

Fluginsekten als temporäres Flugsicherheitsrisiko

(Airborne Insects as Temporary Flight Safety Hazard)

von JÜRGEN BECKER, Wittlich

Zusammenfassung: Massierungen von Insekten im Luftraum können ein direktes Flugsicherheitsrisiko, z.B. durch Sichtbehinderung, sein, aber auch zu einer Massierung insektenjagender Vögel, wie Schwalben und Mauerseglern, führen und dadurch das Vogelschlagrisiko erhöhen. Es werden Formen und Ursachen der Wanderungen und Massierungen von Blattläusen, Marienkäfern, Kohlschnaken, Schwebfliegen und Schmetterlingen beschrieben, die besondere Bedeutung der Blattlausflüge hervorgehoben und die Schwierigkeit aufgezeigt, diese Massenflüge vorherzusagen. Zur Erfassung von solchen temporären Massierungen von Insekten und Vögeln sind Radargeräte am besten geeignet. Deren Beobachtungsdaten können Grundlage von Warnungen sein.

Summary: Masses of airborne insects can be a direct flight safety hazard, e.g. due to declining visibility, but also attract large numbers of insect-catching birds as swallows and swifts, and this increases the bird strike hazard. The paper describes airborne migrations and concentrations of greenflies (aphids), ladybirds, crane flies, hover-flies, butterflies and moths, emphasizes the significance of aphid flights, and shows the difficulty of forecasting these mass flights. Temporary masses of airborne insects and birds can be best detected by radar. The observation data can be used for warnings.

1. Einleitung

Wie Vögel führen auch viele Insektenarten zu bestimmten Jahreszeiten mehr oder weniger ausgedehnte Wanderflüge durch. Besonders spektakulär sind die Ausbreitungsflüge der Wander- und Wüstenheuschrecken in Afrika, der Zug des Monarchfalters aus Nordamerika in das mexikanische Winterquartier sowie die Massenflüge der australischen Bugong-Motte in ihr Sommerquartier in den Bergen von Victoria. Aber auch in Europa ziehen Insekten zeitweilig in Massen über große Distanzen und teilweise in erheblichen Höhen. Solche Insektenmassierungen können auch die Luftfahrt direkt oder indirekt gefährden.

2. Zwischenfälle durch Fluginsekten

Der Einflug in dichte Insektenschwärme führt häufig zu einer starken Verschmutzung der Frontscheibe, was im Extremfall zum Flugabbruch infolge Sichtbehinderung führen kann. Derartige Zwischenfälle ereigneten sich in den Jahren 1975, 1976 und 1989 jeweils Ende Juni/Anfang Juli in 200-300 ft MSL, in einem Fall sogar in 2000 ft MSL über der Ostsee. Betroffen waren die Luftfahrzeug-Muster F-104 G, BR 1150 und PC 3 ‚Orion‘. Handelt es sich um größere Insekten, sind auch direkte Beschädigungen am Luftfahrzeug möglich. So platzte bei einer F-104 G am 27.01.1970 vor Sardinien nach Durchfliegen eines Heuschreckenschwarms in 800 ft MSL die Frontscheibe des Infrarotvisiers. Der Flug wurde allerdings ohne weitere Schwierigkeiten beendet.

In den Sommermonaten der Jahre 1976-92 wurden im Flugbetrieb der Bundeswehr mehrere Zwischenfälle mit Jets und Hubschraubern gemeldet, bei denen die Staurohre durch Insekten verstopft waren, so dass keine Fahrtanzeige erfolgte bzw. die Höhenrudersteueranlage ausfiel. In den meisten Fällen waren die Insekten aber schon während der Standzeiten am Boden in das Staurohr geraten.

3. Zwischenfälle durch insektenjagende Vögel

Häufig sind nicht die Insekten selbst das Flugsicherheitsrisiko, sondern die Vögel, die dieses sogenannte Luftplankton jagen. Das sind vor allem Schwalben und Mauersegler, gelegentlich auch Falken, Lachmöwen und Stare. Die Beute der Luftjäger besteht in den meisten Fällen aus kleinen Insekten. Die Beutetiere der Mehlschwalbe bestanden nach Untersuchungen am Thuner See zu 33,1 % aus Blattläusen, 24,2 % Fliegen, 21,2 % Mücken und 2,6 % stachellosen Hautflüglern (v. GUNTEN, 1961). GATTER (1981) beobachtete am 10.09.1977 aus einem Motorsegler über der Schwäbischen Alb in 600-700 m über Grund ca. 500 Mehlschwalben bei der Insektenjagd. Die nach der Landung von den Tragflächen abgekratzten Insekten waren ausschließlich schwarze geflügelte Blattläuse.

