

2.2 Vom Menschen bedingte Biodiversitätsveränderungen seit Ende der letzten Kaltzeit

JOSÉ L. LOZÁN, SIEGMAR BRECKLE & EIKE RACHOR

Vom Menschen bedingte Biodiversitätsveränderungen seit Ende der letzten Kaltzeit: Der Jagddruck beim Untergang der Großsäugetiere am Ende der letzten Kaltzeit war der Beginn des deutlichen Einflusses des Menschen auf die Biodiversität. Mit der Rodung der Wälder, auch in Europa, begann dann die Zerstörung von Lebensräumen. Heute werden tropische Regenwälder mitsamt ihren einzigartigen Lebensgemeinschaften und ihrer Artenfülle vernichtet. Die treibende Kraft für die Rodung ist die Ausweitung der Landwirtschaft und Viehzucht. Eine weitere Gefahr für die Artenvielfalt ist die Anwendung von Insektiziden und andere Pestiziden sowie übermäßiger Düngung verbunden mit der Schaffung von Monokulturen in der Landwirtschaft. Sie gilt als der »Killer Nr. 1« der Biodiversität. Der Mensch hat durch den globalen Handel und Austausch von Pflanzen und Tieren die Artenzusammensetzung im Meer und auf dem Land vielerorts neu komponiert. Beim Import von Nutzpflanzen wurden andere Arten wie Wildkräuter mit eingeschleppt. Wiesen und Felder sehen heute weltweit ähnlich aus. Im Meer sind viele Bestände von Nutzfischarten überfischt. Durch die Fischerei werden jährlich Millionen von Tieren als Beifang getötet. Da es keinen Markt für sie gibt, werden diese Tiere ins Meer zurückgeworfen. Die Fischerei gilt als der »Killer Nr. 2« der Biodiversität.

Man-induced changes in biodiversity since the end of the last Ice Age: Hunting pressure caused the demise of large mammals at the end of the Ice Age and was the beginning of the considerable influence of man on biodiversity. The destruction of habitats started with the clearing of forests, even in Europa. Today, tropical rain forests are destroyed along with their unique communities and species richness. The driving force behind the clearing is the expansion of agriculture and livestock. Another threat to biodiversity is the use of insecticides and other pesticides, and too many fertilizers, resulting in monocultures in agriculture. Agriculture is considered the »No. 1 Killer« of biodiversity. Man has widely altered the species composition in the sea and on the land through global trade and exchange of plants and animals. Other species such as weeds are introduced with the importing of crops. Meadows and fields now look similar worldwide. In the sea many stocks of commercial fish species are overfished. Millions of animals are killed every year as fishing by-catch. Since there is no market for them, these mainly dead animals are returned to the sea. The Fishing is considered the »No.2 Killer« of biodiversity.

Im Laufe der Erdgeschichte sind mehrere große, globale Veränderungen in der Flora und Fauna eingetreten. Der bekannteste Einschnitt ereignete sich am Ende der Kreidezeit vor ca. 65 Mio. Jahren mit dem Aussterben der Dinosaurier – einer Gruppe von oft sehr großen Tieren, die fast die gesamte Erde mit zahlreichen Arten besiedelte. Bedeutend war dann, dass sich die Säuger, die zuerst nur als kleine Tiere existierten, erst nach dem Verschwinden der Dinosaurier entfalten konnten; sie stellten fortan die dominierende Wirbeltiergruppe auf der Erde dar. Aus dieser evolutiven Entfaltung gingen später die Primaten hervor – mit den Vorfahren der Gattung *Homo*, zu der *Homo erectus* und später *Homo sapiens* (der Mensch) gehören (s. PARZINGER 2014). Alle Veränderungen in der Flora und Fauna bis etwa ins Mitteleozän waren durch natürliche Einflüsse bedingt. Hierzu zählen vor allem klimatische Änderungen, Kontinentalverschiebungen, Isolationen, Vulkanismus, Brände, aber auch Veränderungen in Räuber-Beute-Beziehungen, bei Krankheiten und in der ökologischen Konkurrenz. Erst mit der Zunahme der Bevölkerung und der Weiterentwicklung von Werkzeugen und Waffen nahm der Einfluss des Menschen zu. Am Ende der letzten Kaltzeit (Weichsel-Kaltzeit) vor 11.700 Jahren gab es wahrscheinlich eine Weltbevölkerung von schon rund 2 Mio. Menschen. Dieses Kapitel fasst anhand von Fallbeispielen wichtige Veränderungen in der Biodiversität seit Ende der letzten Kaltzeit zusammen, bei denen der Mensch einen Einfluss hat oder hatte.

Massenaussterben der Großsäugetiere – Rolle des Jagddrucks

Die letzte große und auffällige Veränderung in der Tierwelt vor dem heutigen Artenschwund war das Massenaussterben der pleistozänen Megafauna (Großsäugetiere) vor 15.000–10.000 Jahren. Alle Landtiere mit einem Körpergewicht von über 1.000 kg und rund 80% der Tiere mit einem Gewicht zwischen 100–1.000 kg starben aus (ROTHER 2015). Zu diesen Tieren gehören u.a. das Wollhaar-Mammut (*Mammuthus primigenius*), das Amerikanische Mastodon (*Mammuthus americanum*), das Wollhaar-Nashorn (*Coelodonta antiquitatis*), die Säbelzahnkatzen (Machairodontinae) und der Riesenhirsch (*Megaloceros giganteus*). Auch wenn es noch keine Einigkeit unter den Spezialisten über die genauen Ursachen dieser Massenaussterben gibt, besteht weitgehend Konsens, dass beim Untergang dieser Megafauna der Jagddruck eine Rolle gespielt hat (KURTEN & ANDERSON 1983, STANLEY 1998, BURNEY & FLANNERY 2005). Der Mensch hatte nach und nach immer raffiniertere Jagdmethoden und Waffen wie Fallen, Lanzen, Speerschleudern, Pfeil und Bogen entwickelt, die es ihm erlaubten, sogar schnelle Herdentiere wie Wildpferd und Gazellen zu erlegen. Die Großsäugetiere wurden nach Norden verdrängt und konnten sich in der spärlichen schwindenden Tundra-Vegetation kaum verstecken. Sie bildeten nur kleine Populationen und erreichten die Geschlechtsreife erst nach vielen Jahren. Die Anzahl der Nachkommen war gering (k-Strategen). Die Aufrechterhaltung einer Art ist

