Rückblick auf die Dissertation "Untersuchungen zu Missbildungserscheinungen an Wanzen (Heteroptera) : Erscheinungsformen, Häufigkeit und Bezug zu Schweizer Kernkraftanlagen"

Autor(en): **Jenny, Johannes**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **38 (2016)**

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-675301

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

JOHANNES JENNY

Rückblick auf die Dissertation «Untersuchungen zu Missbildungserscheinungen an Wanzen *(Heteroptera)*: Erscheinungsformen, Häufigkeit und Bezug zu Schweizer Kernkraftanlagen»

Ungebrochen sind Faszination und Staunen, welche Präzision und Können bei der Betrachtung der Aquarelle von Cornelia Hesse-Honegger auslösen. Ihre Kunst, Missbildungen von Insekten aus dem Umfeld von Atomanlagen darzustellen, ist unübertroffen und einmalig! Die ersten missgebildeten Wanzen entdeckte sie nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl 1986. In der Folge unternahm sie Feldstudien im Umfeld von schweizerischen, europäischen und US-amerikanischen Atomanlagen und sammelte insgesamt 17'000 Wanzen und Zikaden.

Abb. 1: Dieses Bild ist Teil der «Aargauer Studie» von 1993–1999, Standort Rohr, Kanton Aargau. Die erste Streifenwanze hat eine deformierte Wangenspitze. Der Kohlwanze fehlt ein Glied im rechten Fühler. Die dritte Streifenwanze hat einen deformierten Thorax und der linke Deckflügel der Lederwanze ist ein kleiner Stummel (mit freundlicher Genehmigung von Frau Cornelia Hesse-Honegger).

Die Bilder und ihre Qualität sind unbestritten jedoch weder Gegenstand dieses Artikels, noch der Dissertation. Auch das Interesse an der «Wissenskunst», wie die Künstlerin ihre Arbeit jenseits cartesianischer Prinzipien nennt, ist ungebrochen: Cornelia Hesse-Honegger wurde mit dem Nuclear Free Future Award 2015 für die Kategorie Aufklärung ausgezeichnet. Die Preise wurden am 28. Oktober 2015 im Russel Building, Capitol Hill, Washington, DC unter dem Patronat von Senator Edward Markey of Massachusetts vergeben. Lokale Partner sind: Beyond Nuclear und Green Cross International (gegründet von Michail Gorbatschow).

Summary
This paper represents once more the most important results of the PhD thesis of the author from 1993 and discusses them in the context at that time and the present. Release of this study was the suspicion by the scientific illustrator Cornelia Hesse-Honegger that the malformed insects – especially *Heteroptera* –, which she found, was perhaps caused by low level ionising radiation. Adult insects seem to be very resistant to radiation, but early stages can be sensitive. SCHWEIZER & CORT-RIEHLE (1991) classify their testing system with *Drosophila* larvaeas very sensitiv to cylogenetic radiation effects. Thus malformations due to continued low doses of radiation can not be excluded.
This study should help to evaluate the influence of nuclear plant emissions on the frequency of malformations in *Heteroptera*. The following species were investigated: *Pyrrhocoris apterus* (L.), *Lygaeus saxatilis* (SCOP.), *Coptosoma scutellatum* GEOFFROY, *Graphosoma lineatum* (L.), *Nezara viridula* (L.), *Rhaphigaster nebulosa* (PODA) and *Coreus marginatus* (L.). The different types and rates of malformations of bugs collected near sources of artificial radioactivity were compared with data from control populations and from literature published before 1940. Satisfactory old data on the frequency of teratological phenomena at *Heteroptera* were not found. The rate of malformations of the material analysed in this study are astonishingly high (10 to 30 %). However, no signs were found that malformations are more frequent near Swiss nuclear power station compared with distant regions. The rate of malformations varies greatly between species, between populations, during development from the egg to the imago, and in a single population throughout the year and between years. The highest values were found in populations of *Pyrrhocoris apterus* (L.) under lime-trees in urban areas.
None of the different types of malformations is restricted to a distinct geographical area. All forms are found described in literature dating prior to the first industrial application of nuclear energy. The rate of malformations increases during development from the egg to the adult stage. In two wild populations of *P. apterus* examined, no malformed first instar specimens were found, and the rate of malformation of freshly hatched larvae from a culture was less then 2 %. Nearly all morphological aberrations are acquired during the larval development and they do not have a genetic cause. Mechanical injuries are frequent. Amputation of parts of the legs or of the antennae of young *Pyrrhocoris* larvae in experiments results

in regenerations that are very similar to malformations found in wild populations. During ecdysis *Pyrrhocoris* is often attacked by other bugs. Ants too are supposed to be responsible for mechanical injuries. This leaves a necrotic zone that leads to an aberrant form of the region concerned. Parasites such as nematodes and mites, that are very frequent, could also play an important role. KUTTER (1958) showed that parasites can cause malformations in ants.

Zusammenfassung

Diese Arbeit stellt die wichtigsten Resultate der Dissertation des Autors von 1993 nochmals dar und diskutiert sie im damaligen und heutigen Kontext. Auslöser der Dissertation war der Verdacht der Zeichnerin Cornelia Hesse-Honegger, dass die Deformationen, welche sie an Insekten – vor allem aus der Familie der Wanzen *(Heteroptera)* – gefunden hatte, durch radioaktive Niedrigstrahlung verursacht werden könnten. Adulte Insekten gelten zwar als äusserst resistent gegenüber radioaktiver Strahlung. Frühe Stadien können weit empfindlicher sein. So stufen SCHWEIZER & CORDT-RIEHLE (1991) aufgrund ihrer Arbeit mit Drosophila-Larven ihr Versuchssystem als hochempfindlich für zytogenetische Strahlungseffekte ein. Vor diesem Hintergrund scheinen Missbildungen als Folge von langeinwirkender Niedrigstrahlung keineswegs ausgeschlossen.

Die Dissertation sollte ein Beitrag zur Beurteilung des Einflusses der Immissionen von Kernreaktoren auf die Missbildungshäufigkeit bei Heteropteren sein. Hauptsächlich wurden Feuerwanzen (*Pyrrhocoris apterus* [L.]]) untersucht. Weitere sechs Wanzen-Arten waren: der Knappe (*Lygaeus saxatilis* [SCOP.]), die Kugelwanze (*Coptosoma cutellatum* GEOFFROY), *Graphosoma lineatum* (L.), die Grüne Reiswanze (*Nezara viridula* [L.]), die Gartenwanze (*Rhaphigaster nebulosa* [PODA]) und die Lederwanze (*Coreus marginatus* [L.]).

Missbildungsformen und Missbildungsraten von Wanzenpopulationen aus der Nähe von Quellen künstlicher Radioaktivität und solchen von Kontrollstandorten wurden miteinander und mit Befunden aus der Literatur von vor 1940 verglichen. Befriedigende, ältere Angaben zur Häufigkeit teratologischer Erscheinungen bei Heteropteren fehlen. Die Missbildungsraten des untersuchten Materials, erweisen sich mit 10 bis 30 % als erstaunlich hoch. *Die vorliegenden Daten geben keine Hinweise auf eine erhöhte Missbildungsrate in der Nähe von Schweizer Kernreaktoren im Vergleich zu entfernten Gebieten.* Sie schwanken in weiten Grenzen von Art zu Art, von Population zu Population, im Verlaufe des Jahres und von Jahr zu Jahr. Die höchsten Werte wurden *bei Pyrrhocoris apterus* (L.) unter Linden in Städten ermittelt. Keiner der verschiedenen Missbildungstypen ist auf eine bestimmte geografische Region beschränkt. Alle Formen wurden in der Literatur aus der Zeit vor den ersten technischen Anwendungen der Kernenergie und einige in vorindustrieller Zeit bereits beschrieben. Die Missbildungsrate nimmt vom ersten Larvenstadium bis zum Imaginalstadium zu. In zwei diesbezüglich untersuchten Wildpopulationen von *P. apterus* konnten keine Missbildungen beim ersten Larvenstadium festgestellt werden. Die Untersuchung frisch geschlüpfter Zucht-

larven ergab einen Anteil von Missbildungen unter 2 %. Nahezu alle morphologischen Abweichungen dürften während der Larvalentwicklung erworben werden und keine genetische Ursache haben.
Mechanische Verletzungen sind häufig. Einzelne Missbildungen der Imago[1], besonders diejenigen der Antennen und Beine, lassen sich bei P. apterus durch mechanische Beschädigung in den frühen Larvenstadien künstlich provozieren. Während den Häutungen gehen Antennen- oder Fussglieder verloren. Zudem werden Feuerwanzen häufig durch Artgenossen angestochen. Auch Ameisen kommen als Verursacher mechanischer Verletzungen in Frage. Diese Verletzungen führen zu Nekrosen und schliesslich zu missbildungsartigen Veränderungen. Die häufig vorkommenden parasitären Milben, aber auch Nematoden und andere Parasiten, könnten eine gewisse Rolle spielen. Missbildungen als Folge von Parasitenbefall bei Ameisen hat KUTTER (1958) nachgewiesen.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 197
Warum dieser Beitrag? 197
Auslöser und gesellschaftliches Umfeld 197
Energiepolitisches und energiewirtschaftliches Umfeld damals 197
Energiepolitisches und energiewirtschaftliches Umfeld heute 198
Mögliche Ursachen der Missbildungen 199
Material und Methoden 200
Auswahl der Arten 200
Klassierung der Missbildungen 201
Sammelmethoden 201
Untersuchung 202
Fehlerschätzung 202
Zucht von Pyrrhocoris apterus 202
Ergebnisse und Diskussion 203
Missbildungstypen und ihre Häufigkeit 203
Missbildungsraten 205
Schwankungen im untersuchten Material 206
Regeneration mechanischer Verletzungen 209
Bibliographie 211
Verdankung 213

[1] *Adultes Insekt*

Einleitung

Warum dieser Beitrag?

