäre es möglich, dass hier eine gewisse Migration stattfindet. Sie fangen sich in unseren Reusen teils in größerer Zahl, ohne sich ansonsten in der umgebenden Flora bemerkbar zu machen. Unsere Erfassung dieser Gruppe hat 1978 angefangen, somit Jahre nach der bei den Syrphiden. Auch bei ihnen sprechen unsere Daten für starke Rückgänge auf etwa 16% innerhalb von 35 Jahren (Abb. 6, 7). Das entspricht in etwa der jährlichen Rückgangsrate der Schwebfliegen im August, wenn deren Rückgang am ausgeprägtesten ist. Die Waffenfliegen sind daher wahrscheinlich stärker betroffen als die später ziehenden Schwebfliegen Arten von *Eristalis* und *Helophilus* mit entsprechender Larvenentwicklung. Sechs Arten von *Sargus*, *Chloromyia* und *Microchrysa* sind häufiger angetroffen worden.

Schlupfwespen traten häufig und sehr artenreich am Stationshügel auf, in zahlreichen meist kleinen Vertretern. Dies führte ab 1979 zu einer systematischen Erfassung ohne eine nähere Artbestimmung. Da diese sich größtenteils in der nach Norden offenen „Südfliegerreue“ fangen, ist zu vermuten, dass ein großer Anteil ihren ebenfalls nach Süden wandernden Wirtsarten folgt. Dies ist in großem Umfang am Südrand der Sahara festgestellt worden, wo schon WILLIAMS (1961) Fälle von Grabwespen beschrieb, die in enormer Zahl den Wüstenheuschrecken folgten. Er schildert deren massenhafte Erbeutung, Lähmung und Einschleppung in hastig gegrabene Höhlen, worauf die Grabwespen offenbar sofort nach der Eiablage weiter den Heuschreckenschwärmen folgen. Bei uns dürften davon Schlupfwespen-Arten betroffen sein, die auch Schmetterlinge (Lepidoptera) und Vertreter weiterer Insektengruppen parasitieren. Die im Gegensatz zu den Schwebfliegen teilweise recht spät im Jahr liegenden Höhepunkte migrierender Hymenopteren sprechen für Wirtsinsekten außerhalb der Dipteren. Es ist anzunehmen, und unsere Fänge und deren Einflugrichtungen sprechen dafür, dass innerhalb des großen Artenspektrums dieser Hymenoptera ebenfalls ein bedeutender Anteil reguläre Saisonwanderungen ausführt. Sie werden im Einzelfall an Biologie und Migrationen ihrer jeweiligen Wirtsart angepasst sein.

Auch bei dieser Gruppe sprechen die Zahlen für starke Rückgänge, zwischen den Untersuchungszeiträumen 1978–1981 und 2015–2019 auf etwa 14% der Ausgangswerte (Abb. 7, 8), also ähnlich wie bei den anderen hier untersuchten Gruppen.

#### Fazit

Unsere Untersuchungen belegen, dass am Randecker Maar im Zeitraum von 2014–2019 die Zahl der migrierenden Schwebfliegen massiv unter der Anzahl der 1970er Jahre lag.

Ein kleinerer Datensatz von Waffenfliegen und Schlupfwespen weist dort auf ähnliche Verhältnisse hin. Die seit Jahrzehnten beobachteten Rückgänge bei fast allen von uns an der Station einst regelmäßig oder gar häufig registrierten Insektengruppen waren einst Anlass, den jährlichen Beginn der Erfassung in den 1990er Jahren von Mitte Juli auf Ende August zu

verschieben, womit der einst insektenreiche Zeitabschnitt der Erfassung stark verkürzt wurde. Die ständig ansteigenden Kosten des Stationsbetriebs, der überwiegend mit Spendengeldern und eigenen Mitteln finanziert wurde, stärkten diese Entscheidung. Heute jedoch sind diese Daten aktueller und wichtiger als je zuvor. Angesichts des heute viel geringeren Insektenzugs am Randecker Maar würde wohl niemand mehr auf die Idee kommen, hier eine entomologische Station zu gründen und beide Forschungszweige, Vögel und Insekten, gleichbedeutend zu betreiben.

Es gehört der Vergangenheit an, große flugunfähige Laufkäfer in einem halben Dutzend Arten zu beobachten, die einst an unserer Station in nennenswerter Zahl im Herbst bergauf, vorbei nach Süden wanderten, wobei es sich wahrscheinlich um Wanderungen in höher gelegene Überwinterungsgebiete handelte. Zur Vergangenheit gehören ebenfalls die teils in Myriaden auftretenden Marienkäfer (*Coccinella septempunctata*), ebenso Vertreter der einst häufigen flugfähigen kleinen Laufkäferarten (Carabidae), der zahlreich fliegenden Vertreter der Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) (GATTER 1981) und großer Tipuliden, die in der Höhe, von schwachen Winden erfasst, auffällige Migrationen durchführten (GATTER 1977b).