nicht mehr gewährleistet, wenn nur wenige Tiere die Geschlechtsreife erreichen und die Zahl der Individuen eines Bestandes unterhalb eines von Art zu Art unterschiedlichen Schwellenwertes sinkt. Der Jagddruck und seine Folgen markieren den Beginn des Einflusses des Menschen auf die Entwicklung der Biodiversität.

Es gibt viele Hinweise darauf, dass sich damals der Mensch fast ausschließlich von Fleisch ernährte. WIED berichtete noch 1837, dass die Prärie-Indianer am Oberen Missouri fast ausschließlich Fleisch aßen und auch ihre Säuglinge hauptsächlich damit fütterten. Während der um 11.400 v.Chr. beginnenden Warmperiode (Allerödzeit) änderten viele Tiere ihre Wanderwege. Um die Bevölkerung mit Fleisch zu versorgen, mussten die Menschen jetzt längere Wege zurücklegen.

Im östlichen Mittelmeerraum gibt es allerdings deutliche Hinweise auf eine intensivere Sammeltätigkeit. Dort kamen durch das milde Klima begünstigt Wildgetreide wie Weizen und Gersten sowie Pistazien, Mandeln, Linsen und Erbsen vor. Gefundene Mörser und Reibsteine belegen, dass Wildgetreide einen Teil des Nahrungsbedarfs gedeckt haben muss. Als Fleischlieferanten dienten dort v.a. Gazellen, Steinbock und Ziege.

Zu den ausgestorbenen Tieren gehört auch das Wildpferd (*Equus ferus*) - die Wildform des Hauspferdes. Die einzige Unterart, die bis heute in reiner Form überlebt hat, ist das Przewalski-Pferd (Mongolisches Wildpferd *Equus ferus przewalskii*). Der Auerochse (*Bos primigenius*), auch Ur genannt, war die weit verbreitete Wildform der Rinder. Das letzte Exemplar starb vermutlich im Jahre 1627 (laut Wikipedia). Der Wisent oder Europäische Bison (*Bos bonasus*) kam noch bis in das späte Mittelalter in den Urwäldern von West-, Zentral- und Südosteuropa vor.

Im Gegensatz zu den ausgestorbenen Großsäugetieren konnten kleine und mittelgroße Arten wie das Reh (*Capreolus capreolus*), der Rothirsch (*Cervus elaphus*), das Wildschwein (*Sus scrofa*), die Gemse (*Rupicapra rupicapra*), das Mufflon (*Ovis musimon*) und der Steinbock (*Capra ibex*) bis heute in Europa überleben. Der Elch (*Alces alces*) ist die größte noch vorkommende Art der Hirsche und kommt heute noch in Nordeuropa, Nordasien und Nordamerika vor. Wölfe (*Canis lupus*) waren seit dem späten Pleistozän in ganz Europa und in Teilen Asiens und Nordamerikas verbreitet. Sie wurden jedoch überall durch Bejagung stark dezimiert oder teilweise ausgelöscht. Aufgrund des internationalen Schutzes erholen sich die Bestände. Der Braunbär (*Ursus arctos*) gilt als eines der größten noch lebenden Raubtiere der Erde. Aufgrund der Gefahr für den Menschen ist er vielerorts dezimiert. So gibt es in West- und Mitteleuropa nur noch Reliktpopulationen. In Österreich lebt eine kleine Gruppe dauerhaft.

Rodung von Wäldern und der Verlust von Lebensräumen

Am Ende der letzten Vereisungsperiode nach 12.000 v.Chr. stieg die Lufttemperatur abrupt an. Damit begann die Allerödzeit, die 625 Jahre dauerte (LOZÁN et al. 1998). Durch die Graslandschaft und die baumlose Vegetation der Tundra drang der Wald nach und nach vor. Auf die Allerödzeit folgte die jüngere Dryaszeit – eine Kaltphase (Dauer ca. 1410 Jahre); die Gletscher rückten ein letztes Mal vor. Betroffen waren vor allem Nord-, Mittel- und Osteuropa. Dort breitete sich die baumlose Tundra wieder aus. Diese Änderungen von Warm- zu Kaltphasen erfolgten am Ende der letzten Kaltzeit mehrmals, bis die heutige Warmperiode (Holozän) begann (HEBBELN 2015). Nach der jüngeren Dryaszeit stieg die Lufttemperatur erneut an und es bildete sich ein dichter Laubwald aus (BEHRE 2006).

Nach KÜSTER (1995) reichten die Wälder schon vor ca. 7.000 Jahren von Westfrankreich über Mitteleuropa bis weit nach Russland hinein. Nur auf felsigem Untergrund, an Steilhängen und in hohen Lagen der Gebirge, in Küstensalzwiesen sowie in Hochmooren wuchs kein Wald (s. BEUTLER 1992). Dies änderte sich mit der Einführung der Landwirtschaft und Viehzucht durch den Menschen. Dafür und um Holz für den Bau von Gebäuden und Schiffen zu gewinnen, wurden die Wälder, die 95% der Gesamtfläche Europas einnahmen, nach und nach gerodet. Diese Auswirkung wurde durch Brandrodungen und die Einführung von Schafen und Ziegen verstärkt, die zeitweise frei lebten; sie fraßen die jungen Bäume und Sträucher, wodurch die Wälder ihren Nachwuchs verloren (Waldweide).