Ähnlichkeiten aber auch markante Unterschiede der damaligen und heutigen energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Umstände bewogen mich, die Anfrage positiv zu beantworten und den Versuch zu wagen, nach 23 Jahren die Dissertation hervorzuholen und deren unspektakuläre Resultate darzustellen und zu diskutieren. Die gedruckte Version der Dissertation von 1993 kann im Original beim Autor bezogen werden.

Auslöser und gesellschaftliches Umfeld

Direkter Auslöser der Dissertation waren Aquarelle missgebildeter Wanzen, welche die wissenschaftliche Zeichnerin Cornelia Hesse-Honegger im Umkreis von Schweizer KKWs gefunden hatte. Sie lösten 1989 einen medialen Sturm aus. Das «Magazin» des «Tagesanzeigers» publizierte die Zeichnungen unter dem Titel «Der Verdacht» zusammen mit einem Text, in dem Hesse-Honegger die chronische Niedrigstrahlung der Kernkraftwerke für die Missbildungen verantwortlich machte. Niedrigstrahlung ist ein natürliches Phänomen, unter dessen Einfluss die Organismen seit der Entstehung der Cyanobakterien vor über drei Milliarden Jahren stehen und das sie mitprägt. Die Strahlung der KKWs liegt im Normalbetrieb unter 1 % der natürlichen Strahlung. Darauf angesprochen postulierte Frau Hesse-Honegger qualitative Unterschiede künstlicher und natürlicher Radioaktivität.
Durch ihre Tätigkeit an der Universität Zürich kam die Zeichnerin in Kontakt mit mutierten Fliegen, die morphologische Abweichungen als Marker bestimmter Chromosomen aufwiesen. Diese genetischen Mutationen waren teils spontan entstanden, teils waren sie durch mutagene Agentien oder hohe Dosen radioaktiver Strahlung ausgelöst worden. Aufgrund der Ähnlichkeit der Missbildungen in den Wildpopulationen vermutet Frau Hesse, dass auch in den Gebieten mit geringfügig erhöhter Strahlenbelastung Missbildungen an Insekten gehäuft auftreten (HESSE-HONEGGER, 1988, 1989, 1992 sowie BAER, 1993 und BÄNZIGER, 1993).

Energiepolitisches und energiewirtschaftliches Umfeld damals

Die Arbeit für die Dissertation wurde 1989, also drei Jahre nach der Katastrophe von Tschernobyl aufgenommen. 1988 wurde das Projekt von Motor-Columbus zum Bau eines Leichtwasserreaktors in Kaiseraugst endgültig fallen gelassen. Diese Nachricht vertiefte den alten Graben zwischen zwei Lagern in der Gesellschaft, deren Exponenten sich von der Kleidung bis zur politischen Einstellung in allem, ja selbst in der Verwendung des Kürzels für das Streitobjekt «AKW» bzw. «KKW» unterschieden. Zunächst ging es sicher um ein «Ja» oder «Nein» zur zivilen Nutzung der Kerntechnologie. Doch rüttelten zwei Vorgänge auch an den Grundwerten des Schweizerischen Demokratieverständnisses. Auf der einen Seite war es der Entscheid des Bundesgerichts im Juli 1973, welcher der Gemeinde Kaiseraugst und dem Kanton Basel-Stadt die Beschwerdelegitimation absprach, da Verfassung und Atom-

gesetzgebung den Bund als alleinige Bewilligungsinstanz vorsähen (BGE 99 Ia 247 ff.). Der zentralistische Ansatz, mit dem der lokale und regionale Volkswillen übergangen werden sollte, war sicher mitverantwortlich für den Widerstand, der in der Besetzung des Baugeländes in Kaiseraugst gipfelte. An der spektakulären Aktion nahmen anfänglich bis zu 15'000 Personen teil. Nach elf Wochen verschoben die Behörden den Baubeginn. Ein Stimmungsbild vermittelt Kupper in seiner Dissertation gemäss der im Verwaltungsrat der Kernkraftwerk Kaiseraugst AG die Meinung herrschte, Kaiseraugst diene als «*Wellenbrecher, an dem die herantosenden antinuklearen Wogen aufgefangen und gebrochen werden konnten und in dessen Schutz sich die anderen Projekte vorantreiben liessen.*» (KUPPER, P. 2003, S. 259)
Dass ein rechtlich abgesichertes Projekt schliesslich verhindert werden konnte, war auf der andern Seite für viele eine Bedrohung der Staatsraison schlechthin.
«Der Widerstand Ende der 1950er-Jahre gegen Projekte für ölthermische Kraftwerke ist nicht zu unterschätzen. Die Umweltschutzkreise waren gegen diese umweltbelastenden Anlagen und setzten sich daher für die zivile Nutzung der Kernenergie ein» (BUCHS. M. 2013). Die ersten Reaktoren wurden jedoch nicht nur aus Gründen der Versorgungssicherheit erstellt. «Die zivile Nutzung der Kernenergie wurde als Mittel betrachtet, nach dem Zweiten Weltkrieg den Anschluss an die internationale wissenschaftliche Gemeinschaft zu finden. Professor Paul Scherrer, ein international anerkannter Atomphysikexperte, spielte dabei eine wichtige Rolle. Ausserdem wollte die Schweiz ihrer Technologiepolitik dank der Kernkraft mehr Dynamik verleihen» (BUCHS. M. 2013). Erst 1978 im Schlussbericht der «Kommission für eine Gesamtenergiekonzeption» wird eine sichere und ausreichende, volkswirtschaftlich optimale und umweltgerechte Energieversorgung als Hauptziel der schweizerischen Energiepolitik genannt. 1983 scheitert ein Energieartikel am Ständemehr. 1984 wird die Volksinitiative «Lenkungsabgabe für eine sichere und umweltgerechte Energieversorgung» abgelehnt. 1987 publizierte die 1983 gegründete Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (World Commission on Environment and Development, WCED) den nach ihrer Vorsitzenden Gro Harlem Brundtland benannten «Brundtland-Bericht» «Our common future». In ihm wurde ein Leitbild zur nachhaltigen Entwicklung gemäss heutigem Verständnis entwickelt. 1988 folgte die Toronto Konferenz: Die industrialisierten Staaten wurden aufgerufen, den CO_2-Ausstoss bis 2005 um 20 % zu senken.
Im Lager der Kernenergiebefürworter herrschte die Überzeugung, dass die Toronto-Ziele nur durch die Kernenergie zu erreichen seien. Während bei den Gegnern die Idee verbreitet war, dass langfristig der Ersatz durch Fotovoltaik und Windenergie machbar sei.

Energiepolitisches und energiewirtschaftliches Umfeld heute

Wie ihre Vorgängerinnen 1979, 1984 und 1990 fand auch die kernkraftkritische Volksinitiative «Strom ohne Atom – für eine Energiewende und die schrittweise Stilllegung der Atomkraftwerke» keine Zustimmung beim Schweizer Volk. Gemäss der seit 2001 im Auftrag von swissnuclear jährlich durchgeführten Umfrage des

Marktforschungsinstituts Demoscope steigt das Vertrauen in die Kernenergie seit 2011 bereits wieder an. Im Jahr 2013 hielten gut 75 % (2010, 83 %; 2011, knapp 70 %) der 2'200 befragten Personen die bestehenden Schweizer Kernkraftwerke für «eher sicher».
Im Bemühen Abhängigkeiten zu reduzieren und Alternativen zu konventionellen Energieträgern aufzubauen, haben die USA und die europäischen Staaten zu Fördermassnahmen gegriffen, welche zum Zerfall des Strom- und Gesamtenergiepreises beitragen. Analog zum ebenso ungewollten «Food Wasting» wegen zu niedriger Lebensmittelpreise, ist ein «Electricity Wasting» entstanden, das die Politik mit immer weiteren Produktionsfördermassnahmen zusätzlich begünstigt.
Im deutschen Sprachraum hat sich in den letzten 20 Jahren die politische Diskussion auf die Begriffe «Energiewende» und «neue Energiestrategie» geeinigt. In der Absicht, eine nachhaltige Energiewirtschaft ohne Kernkraft zu erreichen (u. a. Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft Art. 89), führen immer weiterreichende Eingriffe und die anschliessende Korrektur ihrer Nebenwirkungen zum Verstummen kritischer Stimmen und zur Vertreibung innovativer Ansätze aus diesem Raum.
Über die weltweiten gesundheitlichen Langzeitfolgen beim Menschen, insbesondere jene Folgen, die auf eine gegenüber der natürlichen Strahlenexposition erhöhte effektive Dosis zurückzuführen sind, gibt es nach wie vor Kontroversen.
Vor diesem Hintergrund war ich damals – und bin es heute noch – erstaunt über das Interesse der Öffentlichkeit an der Frage, ob auch Insekten aufgrund von Dauerbelastung geringfügiger Strahlendosen Veränderungen erleiden.

