

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde, Münster

# Regulierung von Nagetierpopulationen – Aktuelle Ansätze und Zukunftsaussichten

## Rodent management – current approaches and future prospects

Jens Jacob und Hans-Joachim Pelz

### Zusammenfassung

Weltweit sind Nagetiere ein integraler Bestandteil von Agro-Ökosystemen. Bei hohen Populationsdichten können manche Nagetierarten erhebliche Schäden wie Ernteaussfall und Infrastrukturschäden hervorrufen sowie zu Gesundheitsrisiken und Problemen im Naturschutz führen. In Entwicklungsländern führen Schäden durch Nagerbefall für Bauern in Selbstversorger-systemen nicht selten zum finanziellen Ruin und verstellen für ganze Landstriche den Weg aus der Armut. Nagetierpopulationen werden, wenn sie überhand nehmen, in der Landwirtschaft meist mit Rodentiziden reguliert. Rodentizide können aber zu Risiken für Nichtzielarten, die Umwelt und den Menschen führen, insbesondere dann, wenn sie nicht entsprechend der Guten fachlichen Praxis eingesetzt werden. Nachhaltiges Nagermanagement stützt sich auf fundierte Kenntnisse biologisch-ökologischer und agronomischer Zusammenhänge, auf Umweltbewusstsein und auf soziokulturelle Aspekte, die die Auswahl und Kombination von Managementtechniken maßgeblich beeinflussen. Diese Techniken beinhalten zum Beispiel die Minimierung von Nahrung und Refugien, Fallen- und Barriersysteme, biologische Schädlingsregulation, Repellentien und die fachgerechte Anwendung von Rodentiziden zu bestimmten Zeiten in Schlüsselhabitaten. Das Entwickeln und Erproben optimaler Managementtechniken für die Regulierung von Nagerpopulationen erfordert einen hohen Forschungsaufwand. Beispiele aus verschiedenen Regionen zeigen, wie nachhaltiges Nagermanagement unter Einbeziehung optimierter konventioneller Verfahren in verschiedenen Landwirtschaftssystemen Nagetierschäden vermindert und zu Vorteilen für die Ökosystemgesundheit führt. Anwendungs- und Forschungsstrategien, die in Deutschland Anwendung finden können, werden vorgestellt und Forschungsprioritäten aufgezeigt.

**Stichwörter:** Agro-Ökosystem, Pflanzenschutz, Population, Nagermanagement, Regulierung, Rodentizid

### Abstract

Overabundant rodent populations are a worldwide problem causing losses in agriculture, damage to property, health risks and problems in conservation. In some regions, rodents can be an obstacle to attempts at alleviating poverty. Current management practices usually focus on culling animals. The use of poisons can pose a considerable threat to non-target species, the environment and humans. Ecologically-based rodent management seems to be an appropriate approach to manage overabundant ro-

dents in agricultural systems by combining a variety of control measures such as minimizing food and refuge, trap barrier systems, biological control and the use of rodenticides at key times in key habitats. The selection of techniques is based on a sound understanding of ecological issues, agronomy, environmental awareness and socio-cultural considerations. Developing and testing pest rodent management techniques under field conditions requires high research effort. Ecologically-based rodent management and improved conventional methods can lead to substantial benefits for farmers and for ecosystem health in developed and developing countries. Management and research strategies that can be used in Germany are introduced and research priorities identified.

**Key words:** Agro-ecosystem, environmental sustainability, plant protection, population, rodent management, regulation, rodenticide

### Einleitung

Agro-Ökosysteme sind die mit am stärksten anthropogen überformten Landschaften Mitteleuropas. Sie sind hochgradig künstlich und müssen in vielen Bereichen durch steuernde menschliche Eingriffe reguliert werden. Beispiel für ein solches Management ist die Minimierung von Populationen bestimmter Nagetierarten, die Schäden an Kulturpflanzen verursachen können. Dabei stehen die ökonomischen Zwänge des Landwirts nicht selten im Interessenkonflikt mit ökologischen Prozessen im Agrarraum.

Meist erfolgt die Reduzierung der Populationsdichte von Nagetierpopulationen durch die Anwendung chemischer Rodentizide (PELZ, 1990). Diese Mittel sind in der Regel für alle Warmblüter toxisch und wirken nicht nur gegen die Zielarten, sondern können auch andere Tiere schädigen (JOERMANN, 1998). Neben direkten Vergiftungen bei Nichtzielarten kann es zu Sekundärvergiftungen kommen, wenn z. B. Beutegreifer oder Aasfresser mit Rodentiziden belastete Beutetiere aufnehmen. In welchem Umfang solche Vergiftungen auftreten, ist nur selten gut dokumentiert, und es ist unbekannt, welche Konsequenzen subletale Vergiftungen mit Rodentiziden für das Verhalten und die Populationsentwicklung von nagerfressenden Raubtieren und Greifvögeln haben.

Nachhaltiges Nagermanagement soll durch die Einbeziehung fundierter biologisch-ökologischer Kenntnisse der Zielarten und des Gesamtsystems verbesserte Managementansätze bei reduzierter Anwendung von Rodentiziden liefern (PELZ, 1990). Der

Anwendung und Erprobung von Managementverfahren und ihrer optimalen Kombination geht hoher Forschungsaufwand voraus, denn zum einen fehlen für einige Nagerarten Daten zu Biologie und Ökologie. Zum anderen muss in aufwändigen Experimenten in Labor, Gehege und Freiland untersucht werden, wie sich die gewonnenen Erkenntnisse am besten in effektivere Verfahren zur Populationsregulation umsetzen lassen. Die Auseinandersetzung mit Studien zu Nagerökologie und -management aus Deutschland und aus anderen Ländern bietet die Möglichkeit, die Suche nach verbesserten Methoden zur Regulation von Nagetierpopulationen voranzutreiben.