Heute beträgt die Waldfläche beispielsweise in Deutschland nach der Bundeswaldinventur von 2012 nur noch ca. 1/3 der Landfläche. Sie wird hauptsächlich als Wirtschaftswald genutzt, und laut Waldzustandsbericht 2012 weisen 61% der Bäume eine Schädigung der Baumkronen auf. Mit der Vernichtung der ursprünglichen Bewaldung gingen viele Lebensräume für Pflanzen und Tiere verloren und neue Offenlandbiotope entstanden. Besonders betroffen war vermutlich die Vogelwelt. Der ökologische Wert dieser Verluste (und ggf. Gewinne) ist heute schwer zu beziffern.

Weltweit werden heute immer noch Wälder vernichtet, vor allem in den Tropen. Dabei werden die Lebensräume für viele Pflanzen und Tiere zerstört, die zum Teil noch gar nicht beschrieben und somit unbekannt sind (s. später: Folgen des Kaffeeanbaus). Gravierend sind die Auswirkungen auf das Klima, da auf den abgeholzten Flächen große Mengen in der Vegetation und in den Böden gespeicherter Treibhausgase wie Kohlendioxid und Methan freigesetzt werden.

Einführung der Landwirtschaft und Viehzucht – Gefährdung der Biodiversität durch Verbreitung von fremden Arten und Unkräutern

Wie oben erwähnt, wurden bereits 12.000 Jahre v.Chr. im Zagrosgebirge (Türkei, Iran, Irak und Sirien) sowie im Nahen Osten (Levante) mehrere Getreidearten für die menschliche Ernährung genutzt. Pollen dieser Getreidearten in Gebieten ohne geeignetes Klima für ein natürliches Vorkommen gelten als Indiz für einen systematischen Anbau (Landwirtschaft). Die Entdeckung von Mahlwerkzeugen in den Shanidarhöhlen (Nordirak) gibt einen Hinweis auf den Stand technischer Entwicklungen bei der Verarbeitung von Getreiden. Aus archäologischen Daten kann man ableiten, dass das Klima in dieser Region damals günstiger und niederschlagsreicher gewesen war als heute. Es gibt auch Hinweise auf einen parallelen Beginn der Viehzucht. Der Fund von vielen Knochen junger Schafe (Lämmer) stützt diese Vermutung.

Diese Periode, in der der Mensch vom Jäger und Sammler zum sesshaften Bauern wurde, wird als neolithische Revolution bezeichnet. Die nomadische Lebensweise wurde gegen die Sesshaftigkeit eingetauscht. Es konnten Überschüsse produziert werden. Getreidevorräte führten zu einer größeren Unabhängigkeit von der natürlichen Umwelt. Die Bevölkerung nahm zu. Die ersten Dörfer und Städte wie Jericho wurden gegründet. Etwa zur gleichen Zeit und unabhängig davon entstand die Landwirtschaft in China mit der Kultivierung von Reis am Jangtsekiang. Zur Fleischgewinnung wurden in China Schweine, Hunde und Bankivahühner domestiziert. In Süd Mexiko (Oaxaca) begann die Landwirtschaft um 8.000 v.Chr. mit dem Anbau von Kürbissen und danach von Mais. Später kamen Paprika, Sonnenblumen und Gartenbohnen hinzu. In Peru werden Kartoffeln und Baumwolle seit ca. 7.000 Jahren angebaut.

Die Landwirtschaft breitete sich jeweils aus einer der Ursprungsregionen aus. Von der Levante aus wurde sie in Richtung persischer Golf und über den Bosphorus nach Europa exportiert. Es dauerte aber 5.000 Jahre, bis der Ackerbau Nordeuropa erreichte. Jahrhunderte lang lebten Jäger und Sammler sowie aus Südeuropa stammende Bauern nebeneinander. Wildpflanzen- und Tierarten wurden importiert, mit ihnen auch viele Begleitarten wie die Ackerwildkräuter. Wildformen von Weizen, Roggen, Emmer, Einkorn und Gerste kamen ursprünglich nur in Kleinasien und Syrien vor. Später wurden auf Zypern Katzen, in Ägypten und Mesopotamien Esel und in Kasachstan das Pferd domestiziert.

Im 20. Jh. bis heute wurde die Landwirtschaft weltweit stark intensiviert. Feuchtgebiete wurden trockengelegt, um neue Flächen für den Anbau und für die Viehzucht zu gewinnen. Durch die Einführung des Kunstdüngers setzte überall Eutrophierung ein. Dies hat-

te gravierende Auswirkungen auf Flora und Fauna. So sind beispielsweise viele Arten der Moorpflanzen wie Zierliches Wollgras (*Eriophorum gracile*) und Mehl-Primel (*Primula farinosa*) sowie Hochmoor-Laufkäfer (*Carabus menetriesi*) und Alpen-Smaragdlibelle (*Somatochlora alpestris*) unter den Tieren vom Aussterben bedroht. Eine weitere Gefahr aus der Praxis in der Landwirtschaft ist die Anwendung von Insektiziden und anderen Pestiziden und die Schaffung von Monokulturen wie Maisanbau (»Vermaisung«), die eine erhebliche Bedrohung auch für die Tierwelt darstellen (Kap. 2.3 - MÜLLER & BERGHAHN). Besonders betroffen sind auch nützliche Insekten wie Bienen und Hummeln. Viele Pflanzen werden sich ohne die Bestäubung durch Bienen und Hummeln nicht fortpflanzen können.