Mögliche Ursachen der Missbildungen

Erste Berichte über Exemplare verschiedener Arthropoden mit auffälligen Missbildungen wurden bereits in den Anfängen der wissenschaftlichen Entomologie publiziert. Abweichungen von der Norm interessierten schon deshalb, weil sie Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Arten bieten können (vgl. COSTA, 1841; GAUSS, 1959; SCHLIEPHAKE & KLIMT, 1979; SAUTER, 1989).
Deformationen verschiedener Art als Entwicklungsstörungen bei Vertretern vieler Insektenordnungen sind ebenfalls seit langem bekannt. Besonders über Lepidopteren wurde immer wieder berichtet, dass ungünstige Schlupfbedingungen zu erheblichen Missbildungen der Imago führten. Auch wurde bereits früh darauf hingewiesen, dass deren Häufigkeit in Wildpopulationen regional unterschiedlich ist (WEBER, 1897). Die Ausbeute an teratologischer Literatur fällt für Heteropteren jedoch, im Vergleich zu jener von Lepidopteren und Coleopteren, bescheiden aus. MÜLLER (1926) führt dies auf die geringere Auffälligkeit der Missbildungen im Vergleich zu denen etwa der Schmetterlinge zurück. Einen umfassenden Überblick über die Erscheinungsformen der Missbildungen bei Heteropteren und einige quantitative Angaben für einzelne Populationen hat BALAZUC (1952) publiziert. Wie bei toxischen Stoffen ist die Erforschung der Auswirkungen geringster Dosen von Radioaktivität oft schwierig und liefert scheinbar widersprüchliche Resultate. Die

Ergebnisse sind in hohem Masse abhängig vom untersuchten Organismus. Neben negativen Einflüssen sind oft positive Effekte zu beobachten (z. B. FRITZ-NIGGLI, 1991). Neben dem von Frau Hesse-Honegger postulierten Einfluss von Niedrigstrahlung kommen eine Reihe weiterer möglicher Ursachen in Betracht. Bereits HEINEKEN (1828) führte an Spinnen, Schaben und einer Wanzenart Regenerationsversuche durch. Amputierte Bein- und Antennenteile werden z. T. zu missbildungsähnlichen Strukturen regeneriert. SANDHU *et al.,* 1984, zeigten, dass die Thiocarbamat-Herbizide *Diallate* und *Triallate* für verschiedene Organismen mutagen sein können. Die Herbizide werden im Getreidebau in den USA angewendet und sind in der Schweiz nicht zugelassen. Ein anderes Thiocarbamat-Herbizid, EPTC wird jedoch im Maisanbau eingesetzt. Wie geringe Mengen, selbst natürlicher Sekundärstoffe, die Larvalentwicklung beeinflussen können, zeigte SLAMA (1966) mit dem sogenannten «Paperfaktor»: Das holzhaltige Papier enthielt Spuren von Substanzen aus einer amerikanischen Pinienart, welche bei der Zucht von *P. apterus* die Larvalentwicklung beeinträchtigten!

Material und Methoden

Auswahl der Arten

Die Wahl der Heteropteren drängte sich auf, da die Zeichnerin vor allem bei Arten dieser Ordnung Missbildungen festgestellt hatte. Die Notwendigkeit jeweils möglichst viele, grosse Stichproben aus bestimmten Regionen zu untersuchen, schränkt die Anzahl geeigneter Arten stark ein.

Das Untersuchungsobjekt sollte dabei folgende Eigenschaften haben:

1. Die Art ist weit verbreitet und häufig.
2. Die Individuen sind möglichst Zeit ihres Lebens den Bedingungen am Fundort ausgesetzt.
3. Das Genom ist in allen Untersuchungsgebieten möglichst einheitlich.
4. Die morphologischen Strukturen bleiben bei allen Individuen einer Stichprobe bis zur Untersuchung erhalten und sind gut sichtbar.

Diese Bedingungen erfüllt in idealer Weise die Feuerwanze, *Pyrrhocoris apterus,* (L.) der Familie *Pyrrhocoridae.* Die meisten untersuchten Wanzen gehören zu dieser Art. Darüber hinaus untersuchten wir unterschiedlich grosse Stichproben folgender Arten: Kugelwanze (*Coptosoma scutellatum,* GEOFFROY, *Plataspidae*), Streifenwanze (*Graphosoma lineatum,* [L.], *Pentatomidae*), Grüne Reiswanze *(Nezara viridula,* [L.], *Pentatomidae*), Rotbeinige Baumwanze (*Pentatoma rufipes,* [L.]), *Pentatomidae*), Gartenwanze (*Rhaphigaster nebulosa,* [L.]), *Pentatomidae*), Lederwanze, (*Coreus marginatus,* [L.]), *Coreidae*) und der zu den Bodenwanzen gehörende *Lygaeus saxatilis,* Scop., *Lygaeidae.*

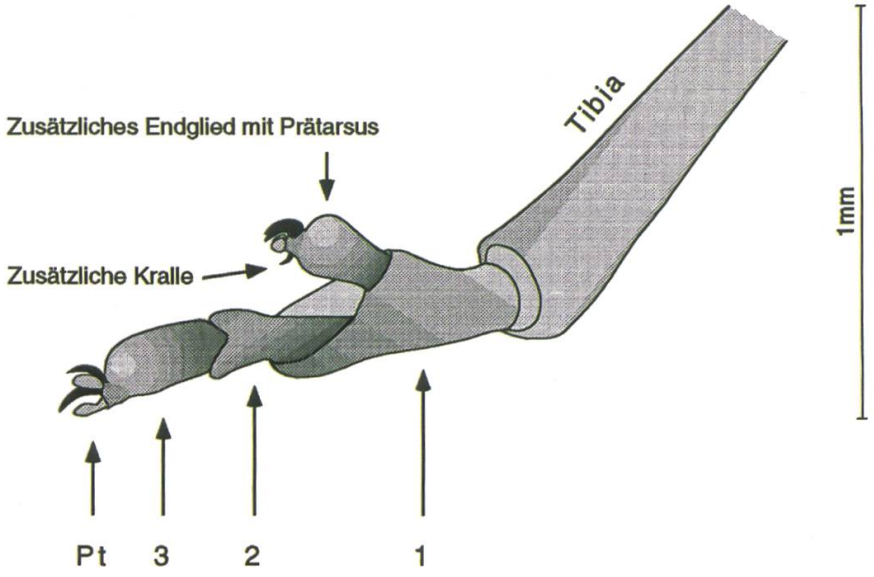

Abb. 2: «Monstrum per excessum»; linker Vordertarsus einer vom Autor in Echandens (VD) am 6.10.1989 gefundenen *P. apterus.* Aus dem dorsal erweiterten 1. Tarsalglied ragt ein zweites Tarsenglied mit vollständigem Praetarsus und einer zusätzlichen Kralle. (Pt = Prätarsus; 3, 2, 1 = Tarsenglieder).

Klassierung der Missbildungen

Bereits frühe Werke von Zeitgenossen von Charles Darwin, welche sich mit der Teratologie der Insekten beschäftigten, verwendeten eine Systematik der Abweichungen aufgrund der verschiedenen Typen der Erscheinungsformen der morphologischen Struktur (ASMUSS [1835], ILLIGER [1800], MECKEL [1821], SERINGE [1832]. ILLIGERs interessante Einteilung in *Monstra per fabriciam alienam, Monstra per excessum, Monstra per defectum* wäre im Hinblick auf gemeinsame Ursachen wünschbar, erweist sich aber als schlecht anwendbar, da viele Missbildungen mehreren Gruppen zugeordnet werden müssten. Die Missbildungen werden in Anlehnung an MÜLLER (1926) und STEPÁNECK (1927) nach den betroffenen Körperteilen eingeteilt.

Sammelmethoden

Pro Fundort wurden Stichproben von möglichst 100 oder mehr Imagines genommen. Feuerwanzen wurden je nach Struktur des Untergrundes und Dichte der Population mit Pinsel, Uhrfederstahlpinzette, von Hand oder durch Abklopfen der Stockausschläge der Linden gesammelt. Einige Fernsehzuschauer sammelten nach diesen Methoden selbst Material. Je nach Biologie wurden andere Arten mit Klopfschirm oder Kescher gesammelt, oder es wurden dieselben Methoden wie bei *Pyrrhocoris* eingesetzt. Die Wanzen wurden lebend transportiert, durch Tiefkühlung abgetötet und bis zur Untersuchung gefroren gelagert. In einzelnen Fällen, wo der Bestand der Populationen gefährdet erschien (vor allem *Graphosoma* nördlich der Alpen), wurden die Tiere ohne Abtötung untersucht und an den Fundorten wieder ausgesetzt.

Untersuchung

Zur Untersuchung gelangten rund 11'500 Imagines und 2'000 Larven von *Pyrrhocoris apterus* sowie 2'500 Imagines verschiedener anderer *Heteropteren*. Das Material wurde bei 12- bis 50-facher Vergrösserung unter der Binocularlupe auf morphologische Abweichungen untersucht.
Die Dokumentation der Missbildungen erfolgte blind. Aus einer Auswahl von meist mehreren Dutzend Gefässen mit Wanzen wurde willkürlich eines herausgegriffen. Die Beschriftung der Proben mit Fundortangabe und Datum wurde zu diesem Zweck im Sammelgefäss verdeckt angebracht und erst nach erfolgter Bearbeitung den Daten beigefügt. Nach der Bearbeitung konservierten wir die Tiere als Trockenpräparate oder überführten sie in Ethanol 70 %. War es für die Untersuchung notwendig, die Wanzen lebend zu erhalten, wurden die Tiere vor der Untersuchung im Kühlschrank bei ca. 5 °C vorgekühlt und auf Eis untersucht.

