

Texte 25/02

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 296 89 901/01
UBA-FB 000215

Bestandsaufnahme und Bewertung von Neozoen in Deutschland

Untersuchung der Wirkung von Biologie und Genetik ausgewählter Neozoen auf Ökosysteme und Vergleich mit den potenziellen Effekten gentechnisch veränderter Organismen

Dipl.-Inf. (univ.) Olaf Geiter, Dr. Susanne Homma, Prof. Dr. Ragnar Kinzelbach

Institut für Biodiversitätsforschung, Allgemeine und Spezielle Zoologie, Universität Rostock

Kurzfassung

Biodiversität und geographischer Raum. Leben tritt grundsätzlich kompartimentiert auf: Zellen, Individuen, Fortpflanzungsgruppen, Arten, Gemeinschaften. Auf dem Niveau der Arten hat sich eine noch nicht abschätzbare Vielfalt (Biodiversität) entwickelt. Bisher sind etwa 1.850.000 Tierarten beschrieben, die tatsächliche Zahl wird bis auf etwa das zehnfache geschätzt. Davon kommen etwa 65.000 in Deutschland vor. Zur Entstehung von Arten spielt neben Mutation und Selektion die geographische Isolation (ggf. kleinräumig-topographisch, ggf. nach Wirten) eine ganz entscheidende Rolle. Die Arten unterliegen der Selektion. Sie können aussterben oder sich weiterentwickeln. Sie können in Anpassung an abiotische und biotische Faktoren ihre Areale verändern. Die Arealgrenzen fallen mit von außen wirksamen Verbreitungsschranken zusammen. Diese können nur überwunden werden, wenn eine Art sich an veränderte Bedingungen anpasst (z. B. neue Konkurrenten, neue Nahrungsquellen, anderes Klima) oder wenn ihre natürlichen Ausbreitungsstrategien entscheidend verbessert werden (z. B. Bewegungsfähigkeit, Dauerstadien, Widerstandsfähigkeit).

Eine erdgeschichtlich neue Möglichkeit zur Überwindung der Verbreitungsschranken bildete der Mensch mit seinem natürlichen und kulturellen Umfeld. Er hat in Europa in drei historischen Etappen in erheblichem Umfang Pflanzen und Tieren zur

Erweiterung ihres Verbreitungsgebietes verholten, indem er ihnen durch seine Aktivitäten die Überwindung der natürlichen Verbreitungsschranken ermöglichte. Die erste Etappe war die Zeit der Neolithischen Revolution (Einführung von Landwirtschaft und ortsfester Viehzucht). Die eingebrachten Tiere heißen Archäozoen. Die zweite Etappe begann mit der Eröffnung des interkontinentalen Verkehrs von Menschen und Waren mit dem Beginn der Neuzeit. Die eingebrachten Tiere heißen Neozoen. Im 20. Jh., etwa seit 1985, stieg im Zuge der Globalisierung der Austausch zwischen den Faunengebieten nochmals entscheidend an: Eine dritte Etappe bahnt sich an. Weltweit wird eine Homogenisierung der Faunen und Floren festgestellt. Sie gilt als Bedrohung der Biodiversität, des Ökosystems sowie von Gesundheit und Wohlstand des Menschen.

In vielen besonders betroffenen Ländern wurde diese Entwicklung intensiv registriert. In Deutschland gab es eine alte wissenschaftliche Tradition zur Erforschung der eingeschleppten Pflanzen; für die Tiere bestand ein Nachholbedarf hinsichtlich der Sachlage, der Bewertung des Faunenaustauschs und der angemessenen Reaktionen. Die hier vorgelegte Bearbeitung soll dazu beitragen, die Lücke zu schließen.

Terminologie. Eine Vereinheitlichung des Sprachgebrauches im Bereich der gebietsfremden Organismen ist wünschenswert. Bisherige Vorschläge werden diskutiert. Eine Definition für den eindeutigsten Begriff "Neozoen" wird gegeben: Neozoen sind Tierarten, die nach dem Jahr 1492 (Beginn der Neuzeit) unter direkter oder indirekter Mitwirkung des Menschen in ein bestimmtes Gebiet gelangt sind, in dem sie vorher nicht heimisch waren, und die dort wild leben.

Für eingeführte Taxa unterhalb der Ebene der Art (Subspecies, Populationen) wird neu der Begriff "Paraneozoen" vorgeschlagen. Der Unterschied zwischen etablierten und nicht etablierten Neozoen wird präzisiert. Erstere werden in Analogie zur Botanik als „Agriozoen“ bezeichnet. Sie entsprechen sinngemäß der Regel der 25jährigen erfolgreichen Ansiedlung und können als „einheimisch“ gelten im Sinne der Naturschutzgesetzgebung, § 20 a (4) BNatSchG.

Vorgeschlagen wird eine nach Schwerpunkten differenzierte Terminologie. Der Begriff „**Neozoen**“ ist bevorzugt zu verwenden zur Kennzeichnung des Aspekts der **Dislokation** (Überwindung natürlicher Verbreitungsschranken) allein durch menschliche Mitwirkung. Abzutrennen ist der Gesichtspunkt einer **weiteren Expansion** der Agriozoen, der in das Begriffsfeld „**Invasive Arten**“ fällt, dann allerdings auch autochthone oder natürlicherweise, aus eigener Kraft eingewanderte Arten umfasst.

Status. Während über die Zahl und Art der Neophyten eine differenzierte Erfassung und Statistik und Erfassung vorliegt, fehlte dies für Neozoen, auch in anderen europäischen Staaten. Zentrale Aufgabe war daher eine homogene Erfassung der Neozoen in Deutschland, möglichst frei von Zufälligkeiten. Dazu wurde ein Datenbanksystem (Programm Microsoft Access Version 2.00), gegliedert nach Arten, als Arbeitsinstrument entwickelt und angewandt. Diese Investition bildet eine Grundlage für weitere Arbeit.

Voraussetzung waren Beschaffung und Sichtung der umfangreichen wissenschaftlichen und „grauen“ Literatur, Verbindung mit Experten für einzelne Taxa, Mobilisierung und Vermehrung der eigenen unveröffentlichten Daten, Befragungen und Aufrufe in der Öffentlichkeit. Im März 2000 enthielt die Datenbank 1322 Arten von Neozoen für Deutschland. Davon erwartungsgemäß 48% Insekten.