Die Südspitze Afrikas (das Kapland) ist durch einen Wüstengürtel (aus Karoo und Namib) vom übrigen Afrika getrennt. Durch diese Isolation hat sich eine außergewöhnliche endemische Flora entwickelt, 70% der Arten kommen nur dort vor. Von den sechs bestehenden Florenreichen in der Welt ist das Gebiet der Kapflora das kleinste mit der höchsten Artendichte: Auf 74.000 km² sind über 9.000 Blütenpflanzenarten zu finden. Besorgniserregend ist die dortige Ausbreitung der eingeschleppten australischen Akazien. Insgesamt gelten dort 2.500 Arten als bedroht und 1.435 stehen auf der Roten Liste.

Globaler Austausch von Nutzpflanzen seit Einführung der Landwirtschaft sowie der Entdeckung Amerikas und im Gefolge der Kolonialzeit

Nach BRECKLE & KÜPPERS (2007) werden heute weltweit in größerem Maßstab lediglich 100-150 Nutzpflanzenarten einschließlich der wesentlichen Obst- und Gemüsesorten unterschiedlicher Herkunft genutzt. Wie oben beschrieben, wurden mit der Einführung der Landwirtschaft viele Pflanzenarten zuerst lokal angebaut und später in andere Regionen exportiert. Mit der Entdeckung Amerikas wurden die Kartoffel, später die Tomate und Paprika (zuerst als Zierpflanzen), Gartenbohne, Mais, Kürbis, Erdnüsse, Tabak u.a. nach Europa und in andere Regionen eingeführt. Die Kartoffel zählt heute zu einem der wichtigsten Grundnahrungsmittel. Dazu zählen auch Reis und Weizen. Mais wird in größerer Menge angebaut – neben der Nutzung für Nahrungszwecke meist zur Verfütterung an Tiere und zunehmend zur Energiegewinnung. Weitere wichtige Nutzpflanzen sind Kautschuk, Kakao, Zuckerrohr, Papaya, Mango und viele andere, die jetzt weltweit in den Tropen und Subtropen angepflanzt werden.

Bereits während der Römerzeit und im Mittelalter wurden u.a. Kohlsorten, Petersilie, Wein, Esskastanien (ursprünglich aus Kleinasien), Sauerkirschen (ursprünglich aus dem Kaukasus) und mehrere Pflaumensorten nach Mitteleuropa gebracht.

Nutzpflanzen wie Kaffee, Wein und Zuckerrohr werden heute in vielen Ländern angebaut. Es wird angenommen, dass Südwest-Äthiopien – in der Region Kaffa – das Ursprungsland des Kaffees ist. Von dort aus gelangte er nach Arabien und erreichte während der Kolonialzeit eine starke Verbreitung in den Tropen. So brachten die Portugiesen ihn 1727 nach Brasilien. In den letzten Jahren nahm der Kaffeekonsum weltweit enorm zu. Nach einer WWF-Studie gingen durch den Einfluss der 25 wichtigsten Kaffee-Exporteure von 1990–1995 70.000 km² im Jahr an Waldfläche verloren. Die Folge ist ein deutlicher Rückgang der Artenvielfalt, bei den Vögeln um bis zu 90%. Weitere Folgen sind verstärkte Bodenerosion und damit auch eine Versandung der dortigen Flüsse.

Die Weinrebe ist eine der ältesten Kulturpflanzen. Als Herkunft werden Mittelasien und der Südkaukasus angegeben. Es gibt über 16.000 Sorten. Heute wird die Weinrebe auf allen Kontinenten angebaut. Der Ursprung des Zuckerrohrs liegt in Polynesien. Die wichtigsten Anbäuländer sind Kuba, Brasilien, USA, Philippinen, Südafrika und Australien. Tee, Zitronen und Sojabohne, die aus China stammen, sind weltweit wichtige Nutzpflanzen.

Durch den Nutzpflanzenaustausch wurde oft die lokale Biodiversität bereichert; auch weil andere unerwünschte Begleitarten wie »Unkräuter« mit eingeschleppt wurden. Große Flächen von Wäldern mit ihrem spezifischen Artenreichtum wurden und werden für den Anbau aber vernichtet. Die Erweiterung der Landwirtschaft im Zusammenspiel mit der begleitenden Eutrophierung stellt die wichtigste Ursache für die globale Änderung der Bodennutzung und die größte Gefährdung für die Biodiversität dar. Mit der Globalisierung findet in allen Kontinenten eine gewisse Homogenisierung der Vegetation statt. Widerstandsfähige, nährstoffliebende »Unkräuter« verbreiten sich, überall sieht es auf Äckern, Wiesen und Weiden ähnlich aus. Die kultivierten Ebenen Neuseelands gleichen denen in England, dabei war ursprünglich fast keine der jetzigen Arten vorhanden. Abb. 2.2-1 zeigt ein Ananas-Feld auf Costa Rica als Beispiel für die Ausbreitung der Monokulturen.



Abb. 2.2-1: Ananas-Anbau. Riesige Monokultur auch in Costa Rica (Foto: S.-W. Breckle).