Für diesen Artikel wurden deshalb Informationen zum Nagermanagement aus verschiedenen Regionen der Erde zusammengestellt. Es werden Untersuchungen vorgestellt, die sich mit der Optimierung traditioneller (Anwendung von Rodentiziden und Fallenfang) und der Entwicklung und Erprobung alternativer Verfahren zur Populationsregulation bei Nagern in der Landwirtschaft beschäftigt haben. Ferner wird auf Arbeiten eingegangen, deren Ergebnisse dazu beitragen können, nachhaltiges Nagermanagement zu verbessern. Eine sinnvolle Kombination solcher Methoden kann zur Verminderung der Anwendung chemischer Mittel im Pflanzenschutz führen und so zu einer nachhaltigen Stärkung des Verbraucherschutzes und des Naturhaushalts beitragen.

### Schädling oder Nützlich?

Mehr als 42 % aller Säugetierarten gehören zur Ordnung der Nagetiere. Für viele Menschen sind Nager gleichbedeutend mit Ratten und Mäusen und werden mit Nageschäden in der Landwirtschaft und Krankheitsübertragung in Verbindung gebracht. Einige Nagerarten können tatsächlich katastrophale Schäden in der Land- und Forstwirtschaft hervorrufen. In Deutschland trifft dies vor allem auf Arten wie Feldmaus *Microtus arvalis* und Schermaus *Arvicola terrestris* zu (BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (BBA), 1978; PELZ, 1990), wenn es während so genannter Massenvermehrungen zu sehr hohen Befallsdichten kommt. Manche Arten schädigen durch ihre Grab- und Wühlaktivität vom Menschen geschaffene Infrastruktur (Dämme, Deiche), andere wiederum können gefährliche Erkrankungen auf den Menschen sowie auf Haus- und Nutztiere übertragen (GRATZ, 1994). Nicht zuletzt haben besonders invasive Nagerarten unerwünschte Effekte auf die Biozönose, wenn sie einheimische Pflanzen und Tiere verdrängen (BUCKLE und FENN, 1992).

Trotzdem sind nicht alle Nager Schädlinge. In Europa rufen nur etwa 10 % der Nagerarten ernste Schäden in der Landwirtschaft hervor und das auch nur in bestimmten Gebieten; Ähnliches gilt für andere Regionen (Tab. 1). Ein Großteil der Nagerarten hat kein Schädlingspotenzial, und die meisten Arten dürften wegen ihres Beitrags zur Bodenbelüftung, -düngung und Samenverbreitung eher zu den Nützlingen zählen (BOYE, 1996). Außerdem spielen Nagetiere eine bedeutende Rolle im Nah-

rungsgefüge, weil sie eine wichtige Nahrungsgrundlage für nachfolgende Glieder der Nahrungskette sind. In Europa sind insbesondere Mauswiesel *Mustela nivalis*, Mäusebussard *Buteo buteo*, Schleiereule *Tyto alba* und Waldohreule *Asio otus* auf die Nagerjagd spezialisiert. Verlassene Baue von Wühlmäusen und anderen Nagern werden von verschiedenen Arthropoden und Wirbeltieren als Behausung genutzt (BOYE, 1996). In den meisten Gebieten der Erde sind einige Nagerarten akut gefährdet (Tab. 1).

### Schadenspotenzial von Nagern in der Landwirtschaft

In Europa können Feldmäuse *Microtus arvalis* und Erdmäuse *M. agrestis* gravierende Schäden in der Land- und Forstwirtschaft hervorrufen. Schon ARISTOTELES (384–322 v. Chr.) schreibt: „Die Vermehrung von Feldmäusen auf dem Lande und die Verwüstungen, die sie verursachen, sind unbeschreiblich.“ Ein früher schriftlicher Bericht zu Nageschäden aus dem deutschsprachigen Raum stammt von G. AELURIUS (1625): „Es ist erschrecklich gewesen/ wenn man über Feld gegangen ist/ daß die Mäuse so hauffenweise hinter und vor einem hergelaufen seyn ... sie haben daselbst das Graß/den Flachs und die grüne Saat mächtig abgefressen ... auch die Getreideähren im Felde/ ... im selben Jahr noch ... viele Leute in der Graffschafft für Hunger gestorben seyn.“ Während solcher Massenvermehrungen leben auf landwirtschaftlichen Flächen bis zu 5000 Wühlmäuse pro Hektar (LAUENSTEIN, 1979; TKADLEC et al., 1999). Dabei können Schäden von über 60 Prozent in Luzerne (BABINSKA-WERKA, 1979) und Totalverluste in Grünland (RICHTER, 1985) auftreten. Ähnliches gilt für Schäden in Aufforstungen und Obstanlagen durch Erd-, Rötel- *Clethrionomys glareolus* und Feldmäuse (BBA, 1978).

In Afrika (MWANJABE et al., 2002) und Asien (SINGLETON, 2003) sind durch Nagetiere hervorgerufene Schäden in der Landwirtschaft häufig chronisch. In Indonesien betragen Vorernteverluste durch Nager im Reisanbau 17 % (GEDDES, 1992), nur wenig darunter liegen die Werte für China, Laos und die Philippinen. Allein in Asien entsprechen 5 % Verlust der jährlichen Reisproduktion durch Nagetierfraß etwa 30 Millionen t, was ausreichen würde, um 180 Millionen Menschen ein Jahr lang zu ernähren (SINGLETON, 2003). Schäden im Reisanbau beeinträchtigen die Selbstversorgung mit Grundnahrungsmitteln in manchen Gebieten SO-Asiens und können dort auch eine Mehrproduktion für den Gelderwerb unterbinden. Oft wird z. B. auf den Anbau einer dritten Reiskultur im Jahr verzichtet, weil die Brauchezeit dadurch so kurz wird, dass die Schadnagerpopulationen vor dem Anbau der Folgekultur nicht zusammenbrechen und hohe Ernteverluste verursachen. Ähnliches gilt auch für Nageschäden an anderen Kulturpflanzen, so dass Schäden durch Nager in manchen Entwicklungsländern den Weg aus der Armut erheblich erschweren. Wegen der schlechten medizinischen Versorgung in Entwicklungsländern hat dort die Krankheitsübertragung von Nagern auf den Menschen (zum Beispiel Leptospirose) besondere Bedeutung.