Die Zuerkennung des Status "etabliert" (Agriozen) erfolgte restriktiv. Daraus ergaben sich (Tab. 24):

262 etablierte Neozoen (Agriozen)
430 Einzelfälle oder (noch) nicht etablierte Neozoen
431 vermutliche Neozoen in Deutschland (Status fraglich)
61 Neozoen in Nachbarländern, aber noch nicht in Deutschland
54 wieder verschwundene Neozoen
84 Arten waren irrtümlich zugeordnet, sind natürliche Zuwanderer oder nur regional Neozoen

(Stand 27.3.2000).

		Neozoen in Deutschland		davon Agriozen	
		Anzahl	%	Anzahl	%
Mammalia	Säugetiere	22	2,0	11	4,2
Aves	Vögel	162	14,4	11	4,2
Reptilia	Reptilien	14	1,2	0	0,0
Amphibia	Amphibien	8	0,7	0	0,0
Osteichthyes	Knochenfische	51	4,5	8	3,1
Arachnida	Spinnentiere	32	2,8	10	3,8
Insecta	Insekten	536	47,7	115	43,9
Crustacea	Krebse	63	5,6	26	9,9
Annelida	Ringelwürmer	34	3,4	34	3,4
"Articulata"	Andere Gliedertiere	20	1,8	7	2,7
Mollusca	Weichtiere	83	7,4	40	15,3
Aschelminthes	Rundwürmer	24	2,1	4	1,5
Plathelminthes	Plattwürmer	36	3,2	8	3,1
Cnidaria	Nesseltiere	7	0,6	5	1,9
	Sonstige Gruppen	31	2,8	7	2,7

Erstmals wurden 939 Neozoenarten als solche registriert. Im Wachstumsmodus ist eine exponentielle Zunahme der Einbringungen zu erkennen. Anzeichen einer

Plateaubildung sind noch nicht zu erkennen. Mikroskalig zeichnen sich z. B. kriegsbedingte Transporte und die Globalisierung seit 1985 ab.

Von 63% aller Neozoen und von 78% der Agriozoen konnten Angaben zum Herkunftsgebiet ausgewertet werden. Dies entspricht der bei der Begriffsbildung berücksichtigten Trennung zwischen Einschleppung und Ansiedlungserfolg.

- Die Bedeutung des Personen- und Warenverkehrs für die Einschleppung wird deutlich durch eine Korrelation der Herkunft von Neozoen mit dem Anteil des jeweiligen Kontinents am Gesamtimport nach Deutschland. Entsprechend kommen die meisten Neozoen aus Asien (27%) und Nordamerika (25%), die wenigsten aus Ozeanien (3%).
- Der Ansiedlungserfolg wird bestimmt durch Ähnlichkeit der Umweltbedingungen zwischen Ursprungsgebiet und dem Zielgebiet Deutschland. Die Nearktis stellt mit ihren ähnlichen Umweltbedingungen 35% der etablierten Neozoen, gefolgt vom paläarktischen Asien mit 25%. Europa nimmt als Herkunftsgebiet mit 15% aller und 16% der etablierten Neozoen eine Sonderstellung ein.

Nutzung von Neozoen. Viele Tiere wurden in Erwartung eines ökonomischen Nutzens eingeführt. Die beschriebenen oder erhofften Erfolge bzw. Erwartungen sind meist nur lokal und kurzfristig eingetreten. Die negativen Nebenwirkungen wurden nicht bemerkt oder nicht beachtet. Kosten-Nutzen-Rechnungen stehen noch aus. Vermutlich ist die Bilanz für den privaten Sektor (Betriebswirtschaft) positiv, die Schäden wurden auf ein Allgemeingut, das Ökosystem, oder auf die Volkswirtschaft abgewälzt.

Neozoen sind darüber hinaus nutzbar als unbeabsichtigte Freilandexperimente für Forschung: Populationsdynamik, Populationsgenetik, Ökologie und Zoogeographie. Bisher wurde diese Möglichkeit zu wenig wahrgenommen.

Schadenspotenzial. Angesichts der hohen Zahl der registrierten Arten ist erstaunlich, wie gering die von ihnen verursachten Probleme auf den ersten Blick sind. Diese Feststellung bietet keine Sicherheit hinsichtlich der Auswirkung zukünftiger Neozoen. Ein Grund ist die geringe Beachtung des Problems. Ein anderer liegt in der Faunengeschichte: Mitteleuropa war niemals geographisch oder ökologisch isoliert. Autochthone Fauna und Flora waren immer wieder gezwungen, sich mit Neueinwanderern auseinander zu setzen. Die autochthone Fauna in Mitteleuropa ist selbst größtenteils postglazial aus eigener Kraft eingewandert oder als Archäozoen eingebracht worden. Die Arten stellen daher eine konkurrenzstarke Auslese. Infolgedessen haben sie auch mit großem Erfolg die politische, kulturelle und kolonisatorische Expansion der Europäer in der ganzen Welt begleitet.

Ökonomische Schäden werden von einzelnen Arten in beträchtlichem Umfang verursacht, besonders durch Forst-, Landwirtschafts- und Vorratsschädlinge. Schon aus diesem Grund sollte jegliche weitere Einschleppung verhindert werden. Hinzu treten Kosten und Nebeneffekte durch die Bekämpfung, z. B. Giftwirkung auf Nicht-Zielorganismen, ggf. gesundheitliche Belastung betroffener Menschen. Die systemischen oder indirekten Umweltschäden und medizinische Folgekosten durch schleichende oder akute Vergiftung müssen von der Gesellschaft bzw. der Versichertengemeinschaft getragen werden. Personal- und Sachkosten der Schädlingsbekämpfung i.w.S. gehen als positive Leistung in das Bruttosozialprodukt ein. Neozoen schaffen Arbeitsplätze. Umgekehrt könnten durch verbesserte Prävention und konsequente Bekämpfung invasiver Arten in Anfangsstadien der

Ausbreitung erhebliche Mittel eingespart, d. h. sinnvollerer Verwendung zugeführt werden. Dazu ist die Ermittlung von Schadenssummen erforderlich. Nur wenn die Kosten sichtbar ausgewiesen werden, wird die Notwendigkeit ihrer Minimierung offenbar.