Fehlerschätzung

Bei der Beurteilung der Wanzen können Missbildungen übersehen oder falsch interpretiert werden. Um diesen Fehler abzuschätzen, wurden 300 Exemplare von zwei Fundorten zwei Mal untersucht. Drei Tiere wurden unterschiedlich beurteilt: In einem Fall wurde die Verschmelzung zweier *Sternite* über eine kurze Strecke übersehen, bei den beiden anderen Exemplaren wurde bei der Wiederholung ein fehlender Tarsus aufgrund der Struktur der Bruchstelle nicht mehr als Extremitätenmissbildung sondern als mechanischer Schaden interpretiert. Der Fehler dürfte demnach ungefähr bei einem Prozent liegen.

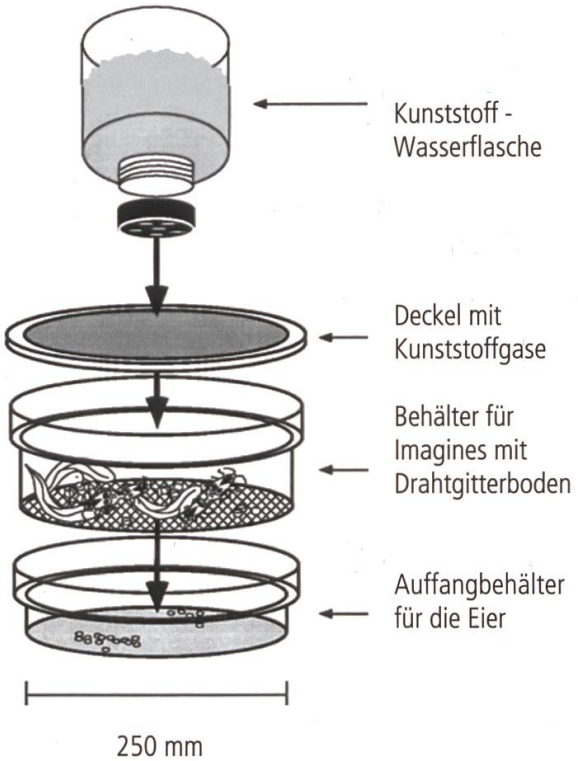

Abb. 3: Zuchtgefässe

Zucht von Pyrrhocoris apterus

Die Zucht erfolgte weitgehend nach den Angaben von WYNIGER (1974). Als Zuchtfutter dienten Lindensamen, die für die Larven gequetscht wurden. Die Proteinquelle bestand zunächst aus gehackten Mehlwürmern, später aus eingeweichten Hundekuchen.
Die jungen Larvenstadien von *P. apterus* wurden in Plastikbehältern mit den Massen 190 x 90 x 80 mm gehalten, die älteren in solchen von 225 x 157 x 115 mm. Die Gefässe waren mit Löschpapier ausgelegt und mit einer Schaumstofftränke versehen. Für die Haltung der Imagines dienten Kunststoffbehälter (Abb. 3), die bei der Firma Ciba-Geigy Basel für die Zucht von Baumwollwanzen (*Dystercus* spez.) entwickelt wurden. Diese haben

den Vorteil, dass die Eier durch ein Gitter fallen und somit von den Imagines nicht angestochen werden können. Für gezielte Kreuzungsversuche wurden virginelle Imagines paarweise in Petrischalen gehalten. Diese Versuche scheiterten an Verlusten durch Milbenbefall. Die Praeovipositionszeit betrug wenigstens zwei Tage. Die Eizahl und die Anzahl Gelege schwankte stark. Meist wurden zwei bis drei Gelege à 30 Eier abgelegt. In einem Fall legte ein Weibchen über einen Zeitraum von 53 Tagen 449 Eier in acht Gelegen.

Ergebnisse und Diskussion

Missbildungstypen und ihre Häufigkeit

Symmetrische Abweichungen:

Färbung und Zeichnung sind bei vielen Insekten sehr variabel. Bei *Pyrrhocoris apterus* führte dieser Umstand zur Beschreibung zahlreicher Formen. STICHEL (1962) unterscheidet bei der Feuerwanze neben der Nominatform *aptera* 14 verschiedene Formen, die sich auf Färbung und Zeichnung beziehen (Abb. 4). Die ältesten Berichte über Färbungsvarianten von *Pyrrhocoris apterus* (L.) wurden bereits bei HAUSMANN (1801) gefunden:

«Abart 1. Die beiden schwarzen Flekke auf den Halbdekken sind so erweitert, dass das Rothe auf denselben beinahe ganz verschwindet.» Zwischen der Nominatform, bei welcher der Durchmesser der schwarzen Punkte auf den Hemielytren ungefähr 1 mm beträgt, und der hier beschriebenen Variation *«carbonaria»* gibt es jede erdenkliche Übergangsform. *«Abart 2. Das Halsschild hat auf der Mitte eine schmale rothe Querbinde; die Ringe des Hinterleibes sind hinten sämtlich roth gesäumt.»* Die zweite Form ist in SULZER (1776) (Abb. 5) anhand eines Tieres aus Zürich dargestellt.

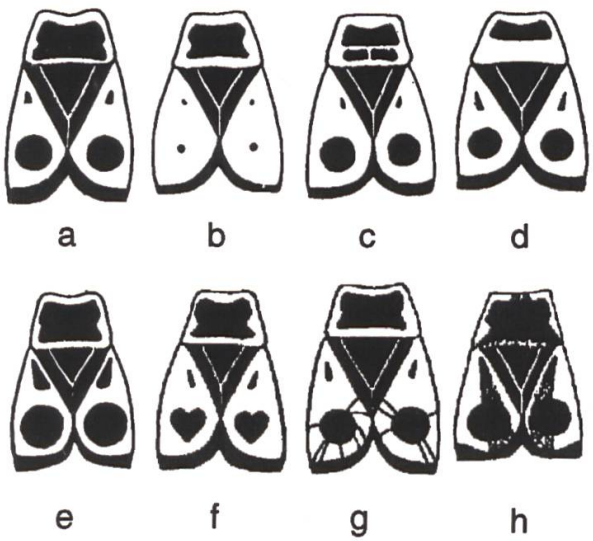

Abb. 4: Beispiele von Zeichnungsvariationen bei Pyrrhocoris apterus aus Stichel (1962)

Abb. 5: SULZER (1776), Tab. X, Fig. 14

Die Entdecker neuer Arten wurden von den Fürstenhäusern teils pro Neubeschreibung bezahlt. Mag sein, dass COSTA (1841) deshalb aufgrund eines Einzelexemplares von *Scolopostethus cognatus* Fieb. (*Lygaeidae*) mit beidseitig dreigliedrigen Antennen aus Sizilien (COSTA [1841] S. 296–299 und Pl. 6 fig. 6; hier Abb. 6) eine neue Art, *Tritomacera aphanoides* beschrieb.

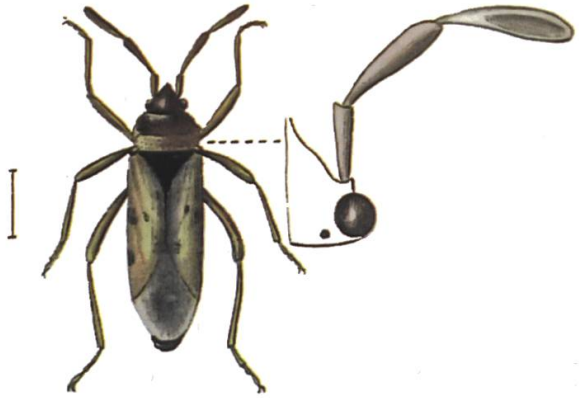

Abb. 6: Scolopostethus cognatus mit beidseits dreigliedrigen Antennen, Vergleichsstrecke links = 1mm, aus COSTA (1841).

Symmetrische Abweichungen wurden von Frau Hesse-Honegger nicht gezeichnet. Symmetrische Abweichungen der Färbung wurden als Abarten in der Literatur des 19. Jh. beschrieben und finden sich in älteren Sammlungen. Sie interessieren in diesem Zusammenhang weniger, da alle Übergänge möglich sind und eine Abgrenzung zwischen normal und Missbildung kaum möglich ist. Symmetrische Veränderungen wie die von COSTA (1841) beschriebenen dreigliedrigen Antennen wurden dagegen als Missbildungen taxiert.

