

Raubmilben, werden die einzelnen Arten getestet, die von Interesse sind, ebenso im Falle der Honigbienen. In den anderen Bereichen werden stellvertretend Arten getestet, die nach bestimmten Kriterien ausgewählt wurden. Dabei orientiert sich das Testprogramm soweit möglich an internationalen Richtlinien, um eine Harmonisierung der Prüfungsanforderungen mit den Zulassungsbehörden anderer Länder zu erreichen. Für eine umfassende Beurteilung ist es wünschenswert, die Effekte eines Mittels bzw. eines Wirkstoffs an möglichst vielen Tierarten zu testen. Dem stehen andererseits aber Bestrebungen entgegen, die Zahl der Tierversuche nicht unnötig zu vermehren. In den meisten Fällen fordert die BBA die Tests nach einem Stufensystem. Am Anfang stehen dabei Toxizitätstests im Labor, von deren Ergebnis es abhängig gemacht wird, ob aufwendigere Tests bis hin zu Freilandversuchen durchgeführt werden müssen.

Die Basis für eine Beurteilung ist in den letzten Jahren durch Verfeinerung der Testmethoden und Ausweitung des Testkatalogs erheblich verbessert worden. Dennoch sind mit den Ergebnissen aus Einzelart-Tests Grenzen gesetzt, wenn es darum geht, auf das Verhalten von natürlichen Ökosystemen zu extrapolieren. Es ist zu hoffen, daß die ökotoxikologische Grundlagenforschung Verfahren entwick-



3: Zulassungszeichen

keln kann, seien es experimentelle Ansätze oder Modelle, um die Prognosemöglichkeiten in diesem Bereich künftig zu verbessern.

Schlußbetrachtung

Die BBA ist bei der Entscheidung über die Zulassung eines Mittels an das Pflanzenschutzgesetz gebunden. Allerdings

wird darin nur ein Rahmen abgesteckt, innerhalb dessen die Zulassungsbehörde konkrete Normen und Kriterien als Basis für ihre Entscheidungen entwickeln muß. Dies hat auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse zu erfolgen, wobei die Bewertung auch nichtnaturwissenschaftliche Aspekte umfaßt, etwa wenn es um die Akzeptanz von Risiken durch Pflanzenschutzmittel geht.

Das Zulassungsverfahren in der vorgestellten Form wird in Zukunft einschneidende Veränderungen erfahren, wenn die in der Ausarbeitung befindliche EG-Zulassungsrichtlinie in Kraft tritt und in nationales Recht umgesetzt werden muß. Nach dem bisherigen Entwurf sollen Zulassungen von den Mitgliedsländern gegenseitig anerkannt und die Zulassungsanforderungen vereinheitlicht werden. Ob es dadurch zu einer Absenkung des in der Bundesrepublik Deutschland erreichten Schutzniveaus kommen wird, ist noch nicht abzusehen.

Dr. G. Joermann, Dr. H. Ehle und
Dr. J. Siebers
Abteilung für Pflanzenschutzmittel und
Anwendungstechnik
Biologische Bundesanstalt für Land-
und Forstwirtschaft,
Messeweg 11-12
3300 Braunschweig

Proteine höherer Pflanzen als Flockungshilfsmittel

Trinkwasserklärung in Ländern der Dritten Welt

In Ländern der Dritten Welt sind Flüsse, Teiche und sonstige Oberflächengewässer die Hauptquellen zur Gewinnung von Wasser für den täglichen Bedarf. Dieses Wasser ist aufgrund von Schwebstoffen gewöhnlich trüb und kann nicht als Trinkwasser genutzt werden. Im Sudan benutzen die Menschen daher seit langem die Samen von *Moringa oleifera* Lam. zur Klärung von trüben Oberflächenwässern. Die zur Trinkwasseraufbereitung eingesetzten Samen müssen also einen Wirkstoff enthalten, der flockungsaktiv ist. Es galt, die Natur des Flockungsmittels aufzuklären, um Struktur-/Funktionsbeziehungen ableiten zu können. In der Bundesforschungsanstalt für Ernährung wurde dieser flockungsaktive Wirkstoff

isoliert, seine Struktur aufgeklärt und Grundlagen erarbeitet, um Untersuchungen zur Anwendung in der Trinkwasseraufbereitung durchzuführen.

