



Universität Ulm

Prof. em. Dr. Werner Funke
Ökologie und Morphologie der Tiere (Biologie III)

Universität Ulm, Abt. Ökologie und Morphologie der Tiere
Albert-Einstein-Allee 11, Festpunkt M 25, 89069 Ulm

89069 Ulm, 14.10.1999
Tel.: (0731) 502-2660/2661
Fax: (0731) 502-2683

Abschlußbericht
zum Forschungsvorhaben
„Neue Strategien zur Bekämpfung schwarmbildender Heuschrecken –
verhaltensökologische Untersuchungen“

Förderung des Projekts durch die Vater- und Sohn-Eiselen-Stiftung,
Fürsteneckerstr. 77, 89077 Ulm

nach Mitteilung vom 25.11.1994 / 02.02.1995
aufgrund meines Antrages vom 26.08.1994

Die neuesten Ergebnisse über die Bekämpfung von Wanderheuschrecken sind in dem 1997 bei Birkhauser erschienen Buch von Krall / Pevelling / Ba Diallo „New Strategies in Locust Control“ auf 522 Seiten zusammengefaßt. Danach stehen synthetische Pestizide für eine erfolgreiche großflächige Bekämpfung noch immer an erster Stelle. Dabei bemüht man sich zwar um den Einsatz weitgehend umweltverträglicher Substanzen, ultra low volume-Formulierungen, geringe Tröpfchengröße etc.; Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen sind auch jetzt jedoch noch nicht völlig auszuschließen. Von zunehmender Bedeutung werden seit einigen Jahren weniger toxische Substanzen wie Wachstumsregulatoren (Chitinsynthesehemmer), Pflanzeninhaltsstoffe (Neem-

und Melia-Produkte), Juvenilhormonanaloga) etc. und nicht zuletzt auch pathogene Mikroorganismen (vor allem bestimmte Stämme von *Metarhizium flavoviride*). Auch diese Substanzen bzw. Organismen sind jedoch nicht völlig frei von Nebenwirkungen auf andere Organismen im Ökosystem. Ihr Einsatz war außerdem bisher meist nur auf relativ begrenzten Arealen oder unter laborähnlichen Bedingungen möglich. Ihre Wirkungsweise ist abhängig von Klima und Witterung und ihre Produktion in ausreichenden Mengen ist oft noch recht problemreich.

Das Ziel der im Antrag vom 26.08.94 skizzierten Untersuchungen galt der Entwicklung andersartiger Strategien, welche die eigentliche Bekämpfung von Wanderheuschrecken durch Fremdsbstanzen und Pathogene wirkungsvoller und umweltverträglicher ermöglichen sollten.

Die Arbeiten waren auf zwei Funktionskreise ausgerichtet:

1. auf die Beeinflussung (bzw. die Störung) des Energiehaushaltes durch Steigerung von lokomotorischer Aktivität und Putzverhalten,
2. auf die Orientierung nach Geländemarken.

Nach den Empfehlungen der Gutachter sollte zunächst das Thema 2 in Freilanduntersuchungen verfolgt werden.

Das erste Zielgebiet war Mauretaniien, wo sich bei Akjoujt eine international, vor allem von der GTZ betriebene Forschungsstation befand. Am 13.12.94, also noch vor der endgültigen Bereitstellung der für unser Vorhaben beantragten Mittel erhielten wir vom Vertreter der GTZ in Mauretaniien, Herrn Dr. H. Wilps, eine Einladung nach Akjoujt. Am 15.12.94 teilte ich Herrn Wilps mit, daß wir um den 15.02.95 (also nach Semesterende) evtl. gemeinsam mit einem Kollegen des Rechenzentrums der Universität Ulm nach Akjoujt kommen würden. Der für den 26.12.94 von Herrn Dr. Franzen (ATSAF, Bonn) zwischen Herrn Dr. Wilps und mir vereinbarte Telefonkontakt kam bedauerlicherweise nicht zustande. Am 28.12.94 teilte mir Herr Wilps per Fax schließlich mit, daß unser Besuchstermin abgesagt werden müsse und daß es für einen späteren Zeitraum auch keine Alternativen für unsere Arbeit gäbe. Außerdem werde die Station

mit seiner Rückkehr nach Deutschland Mitte bis Ende Januar auch geschlossen. Im übrigen gäbe es z. Zt. auch keine Heuschrecken.

Nach dieser Absage waren die geplanten Freilanduntersuchungen nicht mehr durchführbar. Mein Mitarbeiter (J. Krauß) hatte wegen der fest geplanten Reise sein mündliches Staatsexamen verschoben. Einen weiteren Aufschub wollte er nicht riskieren und ich nicht verantworten. Ich mußte mich außerdem um meine anderen Projekte (und Mitarbeiter) in Deutschland und Lateinamerika kümmern.

