

**ERFORSCHUNG BIOLOGISCH-INTEGRIERTER METHODEN ZUR BEKÄMPFUNG
SCHÄDLICHER HEUSCHRECKEN - EIN PROJEKT DER GTZ**

S. Krall, O. Nasseh
GTZ-Projekt, Biologisch-integrierte Heuschreckenbekämpfung,
Postfach 5180, D-6236 Eschborn 1

ZUSAMMENFASSUNG

Aufgabe und Ziel des GTZ-Projektes 'Biologisch-integrierte Heuschreckenbekämpfung' ist die Erforschung und Erprobung umweltfreundlicher Mittel und Methoden der Bekämpfung schädlicher Heuschrecken, vor allem der Wüstenheuschrecke *Schistocerca gregaria* FORSKÅL. Die bisher angewandten und einzig wirksamen Methoden basieren auf dem Einsatz von synthetischen Insektiziden. Das wirksamste Insektizid bei der Wüstenheuschreckenbekämpfung, Dieldrin, ist mittlerweile in den meisten Ländern verboten oder geächtet. So mußten während der letzten Kalamität (1985-88) vorwiegend weniger effiziente und kurzlebige Mittel - die eine Mehrfachapplikation erfordern - eingesetzt werden. Es ist deshalb notwendig, nach angepaßteren, umweltfreundlichen Mitteln zu suchen. Erste Versuche haben gezeigt, daß dies pathogene Mikroorganismen oder sogenannte Häutungshemmer sein könnten. Ziel muß es sein, eine Massenvermehrung im frühesten Stadium der Entwicklung zu erkennen. D.h. Durchführung von Surveys in den Rückzugsgebieten und rechtzeitige Bekämpfung. Dadurch können die behandelte Fläche sowie die Kosten minimiert und die Belastung der Umwelt klein gehalten werden. Der Schaden durch die Heuschrecken an Kulturen wäre dann zu vernachlässigen. Ein zusätzlicher Einsatz biologischer und umweltfreundlicher Mittel würde diese Strategie ideal unterstützen. Das Forschungsvorhaben besteht aus neun Komponenten:

- Kartierung von Heuschreckenbrutgebieten mittels Satellitenfotos
- Erforschung von Gregarisationspheromonen zur Verhinderung der Schwarmbildung
- Bekämpfung der Heuschrecken mit Juvenilhormon-Analoga
- Suche und Einsatz von insektenpathogenen Mikroorganismen
- Pest Management mit Hilfe von Pyrrolizidin-Alkaloiden
- Erforschung und Erprobung der Inhaltsstoffe von *Melia volkensii*

- Feldversuche in Afrika mit neuen Methoden und Präparaten
- Ökotoxikologische Untersuchungen der eingesetzten Mittel
- Studien zur Ökonomie und Verlustermittlung

SUMMARY

The biologically integrated control of locusts and grasshoppers - GTZ research project

The aim of the biologically integrated control project of the GTZ is to develop more acceptable non-chemical alternative methods of controlling locusts and grasshoppers. The existing control measures still rely on chemical pesticides and this is the only method available, for the time being, if there is a severe infestation. The most effective pesticide, dieldrin, is banned in most countries. The substitutes are less effective, more expensive and require multiple applications. It is therefore essential to search for a more acceptable, non-chemical alternative.

Preliminary tests have shown that one of the alternatives is the use of pathogens and insect growth regulators. The final goal is to localize and attack the problem at the earliest possible stage of development of locust upsurge. This means to focus the problem in the recession areas of the Desert Locust and to treat them there. By treating the Desert Locust in recession areas the impact on the environment is minimized, the required treatment area is limited, costs of control are reduced and the potential for crop and grassland damage is negligible. An additional biological non-chemical alternative method would support this strategy. The programme of the project has nine principal objectives:

- Locust habitat mapping by satellite
- Research on gregarisation pheromone to prevent forming of swarms
- Locust control with insect growth regulators especially synthetic juvenile hormone analogs
- Biological control of locusts with entomopathogenic microorganisms
- Pest management with the help of pyrrolizidine alkaloids