Aber auch über Flughäfen ist das massierte Auftreten von Mauerseglern und Schwalben wohl immer auf eine hohe Dichte an kleinen Insekten zurückzuführen. Am 17.07.1992 wurde auf dem Flughafen Frankfurt das Luftplankton durch Netzfang vom fahrenden Auto aus in 1-2 m Höhe halbquantitativ erfasst. An diesem Tag wurden jeweils 100 bis 400 Schwalben und Mauersegler in Flughöhen zwischen 10 und 100 m beobachtet. 88 % der gefangenen Insekten waren Blattläuse. Bei einer weiteren Fangfahrt am 27.07.1992, bei der dichter Insektenflug beobachtet wurde, aber keine Mauersegler und Schwalben anzutreffen waren, konnte keine einzige Blattlaus nachgewiesen werden. Die Gesamtausbeute war deutlich geringer als am 17.07.1992 und bestand fast ausschließlich aus diversen Fliegenarten. Die Angaben in der Literatur wie auch die orientierenden Insektenfänge am Flughafen

Frankfurt deuten darauf hin, dass die Anzahl und Dichte der Fluginsekten für die meisten Luftjäger von größerer Bedeutung ist, als die absolute Größe der Insekten.

4. Form und Ursache von Insektenwanderungen/-massierungen

GATTER (1981) unterscheidet drei Migrationsformen:

1. Anemomigration: passive Verfrachtung durch Verdriftung,
2. Dismigration: Zerstreuungswanderung vom Entwicklungsort weg,
3. Migration: alljährliche richtungsorientierte Wanderung gemäß eines genetischen Programms, wobei zwischen expansiver und saisonaler Migration unterschieden wird.

Die Übergänge zwischen den drei Migrationsformen sind mitunter fließend. Im Folgenden werden einige charakteristische Insektenwanderungen beschrieben.

4.1 Blattläuse

Blattläuse haben mehrere Generationen im Jahr. Dabei findet häufig ein obligatorischer Wechsel zwischen ungeschlechtlicher (parthenogenetischer) und zweigeschlechtlicher Fortpflanzung statt, häufig verbunden mit Wechsel der Wirtspflanze. Die Parthogenese ermöglicht das Auftreten von individuenstarken Kolonien. Der häufige Körperkontakt mit Artgenossen bei Überbevölkerung führt zur Entstehung von geflügelten Formen (JACOBS u. RENNER, 1988). Die Wanderformen suchen neue Wirtspflanzen auf. Zwischen dem aktiven Start und der aktiven Landung erfolgt weitgehend passiver Transport durch Luftströmungen (Anemomigration). Die damit verbundenen Verluste werden durch die starke parthenogenetische Vermehrung kompensiert. Die Verdriftung der Blattläuse erfolgt häufig nur über wenige Kilometer, kann aber auch über große Entfernungen stattfinden, wodurch das Verbreitungsgebiet einer Art beträchtlich erweitert wird (TATCHELL, 1990).

4.2 Marienkäfer

Der Siebenpunkt-Marienkäfer (*Coccinella septempunctata*) ist ein saisonaler Dismigrant (GATTER, 1981). Plötzliches Massenaufreten von Marienkäfern ist seit langem bekannt. Es handelt sich dabei um Wanderungen zum Übersommerungsquartier, das meist auch späterer Überwinterungsort ist. Die Überwinterung erfolgt in Mittelgebirgs- und Gebirgslagen, bisweilen in hundertausenden Individuen beieinander (JACOBS u. RENNER, 1988). Die Wanderflüge der Marienkäfer haben nicht in jedem Jahr die gleiche Stärke und hängen mit der Zahl der Blattläuse (Nahrung der Larven und Imagines) im Frühling bis Frühsommer zusammen. In starken Blattlausjahren können im Juli/August riesige Zahlen von Marienkäfern wandern. Am 06.08.1972 sind am Randecker Maar/Schwäb. Alb mehr als 1 Milli-