In Australien leiden die Landwirte während der Massenvermehrungen von Hausmäusen *Mus domesticus* unter massiven Ernteverlusten, Strukturschäden und Gesundheitsrisiken (SINGLETON und PETCH, 1994). So wurden beispielsweise die Folgekosten der Massenvermehrung von Hausmäusen 1993 mit etwa 36 Millionen Euro beziffert (CAUGHLEY et al., 1994).

Um einzuschätzen, ob eine Bekämpfung zyklischer Nagerarten notwendig ist, muss zunächst die Befallsituation eingeschätzt werden. Je früher sich beispielsweise ein Massenbefall mit Feldmäusen vorhersagen lässt, umso besser können sich die Land- und Forstwirte auf Probleme einstellen und möglicher-

**Tab. 1. Anzahl der Nagerarten in Afrika, Asien, Europa und Indien sowie die Anzahl der Arten, die Schäden in der Landwirtschaft hervorrufen können, und die Anzahl gefährdeter Nagerarten. Tabelle nach SINGLETON et al. (im Druck).**

Region	Artenzahl	Arten mit Schadpotenzial	Wichtige Pflanzenschädlinge	Gefährdungstatur gefährdet	unbekannt
Afrika	381	77	12–20	60	11
Australien	67	7	4	14	1
Europa	61	16	5	4	
Indien	128	18	12	21	1

weise kann die frühzeitige Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen die besten Ergebnisse erzielen. Zwar ist seit langem bekannt, dass die Populationsgröße wichtiger Schadnager in Europa mehr oder weniger regelmäßigen Zyklen unterworfen ist, aber es können keine verlässlichen Vorhersagen zur Amplitude der Nagerabundanz und damit zur Gefahr für die Pflanzengesundheit gemacht werden. Deshalb wird gewöhnlich der akute Befall oder eine Schadschwelle herangezogen, um die Notwendigkeit von Abwehrmaßnahmen zu bestimmen, was mit aufwändigem Monitoring von Nagerpopulationen einhergeht und zu sehr kurzer Vorwarnzeit führt. PECH et al. (1999) entwickelten ein Vorhersagemodell für die Wachstumsrate von Hausmauspopulationen in Getreideanbaugebieten Südostaustraliens. Basierend auf der Populationsdichte zu Beginn der Reproduktionsperiode und dem Niederschlag (April bis Oktober) konnten damit in bestimmten Gebieten Vorwarnzeiten von 6 Monaten erzielt werden. Ein aussichtsreicher Ansatz zur Vorhersage des Feldmausbefalls ist das Prognosemodell von WIELAND und SELLMANN (1995), das eine Prognose der Populationsentwicklung vom Frühjahr auf den Spätsommer desselben Jahres ermöglicht. Die Gewinnung der Ausgangsdaten für das Modell hat sich jedoch im Praxiseinsatz als zu aufwändig erwiesen und muss weiter vereinfacht werden.

Maßnahmen zur Nagerbekämpfung in Land- und Forstwirtschaft zielen in erster Linie auf den Pflanzenschutz ab. Erfolgskontrollen sollten deshalb nur bedingt auf das Monitoring der Nagerabundanz, sondern vor allem auf Schadbonituren an den Kulturen ausgerichtet werden. Eine realistische Einschätzung des Effekts von Managementmaßnahmen auf Nageschäden wird aber dadurch erschwert, dass eine Vielzahl von Faktoren die Wuchsleistung von Kulturpflanzen beeinflussen und der Fraßschaden ganz oder teilweise von den Pflanzen kompensiert werden kann.

### Konventionelle Regulierung von Nagetierpopulationen

Nager werden in landwirtschaftlichen Gebieten üblicherweise mit verschiedenen Methoden gefangen oder chemisch bekämpft. Chemikalien, die zur Nagerbekämpfung genutzt werden, lassen sich in akute Gifte (z. B. Zinkphosphid, Strychnin) und verzögert wirkende Gifte (Antikoagulantien) unterteilen. Fangmethoden reichen vom Einsatz von Fallen über das Fluten und Begasen von Bauen bis zur Jagd mit Hunden.

In Deutschland wurden von 1998–2001 jährlich etwa 75 t Rodentizidwirkstoffe zur Bekämpfung von Schadnagern in den Handel gebracht (SCHMIDT, 2003). Nur ein geringer Teil der Rodentizide wird auf Kulturflächen angewendet, der Großteil dient der Bekämpfung von Ratten und Hausmäusen im menschlichen Siedlungsraum. Für die Anwendung auf land- und forstwirtschaftlichen Kulturflächen sind in Deutschland Zinkphosphidpräparate und Antikoagulantien mit den Wirkstoffen Warfarin und Chlorphacinon zugelassen. Mittel, die Zinkphosphid enthalten, müssen verdeckt ausgebracht werden, während chlorphacinonhaltige Präparate auch offen ausgebracht werden dürfen.

Etwa 3500 t Ratten werden jährlich allein im Mekong-Delta Südvietnams durch professionelle Rattenjäger gefangen, in Familienbetrieben verarbeitet und auf Märkten für den menschlichen Verzehr verkauft (KHIEM et al., 2003). In Vietnam wurden 1998 während einer landesweiten Fangprämien-Aktion 179 Millionen Ratten vernichtet (MINISTRY OF AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT, VIETNAM). Ähnliche Programme wurden in Laos und Indonesien durchgeführt, wobei in der Regel keine Erfolgskontrolle solcher Programme erfolgt. In Entwicklungsländern Asiens ist der Einsatz nicht zugelassener und oft auch ungeeig-

netter Mittel (Natrium-Monofluoroacetat, Temik) zur Nagerbekämpfung nicht unüblich.