Erst 1996 gelang es mir, neue Mitarbeiter für das Projekt ‚Wanderheuschrecken‘ zu interessieren. Dabei handelte sich um Herrn stud. rer. nat. Matthias Metzler und Herrn Dipl. Biol. Hauke Hoops. Letzteren mußte ich entgegen allen Planungen aus den Fördermitteln finanzieren.

Herr Metzler sollte im Rahmen einer Staatsexamensarbeit zum o.g. Thema 1 eine vergleichende Studie über die Steigerung der lokomotorischen Aktivität bei besonderer Berücksichtigung von Putzhandlungen unter dem Einfluß von Mineralsäuren (bes. HCl) und staubförmigen Substanzen (bes. Aktivkohlestaub) anfertigen.

Bei Herrn Hoops ging es um die Anfertigung einer Dissertation zum o.g. Thema 2 über die Orientierung von schwarmbildenden Heuschrecken (Larven) nach Geländemarken.

Herr Metzler sollte in Ulm Laborarbeit leisten und dabei vor allem Larven der Wüstenheuschrecke *Schistocerca gregaria* berücksichtigen.

Herr Hoops wollte aufgrund persönlicher Kenntnisse und Erfahrungen (auch mit Behörden) seine Untersuchungen an der nach seinen Informationen in Mittelamerika (und auch in Honduras) stellenweise häufigen Wanderheuschrecke *Schistocerca piceifrons* durchführen.

Thema 1 Laufaktivität und Putzverhalten

a) Laufaktivität von *Schistocerca gregaria*

Methodik: drei Terrarien wurden am Boden mit Filtrierpapier ausgelegt. Dieses wurde trocken, mit H₂O oder HCl getränkt den Versuchstieren als Lauffläche angeboten.

Ergebnis: In der Laufaktivität zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

- b) Putzverhalten von *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria* und 9 einheimischen Arten (Hausgrille, Laub-, Dorn- und Feldheuschrecken)

Methodik: die Tieren wurden in einer gläsernen Beobachtungskammer gehalten und bei ihren Putzhandlungen beobachtet und gefilmt. Zur gezielten Auslösung von Putzhandlungen wurde der Körper der Tiere an verschiedenen Stellen mit verdünnter HCl bestrichen bzw. mit Aktivkohle eingestaubt.

Ergebnisse: die einzelnen Arten zeigten recht unterschiedliche (i.d.R. familienpezifische) Putzhandlungen. Die beiden Wanderheuschreckenarten waren im Vergleich zu allen anderen Spezies nur sehr schwach putzfreudig. In der geringen Vielfalt der Putzhandlungen stimmten beide mit allen anderen Kurzfühlerschrecken überein. Die Reizung der Körperoberfläche mit HCl führte bei *Sch. gregaria* zu keiner Steigerung der Putztätigkeit. Auf die Bestäubung mit Aktivkohle reagierten bei dieser Art vor allem die ersten beiden Larvenstadien mit langanhaltendem Kopf- und Fühlerputzen. Mit zunehmendem Alter nahm die Intensität der Putzhandlungen ab. Adulte Individuen reagierten i.d.R. überhaupt nicht auf das Einstäuben.

Die geringe Putzfreudigkeit von *Sch. gregaria* und *L. migratoria* steht offensichtlich in Zusammenhang mit morphologischen Anpassungen an das Leben in Bodennähe bzw. auf der Bodenoberfläche. Die Tiere geraten hier auch normalerweise ständig in Kontakt mit Fremdpartikeln, die auf der strukturschwachen (glatten) Oberfläche des Integuments anscheinend aber kaum hängen bleiben. Auch die Tarsen sind (ähnlich wie bei anderen Kurzfühlerschrecken) nur schwach strukturiert (nach REM-Aufnahmen). Ihre glatte derbe Oberfläche eignet sich so nur zum Abstreifen grober Fremdpartikel.

Aktivität und Putzhandlungen lassen sich bei *Sch. gregaria* durch Reizstoffe und feine Stäube also nicht bzw. nur in den ersten Larvenstadien steigern. Eine Beeinflussung des Energiestoffwechsels scheint damit weitgehend ausgeschlossen. Der Einsatz von Aktivkohlestaub gegen frühe Larven dürfte im Freiland auch andere Organismen und die Vegetation beeinträchtigen.

Thema 2 Orientierung schwarmbildender Heuschrecken nach Geländemarken

Nach verschiedenen, z.T. älteren Literaturangaben steigen die Larven von *Sch. gregaria* im Freiland abends zum Übernachten an Büschen und anderen hochwüchsigen Pflanzen empor. Dieser Befund sollte sowohl im Freiland als auch im Labor überprüft und in seiner Kausalität detailliert analysiert werden.