on Marienkäfer nach Süden gezogen (GATTER u. GATTER, 1973). Bis zum 14.08.1972 zogen täglich zwischen 4.000 und 32.000 Käfer/km über das Randecker Maar. Ein Massenzug von Marienkäfern wurde auch am 16.07.1976 beobachtet: „Die Landschaft wirkte zeitweise von Käferleibern rötlich überhaucht wie von driftenden Pollen“ (GATTER, 1981). Die Käfer flogen im bodennahen Bereich gegen den leichten Südostwind an. In 2000 m NN ließ sich aber eine südsüdöstliche Vorzugsrichtung erkennen, die der oberhalb 1400 m NN vorherrschenden Nordwestströmung von 18 km/h entsprach. Bei einer Eigengeschwindigkeit von ca. 5 km/h sind die Marienkäfer demnach mit einer Geschwindigkeit von 23 km/h nach Südosten gedriftet (GATTER, 1981). Die größte Zugdichte wurde am Nachmittag erreicht.

4.3 Kohlschnaken

Die Kohlschnake (*Tipula oleracea*) neigt zu Massenvermehrungen und fliegt in zwei Generationen vom April bis Juni und von August bis Oktober. Obwohl die Tipuliden schwerfällige Flieger sind, werden sie auch in großer Höhe angetroffen. GATTER (1977) erkannte dies an insektenjagenden Greifvögeln, die sich wandernde Tipuliden in Höhen zwischen 400 und 800 m über der Albrandkante zutreiben ließen. Tipuliden fliegen im Herbst nur bei Winden in südliche bis westliche Richtungen. Durch Wind- und Eigengeschwindigkeit werden bis zu 50 km/h erreicht. Die größte Zugdichte ist am Nachmittag. Tipuliden fliegen aber auch nachts. Die Ursache von derartigen Wanderflügen ist meist eine Massenvermehrung der Sommergeneration oder eine witterungsbedingte Verschlechterung der Biotopverhältnisse. Auch ist ein regelmäßiger Populationsaustausch zwischen Gebieten des Tipuliden-Optimums im atlantischen Klimabereich und den Gebieten mit kontinentalerem Klima denkbar (GATTER, 1977).

4.4 Schwebfliegen

Schwebfliegen (*Syrphidae*) sind ausdauernde Wanderinsekten. In Europa gibt es etwa 500 Arten, davon ca. 100 Arten, deren Larven sich von Blattläusen ernähren (JACOBS u. RENNER, 1988). Die Flugzeit vieler blattlausfressender Schwebfliegen entspricht dem Frühjahresmaximum der Blattlausentwicklung. Die Herbstgeneration der leistungsstarken Wanderarten, wie *Episyrphus balteatus*, zieht in Mitteleuropa, den Alpen und den Pyrenäen wochenlang kompassorientiert in südwestliche Richtung. Am Randecker Maar verließen die Tiere am 20.09.1980, einem sehr heißen Spätsommertag mit günstigem Nordostwind um 17 km/h, die tiefere Zone und flogen in großer Zahl in ca. 2000 m NN mit ca. 40 km/h nach Süden (GATTER, 1981). An windstillen Tagen und bei Mitwind werden Mittelgebirge und Gebirgspässe z.T. hoch überflogen. GATTER schloss aus jagenden Alpenseglern über dem Bretoletpass im Wallis auf massiven Zug von Schwebfliegen in Höhen von 400-500 m über dem Pass (2600-2700 m NN). Die Weibchen offensichtlich derselben

Generation wandern im Frühjahr wieder nach Norden. Ihre Nachkommen erreichen Nordeuropa, wo sie nicht überwintern können. Die Sommergeneration wandert wiederum nach Süden (GATTER u. SCHMID, 1990).

Neben diesen alljährlichen Wanderungen über weite Strecken durch physiologisch starke Flieger existiert ein weiteres Feld von verschiedenen Formen der Dismigration mit unterschiedlicher Bedeutung. Anemomigration und expansive Dismigration dienen der Verteilung der Individuen im Raum. Durchmischung der Populationen, das Auffinden neuer Habitate und die Möglichkeit der Arealerweiterung sind das Ergebnis dieser Wanderungen (GATTER u. SCHMID, 1990).