Auch die am Sattelbogen eingangs geschilderten Massenwanderungen der Schwebfliegen konnten wir in den letzten Jahren (2014–2019) dort nicht mehr bestätigen. KLAUSNITZER & SEGERER (2019) bemängeln in ihrer Stellungnahme zum Insektensterben, dass die Bezeichnung „Insektenrückgang“ ein verharmlosender Ausdruck für die Entwicklung in der Insektenwelt ist.

**Danksagung.** Zu Beginn unserer Untersuchungen fehlten gebildete Führer für die Schwebfliegen und die anderen hier behandelten Gruppen. Eine rasch angelegte Sammlung, die Bestimmung nach Sack in LINDNER (1935) und nach einem Bestimmungsschlüssel des Deutschen Jugendrings für Naturbeobachtungen und besonders die Unterstützung durch den damals schon hochbetagten Prof. Dr. ERWIN LINDNER am Naturkundemuseum in Stuttgart erleichterten die Schaffung einer Übersichtssammlung und damit die Einarbeitung des oft wechselnden Mitarbeiterstabs in die Materie. JOSEF REICHHOLF verdankt W. GATTER viele einstige Anregungen und

Diskussionen um das Thema. Letztendlich ist aus der Arbeit an der Station auch ein bedeutender Stamm von Syrphidenkennern hervorgegangen.

Besonders bedanken möchte wir uns bei WALTER BEISSMANN, WOLFGANG BROCKERT, GABI EBENHÖH, DOROTHEA GATTER, ANDREAS HACHENBERG, GEORG KAHLERT (+), TINA KULHANEK, ROLAND LAIH (+), HERMANN MATTES, THOMAS MEINEKE, RAINER PLIEFKE, WOLFGANG MÜLLER (+), PIA REUFSTECK, ROLF ROCHAU, ARON ROSSMANN, RUDI SEIBOLD, ULRICH SCHMID und MARTIN SCHREZENMAIER.

Seit dem Bestehen der Station am Randecker Maar haben sich besonders in den 1970 bis 1990er Jahren zahlreiche weitere Mitarbeiter Verdienste erworben bei den Beobachtungen, beim Aufbau und der Unterhaltung von Station und Fanganlagen, durch technische Hilfe im Bereich der Datenerfassung und Auswertung und bei der Betreuung der Mitarbeiter der Station. Dafür danken wir FRIEDER ALKEMEYER, MANFRED BEHRNDT, HEINZ FIALA, MARTIN GATTER, HANS GRAU (+), MARTIN GÖPFERT, UTE HERMANN, BRIAN HILLCOAT, GÜNTHER JAUCH, E. KOTZKE (+), MARTIN NEUB und Konrad Sill (+). Eine große Zahl der inzwischen über 600 Mitarbeiter der Station ist in unserem 1999 erschienenen Band über die „Wanderungen der Schwebfliegen am Randecker Maar“ (GATTER & SCHMID 1990 und bei GATTER 2000) aufgeführt.

Für freundliche Unterstützung danken wir der Gemeinde Bissingen, der Landeswasserversorgung Kirchheim/Teck, den umliegenden Grundstückseigentümern, Landwirten und dem Hof Ziegelhütte, sowie der Jugendhilfe Michaelshof-Ziegelhütte für die hilfreich gewährte Nutzung ihrer Einrichtungen.

## Literatur

- BASTIAN, O. 1984. Zum Vorkommen und zur Effektivität aphidophager Prädatoren in Koniferen-Jungwäldern des Tharandter Waldes. *Zoologisches Jahrbuch für Systematik* **111**: 245–279.
- BERTHOLD, P., BEZZEL, E. & THIELCKE, G. 1974. *Praktische Vogelkunde*. Greven.
- EIMER, T. 1882. Eine Dipteren- und Libellenwanderung, beobachtet im September 1880. *Jahreshefte Verein vaterländische Naturkunde Württemberg* **38**: 105–113.
- GATTER, W. & GATTER, D. 1973. Massenwanderung der Schwebfliege *Eristalis tenax* und des Marienkäfers *Coccinella septempunctata* am Randecker Maar, Schwäbische Alb. *Jahreshefte Verein*

*vaterländische Naturkunde Württemberg* **128**: 151–154.