Gesundheitliche Schäden. Neozoen sind z. T. Krankheitserreger (Zoonosen), mit Einzellern, Eingeweidewürmern und Ektoparasiten. Weiterhin treten sie als Vektoren für Protozoonosen, Mykosen, Bakteriosen und Virose auf. Schließlich erregen Neozoen häufig Allergien. Sowohl Zoonosen als auch Vektoren werden zunehmend durch Fernreisen in die Tropen eingeschleppt. – Die Erkrankungen werden im Zielgebiet behandelt. Sie können daher, auch wenn sie unerkannt bleiben, meist ihre Entwicklungszyklen nicht vollenden. Dieser Status bietet keine Gewähr für zukünftige Entwicklungen. Man vergleiche die Pestkatastrophe von 1348-52, mit verbreitet durch ein eingeschlepptes Organismen-System. Hingewiesen sei auf Tierparasiten deren weitere Entwicklung kritisch beobachtet werden sollte, z. B. der Waschbärspulwurm (*Baylisascaris procyonis*) (auf den Menschen übertragbar, Todesfälle in den USA) und der Schwimmblasenwurm des Aals (*Anguillicola crassus*, Bestandsgefährdung des wirtschaftlich wichtigen Aals).

Folgen für das (Teil-)Ökosystem. Es gibt einen allgemeinen Einfluss der hohen Zahl der Neozoen insgesamt sowie die spezielle Auswirkung einzelner besonders aktiver Arten. Fauna, Flora und Habitate in Mitteleuropa wurden frühzeitig durch den Menschen verändert und „gestört“. Sie erlangten dadurch eine hohe Stabilität auf niedrigerem Niveau. Dies ist noch deutlicher im alten Kulturraum der Mediterraneis. Die Schäden sind daher subtil und können nur durch genaue Untersuchungen über lange Zeitspannen identifiziert werden. Sie werden durch andere, grobere Beeinträchtigungen von Flora, Fauna und Habitaten überlagert. Die Wirkung einzelner Arten wird von der jeweiligen, artspezifischen Biologie bestimmt, wodurch sich dringend die Notwendigkeit einer Einzelfallprüfung ergibt.

Folgen für die Biodiversität. Nach bisheriger Kenntnis sind in Mitteleuropa keine Arten durch Konkurrenz von Neozoen ausgestorben. Lokale Umsetzungen einheimischer Arten verursachen fast ebenso viele Schäden. Häufig ist lokale Verdrängung oder Veränderungen in den Abundanzen. Im Sinne des Naturschutzes ist daher, abgesehen von den Agriozoen, Prävention der Einbringung und Bekämpfung der ersten Ansiedlungen sinnvoll. Jedoch sollte auch in diesem Falle nicht pauschal, sondern nach Einzelfallprüfung vorgegangen werden.

Genetische Beeinflussung (Introgression, Arthybriden) autochthoner Arten trifft vielfach zu. Betroffen sind Süßwasserfische durch wahllosen Besatz mit ortsfremden Populationen oder durch Verwilderung aus der Aquakultur. Betroffen sind bedrohte Tierarten durch Einbringung ortsfremder Populationen zur Bestandsstützung (z. B. Uhu, Wanderfalke, Biber). Schließlich ist vielfach genetischer Austausch zwischen Haustieren und verwandten Wildtieren erfolgt (z. B. Stockente, Graugans, Höckerschwan, Wildschwein, Lachs, Forelle). Für Introgression von Subspecies mit Auslöschungsgefahr für einen spezifischen Genpool ist das prominenteste Beispiel in Europa der Fall der Ruderenten (*Oxyura* spp.). Doch muss relativiert werden: Introgression als Mittel der Erhöhung der Biodiversität ist von Natur aus auch bei Tieren häufiger als allgemein bekannt, z. B. im Falle des „Grünfrosch-Komplexes“ (*Rana* kl. *esculenta*).

Es kommt durch Neozoen zur Bildung von Arthybriden zwischen Arten, die zwar biologisch oder ökologisch getrennt sind, jedoch noch nicht auf der physiologischen bzw. genetischen Ebene. Betroffen sind vor allem die Gänse und Enten (Anatidae),

die Großfalken (Falconidae) sowie einige Finkenvögel (Fringillidae). Unfruchtbare Artbastarde kommen in der Natur zu 1-3% vor und sind meist unerheblich. Einige Hybriden sind jedoch fertil und es kommt zu Introgression.

Eventuell freigesetzte gentechnisch veränderte Tierarten reproduzieren mit ihren Ursprungsarten; sind diese freilebend, gibt es neue Fälle von Paraneozoen. Genetische Manipulation schafft Paraneozoen bzw. Neozoen im Labor; im Falle der Freisetzung würden sie sich wie Neozoen (mit oder ohne Hybridisierung mit verwandten Arten) verhalten. Freigesetzte gentechnisch veränderte Tiere wurden bisher in Deutschland nicht nachgewiesen. Die an den Neozoen gewonnen Erkenntnisse könnten ggf. auf sie in vollem Umfang angewendet werden. Auch hier ist im Sinne der Prävention bzw. des Monitoring zu unterscheiden zwischen der Einbringung (Entkommen, Aussetzen, absichtlicher Ausbringung z. B. über Aquakultur) und der Etablierung als Population. Wie bei Neozoen spielt dabei der Zufall eine große Rolle: Das Entkommen mag ein unter singulären Bedingungen erfolgender „Unfall“ sein; der Erfolg der Ansiedlung ist von der jeweiligen Art und vom jeweiligen Umfeld abhängig und nicht prognostizierbar. Neozoen sind damit zwar ein Modell für gentechnisch veränderte Tiere im Freiland; der Modellcharakter führt jedoch nicht entscheidend weiter hinsichtlich einer Prognose.

Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Neozoen. Die Bundesrepublik Deutschland hat 1993 das "Übereinkommen über die biologischen Vielfalt" ratifiziert (Biodiversitätskonvention der UN-Konferenz von Rio de Janeiro 1992). Daraus ergibt sich ein administrativer und legislativer Handlungsbedarf in Bezug auf Neozoen, der bisher nur in Anfängen implementiert werden konnte. Dabei muss der Schwerpunkt auf der Vorsorge liegen.