4.5 Schmetterlinge

Die bekanntesten Wanderinsekten in Europa sind die physiologisch starken Schwärmer (*Sphingidae*), wie Totenkopfschwärmer (*Acherontia atropos*), Windenschwärmer (*Agrius convolvuli*), Taubenschwanz (*Macroglossum stellatarum*) und andere Arten, die alljährlich aus Südeuropa, z.T. sogar aus Nordafrika oder der Sahelzone nach Mitteleuropa einfliegen. Nicht für alle Arten reicht der Sommer für Larvalentwicklung und Puppenruhe aus, so dass die Populationen auf regelmäßigen Zuzug aus dem Süden angewiesen sind. Während die Einflüge dieser Arten meist unauffällig erfolgen, führen die Wanderflüge von Edelfaltern (*Nymphalidae*), wie Admiral (*Vanessa atalanta*), Distelfalter (*Vanessa cardui*), Tagpfauenauge (*Inachis io*), Kleinem Fuchs (*Aglais urticae*), von Kohlweißlingen (*Pieris brassicae* und *P. rapae*), sowie von Eulenaltern (*Noctuidae*), wie der Gammaeule (*Autographa gamma*), und Ypsiloneule (*Scotia ipsilon*) zeitweilig zu deutlichen Massierungen. Die Einflüge erfolgen von Mai bis Anfang Juli; die Sommer- und Herbstmigration erstreckt sich häufig über einen längeren Zeitraum. 1979 betrug dieser an der Station Randecker Maar (GATTER, 1981) für *Pieris rapae* 49 Tage (5.7.-23.8.) *Inachis io* 81 Tage (15.7.-4.10.) und *Vanessa atalanta* 124 Tage (5.8.-7.12.).

Über Feldern und im Aufwind vor Baumgruppen in der Ebene sowie in Hangaufwinden fliegen die Schmetterlinge bis maximal 30 m Höhe (Sichtbarkeitsgrenze?), in der Thermik über der Hochfläche der Schwäbischen Alb steigen die Falter auf 1000 bis 1400 m über Grund (1800-2200 m NN). Sie sind möglicherweise schon im Albvorland in größeren Höhen geflogen (GATTER, 1981). Nymphaliden überfliegen Alpenpässe auch bei starkem Gegenwind in Bodennähe. Bei Rückenwind entdeckte GATTER Admirale ca. 400 m hoch über dem Bretoletpass im Wallis, also in 2600 m NN (GATTER, 1981). GEHRING (1967) beobachtete Admirale mittels Radar und Fernrohr 1000 m über Alpenpässen (2800 m NN). Die Pieriden haben bei kräftigen Gegenwinden erhebliche Mühe, die Alpenpässe zu überwinden, so dass es unterhalb des Passes zu „Zugstau“ kommen kann. Bei Rückenwind zieht aber zumindest der Kleine Kohlweißling (*Pieris rapae*) z.T. sehr hoch über die Mittelgebirgspässe (GATTER, 1981).

5. Vorhersage von Insektenwanderungen/-massierungen

Die Wanderflüge der Insekten sind genetisch programmiert und werden durch zahlreiche Umweltfaktoren beeinflusst, von denen die aktuellen Wetterbedingungen und die Witterung des vorangegangenen Jahres besonders wichtig sind. Unter Flugsicherheitsaspekten sind die Insektenflüge von besonderer Bedeutung, die zu kurzzeitigen Massierungen von Millionen Individuen im Luftraum führen. Das ist vor allem die Anemomigration der Blattläuse sowie der Massenzug von Blattlausprädatoren (Marienkäfern, Schwebfliegen). Die Erfassung der Populationsdynamik der Blattläuse ist dabei das zentrale Problem.