In Australien wurde während einer Massenvermehrung der Hausmaus im Jahre 1999 auf 500 000 ha Zinkphosphid zur Mausebekämpfung verwendet. Die großflächige Anwendung von Zinkphosphid in den australischen Getreidefeldern erfolgte durch den Abwurf von Giftweizen aus Flugzeugen.

Der Erfolg der Rodentizidanwendung wird vom Verhalten der Nager wesentlich beeinflusst. Detaillierte Untersuchungen des Köderannahmeverhaltens können Aufschluss darüber geben, wie Köderwirkstoff und Köderpräparat sowie die Köderplatzierung dem Verhalten von Nagetieren angepasst und so in ihrer Anwendung verbessert werden können. Die Köderannahme durch Hausmäuse in australischen Getreidefeldern ist stark von der Nahrungsqualität (Proteingehalt) der verfügbaren Alternativnahrung abhängig. Je höher der Proteingehalt des Getreides, umso geringer ist der Anteil der Mäuse, die ausgebrachte Köder fressen (JACOB et al., 2003). Ferner steigt die Köderannahme mit zunehmender Vegetationshöhe im Lebensraum der Mäuse sowie bei Erhöhung der Köderdichte. Auch bei der Wanderratte *Rattus norvegicus* schwankt der Erfolg einer Rodentizidanwendung stark in Anhängigkeit von der vorhandenen Alternativnahrung (KLEMMANN und PELZ, 2004). Außerdem kann die Köderplatzierung entscheidend zum Erfolg einer Rodentizidanwendung gegen Wanderratten beitragen (ENDEPOLIS et al., 2003).

Neben dem Verhalten spielt bei Ratten und Hausmäusen, die einem hohen Selektionsdruck ausgesetzt sind, die Resistenz von Individuen/Populationen gegen bestimmte Rodentizidwirkstoffe eine wichtige Rolle. Resistente Individuen können unter Umständen größere Mengen Rodentizid aufnehmen ohne zu verenden und erhöhen so das Risiko einer Sekundärvergiftung bei Fressfeinden, wenn mit Rodentizid belastete Beute aufgenommen wird. Gegen Antikoagulantien resistente Hausratten *Rattus rattus* und Hausmauspopulationen finden sich in Europa, Asien, Australien und Nordamerika. Resistente Wanderrattenpopulationen sind aus verschiedenen Gegenden in Europa und Nordamerika bekannt. In Deutschland ist ein größeres Gebiet in Nordwestdeutschland betroffen. Erst kürzlich gelang die Aufklärung des genetischen Hintergrundes der Resistenz gegenüber Antikoagulantien bei Wanderratten (ROST et al., 2004; PELZ et al., 2005). Es ist zu erwarten, dass mit Hilfe der jetzt identifizierten Gensequenz Fortschritte bei der weiteren Verbesserung (Selektivität, Schutz von Nichtzielarten) der rodentiziden Wirkstoffe gemacht werden können. Möglicherweise lassen sich wirksamere und spezifischere Rodentizide entwickeln, durch deren Einsatz sich die verwendete Gesamtmenge deutlich reduzieren ließe, wobei gleichzeitig die Risiken für Verbraucher und Umwelt verringert würden. Schon jetzt können mit molekulargenetischen Testverfahren Nagerpopulationen identifiziert werden, bei denen genetische Resistenz zu Problemen beim Einsatz bestimmter rodentizider Wirkstoffe führt, so dass in Zukunft die Anwendung ungeeigneter Mittel vermieden werden kann.

### Nachhaltiges Nagermanagement

In Anlehnung an das Konzept des integrierten Schädlingsmanagements, das im Wesentlichen für Insekten entwickelt wurde, kam es bereits vor mehr als 50 Jahren zu ähnlichen Ansätzen im Nagerbereich (KEILBACH, 1951). Die Umsetzung des Konzeptes in gezielte Forschungsarbeiten und in die praktische Anwendung erfolgte jedoch vor allem in den letzten 10 bis 15 Jahren (PELZ, 1990; SINGLETON et al., 1999). Im nachhaltigen Nagermanagement bestimmt die Ökologie der Nagerart die Wahl der Managementmaßnahmen. Dies erfordert ein gutes Verständnis des Landwirtschaftssystems, der Ökologie und Biologie der Zielart und

der Nichtzielarten sowie der sozioökonomischen und kulturellen Zusammenhänge (JACOB et al., 2002). Umfangreiche vorbereitende und begleitende Untersuchungen sind unerlässlich, um sinnvolle, ökologisch verträgliche und ökonomisch vertretbare Lösungsansätze zu entwickeln und zu testen (PELZ, 1990). Ebenso wichtig sind der Methodentransfer zu den Anwendern und eine Erfolgskontrolle (Kosten-Nutzen-Analyse, Umweltbelastung).