- **Prävention.** Vorsorge ist erforderlich und muss alle Bereiche von Import, Handel, Vermehrung, Transport und Haltung von Tieren im Vorfeld umfassen. Die Kontrolle wird bereits vor der Freisetzung ausgeübt. Das Vorsorgeprinzip ist in der Umweltgesetzgebung festgelegt und auch in der Präambel der Biodiversitätskonvention enthalten. Dieses Ziel wird sich auf Grund der politischen Rahmenbedingungen nur im Rahmen der Europäischen Union verwirklichen lassen. Hier sollte die Bundesrepublik Deutschland aktiv Einfluss nehmen.

Darüber hinaus sind die nationalen Möglichkeiten zur Verhinderung von Einschleppungen zu koordinieren. Wichtig ist dabei nicht nur die Ergänzung und Homogenisierung der weitgehend verfügbaren gesetzlichen Grundlagen, sondern vor allem ihre erfolgreiche Anwendung. Im Falle der vorsätzlichen Einfuhr bzw. der Ausbringung in das Freiland ist bei größeren Tieren eine Kontrolle erfolversprechend, ebenso sind für Verfrachtung über Schiffe und Kanäle Maßnahmen möglich. Ein Einfuhr- und Handelsverbot unter Anlehnung an das CITES-Abkommen, aber in dessen Erweiterung ist erforderlich. Die Berner Konvention schreibt zwingend eine Folgenabschätzung im Falle der Freilassung fremder Arten vor.

Alle Massnahmen werden weitere Importe nur verzögern, nicht verhindern. Denn bei kleinen Tieren bzw. unabsichtlicher Einfuhr bzw. Ausbringung ist Kontrolle fast unmöglich. Im Grundsatz sollte jede Einzelperson oder jedes Unternehmen aktiv dafür Sorge tragen, dass durch sein Handeln keine weiteren Neozoen eingeschleppt werden. Dazu muss die Bevölkerung weiter informiert und motiviert werden (Öffentlichkeitsarbeit) und das Verursacherprinzip aktiviert

werden. Personen, die fahrlässig oder absichtlich Tiere freisetzen, sollten im Sinne eines Schadensersatzes zur Verantwortung gezogen werden.

- **Intervention und Eingrenzung.** Neozoen sollten nicht als Selbstzweck, sondern nur dann bekämpft werden, wenn sie nachweislich größere ökologische, ökonomische oder medizinische Schäden verursachen. Neozoen sind ähnlich zu behandeln wie auffällig gewordene einheimische „invasive“ oder „schädliche“ Arten.
- **Schadensfeststellung.** Die Schadensschwelle ist zu diskutieren. Verfahren zu ihrer Identifikation sind zu entwickeln.
- **Öffentlichkeitsarbeit.** Die Öffentlichkeit ist besser zu informieren um ein Verantwortungsgefühl im Hinblick auf die Freisetzung von Organismen zu entwickeln. Sowohl beruflich mit Tierhaltung, Transporten und Tierimporten befasste Personen als auch Privatleute sollten informiert werden. Übertriebene Ängste und Xenophobie sollten jedoch abgebaut und für einen sachlichen Umgang mit dem Problem geworben werden. Die Neobiota sollten nicht stark emotionalisiert diskutiert werden.
- **Organisationsform.** Vorgeschlagen wird die Herstellung einer Verfahrenskette von der Grundlagenforschung über eine aktualisierte Datenbasis zu einer fallbezogenen Risiko-Abschätzung und zum Gefahrenmanagement. Die erforderlichen Komponenten und Träger sind verfügbar. Sie sind in geeigneter Weise zu koordinieren.

Eine zentrale Instanz (Umweltbundesamt und/oder Bundesamt für Naturschutz), welche die juristisch-administrative Seite vertritt und zugleich die Verbindung zum politischen Bereich im BMU herstellen kann, erstellt einen Managementplan für Invasive Arten und koordiniert die Aufgabenverteilung für Prävention und Intervention an die Verwaltungen und Forschungseinrichtungen in Bund und Ländern. Im Bedarfsfalle kann eine „Task Force“ aus allen genannten Bereichen zusammengestellt werden.

Zugeordnet ist ein Sachverständigenbeirat für invasive Arten mit fachlicher Kompetenz. Seine Funktionen sind Beschaffung, Verwaltung und Bereitstellung von Information, Öffentlichkeitsarbeit, Politikberatung. Er kann strukturiert werden in zentrale Informations- und Koordinationsstellen für größere Bereiche (Pflanzen, Tiere; Großlebensräume wie Land, Meer, Süßwasser). Diese können sich z. B. aus der bereits vorhandenen Gruppierung „Neobiota“ rekrutieren. Bestimmte Vorhaben, z. B. Datenbanken und Öffentlichkeitsarbeit (u. a. Webmaster) müssen institutionell gestützt werden.

Als nächster Schritt zur Etablierung der vorgeschlagenen Organisationsstruktur sollte eine Bundeskonferenz der betroffenen Einrichtungen vorgesehen werden.

Summary

Biodiversity and Geography. Life occurs only in compartments: cells, individuals, reproductive units, species, communities. Animal biodiversity on species level comprises approximately 1.850 000 scientifically described species; its real number is estimated to be ten times higher. Approximately 65.000 species occur in Germany. Beside the processes of mutation and selection the geographic isolation (also by small-distance topography, partly by different hosts) plays a decisive role for the origin of species. Species may be extinguished or continue their differentiation, they also may change their areas adapting to biotic or abiotic factors. The area boundaries coincide with external limits of expansion. These only can be transgressed if a species is able to adapt to changed conditions, e. g. to new competitors, new nutritional resources, changed climate, or if its natural strategies of expansion improve, e. g. motility, hardiness, increased reproduction rate, development of resistant stades.

A definitely new chance for animal distribution in earth's history was provided by the coming up of man with his specific natural and cultural possibilities to overcome distributional limitations. In Europe man in history has helped animals in three steps to expand considerably their natural distribution areas, enabling them by his specific activities to surpass their natural distribution limits. For the first time this happened in the period of the Neolithic Revolution (import of agriculture and stock-farming); it led to the establishment of the "archaeozoans". The second event started with the opening of regular intercontinental exchange of persons and goods at the beginning of the New Age in 1492. It started the intercontinental exchange of "neozoans". At the end of the 20th century, traceable since 1985, the worldwide exchange of species raised again by the intensified globalisation of commerce: The beginning of a third step, the general globalisation of faunas and floras.