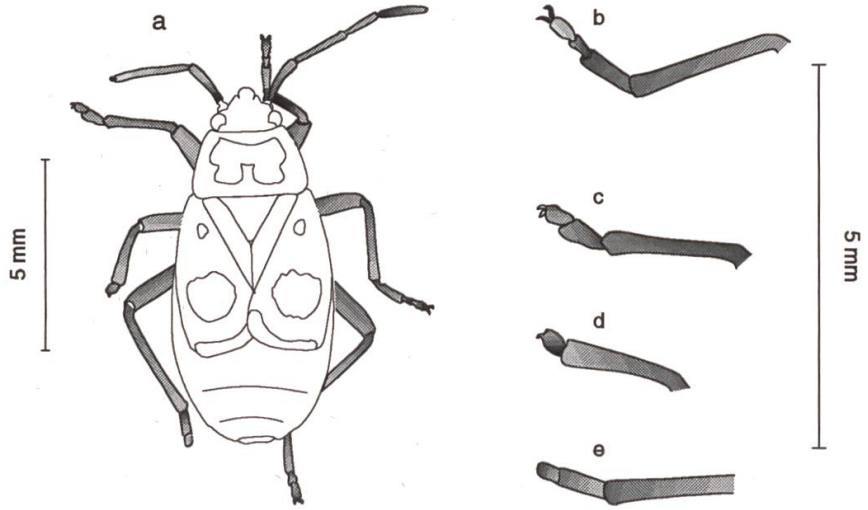

Abb. 7: *P. apterus* aus Basel, Gellertpark, 28.8.1991. Alle linksseitigen Extremitäten, inklusive Antenne, sind deformiert. a: Übersicht, b: normal ausgebildeter Mitteltarsus mit Tibia eines anderen Exemplares, c-e: linksseitige Tarsen, c: zweigliedriger Vordertarsus mit ausgebildetem Prätarsus, d: eingliedriger Mitteltarsus mit Prätarsus, Tibia leicht verkürzt und distal verdickt, e: zweigliedriger Hintertarsus, Prätarsus nicht ausgebildet.

Asymmetrische Missbildungen:
Alle asymmetrischen, morphologischen und Pigmentveränderungen wurden als Missbildungen gewertet. In der Dissertation, JENNY (1993) sind sie im Detail beschrieben und ihre Häufigkeit getrennt ermittelt. Veränderungen der Extremitäten (Bein- und Antennenmissbildungen) sind mit Abstand am häufigsten (*Pyrrhocoris apterus* 9,2 %).
Hier seien nebst den Extremitätenmissbildungen lediglich noch die ebenfalls relativ häufigen asymmetrischen Veränderungen der *Hemilytren*[2] dargestellt.

Missbildungsraten

Historisch
Es gibt nur wenige Hinweise auf die Häufigkeit von Missbildungen an Insekten in früheren Jahrhunderten. GAUSS (1962) zitiert KRAATZ (1788): *«Die Tatsache, dass gewissenhafte Autoren wie REAUMUR*, DE GEER und ROESEL niemals Monstrositäten bei Insekten erwähnt haben, zeigt wohl die grosse Seltenheit derselben.»* Diese Aussage relativiert GAUSS jedoch sogleich mit dem Hinweis auf BALAZUCs umfangreiches Material an deformierten Insekten.
Missbildungen bei *Coleopteren* und Lepidopteren wurden früher häufiger beschrieben als diejenigen bei *Heteropteren.* MÜLLER (1926) schreibt in diesem Zusammenhang: *«Missbildungen kommen bei allen Insektenordnungen vor. Da sie bei Schmetterlingen am auffälligsten in Erscheinung treten, so ist über diese Fälle wohl am meisten veröffentlicht worden. Damit ist aber nicht bewiesen, dass bei anderen Ordnungen solche Anomalien weniger häufig vorkämen.»*

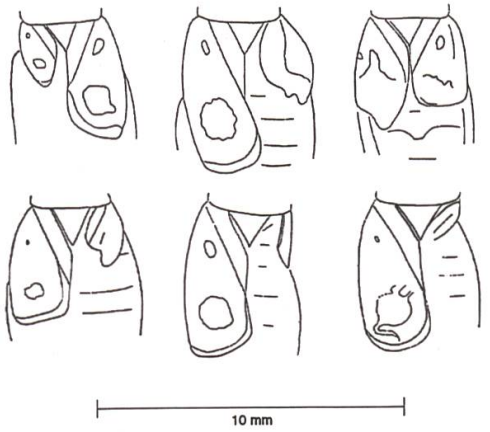

Abb. 8: *P. apterus* mit Missbildungen der Hemilytren, leg. Reichenberger 19.4.1923 nahe Fribourg, aus Müller (1926)

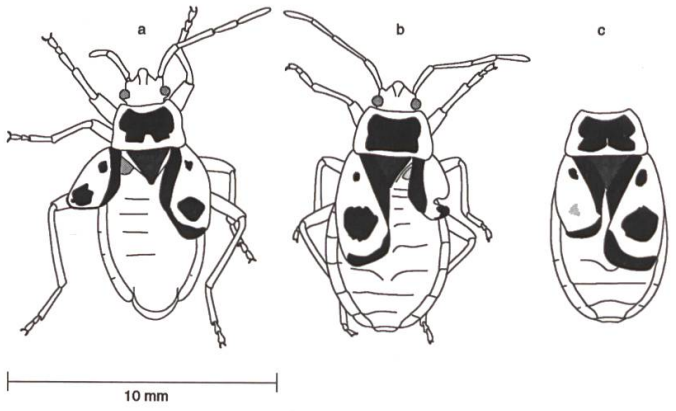

Abb. 9: *P. apterus* mit Missbildungen der Hemilytren, aus JENNY (1993) Fundorte: a: Pieterlen 18.7.1991 b: Bern, Aargauerstalden 25.4.1992, c: Basel Gellertpark 5.11.1992

[2] *«Halbdecken», die typischerweise zur Hälfte bis $^2/_3$ stärker sklerotisierten Vorderflügel der Wanzen*

Bei der Psylle *Aphalara picta (= A. calthae)* findet CARPENTIER (1904) bei einem Drittel der 2'208 von ihm untersuchten Exemplare Abweichungen im Flügelgeäder. Obwohl bis zu den Neunzehnzwanzigerjahren nahezu alle gefundenen Missbildungstypen qualitativ ausführlich beschrieben wurden, geht aus der Literatur nicht hervor, wie häufig die Missbildungen insgesamt in vor- und frühindustrieller Zeit waren. Dennoch ergeben sich aus dem Literaturstudium Hinweise. Einige Entomologen mögen ihre Sammlungen als «Raritätenkabinette» betrieben haben und ihre Aussagen über die grosse Seltenheit ihrer Trouvaillen etwas übertrieben sein. Andererseits stellten verschiedene Autoren (BURMEISTER 1835, MICHALK 1931, BOLD 1866) früh und übereinstimmend fest, dass Antennenmissbildungen bei Lygaeiden (Bodenwanzen) häufig seien. Dies ist auch bei allen hier untersuchten Arten der Fall. Es ist jedoch nicht einzusehen, weshalb die Autoren die Missbildungen an den übrigen Extremitäten übersehen haben sollten, wären sie so häufig gewesen, wie im Material, das für die Dissertation um 1990 gesammelt wurde. Die Durchsicht grösserer Serien in alten Sammlungen ergab ebenfalls keine befriedigenden Hinweise, weil das Verhalten der Sammler nicht überliefert ist. Wir wissen nicht, ob sie «hässliche» Exemplare verworfen oder im Gegenteil absonderlich gestaltete «*Monstrositates*» gezielt gesucht haben.

Schwankungen im untersuchten Material

In der Dissertation (JENNY, 1993) werden die Missbildungsraten im Verlauf der Entwicklung vom Ei zur Imago, bei den Imagines einer Population im Verlaufe einer Vegetationsperiode und von Jahr zu Jahr dargestellt. Sie nehmen vom Ei (< 2 %) bis zur Imago (durchschnittlich > 19 %) zu, was nahelegt, dass sie erworben und nicht vererbt sind. Die anderen Vergleiche ergeben starke Schwankungen, die mit den wechselnden Bedingungen an den Fundorten erklärt werden müssen. Dies war zwar zu erwarten, ist jedoch unbefriedigend. Denn diese Schwankungen bilden ein «Grundrauschen», in dem nur starke Einflüsse von Niedrigstrahlung sichtbar würden. Hier interessieren in erster Linie die Häufigkeiten der Missbildungen nahe den Quellen künstlicher Radioaktivität im Vergleich zu Referenzstandorten.

Der Vergleich der Missbildungsraten von Populationen, die nahe beieinanderliegen, zeigt grosse Unterschiede (Abb. 10). Die starken Schwankungen von Fundort zu Fundort lassen sich zum Teil sicher als «Zeit-Effekte» erklären, da nicht alle Stichproben gleichzeitig gesammelt werden konnten. Auch Stichproben nahe beieinandergelegener Fundorte vom selben Tag weichen jedoch erheblich voneinander ab, da die Entwicklung der Population nicht nur von der Jahreszeit, sondern auch stark vom lokalen Mikroklima am Fundort abhängt. Die Entwicklung vom Ei zur Imago verläuft innerhalb einer Population relativ synchron. Gleichzeitig gesammelte Stichproben mit unterschiedlichen Missbildungsraten zeigen jedoch oft unterschiedliche Zusammensetzungen der Stadien, was einen unterschiedlichen Entwicklungszustand aufgrund unterschiedlicher mikroklimatischer Bedingungen ev. unterschiedliches Futterangebot schliessen lässt.