Traditionelle Methoden zur Wasserreinigung

Die Versorgung mit Trinkwasser stellt vor allem in ländlichen Teilen der Dritten Welt die Bevölkerung vor große Probleme. Das zur Verfügung stehende Wasser stammt hauptsächlich aus Flüssen, Regenseen, Brunnen oder "Hafiren", d. h. von Menschenhand geschaffenen Wassersammelbecken (Abb. 1)

Der in der Regel hohe Gehalt an Trübstoffen und die Kontamination mit menschlichen und tierischen Fäkalien lassen eine direkte Nutzung des Wassers als Trinkwasser nicht zu. Die Qualität des Wassers kann durch den Einsatz natürlicher oder synthetischer Hilfsmittel wesentlich verbessert werden. Gerade die Verwendung billiger oder kostenfreier Rohstoffe nativen Ursprungs zur Wasserreinigung hat in manchen der betroffenen Gebiete eine Jahrtausende alte Tradition.

In indischen Dörfern werden heute noch Samen von *Strychnos potatorum* in den Wasserbehältern zerdrückt, um eine Klärung des Wassers herbeizuführen. Der schleimige Saft aus Flachsprossen der Feigenopuntie *Opuntia ficus-indica* dient



1: Wasserquelle im Sudan (Foto: Dr. S. A. A. Jahn)

in Peru dem gleichen Zweck. In Kenia nehmen Fischer den Hautschleim bestimmter Fische, um braune Trübungen aus dem Wasser zu entfernen.

Von besonderem Interesse sind die traditionellen Methoden zur Wasserreinigung



2: Blühender Zweig von *Moringa oleifera*

im Sudan. Neben Tonmineralien mit hohem Montmorillonitgehalt, Felsmaterial und Erde aus Termitenhügeln kommen Samen vom Pflaumerlebaum *Moringa oleifera* zum Einsatz.

Moringa oleifera ist ein Baum, der in tropisch-äquatoriales Klima besonders gut gedeiht (Abb. 2). Die Wirksamkeit der Samen als natürliches Flockungsmittel scheint im Sudan entdeckt worden zu sein. Schon der arabische Name "shagara al rauwaq" (Baum zum Klären) deutet auf seine Verwendung hin.

Der Feststoffgehalt von Oberflächenwässern in ländlichen Gebieten des Sudans schwankt je nach Jahreszeit zwischen ca. 0,1 g pro Liter bis zu Spitzenwerten von ca. 50 g pro Liter. In diesem Zustand ist das Wasser für den menschlichen Gebrauch und Verzehr nicht geeignet. Abhilfe schaffen die von der Schale befreiten Moringasamen. Sie werden zerrieben und entweder direkt mit dem zu klärenden Wasser angerührt oder in einem Tuchsäckchen 20 - 30 Minuten in dem Wasseraufbereitungsgefäß geschwenkt und danach noch ca. 2 Stunden darin belassen (Abb. 3). Etwa 2 - 3 Samenkerne auf 4 Liter Wasser genügen, um ein klares geschmacksneutrales Trinkwasser zu erhalten. Zudem hat frisch geklärtes Wasser eine wesentlich geringere Keimzahl als das Rohwasser (4 - 8 % des Ausgangswertes).