- GATTER, W. 1975a. Regelmäßige Herbstwanderungen der Schwebfliege *Eristalis tenax* am Randecker Maar, Schwäbische Alb. *Atalanta* **6**: 193–200.
- GATTER, W. 1975b. Massenwanderungen der Libellen *Sympetrum vulgatum* und *Sympetrum flaveolum* am Randecker Maar, Schwäbische Alb. *Atalanta* **6**: 193–200.
- GATTER, W. 1976. Der Zug der Schwebfliegen nach planmäßigen Fängen am Randecker Maar (Schwäbische Alb) (Diptera, Syrphidae). *Atalanta* **7**: 4–18.
- GATTER, W. 1977a. Zusammenbruch der Nahrungsgrundlage als Auslöser einer Wanderung der Haarmücke (*Philia febrilis*). *Atalanta* **8**: 247–254.
- GATTER, W. 1977b. Eine Wanderung der Erdschnake (*Tipula oleracea* L.). Passive Verdriftung oder gerichtete Migration? *Nachrichtenblatt Bayerischer Entomologen* **26**: 141–152.
- GATTER, W. 1978. Planbeobachtungen des sichtbaren Zugs am Randecker Maar als Beispiel ornithologisch-entomologischer Forschung. *Vogelwelt* **99**: 1–21.
- GATTER, W. 1980. Nordwärts gerichtete Frühjahrswanderungen paläarktischer Schmetterlinge, Fliegen und Hummeln im Himalaya- und Transhimalayagebiet Nepals. *Atalanta* **11**: 188–196.
- GATTER, W. 1981a. Insektenwanderungen. Neues zum Wanderverhalten der Insekten. Über die Voraussetzungen des westpaläarktischen Migrationssystems. 94 S. Kilda Verlag, Greven.
- GATTER, W. 1981b. Die Migrationsformen der Insekten. *Entomologische Zeitschrift* **91**: 1–16.
- GATTER, W. 1981c. Anpassungen von Wanderinsekten an die tägliche Drehung des Windes. *Jahreshefte Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg* **136**: 191–202.
- HABEL, J. C., TRUSCH, R., SCHMITT, T., OCHSE, W. 2019. Long-term large-scale decline in relative abundances of butterfly and burnet moth species across south-western Germany. *Scientific Reports* **9** (1): 1–9, DOI 10.1038/s41598-019-51424-1. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-51424-1>.
- HALLMANN, C. A., SORG, M., JONGEJANS, E. E., SIEPEL, H., HOFLAND, N., SCHWAN, H., STENMANS, W., MÜLLER, A., SUMSER, H., HÖRREN, TH., 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.
- JAUKER, F., BONDARENKO, B., BECKER, H. C. & STEFFAN-DEWENTER, I. 2012. Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. *Agricultural and Forest Entomology* **14** (1): 81–87.
- JAUKER, F., DIEKOETTER, T., SCHWARZBACH, F. & WOLTERS, V. 2009. Pollinator dispersal in an agricultural matrix: opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. *Landscape Ecology* **24** (4): 547–555.
- KLAUSNITZER, B. & SEGERER, A. H. 2019. Stellungnahme zum Insektensterben. *Entomologische Zeitschrift* **129** (2): 121–125.
- MENZ, M. H. M., BROWN, B. V. & WOTTON, K. R. 2019. Quantification of migrant Hoverfly movements (Diptera: Syrphidae) on the West Coast of North America. *Royal Society Open Science* **6**: 190153.

PRELL, H. 1925. Eine Insektenwanderung in den Alpen. *Biologisches Zentralblatt* 45: 21–26.

RADER, R., BARTOMEUS, I., GARIBALDI, L. A., GARRATT, M. P., HOWLETT, B. G., WINFREE, R., & BOMMARCO, R. 2016. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (1): 146–151.

RAYMOND, L., SARTHOU, J. P., PLANTEGENEST, M., GAUFFRE, B., LADET, S. & VIALATTE, A. 2014. Immature hoverflies overwinter in cultivated fields and may significantly control aphid populations in autumn. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 185: 99–105.

SCHMID, U. & GATTER, W. 1988. Das Vorkommen von Schwebfliegen am Randecker Maar – ein

faunistischer Überblick. *Nachrichtenblatt Bayerischer Entomologen*. 37: 117–127.

SORG, M., SCHWAN, H., STENMANS, W. & MÜLLER, 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 Krefeld* 1: 1–5.

WILLIAMS, C. B. 1961. *Die Wanderflüge der Insekten*. Paul Parey Hamburg und Berlin.

WOTTON, K. R., GAO, B., MENZ, M. H. M., MORRIS, R. K. A., BALL, S. G., LIM, K. S., REYNOLDS, D. R., HU, G. & CHAPMAN, J. W. 2019. Mass Seasonal Migrations of Hoverflies Provide Extensive Pollination and Crop Protection Services. *Current Biology* 29: 2167–2173.