Das nagersichere Einzäunen von kleineren oder besonders hochwertigen Anbauflächen wird bei Reissämlingen erfolgreich im Freiland betrieben (SUDARMAJI et al., 2003). Mit Fangzäunen, die mit Rattenfallen versehen sind, lassen sich Köderreisplantagen umschließen, die zwei Wochen vor der eigentlichen Anbaukultur gepflanzt werden. Der Köderreis reift früher aus und zieht Nager an (LAM, 1988). Solche Systeme bieten außerdem die Möglichkeit, Beifänge von Nichtzielarten freizulassen. In indonesischen Reisfeldern resultierte die Nutzung solcher Maßnahmen in Kombination mit anderen Methoden (Feldhygiene, Fang von Ratten in Refugialhabitaten) in einem verringerten Befall mit Reisfeldratten *Rattus argentiventer*, verringerten Schäden am Reis, gesteigerter Ernte und reduzierter Anwendung von Giften (JACOB und SINGLETON, 2004). Die Anwendung von Barrieren und Fangzäunen erlaubt den Schutz der Kultur während der gesamten Vegetationsperiode, und die Bestandteile lassen sich im Anschluss rückstandsfrei aus dem System entfernen und in der folgenden Pflanzzeit wieder verwenden. Ähnliche Anlagen werden in Deutschland in größerem Umfang zur Abwehr von Schäden durch Wühlmäuse in Apfelanlagen erprobt. Dabei zeigte sich, dass die Zuwanderung von Scher- und Feldmäusen durch die Barriere weitgehend verhindert werden kann. (WALTHER und PELZ, 2005). Insbesondere bei der Neupflanzung von Obstanlagen bietet die Integration der Nagerbarriere in den Wildzaun die Möglichkeit, die Kulturen dauerhaft vor Wühlmausfraß zu schützen.

In vielen Landwirtschaftssystemen sind Habitatmanipulationen ein wichtiger Bestandteil des Nagermanagements. Das Kurzhalten der Vegetation erleichtert den Zugriff für Fressfeinde und setzt die Nager einem höheren Risiko bei der Bewegung im Gelände, z. B. bei der Suche nach Futter und Paarungspartnern, aus (JACOB und HEMPEL, 2003). Gleichzeitig wird das Futterangebot für Nager minimiert. Auch die Verlängerung der Brache durch das großflächige Synchronisieren von Saat bzw. Pflanzung und Ernte kann das Futterangebot für Nager einschränken. Einige dieser Methoden finden in Australien und Asien bereits Anwendung und ihr Erfolg ist durch Studien an Hausmäusen in Weizenanbaugebieten Australiens (BROWN et al., 2004) besonders gut dokumentiert. Für bestimmte Kultur- und Erntemaßnahmen wurde vermutet, dass sie unterstützend bei der Nagerbekämpfung eingesetzt werden können (PELZ, 1990). Das hat sich für Pflügen und Ernte bewährt, während sich Mähen und Mulchen kaum auf Feldmauspopulationen auswirken (JACOB, 2003). Selbst das Pflanzmuster scheint Einfluss auf die Populationsgröße von Nagern zu haben. So wurden Maniokpflanzungen in Sambia stärker vom Nager *Cryptomys spec.* besiedelt, wenn der Maniok in Reihen und nicht in Gruppen gepflanzt wurde (SICHILIA et al., 2003). Es scheint daher plausibel, bei starkem Nagerbefall entsprechende Bearbeitungs- und Anbaumaßnahmen, wenn praktikabel, in die Palette der Managementmethoden aufzunehmen.

Die biologische Bekämpfung von Nagern beschränkt sich oft auf die gezielte Ansiedlung von Prädatoren; z. B. von Tag- und Nachtgreifen. Trotz verschiedener Studien in Afrika (MOHR et al., 2003) und Asien (LENTON, 1980) ist es aber weiterhin unklar, ob Fressfeinde signifikant zur Schadensminderung beitragen können. Es ist ebenfalls nicht geklärt, ob der Anbau bestimmter

Kulturen die Entwicklung von Nagerpopulationen beeinflusst. Bemerkenswert ist aber, dass tiefwurzelnde Pflanzen *Tephrosia vogelii*, wenn sie im Feld und als Feldbegrenzung angepflanzt werden, die Besiedlungsdichte von unterirdisch lebenden Nagern *Cryptomys spec.* in Maniokfeldern Sambias reduzierten (SICHILIA et al., 2003). Viel versprechend erscheint der Einsatz von Sporocysten des Parasiten *Sarcocystis singaporensis* zur Minimierung von Rattenpopulationen in Thailand (JÄKEL et al., 1999), während sich *Capillaria hepatica* bei der Mäusebekämpfung in Australien nicht bewährt hat (SINGLETON und CHAMBERS, 1996).

Die auch heute bisweilen noch in den GUS-Staaten angewandte großflächige Bekämpfung von Nagern mit Bakterienpräparaten *Salmonella spec.* wurde in Deutschland bereits 1936 wegen der mit dem Einsatz verbundenen gesundheitlichen Gefahren (siehe LEETSCH, 1948) verboten. Die WHO hat diese Methode wegen des hohen Risikos der Übertragung auf Menschen sowie Haus-, Nutz- und Wildtiere als unakzeptabel eingestuft (WHO, 1967). Zudem wurde über Misserfolge mit diesem Verfahren bei der Feldmausbekämpfung berichtet (BAHR, 1909).

Repellentien aus Naturstoffen, z. B. auf Echinops-Basis (HEIDECHE et al., 2004), und Ablenkungsfütterung (PELZ, 2002) können Nageschäden mindern. So lässt sich der von Waldmäusen *Apodemus sylvaticus* verursachte Schadfraz an Zuckerrübensaatgut durch Ausbringen von Alternativnahrung am Feldrand wirksam verhindern (PELZ, 1987). Ob entsprechende Maßnahmen auch zur Abwehr von Wühlmausschäden geeignet sind, ist noch nicht ausreichend untersucht. Dabei muss auch geprüft werden, wie sich eine über das Winterhalbjahr andauernde Ablenkungsfütterung auf die Dichteentwicklung von Wühlmauspopulationen auswirkt.