- Seed components from *Melia volkensii* and their use for locust control
- Field trials with non-chemical alternatives
- Research on environmental aspects of new compounds
- Loss assessment and economical studies on locusts and grasshoppers

1 EINLEITUNG

In den Jahren 1985-88 kam es nach fast zwanzigjähriger Pause zu einem neuerlichen Massenaufreten der Wüstenheuschrecke (*Schistocerca gregaria* FORSKÅL) in Afrika und im Nahen Osten. Klimatisch günstige Bedingungen sowie die Vernachlässigung der Warndienste und die durch kriegerische Auseinandersetzungen bedingte Unzugänglichkeit mancher Gebiete führten zu dieser Massenvermehrung. Die betroffenen Länder waren größtenteils unvorbereitet und schlecht ausgerüstet, um der Plage Herr zu werden. Darüber hinaus stellten sowohl Geber als auch Nehmerländer fest, daß die Forschung sich seit der letzten Plage kaum mehr darum bemüht hatte, bessere und umweltschonendere Verfahren der Bekämpfung zu entwickeln. Ein zusätzliches Handicap stellte das Verbot bzw. die Ächtung des Insektizids Dieldrin dar. Dieses Mittel, das bei allen vorherigen Plagen eingesetzt worden war, hatte durch seine Langlebigkeit den Vorteil, daß es in den Brutgebieten nur bandenweise mit großen Zwischenräumen ausgebracht zu werden brauchte. Beim Durchqueren dieser Banden kontaminierten sich die Larven - nur diese werden in erster Linie bekämpft - und starben. Man hatte bei dem Verbot von Dieldrin diesen Spezialfall der Wanderheuschreckenbekämpfung in Afrika nicht hinreichend bedacht. Entsprechend wurden auch keine alternativen Mittel oder Methoden entwickelt, die Dieldrin ersetzen konnten. Das führte dazu, daß bei der jüngst aufgetretenen Kalamität überwiegend kurzlebige Insektizide eingesetzt wurden, was zu weitaus größeren behandelten Flächen sowie notwendigen Mehrfachbehandlungen mit all den negativen Effekten auf die Umwelt führte.

Ausgehend von dieser unbefriedigenden Situation begann eine Diskussion, die Forschung nach neuen, biologischen und integrierten Bekämpfungsmethoden zu forcieren. Auf internationaler

Ebene wurden Programme in dieser Richtung erarbeitet. Auch die Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH unterbreitete dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) einen Vorschlag. Das BMZ stellte daraufhin nahezu 6 Mio DM zu Erforschung biologisch-integrierter Methoden der Heuschreckenbekämpfung zur Verfügung. Unter Federführung von GTZ und deutschen Forschungseinrichtungen in Zusammenarbeit mit internationalen Instituten und Organisationen sowie Projekten der technischen Zusammenarbeit wurden Forschungsprogramme begonnen. Das Projekt hat in seiner ersten Phase eine Laufzeit von drei Jahren und berücksichtigt vorwiegend praxisorientierte Ansätze der Forschung. Im Folgenden sollen diese Ansätze kurz beschrieben werden. Es ist beabsichtigt, daß Resultate in angemessenen Zeiträumen publiziert werden. Zwei Feldversuche im Sudan und auf den Kapverden brachten bereits vorläufige Ergebnisse.