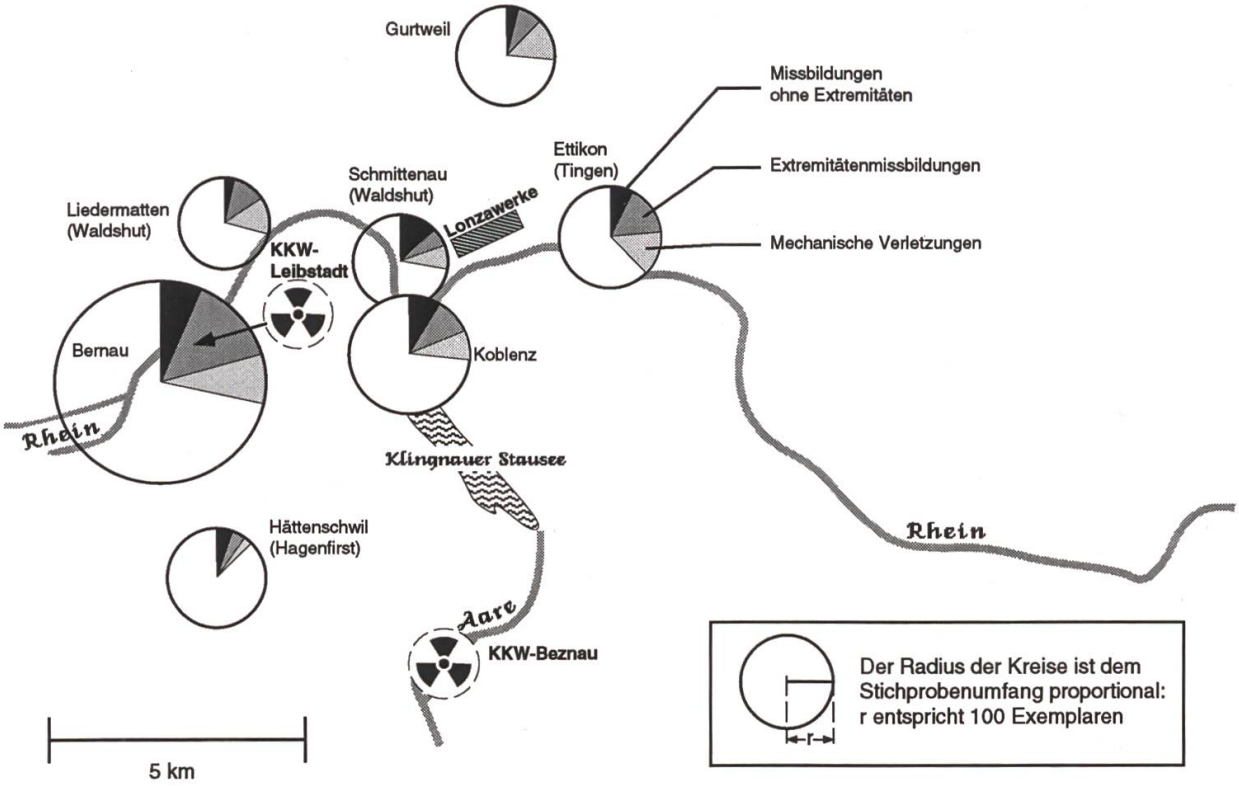

Abb. 10: Missbildungsraten im unteren Aaretal: Der Radius der Kreise entspricht dem Stichprobenumfang, der Winkel der Sektoren dem Anteil Exemplare des entsprechenden Missbildungstyps. Der Mittelpunkt der Kreisdiagramme bezeichnet den Fundort.

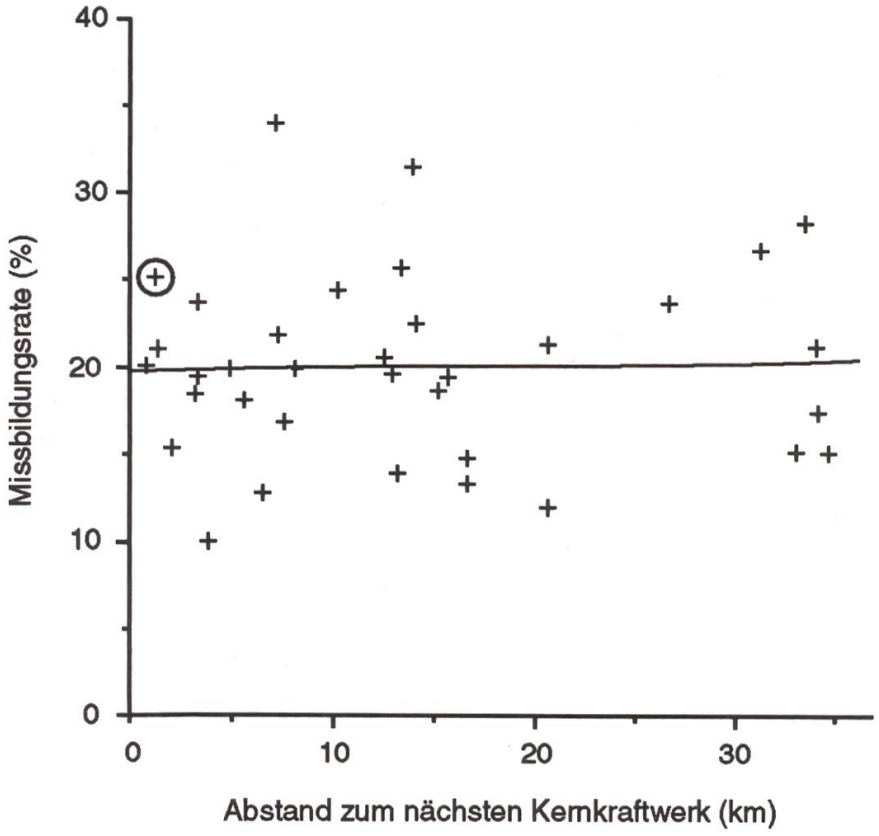

Abb. 11: oben: Missbildungsraten der Stichproben von P. apterus (mit n > 100), gegen die Distanz zum nächstgelegenen Kernreaktor aufgetragen (weitere Erläuterungen im Text).

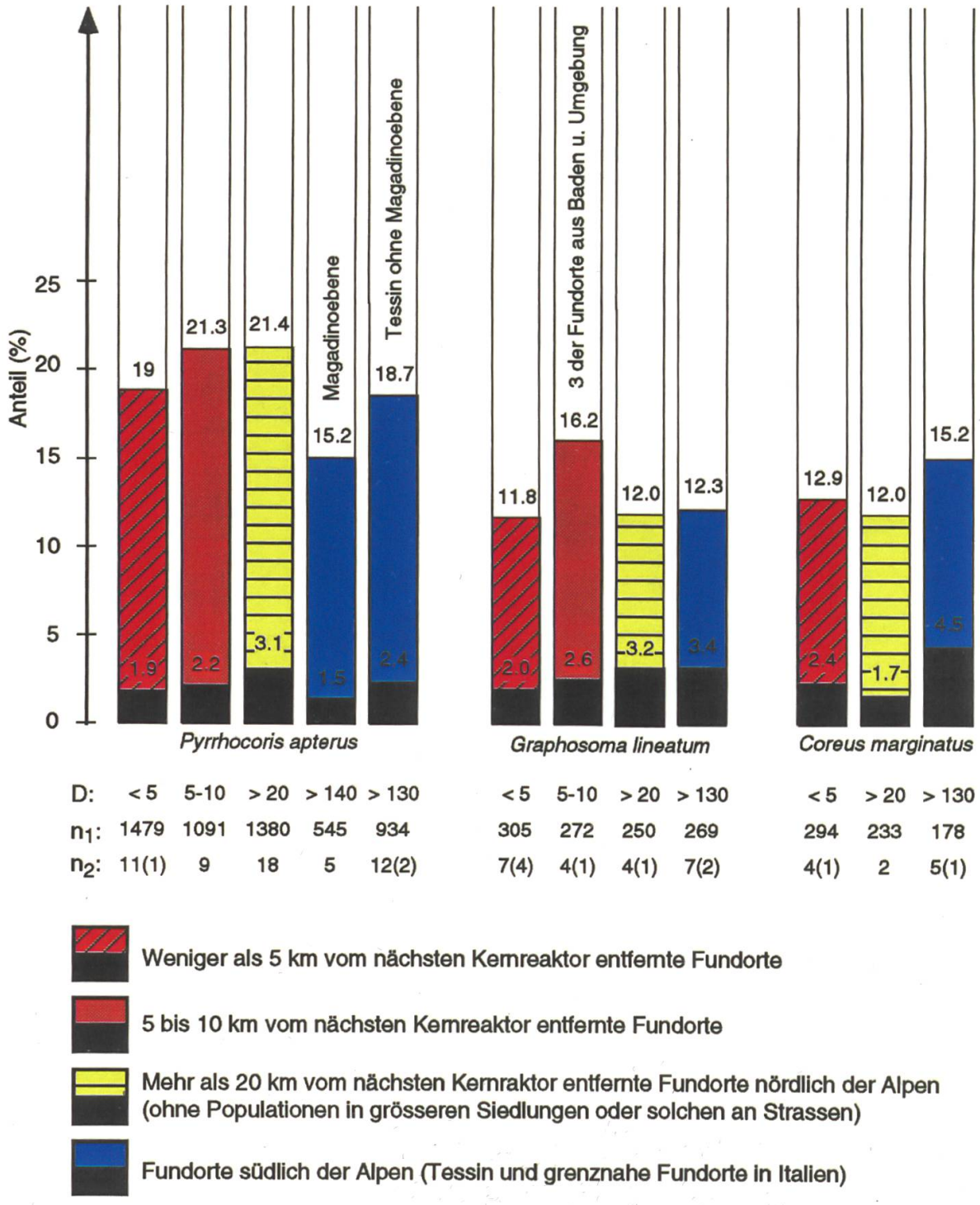

Abb. 12: Vergleich der Raten einfacher Missbildungen (farbig) und der mehrfachen Missbildungen (schwarz) von Stichproben aus Gebieten nahe und fern der Kernkraftwerke. Dargestellt sind die Daten von Feuerwanzen *(Pyrrhocoris apterus),* Streifenwanzen *(Graphosoma lineatum)* und Lederwanzen *(Coreus marginatus)*