Die Reproduktionsfähigkeit weiblicher Säugetiere kann durch die Auslösung bestimmter Immunreaktionen reduziert werden oder auch ganz zum Erliegen kommen (Immunokontrazeption). Dieses Verfahren wird erfolgreich für Großsäuger angewendet und kann nachhaltig die Populationsgröße senken, wenn die sterilen Weibchen fertile Einwanderer abwehren. Dadurch wird die rapide Neubesiedlung vermieden, wie sie häufig nach Fangprogrammen, Abschuss oder dem Einsatz von Giften erfolgt. Bei Hausmäusen lässt sich die Reproduktion auf Populationsebene erfolgreich unterdrücken, wenn 67 % der Weibchen sterilisiert werden (CHAMBERS et al., 1999). In Gehegeversuchen konnte gezeigt werden, dass bei Reisfeldratten die Populationsgröße sinkt und der Fraßschaden am Reis abnimmt, wenn 50–75 % der Weibchen sterilisiert werden (JACOB et al., 2004). Für den Pflanzenschutz praktikable Methoden für die Populationsregulation durch Sterilisierung von Nagern werden derzeit entwickelt und könnten zu artspezifischen Präparaten für die Nagerbekämpfung führen.

Eine Kombination einiger der oben genannten Methoden wurde bereits in australischen Getreideanbaugebieten getestet (SINGLETON und BROWN, 1999). Dort ließ sich selbst bei niedrigen Befallsdichten durch höhere Ernte ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis von 1:2 bis 1:9 je nach Kultur erzielen (BROWN et al., 2004). In Vietnam und Indonesien wurde nachhaltiges Nagermanagement für drei Jahre in Reisfeldern durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass Reisfeldratten-Populationen negativ beeinflusst (Populationsdynamik, Demographie), der Pflanzenschutz verbessert (weniger Fraßschäden, Erhöhung von Reisernte und Nettoeinkommen) und die Rodentizidanwendung reduziert werden (JACOB und SINGLETON, 2004). Nachhaltiges Nagermanagement hat nicht nur das Potenzial, Ernteverluste durch Nager abzuwehren, es könnte sich durch die Substitution von Chemikalien mit den oben genannten Methoden auch positiv auf die Ökosystemgesundheit auswirken.

## Schlussfolgerungen

Rodentizide sind meist noch das Mittel der Wahl zur Abwehr von Nagetierschäden in der Land- und Forstwirtschaft. Resistenz gegen blutgerinnungshemmende Rodentizidwirkstoffe kann bei Nagern unter hohem Selektionsdruck auftreten, aber es ist unklar, wie weit verbreitet dieses Phänomen ist und wie schnell sich Resistenzen entwickeln und ausbreiten können. Dadurch besteht die Gefahr, dass in einer Befallsituation nicht optimal wirkende Präparate angewendet werden. Unbekannt ist auch, ob die möglicherweise verstärkte Akkumulation von Rodentizidwirkstoffen in resistenten Nagern das Risiko einer Sekundärvergiftung bei Fressfeinden erhöht. Neben Rodentiziden stehen eine Reihe alternativer Konzepte zur Regulation von Nagerpopulationen zur Verfügung. Diese Konzepte gründen sich auf die Biologie und Ökologie bestimmter Nagerarten mit Schadenspotenzial und stützen sich häufig nicht auf die Entnahme von Individuen, sondern auf Präventivmaßnahmen wie Habitatveränderungen, die Anwendung von Vergrämungsmitteln oder die Verringerung des Vermehrungspotenzials von Schadnagern. Dadurch könnte das Problem der Wiederbesiedlung von nagerfreien Gebieten, die bei der Anwendung von Rodentiziden zwangsläufig entstehen, umgangen werden. Erfolg versprechende Methoden des nachhaltigen Nagermanagements, die auch in Deutschland verstärkt genutzt werden könnten, sind nagersichere Zäune, die Minimierung von Refugialhabitaten, die Unterstützung von Fressfeinden (z. B. Greifvögel, Musteliden) und Ablenkungsfütterungen. Vor der großflächigen Anwendung solcher Verfahren muss in Management-Experimenten überprüft werden, ob die erhofften Verbesserungen für den Pflanzenschutz tatsächlich auftreten. Gleichgültig ob Rodentizide oder alternative Methoden Anwendung finden, eine zuverlässige Befallsprognose könnte die Nagerbekämpfung in Land- und Forstwirtschaft gerichteter und somit wirtschaftlicher gestalten. Dadurch würde vor allem bei zyklisch auftretendem Befall unnötiger Aufwand vermieden und gleichzeitig könnten Belastungen von Nichtzielarten und Naturhaushalt verringert werden. Momentan stehen in Deutschland jedoch keine praktikablen Vorhersagemodelle zur Verfügung. Somit ergeben sich für die angewandte Kleinsäugerforschung im Pflanzenschutz drei Forschungsprioritäten: 1. die Untersuchung von Populationen kommensaler Schadnagerarten auf Resistenz gegen blutgerinnungshemmende Rodentizidwirkstoffe; 2. die Prüfung der Effektivität alternativer Verfahren zum nachhaltigen Management von Schadnagerpopulationen; und 3. die Entwicklung praktikabler Vorhersagemodelle zum Schadnagerbefall. Fortschritte in diesen Bereichen werden es ermöglichen, das Management von Schadnagern in der deutschen Land- und Forstwirtschaft bei gleichzeitiger Reduzierung der Mittelanwendung zu optimieren, Risiken für Nichtzielarten zu verringern und so dem Schutz von Naturhaushalt und Verbrauchern dienen.