2 ANSÄTZE ZUR ERFORSCHUNG ALTERNATIVER METHODEN DER HEUSCHRECKEN- BEKÄMPFUNG

2.1 Früh- und Fernerkundung

Die Bekämpfung schädlicher Heuschrecken kann allein dadurch umweltfreundlicher gestaltet werden, daß eine potentielle Massenvermehrung im Ansatz erkannt wird und Bekämpfungsmaßnahmen rechtzeitig eingeleitet werden können. Dies geschieht in erster Linie durch Surveys und Informationen durch die örtliche Bevölkerung, vor allem Nomaden. Dieses System ist effizient, aber flächendeckend nicht immer durchführbar. Hier sollen nun modernste Methoden der Satellitenbildtechnik zur Unterstützung eingesetzt werden. Mittels Auswertung von Satellitenfotos (Landsat) sollen, exemplarisch für die sudanesisische Rotmeerküste, Karten erstellt werden, die potentiell für die Massenvermehrung geeignete Areale ausweisen. Solche Karten, kombiniert mit normalen Landkarten, könnten künftig Prospektoren und Piloten bei der Durchführung ihrer Aufgabe überaus hilfreich sein. Eine direkte Identifizierung von Heuschrecken, selbst in Schwärmen, ist beim heutigen Stand der Technik per Satellit nicht möglich. Das hier skizzierte Programm findet unter Leitung von Professor Voß am Institut für Geographie der Technischen Universität Berlin statt.

2.2 Verhinderung der Schwarmbildung durch Pheromone

Die Wüstenheuschrecke kommt in einer solitären und in einer schwarmbildenden (gregären) Form vor. In der solitären Phase leben die Heuschrecken vereinzelt, unauffällig und als nützliches Glied eines labilen Ökosystems in bestimmten Arealen, sogenannten Rezesionsgebieten. Anhaltend günstige Lebensbedingungen führen zu einer explosionsartigen Massenvermehrung. Sie ist begleitet von einem allmählichen Wechsel aus der solitären in die schwarmbildende Phase, die dann zu den gefürchteten Kalamitäten führt. In riesigen Aggregationen auftretende adulte Wüstenheuschrecken sind in der Lage, sehr weit zu fliegen. Sie können dadurch in landwirtschaftliche Gebiete gelangen und dort vernichtende Schäden verursachen. Es scheint so, als würde die Aggregation durch Pheromone induziert, die das Verhalten, das Aussehen und viele physiologische Eigenschaften der Heuschrecken beeinflussen. Bisher wurde keines dieser potentiellen Phasenpheromone gefunden. Über ihre Bildungsorte und ihre chemische Natur weiß man ebenfalls nichts. Unter Federführung von Professor Ferez soll am Fachbereich Biologie der Universität Freiburg versucht werden, das (oder die) Gregarisationspheromon(e) zu identifizieren, zu isolieren und chemisch zu charakterisieren. Nach einer Synthese des Pheromons wird es möglich sein, die Bildung und Wirkungsweise des Stoffs im Insekt zu untersuchen. Aus der dann erhaltenen Kenntnis über ein solches Gregarisationspheromon und der biologischen Grundlagen der Gregarisation sollen Möglichkeiten entwickelt werden, gezielt in das Gregarisationsgeschehen einzugreifen. Derzeit kann noch nicht genau gesagt werden, wie dies im Einzelnen geschehen könnte.

2.3 Bekämpfung der Heuschrecken mit Juvenilhormon-Analoga

Juvenilhormone werden im Insekt gebildet. Sie sind u.a. Gegenspieler des Metamorphosehormons Ecdyson. Sie verhindern die Verwandlung zum adulten Tier und bewirken dadurch das Zustandekommen mehrerer Larvenstadien. Bei *S. gregaria* gibt es z.B. fünf Larvenstadien. Erst bei der letzten Häutung wird der Juvenilhormontiter so gering, daß eine Imaginalhäutung zum Vollinsekt stattfindet. Eine künstliche Erhöhung des Juvenilhormontiters

durch zusätzliche Gaben bewirkt Störungen bei der Häutung. Die Tiere sterben, da sie sich nicht aus der alten Larvenhaut befreien können. Darüber hinaus spielen die Juvenilhormone eine wichtige Rolle beim Phasenwechsel der Wüstenheuschrecke, beim Paarungsverhalten der Männchen, der Eireifung bei den Weibchen und möglicherweise bei der Akkumulation der Lipide (Energiespeicher für die langen Wanderungen). Juvenilhormone sind biochemisch analysiert, so daß mittlerweile zahlreiche Analoga synthetisiert werden konnten (über 2000). Unter Leitung von Professor Dorn, Institut für Zoologie der Universität Mainz, sollen Juvenilhormon-Analoga aus möglichst vielen verschiedenen chemischen Gruppen auf ihre Wirksamkeit zur Störung oben genannter Prozesse getestet werden (Screening). Dabei sollen Untersuchungen über die Wirkungsmechanismen durchgeführt werden. Dies betrifft sowohl die Rolle des endogenen Juvenilhormons bei den zu störenden physiologischen Prozessen als auch die Effekte, die durch die Analoga erzielt werden. Über die Juvenilhormon-Analoga hinaus werden auch sogenannte bisher wenig erforschte Anti-Juvenilhormone untersucht.