Da Blattläuse als direkte Pflanzenschädlinge und Überträger von Viruskrankheiten große wirtschaftliche Bedeutung haben, wurde 1968 ein Überwachungssystem mit Saugfallen zunächst in Großbritannien und später auch auf dem Kontinent, das „Rothamsted Insect Survey (RIS)-Network“ organisiert, (TAYLOR, 1986), das 1990 aus 55 Fallenstandorten in 12 europäischen Staaten (aber nicht in Deutschland) bestand. Auch in den USA und Kanada arbeiteten 1990-94 Fallenstationen nach der gleichen Methode (TATCHELL, 1991). In Deutschland wurden schon in den fünfziger Jahren regional die Entwicklungsbedingungen ausgewählter Blattlausarten beobachtet und Warnungen herausgegeben, z.B. 1952-54 durch die Landwirtschaftskammer Nordrhein (HILD, pers. Mitt.). Das System ist aber mit dem RIS-Network nicht zu vergleichen.

Die Vermehrung der Blattläuse ist am stärksten, wenn die Temperaturen optimal sind und die Nutzpflanzen ihren größten Nährwert haben. 42 % der Pflanzenschädlinge führen nach TATCHELL (1991) einen Wirtswechsel durch, wenn die primäre Wirtspflanze saisonbedingt oder nach Massenbefall nicht mehr genug Nahrung bietet. Die Entwicklung geflügelter Blattläuse hängt auch von der Tageslänge und der Temperatur ab. Die RIS-Fänge liefern eine wertvolle Datenbasis für die Untersuchung der Blattlausdynamik. Da nicht alle Blattlausarten jedes Jahr Massenvermehrungen aufweisen, ist aber auch auf der Basis der Fallenfänge eine Vorhersage schwierig. Tiefe Wintertemperaturen wirken sich negativ auf Arten aus, die sich nur parthenogenetisch fortpflanzen (TATCHELL, 1991). Für Arten mit Wintereiern ist die Witterung im Frühjahr, insbesondere die Temperatur im Mai, von großer Bedeutung, wie auch die Beobachtungen am Flughafen Frankfurt (1992-97) vermuten lassen. Haben sich unter günstigen Lebensbedingungen große Populationen aufgebaut, sind Massenflüge der Blattläuse und ihrer Prädatoren sehr wahrscheinlich. Dabei werden schwachgradientige Hochdrucklagen bevorzugt. Wandernde Insekten suchen aktiv Höhenbänder mit für sie günstigen Windverhältnissen (leichter Rückenwind) auf. Dabei nutzen sie nach GATTER (1981a) die im Uhrzeigersinn erfolgende tageszeitliche Drehung des Windes. Dies gilt insbesondere für flugschwache Arten, wie Marienkäfer und Kohlschnaken, die im Herbst bevorzugt am Nachmittag ziehen.

Auch wenn die Wetterbedingungen, die Insektenmassierungen begünstigen, bekannt sind (PEDGLEY, 1980), ist eine Vorhersage kaum möglich, da zu viele Fakto-

ren die Entwicklung der Insekten beeinflussen und ihre Massenflüge erheblich unregelmäßiger erfolgen als die Vogelzüge.

6. Insekten als Radarziele

Da die Vorhersage von Insektenmassierungen in der Luft nahezu unmöglich ist, kommt der direkten Beobachtung besondere Bedeutung zu. Visuell lässt sich eine ungewöhnliche Massierung nur lokal und bei niedrigen Flughöhen verfolgen. Größere Flughöhen der Insekten werden häufig durch insektenjagende Vögel angezeigt (GATTER, 1981); wie weit sich die Massierungsgebiete erstrecken, bleibt aber unklar.

Schon seit über 50 Jahren ist bekannt, dass auch Insekten Radarechos erzeugen. In den 60er Jahren wurden insbesondere in Afrika und Asien die Massenflüge von Heuschrecken und anderen Schadinsekten mit Radar verfolgt und ihre Abhängigkeit von Umweltfaktoren erforscht (VAUGHN, 1985). Zur Erfassung sind prinzipiell alle Radargeräte im X-, C- und S-Band geeignet. Nach VAUGHN (1985) erreichen Insekten häufig Dichten von 10^{-5} bis 10^{-4} Tieren pro m^3 . Solche Insektenmassierungen haben einen Durchmesser von einigen Kilometern und reichen bis zu einigen hundert Metern über Grund. Größte Dichten werden nach PEDGLEY (1980) an der Grenze von Inversionen, in Konvergenzzonen sowie an Meeresbrisefronten erreicht. Solche Zonen wirken wie Fallen für fliegende Insekten. Da derartige kleinräumige Windsysteme häufig nicht direkt erkennbar sind, nutzen Radarmeteorologen das Auftreten von Insektenechos zur Identifizierung solcher Systeme (PEDGLEY et al., 1982).