Einfluss der Fischerei auf die marine Biodiversität

Viele Fangmethoden sind äußerst negativ für die Biodiversität, und weltweit sind viele Fischbestände überfischt. Da die Fische unter Wasser nicht direkt sichtbar sind, wird eine große Anzahl unerwünschter Tiere (Beifang) mitgefangen. Man schätzt, dass über 30% des weltweiten Fangs nicht angelandet wird. Diese Tiere werden ins Meer zurückgeworfen, weil sie zu klein sind oder es keinen Markt dafür gibt. Extrem unselektiv fangen Baumkurren und Stellnetze. Der Beifang mit Ringwaden auf Schwarmfische (wie Sardinen) ist geringer, da die Fangobjekte in Schwärmen leben und mit Hilfe von Sonar und Echolot vorher geortet werden können. Der vordere Teil der seit ca. 200 Jahren verwendeten Baumkurre zum Fang von Plattfischen (und Garnelen) besteht aus einem Stahlrohr und zwei Kufen, die für den Bodenkontakt sorgen. Ketten erhöhen durch die Schleuchwirkung die Fangfähigkeit. Das komplette Fanggerät kann bis zu 6,5 t wiegen. Das Schiff verwendet an beiden Seiten ein solches Fanggerät, und der Energieaufwand bei dieser Fischerei ist enorm hoch. Aufgrund des Gewichts wird der Meeresboden umgepflügt und die Bodenfauna meist vernichtet. Während des Fischens sammeln sich hinter den Netzen andere Tiere und fressen die freigeordnete Nahrung. Fischarten wie Rochen und Haie, die ihre wenigen Eier auf den Meeresboden ablegen, sind im Fanggebiet verschwunden. Seit 2–4 Jahren wird versucht, die umweltfreundliche Pulschurre einzuführen, die die Schleuchwirkung des Impulsstroms nutzt.

Die Treibnetze bestehen aus feinen, durchsichtigen und reißfesten Kunststofffasern und können Kilometer lang sein. Sie fangen extrem unselektiv; neben Fischen können sich Wale (wie Schweinswale, Große Tümmler und Delfine), Robben, Schildkröten, Haie und Seevögel verhängen und ersticken. Man schätzt die Zahl dieser Tieropfer auf mehrere Millionen jährlich. Manchmal gehen diese Treibnetze verloren und treiben herrenlos im Meer und setzen ihre Wirkung fort. Laut Umweltorganisationen gehen über 1.200 km Netze je-

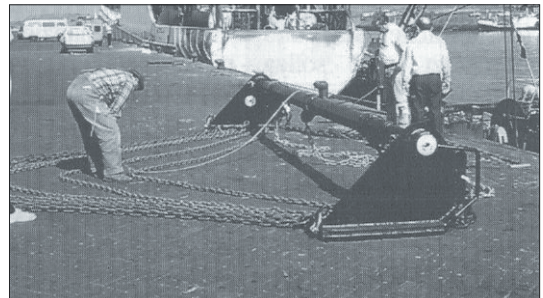


Abb. 2.2-2: Vorderer Teil einer Baumkurre zum Fang von Plattfischen bestehend aus einem Stahlrohr, zwei Kufen und Schleuchketten. Schleppgeschwindigkeit beträgt 6–7 kn.

des Jahr allein im Nordostatlantik verloren. Seit dem 1.1.2008 sind in allen EU-Gewässern Treibnetze verboten und weltweit geächtet. Heute werden Treibnetze vorrangig von illegal operierenden Piratenfischern eingesetzt. Die Fischerei einschließlich einiger Aquakulturen gilt nach der Landwirtschaft als »Killer Nr. 2« der Biodiversität.

Weitere Veränderung der Biodiversität durch Einführung fremder Organismen

Durch Ballastwasser

Der Transport von Organismen durch Schiffe nahm in den letzten Jahrzehnten mit der Globalisierung des Schiffverkehrs zu. Dies erfolgt unbeabsichtigt im Ballastwasser, in den Sedimenten des Ballasttanks oder an der Schiffsaußenhaut. Schiffe nehmen Ballastwasser auf, um eine ausreichende Stabilität während Fahrten ohne oder mit nur wenig Ladung zu erreichen. Allein in der Nordsee umfasst die Auflistung aller Exoten bis 1990 achtzig etablierte Arten, die von einzelligen Algen über Makroalgen bis zu Wirbellosen reicht (REISE et al. 1999). Die meisten wurden durch Ballastwasser eingeschleppt. Bis Anfang der 2000er Jahre sind weitere 20 etablierte Arten hinzugekommen (GOLLASCH 2003). Zu den etablierten Arten im Wattenmeer gehören die amerikanische Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*), die amerikanische Bohrmuschel (*Petricolaria pholadiformis*), der Kalkröhrenwurm (*Mercierella enigmatica*) und die chinesische Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*) (BERGHAHN 1990). Die negativen Folgen sowohl ökologisch als auch ökonomisch sind erheblich. In den USA rechnete man von 1991 bis 2000 mit Kosten von ca. 4 Mrd. Dollar, die durch *Dreissena polymorpha* verursacht wurden. Sie gelangte auch mit Ballastwasser in die USA und nach Kanada. Beispielsweise brach im Jahr 1990 die Wasserversorgung der Stadt Monroe zusammen – die Entnahmerohre waren durch die Muscheln verstopft. *D. polymorpha* ist im Kaspischen Meer beheimatet und hat sich von hier bis Mittel- und Westeuropa einschließlich Bodensee stark ausgebreitet. Erst nach den Schäden in den USA und Kanada befasste sich die Internationale Seeschiffahrts-Organisation (IMO) ab 1999 konkret mit dem Thema: »Kontrolle und Behandlung von Ballastwasser und Sedimenten von Schiffen«. Im Februar 2004 wurde ein entsprechendes Übereinkommen verabschiedet, das erst nach 12 Monaten in Kraft trat, nachdem wenigstens 30 Staaten beigetreten waren, deren Handelsflotten insgesamt mindestens 35% des Bruttoreumgehalts der Handelsflotte der Welt ausmachen. Deutschland ist erst am 13. Februar 2013 beigetreten. Weitere Infos unter: www.bsh.de/de/Meeresdaten/Umweltschutz/Ballastwasser/

Mehrere Grundelarten aus dem Schwarzen Meer wurden wahrscheinlich durch Ballastwasser von Fracht-

schiffen zuerst in die Donau eingeführt und haben sich später von dort durch den Rhein-Main-Donau-Kanal bis in den Rhein ausgebreitet (auch Kap.2.4 - LOZÁN). Es begann 1999 mit der Kesslergrundel (*Neogobius kessleri*). 2008 wurde die Schwarzmaulgrundel (*N. melanostomus*) im Niederrhein nachgewiesen. Bereits 2–3 Jahre später waren sie in großer Anzahl. Weitere neue Grundelarten im Rhein sind die Marmorgrundel (*Oxyeotris marmorata*) und die Flussgrundel (*N. fluviatilis*). Grundeln fressen die Brut anderer Fische; ihre hohe Bestandsdichte ist eine der Ursachen für aktuelle Veränderungen in der Rheinfischfauna.