Exchange of faunas is considered to be a serious threat of biodiversity, of regional ecosystems and of health and prosperity of mankind.

In many countries, which were seriously affected, this development was observed intensely. Germany has an old scientific tradition dealing with imported plants, but a backlog demand concerning the fact of faunal exchange in general, its status, its evaluation, and the adequate handling of the problem. This paper tries to contribute to fill the gap.

Terminology. It is a striking demand to establish a homogenous terminology in the field of alien organisms. The terms used by botanists and other proposals are examined and discussed. A redefinition is given for the most definite term „neozoans“. Neozoans are animal species which after the year 1492, by direct or indirect help of man, came into a defined region, where they lived not before, and which now are found free-living there.

For newcomers below the species level the new term "paraneozoans" is proposed. The difference between established and not (yet) established neozoans is sharpened. The established ones (reproduction of at least 3 free-living generations) are named "agriozoans", analogous to the "agriophytes" of botany. They correspond usually to the rule of a successful survival of 25 years and are thus considered as „indigenous“ according to the nature protection law, § 20 a (4) BNatSchG.

A further sharpening of terms is proposed. The term "neozoan(s)" should be used preferably to signify the aspect of a **dislocation** of an animal population or species

(transgression of a natural distribution boundary) by human participation and activity. Its possibly continued **expansion** in the newly settled region, after becoming established as “agriozoan”, falls into the reach of the term „invasive species“, which includes also autochthonous species and such species which expand naturally into an area where they were not found before.

Status. The identity and number of neophytes in Germany are well investigated and covered by statistics. This was not comparably worked out for neozoans, as in other European countries. Therefore a central goal was to register homogenously and systematically the neozoans in Germany. As an instrument a data base was established and applied (Programme Microsoft Access, version 2.00). This investment is a base for work and it guarantees an easy continuation.

Required was to make available and to evaluate under a general viewpoint the comprehensive literature in scientific and amateur journals, also the „grey literature“. It was necessary to contact experts for single animal taxa, to mobilise and to increase our own unpublished data (collected nearly by 50 years), to publish questionnaires and public calls for information. In march 2000 for Germany 1322 neozoic species were recorded. As expected, the most important taxon was the insects with 536 (48%) species. This is by far not the final count. In most invertebrate taxa the list is still considerably uncomplete. The status “established” or “agriozoan” was attributed restrictively. The resulting figures are:

262 established neozoans, agriozoans
430 single case of import or not (yet) established neozoans
431 supposedly neozoan
61 recorded from neighbouring countries, expected for the near future
54 neozoans which disappeared again
84 erroneously taken for neozoans, or neozoic only in parts of Germany

(Status of 27.3.2000).

		neozoans in Germany		thereof agrizoans	
		species number	%	species number	%
Mammalia	Mammals	22	2,0	11	4,2
Aves	Birds	162	14,4	11	4,2
Reptilia	Reptiles	14	1,2	0	0,0
Amphibia	Amphibians	8	0,7	0	0,0
Osteichthyes	Bony Fish	51	4,5	8	3,1
Arachnida	Spiders and relatives	32	2,8	10	3,8
Insecta	Insects	536	47,7	115	43,9
Crustacea	Crustaceans	63	5,6	26	9,9
Annelida	Annelids	34	3,4	34	3,4
„Articulata“	Other articulate taxa	20	1,8	7	2,7
Mollusca	Molluscs	83	7,4	40	15,3
Aschelminthes	Roundworms	24	2,1	4	1,5
Plathelminthes	Flatworms	36	3,2	8	3,1
Cnidaria	Cnidarians	7	0,6	5	1,9
	Others	31	2,8	7	2,7

Of the total, 939 species were recorded as neozoans for the first time. An exponential increase is recorded, a plateau is not yet visible. On minor scale, transports in war times or changes in transportation systems left traces, also the effect of globalisation since 1985.

The area of origin was identified for 63% of the neozoan species recorded, and for 78% of the agrizoans.

The division in a phase of deliberate or unintentional import itself and one of subsequent success of expansion, which was discussed for the terms „neozoans“ and „invasive species“, can be proved:

- The importance of travel and trade for species imports is signified by a correlation between the area of origin and the relative share of commercial importations from the continent in consideration to Germany. Most neozoan species came from Asia (27%) and North America (25%), the least from Oceania (3%).
- The success to become an established or even an invasive species depends on the relative similarity of the environmental conditions of the area of origin and the

area of destination, here Germany. Most agriozoans (35%) are of nearctic origin, followed by the palearctic part of Asia (25%). A special position is held by Europe. From there came 15% of all, 16% of the established neozoans.

Use of neozoans. Many species were imported in expectation of economic use. Success or expected success is traceable only locally or for short periods. The negative side effects usually have not been registered or were ignored. There is a lack of calculations of costs and benefits. Presumably the balance is positive for the private sector; the costs were transferred to a common property, the ecosystem, or to the national economy.

Neozoans are useful as unintended outdoor experiments for research: population dynamics, population genetics, ecology and zoogeography. This opportunity was used insufficiently up to now.

Potential of damage. Considering the high number of recorded species there is, at first glance, astonishing little complaint about damage caused by neozoans. One reason is the lack of awareness. Another is due to the specific faunal history. Most species of the autochthonous fauna of Central Europe immigrated from Mediterranean refuge areas after the last Pleistocene glaciation to the north, either by their own distribution potential or, dislocated by man, as archaeozoans. Therefore they are selected for fitness and competitiveness. This is supported by the observation, that they later on were able to follow successfully the political, cultural, and colonising expansion of the Europeans all over. Central Europe was never geographically or ecologically isolated. Its autochthonous fauna and flora was repeatedly forced to deal with neozoic or invasive species. But, this statement gives no safety concerning the possible impact of future neozoans.