D = Distanz zum nächstgelegenen Kernkraftwerk (km)
n_1 = Anzahl untersuchte Wanzen
n_2 = Anzahl Stichproben, in Klammern, davon kleine mit weniger als 30 Exemplaren

WEBER (1897) schreibt über Missbildungen bei Käfern: *«Für den einheimischen Sammler, welcher auch den ‹Krüppeln› seiner Sammlung etwas Aufmerksamkeit schenkt, dürfte es nicht schwer fallen, solche Difformitäten öfters aufzufinden, wenn anders wir auch nicht leugnen können, dass zur Entwicklung von Missbildungen unbekannte, lokale Verhältnisse beitragen dürften, dass also der eine leichter als der andere in seinem Sammelgebiete difforme Stücke auffinden wird.»*

Nach Möglichkeit wurden Standorte in der Hauptwindrichtung von Kernkraftwerken untersucht (vgl. Abb. 10). Der in Abb. 11 mit einem Kreis markierte Standort Bernau, welcher leicht westlich des KKWs Leibstadt liegt, wurde untersucht, weil Cornelia Hesse-Honegger diese Population als besonders stark betroffen bezeichnete. In den Abb. 11 und 12 lässt sich kein Zusammenhang zwischen der Nähe zu den Quellen künstlicher Radioaktivität und den Missbildungsraten erkennen.

Regeneration mechanischer Verletzungen

Mechanische Verletzungen kommen bei allen untersuchten Arten und an allen Fundorten vor. Mittels Amputation wurde das Regenerationsvermögen der relativ einfach zu züchtenden Feuerwanzen getestet. Im ersten und zweiten Larvenstadium abgetrennte Antennen- und Beinteile werden durch Regenerate ersetzt, welche den in den Freilandpopulationen beobachteten Missbildungen entsprechen. Der Grad der Neubildungen reicht von einem einfachen Verschluss der Wunde bis zur Ausbildung von nahezu vollständigen Regeneraten. Im Falle der Antennen ist, übereinstimmend mit den Beobachtungen von HEINECKEN (1828) an *Reduvius,* die Zahl der Glieder um mindestens eins reduziert und die einzelnen Glieder sind gestreckt (Abb. 13a).

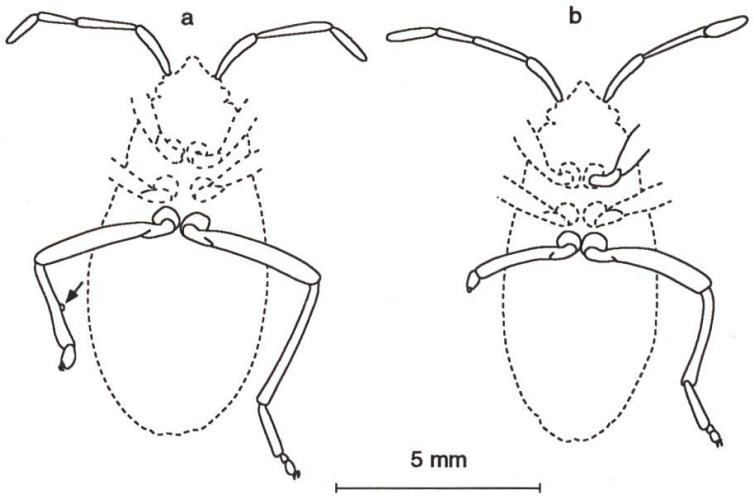

Abb. 13: Bein- und Antennenregenerate zweier Imagines von *P. apterus.* Den Wanzen wurden im 1. Larvenstadium Teile der linken Antenne und des rechten Hinterbeines abgetrennt. Beim linken Exemplar blieb die Schnittstelle als warzenartige Struktur sichtbar (Pfeil).

Je nach Schnittstelle ergaben sich mehr oder weniger schwerwiegende Abweichungen vom normal ausgebildeten Körperteil. Als erste Reaktion erfolgt offenbar nach dem Wundverschluss vor der nächsten Häutung die Ausbildung eines *Tarsenendgliedes* mit *Praetarsus,* dann ein zweites *Tarsenglied.* Dass alle drei *Tarsenglieder* regeneriert werden, wurde nie beobachtet. In Abb. 13a ist an der ursprünglichen Schnittstelle eine warzenartige Struktur (Pfeil) sichtbar. Ähnliche Abweichungen werden auch bei freilebenden Exemplaren beobachtet. Es ist denkbar, dass zusätzliche Extremitätenteile (vgl. Abb. 2) auch nach mechanischer Stimulation entstehen.
BORDAGE (1905) arbeitete vor allem mit *Phasmiden* und *Mantiden.* Er beobachtete *Autotomie*[3] einzelner Glieder beim Angriff durch Ameisen und stellte fest, dass vollständig *autotomierte* oder amputierte *pentamere* Tarsen durch *tetramere* Regenerate ersetzt werden[4].
Für Spinnen, *Anopheles macluipennis* und die Kohlmotte *(Plutella xyloytella)* wurde Autotomie von Beinen nach Pestizidkontakt als Form von Resistenzbildung nachgewiesen (EMMEL 1943; EISNER & EISNER 1983; MOOR & TABASHINIK 1989; MOOR *et al.* 1989).
Während der (zufällig beobachtete) Einstich in die Flügelanlage einer Larve von *P. apterus* durch einen Artgenossen am ausgewachsenen Insekt eine sehr starke Veränderung der *Hemilytre* bewirkte (Abb. 14 und Fotos in JENNY 1992), führten künstlich gesetzte Stiche in Flügelanlagen, *Pronotum* oder *Abdomen* von Larven im 1. oder 2. Stadium zu kaum sichtbaren Narben oder geringfügigen Missbildungen. Relativ häufig treten als Hemilytrenveränderungen runde oder halbrunde Lakunen auf. Dies legt den Schluss nahe, dass es sich dabei um Strukturen handelt, die aus Nekrosen um Einstiche entstanden sind (Titelbild, JENNY, 1992 und Abb. 14 b.)

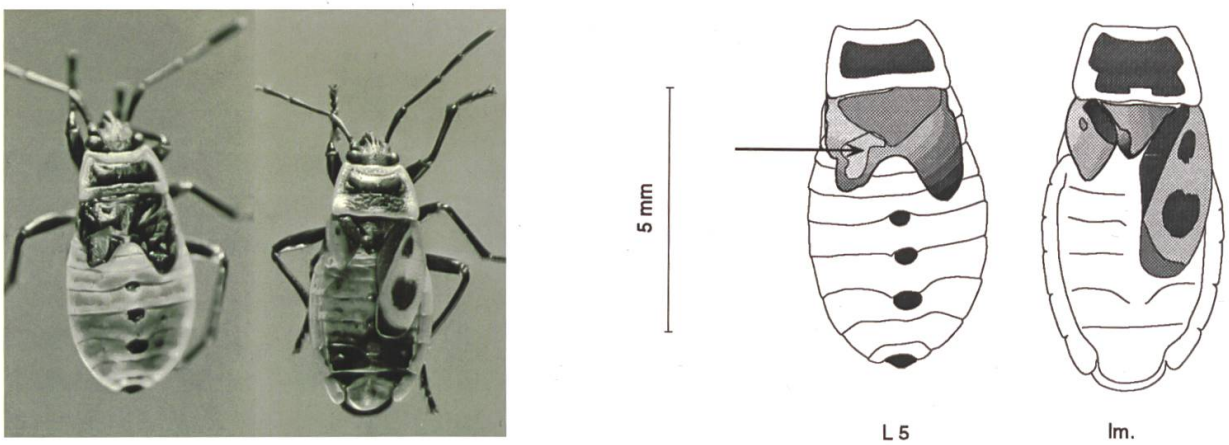

Abb. 14: Fünftes Larvenstadium und Imago derselben *P. apterus* aus einer Zucht aus Riehen. Durch den Einstich einer andern Wanze während der vierten Häutung entstandene Nekrose, die bei der Imago zu einer ausgeprägten Reduktion und Deformation der linken Hemilytre führte.

[3] *Selbstverstümmelung*
[4] *Nach BOARDAGE (1905) soll REAUMUR (1712) bereits über Fälle von Regenerationserscheinungen bei Krustaceen berichtet haben.*

Zum Schluss

In der Literatur des 19. und frühen 20. Jahrhunderts tauchen immer wieder qualitative Aussagen zur Häufigkeit von Missbildungen bei Insekten auf. Vor fast 120 Jahren fasste GAUCKLER (1897) die Problematik so präzise zusammen, wie ich es nicht besser tun könnte und bei weitem nicht so poetisch.