Mauretanien kam nach den Ereignissen von 1994/95 für unsere Arbeiten nicht mehr in Frage. Ich wollte den beruflichen Werdegang meines neuen Mitarbeiters naheliegenderweise weder verzögern noch grundsätzlich gefährden. So stimmte ich den Bestrebungen von H. Hoops zur Arbeit an *Schistocerca piceifrons* in Honduras zu. Ausschlaggebend waren für mich dabei das Interesse einer ganzen Reihe von Institutionen und manche auch materielle Unterstützungen (z. B. die Bereitstellung eines Motorrades) vor Ort.

Trotz intensiver Bemühungen um unser Projekt konnte Herr Hoops meine Erwartungen in seine Studie leider nicht erfüllen. *Sch. piceifrons* wurde in Honduras zwischen 1997 und 1999 nirgends nachgewiesen. Einige Individuen wurden zwar im benachbarten Nicaragua gefangen. Den Transport nach Ulm (zum Aufbau einer Zucht) überlebten aber nur drei Weibchen. Eiablagen kamen nicht zustande.

Während der Suche nach *Sch. piceifrons* trat in Honduras eine andere Heuschrecke als Schädling an Coniferen und Feldfrüchten in Erscheinung. Es handelte sich um *Tropidacris dux*. Wandernde Schwärme sind bei dieser Art bisher nicht bekannt. Über ihre Lebensweise und Ökologie existieren lediglich bruchstückartige Angaben. Bei der großen wirtschaftlichen Bedeutung dieses polyphagen Pflanzenschädlings wollte und sollte mein Mitarbeiter zur Absicherung seiner Dissertation seine Untersuchungen auch auf diese Art ausdehnen. Bedauerlicherweise wurde *T. dux* aber ebenfalls weder 1998 noch 1999 in Honduras nachgewiesen.

Als Ursache für das Ausbleiben beider Arten werden von meinem Mitarbeiter ungewöhnliche Witterungsereignisse (langanhaltende Trockenperioden) und die tiefgreifenden Verwüstungen weiter Teile von Honduras durch den Hurrikan Mitch (1998) verantwortlich gemacht.

Die 1997 in großer Zahl nach Ulm transferierten Individuen kamen hier in einem Gewächshaus und in Terrarien zu Kopula und Eiablage. Aus den unter unterschiedlichen Bedingungen gehaltenen Eiern schlüpfte jedoch (bis heute) kein einziges Tier.

Nach den ersten Mißerfolgen mit *Sch. piceifrons* und *T. dux* kehrte Herr Hoops 1998 nach Ulm zurück. Hier sollte die Frage über die Orientierungsleistungen von Wanderheuschrecken wieder am Beispiel von *Schistocerca gregaria* im Labor weiterverfolgt werden.

Methodik: die Untersuchungen fanden in einem fensterlosen Raum in einer kreisrunden Arena (Durchmesser 113 cm, Höhe 120 cm) statt. Wände und Boden der Arena waren mit weißem Styropor ausgelegt. Oben war die Arena mit einer glasklaren Plexiglasscheibe überdeckt. Darüber befand sich (als einzige Beleuchtung im Raum) eine in ihrer Helligkeit stufenlos regelbare 40 W Glühlampe. Unter der Bodenplatte war eine Heizplatte installiert. Die Temperatur erreichte hier 40°C; am oberen Rand der Arena betrug sie bei eingeschalteter Bodenheizung und bei Beleuchtung unter der Lampe 34°C. Die Raumtemperatur variierte zwischen 20 und 30°C. In der Arena waren acht 1,5 cm dicke schwarz gefärbte Holzstäbe (als ‚Geländemarken‘) senkrecht fixiert.

Für jeden Versuch wurden bis zu 55 Larven (unterschiedlichen Alters) von *Sch. gregaria* eingesetzt. Eine statistische Absicherung der Befunde war bisher nicht möglich. Nach den Unterlagen von Herrn Hoops (Zwischenberichte und Protokollnotizen) und einigen eigenen Beobachtungen lassen sich die Ergebnisse der Untersuchungen folgendermaßen zusammenfassen, deuten und diskutieren.

- Nach Einschalten der Bodenheizung wanderten die meisten Tiere (bei Beleuchtung von oben) von Holzstäben und ggf. auch von den Seitenwänden der Arena allmählich auf den Boden. Nach Abschalten der Bodenheizung kletterten sie an Holzstäben und Seitenwänden nach oben. Ganz offensichtlich strebten sie dabei nach den höheren Temperaturen an der Arenadecke unter der dort befindlichen Glühlampe. Die Wanderungen waren also thermisch bedingt. Die visuelle Orientierung nach der Lichtquelle war – wenn überhaupt – von untergeordneter Bedeutung. Die Orientierung nach den Holzstäben als Geländemarken war offenkundig.