A prognosis is not possible. Even the international SCOPE project „Ecology of Biological Invasions" (DRAKE et al. 1989) did not succeed in developing a model permitting a clear assessment of the behaviour and risk potential of an introduced species. The OECD workshop in April, 1996, in Sweden (SJÖBERG & HOKKANEN 1996) came to the same conclusion with regard to the import of organisms for economic use.

Damage in economy. Economic damage is caused by certain species to a considerable amount, mainly in forestry, agriculture and storage of organic products. The possibility of an "ecological disaster" similar to the introduction of the Colorado beetle to Europe does exist. Since the ecological and economic effects of any introduced species cannot be prognosticated reliably, it makes sense from the economic view to avoid strictly further importation of possibly hazardous animals.

The direct damage by feeding or devastating products for human use is increased by the costs and by the side effects of pest control, e. g. poisoning of non target organisms, or health risks for persons involved. The systemic or direct damage for the environment and the expenses for treatment of acute or long-term intoxication burden the society or the insurance system. The expenses for pest control, fees and equipment, consist parts of the GNP: Neozoans create jobs. Better prevention and more effective control and containment of invasive species makes a considerable amount be saved. An essential task is to calculate the damage in total and detail. Only if the expenses are visibly presented, it becomes obvious for the public and politics that it is urgently necessary to minimize them.

Damage in the field of human and animal medicine. Neozoans are either themselves pathogens (zoonoses), including protozoans, helminths, and various

ectoparasites. Furthermore they are vectors for protozoonoses, mycoses, bacterioses, and viruses. Neozoans also frequently arouse allergies. As well zoonoses as vectors are increasingly imported by tourist and business travels to the tropics. Usually neozoan-caused diseases are cured in the target regions. So, they usually cannot complete their infectious or life cycles, also in case they are not treated. This situation gives no guarantee for future development. A view back to history teaches: The great bubonic plague (1348-1352) spread over Europe supported by a biosystem of several imported organisms. Also animal parasites have to be mentioned, e. g. an ascarid worm of the Raccoon *Baylisascaris procyonis* (infecting also man, casualties being reported in the U.S.A.), or the bladder roundworm of the Eel *Anguillicola crassus* (endangering stock and yield of the eel-fishery).

Neozoan activity which is relevant for the health of man or domestic and useful free-living animals should be watched very carefully.

Damage of local ecosystems. There is a general influence on the ecosystem due to the high number of neozoan species, as well as a special, sometimes striking influence by certain species. Fauna, flora, and habitats in Central Europe from prehistoric times on were changed and disturbed by man. They attained by this alteration a high degree of stability on a low, comparatively little differentiated level. This is true even much more in the old cultural region of the Mediterranean. Ecological damage by neozoans may be subtle and can be identified only by detailed long term studies. It is usually superposed by other, strong anthropogenic damages of flora, fauna, and habitats. The impact of single harmful species is determined by their specific biology. So, urgently single case, single species studies are needed.

Influence on the biodiversity. The large number of alien organisms introduced into Germany does not (yet) endanger the biodiversity on a large scale. Anthropogenic dispersal of native species to inadequate sites induced just as many ecological problems. As far as known presently, in Central Europe no autochthonous species were extinct due to the influence of neozoans.

Alien species, however, created important small-scale ecosystem changes at some locations, including local extinction. According to the aim of nature's protection it is recommended (let beside the already well-established and integrated agriozoans) to prevent the introduction and to eradicate the first colonies of neozoans. Anyway, also in this case no general procedure should be applied; measures should be adapted to the single case.

Genetic influence (introgression, hybridisation of species and infraspecific genetic exchange) on autochthonous species was observed frequently. Targets are many species of freshwater fish, altered by uncontrolled spread of non-indigenous populations or by escapees from aquaculture. Endangered autochthonous animal species were threatened by introgression of non-indigenous populations which were used to strengthen their stock (e. g. Eagle Owl, Peregrine, Beaver). Finally a frequent genetic flow from domesticated stocks to their free-living relatives was recorded (e. g. Mallard, Grey lag Goose, Mute Swan, Wild Boar, Salmon, Trout). The most popular example in Europe for extinctive genetic introgression are the Ruddy ducks (*Oxyura* spp.).

On the other hand genetic introgression may be considered as a means to increase biodiversity. It may start potentially the origin of new biodiversity, first on the infraspecific, and later on the specific level. It occurs much more frequently also in

wilderness as usually presumed. A famous example is the Water Frog or “green frog complex” (*Rana kl. esculenta*).

Neozoans cause hybrids between species which are separated by biology or ecology, but not yet on the level of physiological or genetic mechanisms. This applies mainly the geese and duck family (Anatidae), the great falcons (Falconidae), and some finches (Fringillidae). Non-fertile species hybrids are calculated 1-3% of a free-living population; they are not very important. Some hybrids obviously are fertile, cause introgression, adding horizontal genetic exchange to the usually vertical one. Hypothetically, it may end in the loss of one or both parent species, or in the win of a daughter species, alone or together with remaining populations of the parent species.

Model function. Possibly animals which are artificially genetically modified are freed, and reproduce with their free-living relatives. This is comparable with another case of paraneozoans. Genetic manipulation produces paraneozoans or neozoans under laboratory conditions. If freed, they behave as neozoans (with or without hybridisation with related taxa). Artificially genetically modified animals were not found outdoor in Germany. If so, the general pattern of Neozoic behaviour and life can be applied on them to full extent.

Also in this case the problem as well as means of its solution split into the first phase of release or import, which needs prevention and containment, and into the second phase of establishment of a growing population which may become “invasive”.

As in neozoans the development is directed only by coincidence: Escaping may be an accident under unique conditions (a singular, historical event, steered by conditions set by man): Successful settlement depends on properties of the respective species and from respective environmental circumstances. A prognosis is not possible also in this case. So far, neozoans may serve as a model for free-living genetically modified animals. But, the model is not very helpful in as far as it does not provide reliable prognoses, which are desired for problem solution.

Recommendations. The Federal Republic of Germany ratified in 1993 the Biodiversity Convention (UN conference of Rio de Janeiro 1992). It accepted the plight to develop principles in legislation and administration to deal with neozoans as a threat of biodiversity and ecology worldwide. This is implemented only partially, focussing on prevention (UBA-Texts 20/99, UBA-FB 99-002).