## Literatur

- AELURIUS, G., 1625: Glätzische Chronik. Leipzig, 575 S.
- BABINSKA-WERKA, J., 1979: Effects of common vole on alfalfa crop. *Acta Theriologica* **24**, 281–297.
- BAHR, L. 1909: Die Resultate der Versuche zur rationellen Rattenvertilgung. *Zentralbl. Bakteriol. Parasitenk. Infektionskankh.* **52**, 441–455.
- BBA, 1978: Erhebung über die von Säugetieren und Vögeln in der Bundesrepublik Deutschland an Kulturpflanzen verursachten Schäden. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft.* **186**, 1–144.
- BOYE, P., 1996: Die Rolle von Säugetieren in mitteleuropäischen Ökosystemen. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* **46**, 11–18.
- BROWN, P. R., M. J. DAVIES, G. R. SINGLETON, J. D. CROFT, 2004: Can farm-management practices reduce the impact of house mouse populations on crops in an irrigated farming system? *Wild. Res.* **31**, 597–604.
- BUCKLE, A. P., M. G. P. FENN, 1992: Rodent control in the conservation of endangered species. In: BORRECCO, J. E., R. E. MARSH, *Proceedings of the 15th Vertebrate Pest Conference*, Davis, California, University of California, pp 36–41.
- CAUGHLEY, J., B. MONAMY, K. HEIDEN, 1994: Impact of the 1993 Mouse Plague. GRDC Occasional Paper, No.7. GRDC.
- CHAMBERS L. K., G. R. SINGLETON, L. A. HINDS, 1999: Fertility control of wild mouse populations: the effects of hormonal competence and an imposed level of sterility. *Wildl. Res.* **26**, 579–591.
- ENDEPOL, S., N. KLEMANN, H.-J. PELZ, K.-L. ZIEBELL, 2003: A scheme for the placement of rodenticide baits for rat eradication on confinement livestock farms. *Preventive Vet. Med.* **58**, 115–123.
- GEDDES, A. M. W., 1992: The relative importance of pre-harvest crop pests in Indonesia. Natural Resources Institute, Kent.
- GRATZ, N. G., 1994: Rodents as carriers of disease. In: AP BUCKLE and RH SMITH, *Rodent pests and their control*. CAB International, Wallingford, pp 85–108.
- HEIDECKE, T., M. MÜLLER, H.-J. PELZ, 2004: Ein Repellent zur Prävention von Nageschäden durch Mäuse auf der Grundlage eines Extraktes aus Kugeldistel (*Echinops sphaerocephalus*). *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft.* **396**, 238–239.
- JACOB, J., 2003: Short-term effects of farming practices on populations of common voles. *Agricult. Ecosyst. Environ.* **95**, 321–325.
- JACOB, J., P. R. BROWN, K. A. APLIN, G. R. SINGLETON, 2002: Ecologically-based management of pest rodents in rice-based agro-ecosystems in southeast Asia. In: TIMM, R. M. *Proceedings of the 20th Vertebrate Pest Conference*, 67–74.
- JACOB, J., N. HEMPEL, 2003: Effects of farming practices on spatial behaviour of common voles. *J. Ethol.* **21**, 45–50.
- JACOB, J., N. A. HERAWATI, S. A. DAVIS, G. R. SINGLETON, 2004: The impact of sterilized females on enclosed populations of ricefield rats. *J. Wildl. Manag.* **68**, 1130–1137.
- JACOB, J., G. R. SINGLETON, 2004: Ökologisches Schadnagermanagement in Reisfeldern. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft.* **396**, 445–446.
- JACOB, J., H. YLÖNEN, M. J. RUNCIE, D. A. JONES, G. R. SINGLETON, 2003: What affects bait uptake by house mice in Australian grain fields? *J. Wildl. Manag.* **67**, 341–351.
- JÄKEL, T., Y. KHOPRASERT, S. ENDEPOL, C. ARCHER-BAUMANN, K. SUASA-ARD, P. PROMKERD, D. KLIEMT, P. BOONSONG, S. HONGNARK, 1999: Biological control of rodents using *Sarcocystis singaporensis*. *Int. J. Parasitol.* **29**, 1321–1330.
- JOERMANN, G., 1998: A review of secondary poisoning studies with rodenticides. *EPPO Bulletin* **28**, 157–176.
- KEILBACH, R., 1951: Die Bekämpfung der Feldmaus (*Microtus arvalis*) auf Grund ökologischer und biologischer Studien. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* **1**, 45–47.
- KHIEM, N. T., L. Q. CUONG, H. V. CHIEN, 2003: Market study of meat from field rats in the Mekang delta. In: SINGLETON, G. R., L. A. HINDS, C. J. KREBS, D. M. SPRATT, *Mice, rats and people: Rodent Biology and Management*. Canberra, ACIAR, pp 543–547.
- KLEMANN, N., H.-J. PELZ, 2004: Die Bedeutung des Köderannahmeverhaltens für den Erfolg von Bekämpfungsmaßnahmen gegen Wanderratten. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft.* **396**, 181–182.
- LAM, Y. M., 1988: Rice as a trap crop for the Rice Field Rat in Malaysia. In: CRABB, A. C., R. E. MARSH, *Proceedings of the 13th vertebrate pest conference*. Davis, University of California, pp 123–128.
- LAUENSTEIN, G., 1979: Zur Problematik der Bekämpfung von Feldmäusen (*Microtus arvalis* (Pall.)) auf Grünland. *Zeitschrift für angewandte Zoologie* **66**, 35–59.
- LEETSCH, S. D. A. 1948: Bakterienpräparate gegen Mäuse und Ratten. *Der deutsche Apotheker* **2**.
- LENTON, G. M., 1980: Biological control of rats by owls in oil palm and other plantations. *Biotrop. Special. Publ.* **12**, 87–93.
- MWANJABE, P. S., F. B. SIRIMA, J. LUSINGU, 2002: Crop losses due to outbreaks of *Mastomys natalensis* (Smith, 1834) Muridae, Rodentia, in the Lindi Region of Tanzania. *Int. Biotrop. Biodeg.* **49**, 133–137.
- MOHR, K., S. VIBE-PETERSEN, L. L. JEPPESEN, M. BILDSØE, H. LEIRS, 2003: Foraging of multimammate rats (*Mastomys natalensis*) under different predation pressure: cover, patch-dependent decisions and density-dependent GUDs. *Oikos* **100**, 459–468.
- PECH, R., G. HOOD, G. SINGLETON, E. SALMON, R. FORRESTER R, P. BROWN 1999: Models for predicting plagues of house mice (*Mus domesticus*) in Australia. In: SINGLETON, G. R., L. A. HINDS, H. LEIRS, Z. ZHANG, *Ecologically-based management of rodent pests*. Canberra, ACIAR, 81–112.
- PELZ, H.-J., 1987: Rübensaatschäden durch Waldmäuse – Information zum Integrierten Pflanzenschutz. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **39**, 172–173.
- PELZ, H.-J., 1990: Pflanzenschutz und Wirbeltierschutz-Probleme und Lösungsansätze. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft.* **264**, 1–62.