2.4 Bekämpfung von Heuschrecken mit insektenpathogenen Mikroorganismen

Heuschrecken werden von verschiedenen pathogenen Mikroorganismen befallen. Meistens handelt es sich dabei um Viren, Bakterien, Pilze oder Protozoen. Aufgabe des Instituts für biologische Schädlingsbekämpfung an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Darmstadt ist es, Erhebungen über das Vorkommen von mikrobiellen Antagonisten verschiedener Heuschreckenarten, deren Isolierung, Charakterisierung, Verhalten gegenüber Umweltfaktoren sowie Wirksamkeitsprüfungen unter Laborbedingungen durchzuführen. Zu diesem Zweck erfolgt eine umfangreiche Sammlung und Aufarbeitung von Proben toter oder krankheitsverdächtiger Heuschrecken sowie von Bodenproben aus verschiedenen Regionen Afrikas. Sowohl neue, als auch bereits bekannte Erreger werden auf ihre Wirksamkeit und auf ihr Umweltverhalten im Labor getestet. Ziel ist es, Formulierungen herzustellen, die zu Biopräparaten führen, die dann im Freiland eingesetzt werden könnten.

2.5 Pest Management auf der Basis pharmacophager Reaktionen gegenüber Pyrrolizidin-Alkaloiden

Pyrrolizidin-Alkaloide sind sekundäre Pflanzenstoffe, die in vielen Pflanzenarten vorkommen und in erster Linie als Schutz gegen Fraßfeinde dienen. Professor Boppré vom Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg leitet die Untersuchungen über die Beziehungen zwischen einer speziellen Heuschreckenart (*Zonocerus variegatus* LINNAEUS) und einer ihrer pyrrolizidinhaltigen Wirtspflanzen (*Chromolaena odorata* LINNAEUS). Die Alkaloide werden von den Heuschrecken aufgenommen. Damit schützen sie sich - wie die Pflanze - vor Fraßfeinden. Die Stoffe dienen nicht der Ernährung, das Verhalten wird als Pharmacophagie bezeichnet. Die Pflanzen üben eine große Anziehungskraft auf die Tiere aus.

Welchen Einfluß die Alkaloide im Fall von *Z. variegatus* zusätzlich haben, ist ein Gegenstand der Forschung. Von bestimmten Schmetterlingen ist bekannt, daß sie Pyrrolizidin-Alkaloide als Vorstufen für die Synthese von Sexualpheromonen benutzen. Ziel der Forschung ist, die Alkaloide für die Herstellung köderartiger Substanzen zu verwenden, um so die Heuschrecken anzulocken und gezielt auf kleinen Flächen zu bekämpfen. Die Untersuchungen im Freiland finden in Benin (Westafrika) statt. Inwieweit diese Tier-Pflanze-Relation auch bei der Wüstenheuschrecke besteht, soll in Vorversuchen im Labor getestet werden.

2.6 Inhaltsstoffe von Pflanzen als Heuschreckenbekämpfungsmittel

Wie in dem Niembaum *Azadirachta indica* A. JUSS, kommen auch in *Melia volkensii* Inhaltsstoffe vor, die sich zur Bekämpfung von Insekten eignen. Unter Leitung von Professor Rembold wird sich das Max-Planck-Institut in Martinsried mit diesem Inhaltsstoff beschäftigen. Samen der Pflanze sollen in Kooperation mit einem internationalen Institut in Kenia gesammelt und aufbereitet werden. Die Wirkstoffe werden isoliert und analysiert. Mit Rohextrakten werden Labortests durchgeführt, um die entwicklungshemmende Wirkung auf Heuschrecken zu testen. Über die Aufklärung der Struktur der Wirkstoffe ist es eventuell möglich, Anstöße für die Synthese neuer Bekämpfungsmittel zu liefern.