- **Harmonisation of laws which apply to different sectors.** For historical reasons, there are regulations regarding alien organisms in the sectors of agriculture, forestry, aquaculture, nature conservation law, animal protection law, marine law. This sectoral approach needs to be harmonized. A classification below the species level (paraneozoans) is especially needed, also with regard to the re-introduction and re-stocking of species. An alternative would be to distinguish between legal provisions applicable to the different cases of an introduction, re-introduction, and re-stocking, as proposed by IUCN (1987). The question of liability must be clarified.

It is necessary to use or even to extend the CITES regulations, which cover parts of the problem of illegal animal import. Use should be made also of the recommendation concerning the introduction into the environment of alien organisms in the „Bern Convention on the conservation of European wild fauna and flora and their natural habitats" which proposes an extensive assessment of the environmental compatibility in the case of any intended introduction of a species.

- **Prevention.** A precautionary approach to the problem of uncontrolled dispersal of alien organisms must encompass import, trade, breeding, transport and holding of alien species. This would shift the control to an earlier stage, before the release of organisms. The precautionary principle laid down in German environmental law and in the preamble to the Convention on Biological Diversity should be a general consensus.

As an environmental goal the release of alien species must be minimized. This strategy can only be implemented in the frame of the European Community. Activity and influence of the political process is required.

Beside, the national potential for prevention or control of animal imports should be co-ordinated. The legal regulations must be not only homogenised: More important is their successful application. In case of intended import or of intended release into the wilderness for big animals a control seems to be successful. Measures are in discussion for the control of ships and channels for unwanted animal imports.

This requires the following steps: Maintenance of a catastrophe of alien species, including an assessment of the ecological, economic and sanitary consequences of their dispersal; implementation of a monitoring program targeted at alien organisms in terrestrial, freshwater and marine ecosystems; development of methods of risk assessment.

All measures may delay but not stop the further increase of the neozoan spectrum. Unintentional imports, especially of small animals, can never be excluded. An improvement of the present situation of neglect would be, to sharpen the awareness of every citizen and every company, to care for prevention of unwanted animal imports. Improvement of public information and a stimulus for motivation is necessary.

- **Intervention and containment.** Development of adequate measures and action plans to reduce the spreading of alien organisms is necessary. Neozoans should not be removed generally but only in case they cause significant damage in the fields of ecology, economy, medicine. They are to treat in the same way as alarming autochthonous invasive species or pests or as natural immigrants. The threshold triggering action is a matter of discussion.
- **Monitoring.** Reforms are needed with regard to monitoring procedures (at the state, federal, and European level).
- **Public information, media.** A better information of the general public is needed to create an awareness of the consequences of unintentional dispersal of alien organisms. This particularly concerns professionals such as transport companies, gardeners, farmers, forest wardens and pet shop keepers on one hand, but it also includes e. g. pet owners, amateur gardeners and recreational fishermen. Instead of exaggerated fears and xenophobia a differentiated view of the neozoa problem should be encouraged. The neo-organisms are not a suitable subject for emotional discussions.
- **Risk and damage assessment.** A guideline with criteria should be developed to help the federal states conduct the necessary risk assessment and to standardise the licensing procedures throughout Germany. As in the genetically modified organisms (GMO) procedure, the decisions and

evaluations should take into account the risks associated with an organism, the conditions of its release, the environment into which it is to be released, as well as monitoring and control actions subsequent to the release.

- **Organisation.** A procedural chain is necessary including research, an actualised database, single-case risk-assessment and problem-management. The necessary components and resources are available. They need a suitable co-ordination.

As a central administrative body connected to environmental politics (BMU Ministry of Environment; state ministries of environment) either the UBA (Federal Agency for Environment) or the BfN (Federal Agency for Conservation) should establish an invasive species management plan. It should care for co-ordination and distribution of necessary tasks for prevention and/or intervention to the executing federal or state-based facilities for management and/or research. If necessary, a “task force” may be established.

An expert group, a national invasive species council may be attributed. It may consist of already existing centres of knowledge. It is responsible for collecting, administering, presentation and distribution of information, for public relations, for consulting. It may be structured according the most important fields of activity as plants, animals, or according to terrestrial, marine, and freshwater habitats.

A first step to establish this new instrument of biodiversity conservation politics would be a conference of all institutions concerned.

Abstract

The boundaries of distribution areas of animal species coincide with external limits of expansion. These only can be transgressed in case of environmental change or of change of the distribution strategies of the species itself. A definitely new chance for animal distribution in earth's history was provided by mankind offering new natural and cultural possibilities to overcome distribution limits. In Europe man in history has helped animals in three steps to expand their natural distribution areas, enabling them by his specific activities to surpass their natural distribution limits. For the first time this happened in the course of the Neolithic Revolution (import of agriculture and stock-farming); it led to the establishment of the “archaeozoans”. The second event started with the opening of regular intercontinental exchange of persons and goods at the beginning of the New Age in 1492. It started also the intercontinental exchange of “neozoans”. At the end of the 20th century, traceable since 1985, the worldwide exchange of species was raised again by the intensified globalisation of commerce: The beginning of a third step, the general globalisation of faunas and floras.

Exchange of faunas is considered to be a serious threat of biodiversity, of regional ecosystems and of health and prosperity of mankind.

A homogenous terminology in the field of alien organisms is proposed. A redefinition is given for the most definite term „neozoans“. Neozoans are animal species which after the year 1492, by direct or indirect help of man, came into a defined region, where they lived not before, and which now are found free-living there. For the same phenomenon below species level (populations, subspecies) the new term "paraneozoans" is proposed. The difference between established and not (yet) established neozoans is sharpened. The established ones (reproduction of at least 3

free-living generations) are named “agriozoans”, analogous to the “agriophytes” of botany. They correspond usually to the rule of a successful survival of 25 years and are thus considered as „indigenous“ according to the nature protection law, § 20 a (4) BNatSchG.

The term “neozoan(s)” should be used preferably to signify the aspect of a **dislocation** of an animal population or species (transgression of a natural distribution boundary) by human participation and activity. Its possibly continued **expansion** in the newly settled region, after becoming established as “agriozoan”, fits to the term „invasive species“, which includes also autochthonous species and such species which migrate naturally into an area where they were not found before.