Isolierung und Charakterisierung der flockungsaktiven Wirkstoffe aus dem Samen von *Moringa oleifera*

Für stabile Trübungen in Oberflächenwässern sind fast immer Kolloide, wie zum Beispiel Tone verantwortlich. Diese tragen negative Ladungen und stoßen sich deshalb ab. Flockungsmittel bzw. Flockungshilfsmittel, wie z. B. Eisen- und Aluminiumsalze bzw. wasserlösliche, synthetische, hochmolekulare Polymere, stören die elektrischen Schichten, so daß die Kolloide zu größeren Verbänden, den Flocken, aggregieren können.

Wie aus früheren Untersuchungen bekannt ist, muß es sich bei den flockungsaktiven Wirkstoffen aus *Moringa oleifera* um Eiweißsubstanzen handeln, die wie Elektrolyte fungieren. Die Identifizierung dieser Inhaltsstoffe erforderte zunächst ein einfaches Testverfahren, das eine rasche Erkennung der aktiven Fraktion erlaubt.

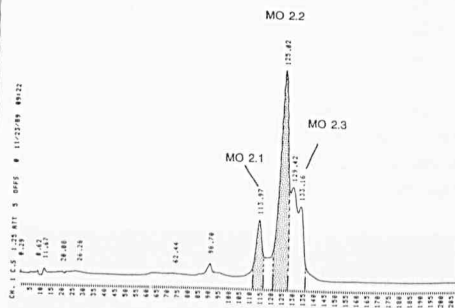
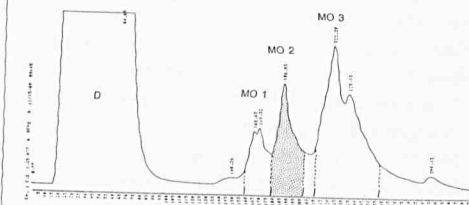
Das in der Natur verwendete trübe Oberflächenwasser wurde durch ein Modellsystem ersetzt, bei dem Glaspulver als Trübungsstandard diente. Die zu testenden Extrakte aus den Samen von *Moringa oleifera* wurden mit dieser Standardlösung versetzt und die Sedimentation beobachtet.



3: Wasser eines Hafirs vor und nach der Behandlung mit Samen von *Moringa oleifera* (Foto: Dr. S. A. A. Jahn)

Isolierung zweier flockungsaktiver Proteine

Zur Isolierung der flockungsaktiven Wirkstoffe der Samen von *Moringa oleifera* wurden aus dem gemahlten und entfetteten Samenmaterial wässrige Extrakte gewonnen. Diese wurden mit einem Ionenaustauscher in einen hochmolekularen, nichtflockungsaktiven Bereich (D) und drei niedermolekulare flockungsaktive Fraktionen (MO 1, MO 2 und MO 3) aufgetrennt (Abb. 4).



4: Trennung des wässrigen Extraktes über Bio Rex 70/ Trennung der Fraktion MO 2 über Fractogel EMD SO_3^- 650 (S)

In einer zweiten Trennstufe ließ sich der flockungsaktive Bereich MO 2 in drei weitere Fraktionen auftrennen. Bei zwei dieser Fraktionen (MO 2.1 und MO 2.2) handelt es sich um einheitliche Proteine mit einem Molekulargewicht von 6500 Dalton. Sie weisen sehr ähnliche proteinchemische Eigenschaften auf und besitzen fast identische Aminosäurezusammensetzungen.