● DR. WULF GATTER, Hans-Thoma-Weg 31, 73230 Kirchheim unter Teck

● DR. HARTMUT EBENHÖH, Kirnacher Höhe 7, 78089 Unterkirnach

● RAOUL KIMA, Diedrich-Brinkmann-Str. 37A, 26125 Oldenburg (Oldb.)

● WALTER GATTER, Birkenstr. 24, 85625 Berganger

● FRANK SCHERER, Hörnleweg 13, 73235 Weilheim unter Teck

## Buchbesprechung

REINHARDT, R., HARPKE, A., CASPARI, ST., DOLEK, M., KÜHN, E., MUSCHE, M., TRUSCH, R., WIEMERS, M. & SETTELE, J. 2020. *Verbreitungsatlas der Tagfalter und Widderchen Deutschlands*. 430 S., 568 Farbfotos, 218 farbige Verbreitungskarten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. ISBN 978-3-8186-0557-5. Preis: 49,95 €.

Schmetterlinge sind Wunder der Natur. Für viele Menschen sind sie die schönsten Wesen der Tierwelt und ihr gaukelnder Flug über blumenbunte Wiesen fasziniert uns schon immer. Mit dem Verschwinden dieser Wiesen durch Düngung und zu häufiges Mähen sowie dem Spritzen von Herbiziden und Insektiziden auf den Acker-Monokulturen ist die Vielfalt an Schmetterlingsarten wie auch die anderer Insekten bedroht. Viele Arten befinden sich im freien Fall: Sie sind gefährdet, vom Aussterben bedroht oder schon verschwunden.

Welche Arten kommen in welcher Region noch vor? Die Antworten auf diese und weitere Fragen dokumentiert erstmals dieser Verbreitungsatlas für alle heimischen Tagfalter und Widderchen in Deutschland (Widderchen sind Nachtfalter, die jedoch tagsüber aktiv sind). Das Buch ist das Ergebnis einer über zehnjährigen intensiven Kartierung von zahlreichen ehrenamtlichen Schmetterlingsfreunden, naturkundlichen, öffentlichen und wissenschaftlichen Verbänden bzw. Einrichtungen sowie Behörden. Diese Kartierungsarbeiten haben einen unschätz-



baren gesellschaftlichen Wert und können nicht hoch genug gewürdigt werden.

Einführend wird die Geschichte der Schmetterlingsforschung in Deutschland dargestellt. Anschließend erfährt der Leser Wissenswertes zur Ökologie, zur Gefährdung und was zum Schutz dieser Insekten erforderlich ist. Weiterführende Informationen zu diesen Themen finden sich in den detaillierten Artbeschreibungen. In einem weiteren Kapitel wird das von hunderten Freiwilligen getragene Tagfalter-Monitoring Deutschlands vorgestellt, von dem die meisten Daten in dieses Werk mit eingeflossen sind.

Der Hauptteil des Buchs führt alle 184 in Deutschland vorkommenden Tagfalter-

und 24 Widderchen-Arten steckbriefartig auf. Den meisten Arten ist eine Doppelseite gewidmet. Zu jeder einzelnen Art finden sich Angaben zu Verbreitung, Vorkommen, Lebensraum und Biologie. Kleine Infoboxen geben einen Überblick zu Rote-Liste-Status, aktuellem Bestand, Entwicklungstrend und Schutzstatus. Attraktive Farbfotos zeigen die zerbrechliche Schönheit dieser Insekten. Von sämtlichen Faltern ist mindestens ein Foto abgebildet, bei einigen auch Flügelunterseite, Eier, Raupe und Puppe. Für Widderchen ist das Vorkommen auf Ebene der Bundesländer, für alpine Falter in einer Süddeutschlandkarte dargestellt. Für alle anderen Schmetterlinge ist jeweils eine ganzseitige Deutschlandkarte abgebildet, die aufgeteilt ist in zehn mal zehn Kilometer große Rastergitter. In diesen ist die historische und zeitnahe Verbreitung in fünf Zeitabschnitten grafisch dargestellt: Nachweise bis 1900, drei Zeitabschnitte bis zum Jahr 2000, Nachweise ab 2001. Ein ausführliches Literaturverzeichnis und Register ergänzen das Referenzwerk. Es sind demnach alle Informationen vorhanden, die man von einem Verbreitungsatlas erwartet. Das ausgezeichnete Experten-Herausgeber-Gremium bietet mit dieser beeindruckenden Publikation aktuelle Informationen über die Verbreitung sowie den vordringlichen Schutz unserer einheimischen Schmetterlinge und schärft den Blick auf die bedrohte Vielfalt dieser Insekten. Dieses Buch ist auch für all diejenigen eine Bereicherung ihrer Bibliothek die „nur“ Freude an den prachtvollen Fotos der fliegenden „Juwelen“ haben.

RUDOLF DEILE (Pliezhausen)