A survey is given of the species and categories of neozoans in Germany. A data bank was based on literature, unpublished data, inquiries. In march 2000 for Germany 1322 neozoans were recorded. In most invertebrate taxa the list is still considerably uncomplete.

262 established neozoans, agriozoans
430 single case of import or not (yet) established neozoans
431 supposedly neozoan
61 recorded from neighbouring countries, expected for the near future
54 neozoans which disappeared again
84 erroneously taken for neozoans, or neozoic only in parts of Germany

Most neozoan species came from Asia (27%) and North America (25%), the least from Oceania (3%).

Most agriozoans (35%) are of nearctic origin, followed by the palearctic part of Asia (25%). From Europe came 15% of all, 16% of the established neozoans.

Many species were imported in expectation of economic use, in most cases with little success. The negative side effects usually have not been registered or were ignored. There is a lack of calculations of costs and benefits. Presumably the balance is positive for the private sector; the costs were transferred to a common property, the ecosystem, or to the national economy.

There is a potential of damage. Considering the high number of recorded species the degree of damage is low compared with subtropical and tropical or island ecosystems. Reasons are discussed. A prognosis of future introductions and the extent of their impact is not possible. Damage is recorded on different fields:

- Economic damage is caused by certain species to a considerable amount, mainly in forestry, agriculture and storage of organic products, by feeding or devastating products for human use. It is increased by the side effects and the costs of pest control. The expenses, fees and equipment, consist parts of the GNP: Neozoans create jobs. An essential task is to calculate the damage in total and detail. Only if the expenses are visibly presented, it becomes obvious for the public and politics that it is urgently necessary to minimize them.
- Neozoans are a health hazard. They are either pathogens, including protozoans, helminths, and various ectoparasites; they are vectors for

protozoonoses, mycoses, bacterioses, and viruses; they frequently arouse allergies. Usually neozoan-caused diseases are cured in the target regions. So, they cannot complete their infectious or life cycles. This situation gives no guarantee for future development. Also parasites and diseases of domestic and useful free-living animals are a potential threat and should be watched carefully.

- Neozoans cause damage of local ecosystems, generally by the high number of neozoan species, and by specific activities of some species. The impact is different depending on habitats and species involved. It is not easily identified: Fauna, flora, and habitats in Central Europe from prehistoric times on were changed and disturbed by man. They attained by this alteration a high degree of stability on a low, comparatively little differentiated level. Ecological damage by neozoans may be subtle and can be identified only by detailed long term studies. It is usually superposed by other, strong anthropogenic damages of flora, fauna, and habitats. For single harmful species urgently case studies are needed.
- The large number of alien organisms introduced into Germany does not (yet) endanger the biodiversity on a large scale. Anthropogenic dispersal of native species to inadequate sites induced just as many ecological problems. As far as known presently, in Central Europe no autochthonous species were extinct due to the influence of neozoans. Alien species, however, caused important small-scale ecosystem changes at some locations, including local extinction.
- Genetic influence (introgression, hybridisation of species and infraspecific genetic exchange) on autochthonous species was observed frequently. Targets are many species of freshwater fish. Endangered autochthonous animal species were threatened by introgression of non-indigenous populations which were used to strengthen their stock. Finally a frequent genetic flow from domesticated stocks to their free-living relatives was recorded. On the other hand genetic introgression may be considered as a means to increase biodiversity. It may start potentially the origin of new taxa.

Genetically modified animals were not found outdoor in Germany. They would be another case of paraneozoans. So far, neozoans may serve as a model for free-living genetically modified animals. But, the model is not very helpful in as far as it does not provide reliable prognoses, which are desired for problem solution.

Recommendations. The Federal Republic of Germany ratified in 1993 the Biodiversity Convention (UN conference of Rio de Janeiro 1992). It accepted the plight to develop principles in legislation and administration to deal with neozoans as a threat of biodiversity and ecology worldwide. This is implemented only partially. To improve the handling of the problem is proposed:

- Harmonisation of laws which apply to different sectors. A classification below the species level (paraneozoans) is especially needed, also with regard to the re-introduction and re-stocking of species. The question of liability must be clarified. Also the CITES regulations and the „Bern Convention on the conservation of European wild fauna and flora and their natural habitats" should be used to prevent future imports of neozoans.
- Prevention. The precautionary principle laid down in German environmental law and in the preamble to the Convention on Biological Diversity should be a general consensus. As an environmental goal **the release of alien species**

must be minimized. This strategy can only be implemented in the frame of the European Community. Activity and influence of the political process is required. The national potential for prevention or control of animal imports should be co-ordinated. The already existing legal regulations should be applied. This requires: Maintenance of a register of alien species, including an assessment of the ecological, economic and sanitary consequences of their dispersal; implementation of a monitoring program targeted at alien organisms in terrestrial, freshwater and marine ecosystems; development of methods of risk assessment. All measures may delay but not stop further imports, spread, and damage by neozoans. An improvement of the present situation of neglect would be, to sharpen the awareness of every citizen and every company, to care for prevention of unwanted animal imports.

- Intervention and containment. Development of adequate measures and action plans to reduce the spreading of alien organisms is necessary. Neozoans should not be removed generally but only in case they cause significant damage. They are to treat in the same way as alarming autochthonous pests or as natural immigrants.
- Public information, media. A better information of the general public is needed to create an awareness of the consequences of unintentional dispersal of alien organisms. This particularly concerns professionals such as transport companies, gardeners, farmers, and pet shop keepers on one hand, but it also includes e. g. pet owners, amateur gardeners and recreational fishermen. Instead of exaggerated fears and xenophobia a differentiated view of the neozoa problem should be encouraged. The neo-organisms are not a suitable subject for emotional discussions.
- Risk and damage assessment. A guideline with criteria should be developed to help the federal states conduct the necessary risk assessment and to standardise the licensing procedures throughout Germany. The genetically modified organisms (GMO) procedure may serve as a model. Reforms are needed with regard to monitoring procedures (at the state, federal, and European level).

Organisation. A procedural chain is necessary including research, an actualised database, single-case risk-assessment and problem-management. The necessary components and resources are available. They need a suitable co-ordination. A model is offered, including an expert group, as a national invasive species council. A first step to establish this new instrument of biodiversity conservation politics would be a conference of all institutions concerned.