«Wir bewundern in unserer so überaus mannigfaltigen Schöpfung die Harmonie und Symmetrie, welche die einzelnen Tier- und Pflanzengebilde unseren Blicken zeigen. Oft macht die schöpfende Kraft jedoch mehr oder weniger erhebliche Ausnahmen, und es entstehen dann Bildungen, welche der Harmonie des Ganzen Eintrag thun, d. h. dieselbe stören. Es sind die eben, im Gegensatz zu den harmonisch und symmetrisch hervortretenden Erscheinungen in der Tier- und Pflanzenwelt, sogenannte anormale, unsymmetrische oder auch direkte Missbildungen und Verkrüppelungen. Solche anormale Formen treten nun überall in der Tier- und Pflanzenwelt hervor, so auch des öfteren bei den Insekten …»

Bibliographie

ASMUSS, H.M. (1835): Monstrositates Coleopterorum. Habilitation, Univers. Dorpat, 86 pp. mit 10 Tafeln

BAER, R. (1993): Ich dokumentiere den Schrecken. Brückenbauer, 13, 49

BALAZUC, J. (1952): La tératologie des Hémiptères et groupes voisins. Ann. Soc. Entomol. France, 120, 17–66

BÄNZIGER, K. (1993): Vollkommene und Verstümmelte. Weltwoche, 30, 36

BOLD, T.J. (1866): Note on monstrosity in antennae of a bug. Entomol. Monthly Mag., 2, 207.

BORDAGE, E. (1905): Recherches anatomiques et biologiques sur l'anatomie et la régénération chez divers arthropodes. Bull. Sci. France, Belg. 39, 307–454 (+pl.6)

BUCHS. M. (2013): Jede Zäsur in der Energiegeschichte hat eine politische Komponente; Interview mit Daniel Gugerli. Energeia. 3, 2–3

BURMEISTER (1835): Handbuch der Entomologie. Theod. Chr. Fried. Enslin, Berlin, Bd. 2, 756 pp.

CARPENTIER, L. (1904): Nervations anormales de l'Aphalara picta ZETT. (Hém). Mem. Soc. Linn. Nord de France, 11, 11–24.

COSTA, M. A. (1841): Mémoire pour servir à l'histoire des Hémiptères Hétéroptères des Deux-Siciles. Ann. Soc. Entomol. France, 10, 279–326 (PL. 6)

EISNER, T. & EISNER, S. C. (1983): Spider leg autotomy induced by prey venom injection: an adaptive response to «pain»?. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 80, 3382–3385

EMMEL, L. (1943): Autotomie bei Anopheles maculipennis als Reaktion auf ein Kontaktgift (Gerasol). Z. hyg. Zool., Schädlingsbek. 35, 119–124.

FRITZ-NIGGLI, H. (1991): Strahlengefährdung / Strahlenschutz. 3., überarbeitete u. ergänzte Aufl. Huber, Bern, Stuttgart, Toronto. 284 pp.

GAUCKLER, H. (1897): Über Missbildungen und Formveränderungen der Schmetterlingsflügel und deren mutmassliche Entstehungsursachen. Illustrierte Wochenschrift für Entomologie. 2, 86–87

GAUSS, R. (1959): Neue Beobachtungen über Vorkommen und Verhalten sowie Fund einer Monstrosität der Gottesanbeterin, Mantis religiosa L. – Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F., 7/5, 349–355, Freiburg i. Br.

GAUSS, R. (1962): Über Anomalien und Monstrositäten bei Insekten verschiedener Ordnungen. Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz, N. F., 8, 267–274 (Taf. 8–12).

HAUSMANN, F. (1801): Bemerkungen über Lygaeus apterus Fabricii. Mag. Insektenkunde 1, 229–241.
HEINECKEN, C. (1828): Observations on the reproduction of members in spiders and insects. Zool. J., 1, 422–432
HESSE-HONEGGER, C. (1988): Wenn Fliegen anders aussehen, als sie sollten. Das Magazin, Tages-Anz. 4, 20–25.
HESSE-HONEGGER, C. (1989): Diesseits der Toleranzgrenze? Das Magazin, Tages-Anz. u. Berner Z., 15, 32–34
HESSE-HONEGGER, C. (1992): Nach Tschernobyl. Lars Müller, Baden, 64 pp.
ILLIGER, J. K. W. (1800): Versuch einer systematischen, vollständigen Terminologie für das Thierreich und Pflanzenreich. Fleckeisen, Helmstädt, 516 pp.
JENNY, J. (1992): Missbildungen an Wanzen. Bull. ETHZ Nr. 243, 10–13
JENNY, J. (1993): Untersuchungen zu Missbildungserscheinungen an Wanzen (Heteroptera): Erscheinungsformen, Häufigkeit und Bezug zu Schweizer Kernkraftanlagen. Dissertation Nr. 10342 ETH-Z: 73 pp.
KUPPER, P. (2003): Atomenergie und gespaltene Gesellschaft; Die Geschichte des gescheiterten Projektes Kernkraftwerk Kaiseraugst. Chronos, Zürich, 321 pp.
KUTTER, H. (1958): Über Modifikationen bei Ameisenarbeiterinnen, welche durch Parasitismus von Mermithiden (Nematoden) verursacht worden sind. Ent. Ges. 31, 313–316.
MECKEL, J. F. (1821): System der vergleichenden Anatomie. Bd. 1, Allgemeine Anatomie. Halle, 412 pp.
MICHALK, O. (1931): Anomalie in der Antennenbildung bei Lygaeiden (Hem., Het.) Z. wiss. Insektenbiol. 26, 66–73.
MOOR, A. & TABASHINIK, B. E. (1989): Leg autotomy of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in response to tarsal contact with insecticide residues. J. Econ. Entomol., 82, 381–384.
MOOR, A., TABASHINIK, B. E. & STARK, J. D. (1989): A novel mechanism of protection against insecticide poisoning in diamondback moth (Lepidoprea: Plutellidae). J. Econ. Entomol., 82, 1295–1298.
MÜLLER, G. (1926): Über einige Missbildungen bei Heteropteren. Z. wiss. Insektenbiologie 21, 10–22.
DE REAUMUR, R.A.F. (1712): Observations sur les diverses reproductions qui se font dans les Écrevisses, les Omards, les Crabes, etc., et entr'autres sur celles de leurs jambes et de leurs écailles. Mém Acad Roy Sci 223–245
SANDHU, S., WATERS, M. D., MORTELMANS, K. E., EVANS, E. L., JOTZ, M. M., MITCHELL, A. D. & KASICA, V. (1984): Evaluation of diallate and triallate herbicides for genotoxic effects in a battery of in vitro and short-term in vivo tests. Mut. Res., 136, 173–183.
SAUTER, W. (1989): Eine genauere Untersuchung drängt sich auf. Das Magazin, Tages-Anz. und Berner Zeitung., 15, 34
SCHLIEPHAKE, G. & KLIMT, K. (1979): Thysanoptera, Fransenflügler. Fischer, Jena, 477 pp.
SCHWEIZER, P. M. & CORDT-RIEHLE, I. (1991): Radiation induced loss of constitutional heterozygosity by mitotic recombination in somatic cells of Drosophila: Effect of low dosis an dose protraction. Tagungsber. Ges. Strahlenbiol. Med Physik, pp. 191–196
SERINGE, J. CH. (1832): Notice sur quelques monstruosités d'insectes. Société linnéenne de Lyon. 8.
SLAMA, K. (1966): «Paper Factor» as an inhibitor of the embryonic development of the European bug Pyrrhocoris apterus. Nature, 210, 329–330.
STEPÁNECK (1927): Beiträge zur heteropterologischen Teratologie. Z. wiss. Insektenbiol. 22, 198–203.
STICHEL, W. 1962: Illustrierte Bestimmungstabellen der Wanzen. II. Europa. Pröh, Berlin-Wittenau, Bd. 4, 838 pp.

SULZER, J. H. (1776): Dr. Sulzers abgekürzte Geschichte der Insekten. Steiner, Winterthur, Bd. 2, 72 pp. + 32 Tafeln.
WCED – WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987): Our Common Future (Brundtland-Report). Oxford University Press. Oxford.
WEBER, L. (1897): Über Missbildungen bei Käfern. Illustrierten Wochenschrift für Entomologie 28, 433–436
WYNIGER, R. 1974: Insektenzucht. Ulmer, Stuttgart, 368 pp.

Verdankung

Ich bedanke mich erneut und ganz herzlich bei allen, die damals zum Gelingen meiner Dissertation in verschiedenster Weise beigetragen haben.
Dieser Dank geht an erster Stelle an Frau Cornelia Hesse-Honegger, der ich damals das Thema meiner Dissertation letztlich verdanke und meinen Doktorvater Prof. Dr. G. Benz für die Leitung der Arbeit.
Den gegen 400 Zuschauerinnen und Zuschauern der Sendung «Menschen Technik Wissenschaft», welche durch die Nennung von Fundorten grosser Wanzenvorkommen, die Dissertation in dieser Form erst ermöglichten, gebührt ein ganz besonderer Dank!
Bei der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft bedanke ich mich ganz herzlich für die Anfrage, das Thema für die Mitteilungen nochmals aufzunehmen.

Der Autor Johannes Jenny setzt sich seit 30 Jahren für Naturschutzprojekte in Argentinien ein, er ist seit 20 Jahren Geschäftsführer von Pro Natura Aargau.

Adresse des Autors:
Johannes Jenny, Dr. sc. nat. ETH
Täfernstrasse 14
5405 Dättwil