Unter dem Gesichtspunkt der Vogelschlagverhütung sind Wetterradargeräte sowohl zur Erfassung von Vogelschwärmen (RUHE, 2002) wie auch von Insekten geeignet. Dies gilt insbesondere bei sommerlichen Hochdrucklagen, bei denen wetterbedingte Radarziele, wie Hydrometeore, nicht stören können. Vorteilhaft ist, dass WetterradarDaten routinemäßig und flächendeckend vorliegen, und mit entsprechenden Auswerteverfahren die Identifizierung regionaler Vogel- und Insektenmassierungen ermöglichen, die im Gegensatz zum großräumigen Vogelzug keine Vorzugsrichtungen aufweisen müssen.

Für die Erfassung lokaler Insekten- (und Vogel-)massierungen sind grundsätzlich auch modifizierte Schiffsradargeräte geeignet. Sie können nach VAUGHN (1985) ein einziges Insekt bis zu einer Entfernung von 1,5 km vom Umgebungsrauschen unterscheiden. Die dichtesten Insektenschwärme könnten theoretisch sogar bis zu einer Entfernung von 1000 km erfasst werden, wenn die Erdkrümmung den Radarhorizont nicht begrenzen würde (VAUGHN, 1985).

Die technischen Möglichkeiten zur Erfassung der Massenflüge von Insekten und der sie jagenden Vögel sind somit grundsätzlich vorhanden. Die Festlegung der Bewertungskriterien als Grundlage für die Einbeziehung in die existierenden Warnverfahren erfordert aber noch viel Entwicklungsarbeit.

Literatur:

Gatter, W. (1977): Eine Wanderung der Erdschnake *Tipula oleracea* L. Passive Verdriftung oder gerichtete Migration (Diptera, Tipulidae). Nachrichtenbl. Bayer. Ent. 26: 81-89.

Gatter, W. (1981): Insektenwanderungen. Kilda Verl., Greven: 94 S.

Gatter, W. (1981a): Anpassungen von Wanderinsekten an die tägliche Drehung des Windes. Jh. Ges. Naturkd. Württ. 136: 191-202.

Gatter, W. & Gatter, D. (1973): Massenwanderungen der Schwebfliege *Eristalis tenax* und des Marienkäfers *Coccinella septempunctata* am Randecker Maar, Schwäbische Alb. Jh. Ges. Naturkde. Württ. 128: 148-150.

Gatter, W. & Schmid, U. (1990): Wanderungen der Schwebfliegen (Diptera, Syrphidae) am Randecker Maar. Spixiana Suppl. 15: 1-100.

Gehring, W. (1967): Radarbeobachtungen über den Vogelzug am Col de Bretolet in den Walliser Alpen. Orn. Beob. 64: 133-145.

v. Gunten, K. (1961): Zur Ernährungsbiologie der Mehlschwalbe *Delichon urbica*. Die qualitative Zusammensetzung der Nahrung. Orn. Beob. 58: 13-34.

Jacobs, W. & Renner, M. (1988): Biologie und Ökologie der Insekten. 2. Aufl. G. Fischer Verlag, Stuttgart: 690 S.

Pedgley, D.E. (1980): Weather and airborne organisms. WMO Tech. Note No. 173: 91 S.

Pedgley, D.E. et al. (1982): Flying insects reveal small-scale wind systems. Weather 37: 295-306.

Ruhe, W. (2002): Das Wetterradar - ein weiteres System zur Vogelzugbeobachtung. Vogel und Luftverkehr 2/2002:

Tatchell, G.M. (1991): Monitoring and forecasting aphid problems. Oklahoma Agricultural Experimental Misc. Publ. No. 132: 215-229.

Taylor, L.R. (1986): Synoptic dynamics, migration and the Rothamsted Insect Survey. J. anim. Ecol. 55: 1-38.

Vaughn, C.R. (1985): Birds and Insects as Radar Targets. Proc. IEE 73: 205-227.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Jürgen Becker

Grabenstr. 5

54516 Wittlich

j.becker@davvl.de