Durch die Aquakultur

Die Anzahl der weltweit verwendeten Arten in der Aquakultur ist recht groß. Die wichtigsten Fischarten hierbei sind die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*, früher: *Salmo gairdneri*), die aus Nordamerika stammt, der Karpfen (*Cyprinus carpio*), Herkunft Südosteuropa und Asien und die Tilapia-Arten (Buntbarsche) aus den Tropen und Subtropen. Seit den 1980er Jahren wird im Pazifik (Südchile) der atlantische Lachs (*Salmo salar*) in großem Stil in der Aquakultur verwendet. Mit einem Ertrag von über 600.000 t/Jahr wird dort mehr Zuchtlachs als in Norwegen produziert. Der Konzern »Marine Harvest«, der u.a. auch in Norwegen und Schottland tätig ist, betreibt in Chile Lachsfarmen unter Missachtung ökologischer und medizinischer Standards. Der WWF rät auf seiner Internetseite von Zuchtlachs aus Chile ab. Im Jahr 2016 wurden 40.000 Tonnen erstickte Lachse und Sardinen gemeldet, und Hunderte verendete Wale und Seehunde strandeten an der chilenischen Küste.

Neben Fischen wurden andere Tiere wie Austern in fremden Gewässern eingeführt. Die Überfischung der europäischen Auster (*Ostra edulis*) führte ab 1870 zum Import der Amerikanischen Auster (*Crassostrea virginica*) von der atlantischen USA-Küste in die Nord- und Ostsee. Sie konnte sich nicht etablieren; geblieben sind nur die mit ihr unbeabsichtigt eingeführten Arten wie die Pantoffelschnecke (*Crepidula fornicata*), die heute in großer Menge vorkommt. Eine weitere neue Art ist die Pazifische Auster (*Crassostrea gigas*). Sie wurde aus japanischen Kulturen ab 1964 eingeführt, hat sich in der Nordsee etabliert und vermehrt sich besonders auf Miesmuschelbänken. Auch mit der Pazifikauster wurden viele Arten unbeabsichtigt eingeschleppt (REISE 2003).

Durch Besatzmassnahmen

Früher wurden weltweit unkontrolliert viele fremde Arten in die Gewässer ausgesetzt. Ein Beispiel dafür ist der Import der nordamerikanischen Flusskrebsarten nach Europa: Der Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*) und der Kamberkrebs (*Orconectes limosus*). Mit ihnen wurde der infektiöse Pilz *Aphanomyces astaci*

eingeschleppt – der Erreger der Krebspest, der zu einem Massensterben des europäischen Edelkrebses (*Astacus astacus*) führte. Diese importierten Krebsarten sind dagegen recht resistent gegenüber dieser Pilzart.

Viele Süßwasserfischarten wurden in Mitteleuropa eingeführt. Der Goldfisch (*Carassius auratus auratus*) wurde im 17. Jh. als teurer Zierfisch aus Ostasien importiert. Später kamen dazu die Amurgrundel (*Perccottus glenii*) und der chinesische Schlammpeitzger (*Misgurnus anguillicaudatus*). Nach erfolgreicher Zucht sind diese Arten auch hier in der freien Natur anzutreffen.

Aus Nordamerika wurden im Zeitraum 1870–1890 mehrere Arten, meist als Gartenteich- und Aquarienfische, importiert. Man findet sie heute in den freien Gewässern. Hierzu gehören der Braune Zwergwels (*Ameiurus nebulosus*), der Schwarze Zwergwels (*A. melas*), der Forellenbarsch (*Micropterus salmoides*), der Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) und der Amerikanische Seesaibling (*Salvelinus namaycush*). Später kamen dazu die Dickkopf-Elritze (*Pimephales promelas*) und der amerikanische Hundsfisch (*Umbra pygmaea*).

In den 1960er Jahren wurden vier Karpfenarten aus Ostasien importiert, um die Qualität der eutrophierten Gewässer zu verbessern: der Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) als pflanzenfressende, der Silberkarpfen (*Hypophthalmichthys molitrix*) und der Marmorkarpfen (*Aristichthys nobilis*), beide als Phytoplankton fressende Arten. Entgegen den Erwartungen ernährt sich der Marmorkarpfen von Zooplankton statt von Phytoplankton. Der Blaubandbärbling (*Pseudorasbora parva*) wurde unbeabsichtigt mit dem Graskarpfen eingeschleppt.

In den Titicaca-See wurden in den 1940er Jahren mehrere lachsartige Fischarten wie die Regenbogenforelle und in den Viktoria-See 1960 der Nilbarsch (*Lates niloticus*) eingeführt, um die Eiweißversorgung der Bevölkerung zu verbessern. Diese eingesetzten Raubfischarten fraßen in Laufe der Jahre die lokalen wichtigen Arten (meist Zahnkarpfen) bis zur Ausrottung weg. In beiden Seen hatte sich aufgrund ihrer Abgeschiedenheit eine einzigartige biologische Vielfalt entwickelt. Ökologisch betrachtet war das Resultat katastrophal und wird als irreversibel eingeschätzt. Mehr als 20% des heute gefangenen Nilbarschs werden nach Europa exportiert. Diese Beispiele belegen, dass die Freisetzung von fremden Tieren zu unvorhersehbaren und schwerwiegenden Störungen der Wirkungszusammenhänge eines Ökosystems führen können, die kaum reparabel sind.