- PELZ, H.-J., 2002: Schadensbegrenzung durch Warnsystem und Ablenkungsfütterung. *Berichte der Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft*. **104**, 77–83.
- PELZ, H.-J., S. ROST, M. HÜNERBERG, A. FREGIN, A. C. HEIBERG, K. BAERT, A. D. MACNICOLL, C. V. PRESCOTT, A. S. WALKER, J. OLDENBURG, C. R. MÜLLER, 2005: The genetic basis of resistance to anticoagulants in rodents. *Genetics* (im Druck).
- RICHTER, W., 1985: Über die Wirkung starken Feldmausbefalls (*Microtus arvalis* Pallas) auf den Pflanzenbestand des Dauergrünlandes und der Äcker. *Abh. Naturw. Ver. Bremen* **35**, 322–334.
- ROST, S., A. FREGIN, V. IVASKEVICIUS, E. CONZELMANN, K. HÖRTNAGEL, H.-J. PELZ, K. LAPPEGARD, E. SEIFRIED, I. SCHARRER, E. G. D. TUDDENHAM, C. R. MÜLLER, T. M. STROM, J. OLDENBURG, 2004: Mutations in *VKORC1* cause warfarin resistance and multiple coagulation factor deficiency type 2. *Nature* **427**, 537–541.
- SCHMIDT, K., 2003: Ergebnisse der Meldungen für Pflanzenschutzmittel und Wirkstoffe nach § 19 des Pflanzenschutzgesetzes für die Jahre 1999, 2000 und 2001 im Vergleich zu 1998. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **55**, 121–133.
- SICHILIA, A. M., M. S. ZULU, H. LEIRS, 2003: The effects of *Tephrosia vogeli* and land preparation methods on mole rat activity in cassava fields. In: SINGLETON, G. R., L. A. HINDS, C. J. KREBS, D. M. SPRATT, Mice, rats and people: Rodent Biology and Management. Canberra, ACIAR, pp 254–255.
- SINGLETON, G. R., 2003: Impacts of rodents in rice production in Asia. *IRRI Discussion Paper Series* **45**, 1–30.
- SINGLETON, G. R., P. R. BROWN, 1999: Management of mouse plagues in Australia: integration of population ecology, bio-control and best farm practice. In: COWAN, D. P., C. J. FEARE, *Advances in Vertebrate Pest Management II*. Fürth, Filander, pp 189–203.
- SINGLETON, G. R., P. R. BROWN, J. JACOB, K. P. APLIN, SUDARMAJI, 2005: Unwanted and unintended effects of culling. In: HARRIS, S., D. LAVIGNE, *Culling of Mammals*. Cambridge, Cambridge University Press, (im Druck).
- SINGLETON, G. R., L. K. CHAMBERS, 1996: A manipulative field experiment to examine the effect of *Capillaria hepatica* (Nematoda) on wild mouse populations in southern Australia. *Int. J. Parasitol.* **26**, 383–398.
- SINGLETON, G. R., L. A. HINDS, H. LEIRS, Z. ZHANG, 1999: Ecologically-based Rodent Management. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- SINGLETON, G. R., D. A. PETCH, 1994: A review of the biology and management of rodent pests in Southeast Asia. *ACIAR Technical Reports* No. 30.
- SUDARMAJI, ROCHMAN, G. R. SINGLETON, J. JACOB, RAHMINI, 2003: The efficacy of a trap-barrier system for protecting rice nurseries from rats in West Java, Indonesia. In: SINGLETON, G. R., L. A. HINDS, C. J. KREBS, D. M. SPRATT, *Mice, rats and people: Rodent Biology and Management*. Canberra, ACIAR, pp 277–280.
- TKADLEC, E., J. NESVADBOVA, J. ZEIDA, J. BRYJA, M. HEROLDOVA, B. RYCHNOWSKY, 1999: Summer decline in a central European population of the common vole. In: YLÖNEN, H., H. HENTTONEN, P. LAAJALAHTI, J. NIEMIMAA, *Proceedings of the 3rd European Congress of Mammalogy*, p. 224.
- WALTHER, B., H.-J. PELZ, 2005: Aussichten des Einsatzes von Migrationsbarrieren zur Abwehr von Wühlmausschäden im ökologischen Obstbau. In: HESS, J., G. RAHMANN: *8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau – Ende der Nische*, 99–102.
- WHO 1967: Joint FAO/WHO expert committee on zoonoses. Third Report. WHO Tech. Rep. Ser. **378**, 127 pp.
- WIELAND, H., J. SELLMANN, 1995: Computer aided system of forecasting the abundance of common voles (*Microtus arvalis* PALL.) in the East of Germany. In: GURNELL, J., *2nd European Congress of Mammalogy abstract book*, Southampton, p. 182.

Zur Veröffentlichung angenommen: 11. Juli 2005

*Kontaktanschrift: Dr. Jens Jacob und Dr. Hans-Joachim Pelz, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde, Toppeideweg 88, 48161 Münster, Tel (02 51) 8 71 06 45, Fax (02 51) 8 71 06 33, E-Mail j.jacob@bba.de; j.pelz@bba.de*