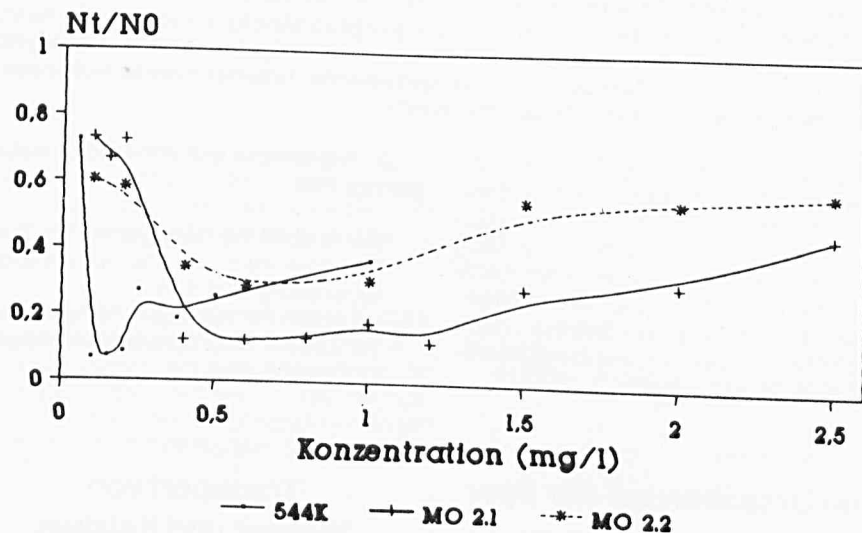
Flockungsaktivitäten und Strukturaufklärung

Um die Flockungsaktivitäten zu bestimmen, wurde die Glaspulversuspension mit der zu testenden Proteinlösung bekannter

Konzentration versetzt. Das Verhältnis der Teilchenzahlen zu Beginn und nach der Testdauer von 65 Minuten ist ein Maßstab für die Flockungsaktivität der eingesetzten Wirkstoffmengen. Die Teilchen verursachen die Trübung im Wasser und flocken bei Zugabe der Moringa-Extrakte aus. Dabei lag das Maximum bei einer Konzentra-

Anwendung in der Praxis

Anwendungsbezogene Versuche zur Trinkwasseraufbereitung mit dem flockungsaktiven reinen Wirkstoff erfordern



5: Bestimmung der relativen Teilchenzahlen in Abhängigkeit von der eingesetzten Proteinmenge nach 65 Minuten Reaktionszeit

tion der beiden aktiven Substanzen im Bereich 0,4 bis 1,0 mg pro Liter (Abb. 5). Die Flockungsaktivität läßt sich mit der hohen elektrischen Ladungsdichte der Eiweißsubstanzen und ihrem vergleichsweise geringen Molekulargewicht erklären. Dabei kommt es durch die Anlagerung unterschiedlich geladener Bereiche zu einer Absättigung und somit zur Ausbildung von Flocken. Als Vergleichssubstanz wurde ein synthetisches Polymer auf Polyacrylamidbasis (544K) mit bekannter Flockungsaktivität und bekanntem Flockungsmechanismus gewählt.

Zur Ermittlung von Struktur-/Funktionsbeziehungen der flockungsaktiven Proteine schloß sich die Aufklärung ihrer Primärstruktur an. Das intakte Protein wurde dafür vor dem Abbau durch verschiedene enzymatische und chemische Fragmentierungsverfahren in sequenzierungsfähige Peptide gespalten. Die Bestimmung ergab ein Protein, das aus einer Sequenz von 60 Aminosäuren besteht und durch die Anlagerung zweier Cysteine eine Schlaufe enthält.

größere Mengen des Proteins. Aus Moringasamen können diese nur mit erheblichem zeitlichen und finanziellen Aufwand gewonnen werden. Deshalb konzentrieren sich nun die Forschungsvorhaben darauf, das die flockungsaktiven Proteine codierende Gen zu isolieren, in *Escherichia coli* einzuschleusen und dort zur Expression zu bringen. Ein auf diese Art und Weise erzeugtes Protein würde neue Möglichkeiten zur Trinkwasseraufbereitung erschließen und eventuell die Verwendung von herkömmlichen Flockungsmitteln wie Aluminium-Verbindungen oder Polymeren auf Polyacrylamidbasis einschränken.

U. Gassenschmidt, Kl.-D. Jany
und B. Tauscher
Bundesforschungsanstalt für Ernährung
Engesserstraße 20
7500 Karlsruhe 1