2.7 Test neuer Präparate unter Praxisbedingungen

Es gibt derzeit bereits neuartige Präparate auf dem Markt, bzw. befinden sich solche im Zulassungsverfahren, die vielversprechende Alternativen zu den bisher eingesetzten synthetischen Insektiziden darstellen könnten. Hierunter sind vor allem die Entwicklungs- oder Häutungshemmer zu rechnen. Sie wirken ähnlich wie die oben beschriebenen Juvenilhormon-Analoga. Weiterhin gibt es pathogene Mikroorganismen, die als Bekämpfungspräparate formuliert sind. Diese und andere aus den beschriebenen Forschungsansätzen hervorgehende Präparate müssen unter Praxisbedingungen getestet werden. Nur so können ihre Chancen für einen späteren Großeinsatz beurteilt werden. Der Test dieser Mittel läuft unter Federführung der GTZ in verschiedenen Ländern Afrikas. Häutungshemmer wurden bereits an *S. gregaria* im Sudan erfolgreich getestet. Die Mikrosporidie *Nosema locustae* CANNING (als Köderformulierung) wurde bisher auf den Kapverden gegen *Oedaleus senegalensis* KRAUSS und *Diaboloocatantops axillaris* THUNBERG ausgeprüft. Weitere Tests sollen dieses Jahr und in den kommenden Jahren an den Außenstellen des Projektes im Niger und Sudan durchgeführt werden. Insbesondere soll hierbei die pathogene Wirkung der beiden Pilze *Metarrhizium anisopliae* und *Beauveria bassiana* getestet werden.

2.8 Ökotoxikologische Begleituntersuchungen

Da auch die neuartigen Präparate nicht unbedingt umweltfreundlich sein müssen, obgleich sie eine geringere Warmblütertoxizität als herkömmliche Insektizide besitzen, wird ein ständiges ökotoxikologisches Begleitprogramm durchgeführt. Professor Müller vom Institut für Biogeographie der Universität des Saarlandes leitet ein Team, das alle Praxisversuche mit Untersuchungen auf mögliche Nebenwirkungen der eingesetzten Mittel begleitet. Dies wurde bereits im Sudan und auf den Kapverden praktiziert. Darüber hinaus werden aber auch Voruntersuchungen mit neuen Wirkstoffen im Labor durchgeführt.

2.9 Studien zur Ökonomie und Verlustermittlung

Unsere derzeitigen Kenntnisse über die potentiellen und tatsächlichen Schäden von Heuschrecken an Nahrungskulturen und Weidepflanzen sind äußerst dürftig. Unter direkter Leitung der GTZ sollen Untersuchungen über Verluste sowie Ansätze zu ökonomischen Berechnungsmodellen realisiert werden. Eine Literaturliste über Verluste durch Heuschreckenschäden liegt bereits vor. Praxistests laufen exemplarisch im Niger im Rahmen eines GTZ-Pflanzenschutzprojektes; sie sollen in Zukunft durch das Forschungsvorhaben unterstützt werden.

3 AUSBLICK

Das Vorhaben hat zunächst eine Laufzeit von drei Jahren. Es wurden deshalb vorwiegend Ansätze ausgewählt, die umsetzbare Ergebnisse innerhalb dieses Zeitraums erwarten lassen. So u.a. die Ausprüfung von Präparaten der neuesten Generation, die Erforschung pathogener Mikroorganismen bzw. die Herstellung eines Köders auf Basis von Pyrrolizidinalkaloiden. Andere Komponenten, wie die Pheromonforschung, müssen als längerfristige Programme angesehen werden. Sollte diese erste Phase des Projektes erfolgreich verlaufen und weitere Forschung notwendig und vielversprechend sein, könnte sich eine Verlängerung anschließen.