Seit Ankunft der Europäer in Australien sind dort insgesamt 20 Säugetierarten und 16 Vogelarten ausgestorben. Weitere Arten sind vom Aussterben bedroht. Die Ursachen sind die zunehmende Zerstörung von Lebensräumen und die Verdrängung einheimischer Arten. Zu den schädlichen eingeschleppten Säugern gehört das

europäische Kaninchen, das 1788 mit den ersten Einwanderern kam. Seine Population erreichte Mitte des 20. Jh. eine Größe von ca. 500 Mio. Tieren. Der Einsatz des Myxomatosevirus führte zu einer Reduktion der Kaninchen; im Laufe der Zeit wurden sie aber gegen das Virus immun und erholten sich zahlenmäßig. Heute geht man von 300 Mio. Kaninchen in Australien aus. Sie zerstören die Flora und die natürlichen Lebensstätten einheimischer Tierarten und sind Hauptverursacher der Bodenerosion. Zusätzlich schädigen sie den Anbau von Kulturpflanzen. Die Tausende an km errichteter Zäune sind heute eher ein Hindernis für die einheimische Fauna geworden als für die Kaninchen.

Durch den globalisierten Handel

In den letzten Jahren wurden mehrere neue Stechmückenarten in Deutschland nachgewiesen. Die asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) und die asiatische Buschmücke (*Ochlerotatus japonicus japonicus*) wurden im Rahmen der Globalisierung mit Handelsgütern bzw. als blinde Passagiere in Kraftfahrzeugen nach Deutschland eingeschleppt. Insbesondere die Ausbreitung von *Ae. albopictus* wird durch die Klimaerwärmung begünstigt. Besorgniserregend sind die damit verbundenen Risiken der Übertragung von Krankheitserregern, insbesondere von Arboviren auf den Menschen (BECKER 2014).

Zwei Krankheiten bei Wiederkäuern: die Blauzungenvirusepidemie mit hohen Todesraten bei adulten Schafen und Rindern und die Epidemie durch das Schmallenberg-Virus mit hoher Mortalität besonders bei Föten von Schafen und Rindern traten von 2006 bis 2011 hintereinander auf. Die Epidemien wurden zunächst im Grenzgebiet von Deutschland-Holland-Belgien nachgewiesen und von dort breiteten sie sich aus. Beide Viren kommen in der Regel nicht in Mitteleuropa vor. Man vermutet, dass sie in Containern oder durch den Transport infizierte Tiere (Globalisierung des Waren- und Tiertransports) nach Europa gelangten (MEHLHORN 2014).

Diese Beispiele zeigen, wie dramatisch die Folgen der Globalisierung des Handels auf die Biodiversität und Wirtschaft sein können.

Schlussbetrachtung

Neben natürlichen Ursachen wie Klimaschwankungen ist der Mensch schon seit einigen tausend Jahren für das Aussterben von Pflanzen und Tieren sowie Verschiebungen im Artengefüge der Erde mitverantwortlich. Sein Einfluss hat seit Beginn der Industrialisierung zugenommen. Als Folge von Verschmutzung, Eutrophierung, Überfischung, Verbauung und Zerstörung von Lebensräumen sind die Listen der gefährdeten oder kurz vor dem Aussterben stehenden Arten lang geworden.

Hauptsächlich aus ökonomischen Überlegungen wurden Arten von einer Region in eine andere exportiert.

tiert. Die ökologischen Schäden der aufgezeigten Experimente im Titicaca- und Viktoria-See sind kaum wieder gut zu machen. Privatpersonen setzen häufig importierte Gartenteich- und Aquarientiere aus. Unter Umständen können sich diese Tiere etablieren, vor allem begünstigt durch die zunehmende Seltenheit kalter Winter in unseren Breiten. Auch wenn heute das Einsetzen fremder Fischarten gesetzlich geregelt ist, bestehen noch viele potentielle ökologische Risiken. Ähnliche Erscheinungen sind in der Pflanzenwelt bekannt, weil Gartenpflanzen oft in der freien Natur »entsorgt« werden. Die Auswirkungen des Klimawandels sind vielschichtig und komplex. Die veränderten Niederschlagsverteilungen sowie die Erwärmung beeinflussen die Lebenszyklen und die Verbreitung der Arten innerhalb eines Gebietes. Insbesondere gebietsfremde Arten aus warmen Regionen profitieren vom Klimawandel. Das Wissen über die Rolle fremder Arten im Ökosystem weist noch große Lücken auf. Häufig werden konkurrenzstarke Arten, Krankheiten und Parasiten mit importiert, die sich ausbreiten können. Ein aktuelles Beispiel stellt die vor über 50 Jahren aus Japan eingeführte Pazifikauster dar, die anscheinend aufgrund der Erwärmung ihre optimale Temperatur gefunden hat und sich im Wattenmeer ausbreitet. Dabei werden die Miesmuschelbänke überwuchert. Sie hat nur wenige natürliche Feinde. Vögel und Krebse können die Schale der Miesmuschel aufbrechen und den Weichkörper fressen, aber nicht die einer adulten Pazifikauster.

Positiv sind die aktuellen bundesweiten Bemühungen, die »natürliche Waldentwicklung« (NWE) durch die Bildung von Naturwaldparzellen ohne Nutzung zu fördern, siehe www.ml.niedersachsen.de/startseite/themen/waelder_niedersachsen/natuerliche-waldentwicklung-in-niedersachsen-131754.html. Auch erfreulich ist die Tatsache, dass alte Obst- und Gemüsesorten wie Äpfel, Mangold, Topinambur, Rüben, bunte Karotten oder Erdbeerspinat wieder im Kommen sind. Viele alte Sorten sind jedoch vor allem durch ertragreichere Züchtungen verdrängt und vom Aussterben bedroht. Eine zukünftige Gefahr ist die um sich greifende Industrialisierung der Landwirtschaft und die Monopolisierung des Saatguts.