Bedauerlicherweise konnte Herr Hoops diese Untersuchungen nicht zu Ende führen. Er wollte unbedingt zur erwarteten Flugzeit von *Sch. piceifrons* und *T. dux* wieder in Honduras sein. Daß er dort keine Tiere finden würde, war nicht vorauszusehen.

Mit den skizzierten Befunden wären m.E. auch die o.g. Vertikalwanderungen von *Sch. gregaria*-Larven im natürlichen Lebensraum zu erklären, für die es bisher keine plausible Deutung gegeben hatte. Das heißt: Am Tage leben die Larven von *Sch. gregaria* am Boden (in der Vegetation), der durch die Sonne aufgeheizt wird. Am Abend kühlt sich der Boden stärker ab als die darüberliegende Luft. Die Tiere klettern an Büschen etc. nach oben und gelangen so in etwas wärmere Regionen. Am Morgen kehrt sich die Wanderrichtung mit der Erwärmung des Bodens wieder um. Die abendlichen Aufwärtswanderungen sind auch in anderer Hinsicht von Bedeutung. Die Tiere entgehen so dem Feinddruck der zahlreichen dämmerungs- und nachtaktiven Räuber der Bodenoberfläche.

Ob die skizzierte Deutung der vertikalen Wanderbewegungen korrekt ist, können erst detaillierte Freilanduntersuchungen zeigen. Dabei gilt es zu klären

- a) in welchem Ausmaß die Tagesperiodik der Vertikalwanderungen mit dem Tagesgang der Temperatur am Boden und darüber in Zusammenhang steht
- b) auf welche Distanz die Heuschreckenlarven vertikale Strukturen (unterschiedlicher Prägnanz in Höhe, Breite, Farbe und Struktur) erkennen und ansteuern.

Voraussetzung für derartige Untersuchungen wären allerdings zuverlässige Voraussagen über das Auftreten von Larvenzügen.

(Herr Hoops hält eine visuelle Orientierung für unwahrscheinlich. Seine Argumentation war für mich allerdings nicht überzeugend).

Im Labor sollten die temperaturabhängigen Wanderungen noch wesentlich genauer studiert werden als dies Herrn Hoops im Jahr 1998 möglich war. Eine neue in weiten Temperaturbereichen regulierbare Bodenheizplatte (in der Abt. Ökologie u. Morphologie der Tiere konstruiert) steht seit fast einem Jahr zur Verfügung.

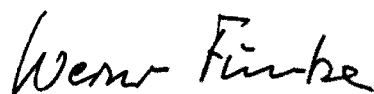
Herr Hoops hat seine vom Pech verfolgten Arbeiten im Sommer 1999 nach dem fast völligen Verbrauch der Fördermittel der Eiselen-Stiftung abgebrochen. Er hat sich inzwischen anderen

Aufgaben in Honduras, vor allem dem Aufbau eines Nationalparks (Patuca im Osten des Landes) verschrieben.

In welchem Umfang die im Antrag von 1994 skizzierten Forschungen fortgeführt werden können, ist nach meiner Emeritierung ungewiß. Sehr gern würde ich die o.g. Freilanduntersuchungen an einem geeigneten Ort selbst durchführen. Ich wäre hierfür allerdings nicht nur auf finanzielle Hilfen angewiesen. Für Diplomanden und Doktoranden halte ich die Thematik wegen der diversen nicht voraussagbaren Unwägbarkeiten für nicht geeignet. Um von einem Land in ein anderes wechseln zu können (je nach dem Auftreten der Wanderheuschrecken) sind umfangreichere Hilfen erforderlich, als sie mir zur Verfügung standen. – Die Arenaversuche möchte ich im kommenden Jahr sehr gern wieder aufgreifen, sofern mein(e) Nachfolger(in) mir hierzu das erforderliche Labor zur Verfügung stellt.

Zum Schluß darf ich die bisher gewonnenen Ergebnisse noch einmal zusammenfassen:

- 1) Eine Steigerung der lokomotorischen Aktivität (u. damit eine Zunahme des Energieverbrauchs) war bei *Sch. gregaria* beim Einsatz von Mineralsäuren bisher nicht zu erreichen.
- 2) Putzhandlungen wurden bei den ersten Larvenstadien unter dem Einfluß von Aktivkohlestaub intensiviert.
- 3) Im Temperaturgefälle kam es zu Vertikalwanderungen.
- 4) Eine Orientierung nach Geländemarken (Konzentrationsstellen, an denen eine gezielte Bekämpfung mit umweltverträglichen Substanzen oder Mikroorganismen durchgeführt werden könnte) ist m.E. wahrscheinlich, bis jetzt jedoch nicht eindeutig bewiesen.



Prof. (em.) Dr. Werner Funke