Sehr viele der bisherigen misslungenen Experimente zur Einführung fremder Arten haben soweit bekannt mitunter nur zu lokalen ökologischen Katastrophen oder Veränderungen geführt. Anders war es beim Wildkaninchen in Australien. Fremde Arten sind aber nur ein Problem unter den menschengemachten Veränderungen der Biodiversität. Kaum erforscht sind Veränderungen im Bodenleben durch die intensive Landwirtschaft und auch die Gesamtwirkungen der

Eutropierung. Neuerdings gibt es zudem große Sorgen auch in Europa über Rückgänge in der Insektenvielfalt. Würden aber z.B. die Bienen aussterben, dann wären die Folgen mit der viel größeren Reichweite auch für den Pflanzenanbau fatal. Seit Jahren beobachten Forscher weltweite Bienensterben mit wachsender Unruhe.

Literatur

- BEHRE, K.-E. (2006): Zur Geschichte der nacheiszeitlichen Vegetation und des Landschaftswandels durch den Menschen in Nordwestdeutschland. In: Cordes, H., J. Feder, F. Hellberg, D. Metzger & B. Wittig – Atlas der Farn- und Blütenpflanzen des Weser-Elbe-Gebietes. Hauschild, Bremen; 43-52.
- BECKER, N. (2014): Die Stechmückenfauna Deutschlands im Wandel der Zeit – Stechmücken als Indikatoren für Klimaveränderung. In: Lozán, J. L., H. Grassl, et al. Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg.
- BERGHAHN, R. (1990): Biologische Veränderungen im Wattenmeer. In: Lozán, J. L., W. Lenz, E. Rachor, B. Watermann & H.v. Westernhagen – Warnsignale aus der Nordsee – Wissenschaftliche Fakten. Paul Parey, Hamburg. 211-212.
- BEUTLER, A. (1992): Die Großtierfauna Mitteleuropas und ihr Einfluss auf die Landschaft. - Veröffentlichungen der Freunde der Landschaftsökologie Weihenstephan 6: 49-69.
- BRECKLE, S.-W. & M. KÜPPERS (2007): Water conserving plants for agriculture in arid and semi-arid areas. In: Lozán, Grassl, Hupfer, Menzel & Schönwiese – Global Change – Enough water for all? – Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 90-97. 310-314.
- BURNEY, D. A. & T. F. FLANNERY (2005): Fifty millennia of catastrophic extinctions after human contact. Trends in Ecology & Evolution 20:395-401.
- GOLLASCH, S. (2003): Einschleppung exotischer Arten mit Schiffen. In: Lozán, J. L., E. Rachor, K. Reise, J. Sündermann & H. v. Westernhagen – Warnsignale aus Nordsee & Wattenmeer – Eine aktuelle Umweltbilanz. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 309-316.
- HEBBELN, D. (2015): Klimaschwankungen während der letzten Eiszeit. In: Lozán, J. L., H. Grassl, D. Kasang, D. Notz & H. Escher-Vetter – Warnsignal Klima: Das Eis der Erde. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 51-56.
- KÜSTER, H. (1995): Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. Verlag C. H. Beck, München. 423 S.
- KURTEN, B. & E. ANDERSON (1983): Pleistocene Mammals of North America - Col. Univ. Press, New York, 443 pp.
- LOZÁN, J. L., J. MERKT & H.-J. PACHUR (1998): Klima und Binnenseen. In: Lozán, J. L., H. Grassl & P. Hupfer – Warnsignal Klima – Das Klima des 21. Jahrhundert. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 90-97.
- MEHLHORN, H. (2014): Vektorübertragene Virenerkrankungen bei Wildkäuern in Europa ... warum unterstrichen durch globale Erwärmung? In: Lozán, J. L., H. Grassl et al. Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. <http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2013/12/Mehlhorn.pdf>
- PARZINGER, H. (2014): Die Kinder des Prometheus - Eine Geschichte der Menschheit. ... C.H. Beck, München. 848 S.
- REISE, K., S. GOLLASCH, & W. J. WOLFF (1999): Introduced marine species of the North Sea coast. Helgoländer Meeresuntersuchungen 52: 219-234.
- REISE, K. (2003): Der ökologische Preis importierter Austern. In: Lozán, J. L., E. Rachor, K. Reise, J. Sündermann & H. v. Westernhagen – Warnsignale aus Nordsee & Wattenmeer – Eine aktuelle Umweltbilanz. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 306-308.
- ROTHER, H. (2015): Anthropozän – Das Ende des Eiszeitalters? In: Lozán, J. L., H. Grassl, D. Kasang, D. Notz & H. Escher-Vetter – Warnsignal Klima: Das Eis der Erde. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 57-62.
- STANLEY, S. M. (1998): Wendemarken des Lebens. Eine Zeitreise durch die Krisen der Evolution. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin. 246 S.
- WIED, M. (1837): Reise in das Innere Nordamerikas. - 2 Bde., Vignetten + Tafeln.

Kontakt:

Dr. José L. Lozán - lozan@uni-hamburg.de
 Universität Hamburg - Wissenschaftliche Auswertungen
 Prof. Dr. Siegmund-W. Breckle
 Ökologie Oldenburg - sbreckle@gmx.de
 Dr. Eike Rachor
 Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven - rachbex@arcor.de

Lozán, J. L., S.-W. Breckle & E. Rachor (2016): Vom Menschen bedingte Biodiversitätsveränderungen seit Ende der letzten Kaltzeit. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Biodiversität. pp. 68-74. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.11.