

# „Biologische Invasionen“ – Neophyten, Neozoen, Krankheitserreger

VOLKER STORCH

Centre for Organismal Studies, Heidelberg

## Zusammenfassung

Nachdem die Europäer weit entfernte Kontinente entdeckt hatten, kam es zu einem besonders intensiven Austausch von Floren- und Faunenelementen. Produkte der Neolithischen Revolution (Haustiere, Nutzpflanzen) wurden ebenfalls exportiert, Exotisches wurde importiert, meistens zum Nutzen beider Seiten, des Öfteren jedoch auch mit katastrophalen Folgen. Das gilt bis zum heutigen Tag, sei es für Pflanzen, Tiere, Pilze oder bakterielle und virale Krankheitserreger.

## 1 Die lange Evolution der Organismen, harte Eingriffe des modernen Menschen

Seit etwa 4,6 Milliarden Jahren existiert die Erde, seit über 3,5 Milliarden Jahren gibt es auf ihr Leben. Vergleicht man die Geschichte unseres Planeten mit einem Kalenderjahr, dann begann die Entfaltung vielzelliger Organismen Mitte November, *Homo sapiens* kam am 31. Dezember dazu und gestaltete viel von dem um, was in der langen Zeit davor entstanden war. Um einen Aspekt, die Verschleppung von Organismen, geht es in diesem Beitrag.

Schaut man sich die Weltkarte des frühen Kanäozoikums an (vor über 60 Millionen Jahren), dann zeichnet sich die Lage der Kontinente, wie sie heute existieren, so in etwa ab. Es entstanden die modernen tier- und pflanzengeographischen Regionen auf den Kontinenten und in den Ozeanen.

Der Südkontinent Gondwana war zerbrochen, Südamerika und Afrika durch den Südatlantik getrennt, Australien und Antarktika noch verbunden, Nord- und Südamerika jedoch noch lange nicht durch die viel später entstandene Landbrücke. Tier- und Pflanzengeographen haben eine Biogeographie geschaffen, die die heutige Situation erklärt und verschiedene Regionen klar definieren kann, z. B. Paläarktische und Nearktische Region, Notogaea (Australische Region), Neogaea (Neotropische Region), in denen sich regional unterschiedliche Floren und Faunen in der Erdneuzeit entwickelten.

Im Phanerozoikum, also den jüngsten etwa 540 Millionen Jahren, gab es fünf Massenaussterben, in deren Verlauf jeweils mehr als die Hälfte aller Organismenarten ausstarben. Jetzt könnte der moderne Mensch das sechste Massenaussterben verursachen (z. B. Leakey & Lewin, 1996). Ein Aspekt ist das Verschleppen von Organismen von einer der genannten Regionen in eine andere. Dieser soll folgend beleuchtet werden.

## 2 Sichtweisen ändern sich, Kenntnisse nehmen zu

Einer der größten Eingriffe der Menschheit in die Natur war die Domestikation. Es wurden Kulturpflanzen und Haustiere geschaffen, was wiederum ein rasches Wachstum der Menschheit zur Folge hatte sowie einen globalen Transport der neuen Errungenschaften auf andere Kontinente.

Verkehrsnetze wurden dichter, der Transport beschleunigt und damit auch der Austausch von Organismen. Zunächst mag man darin nur Vorteile gesehen haben; die zum Teil grausamen Nachteile hat man zwar erlitten, in ihrer Ursächlichkeit jedoch nicht verstanden. Mehrfach hat es in Europa fürchterliche Pestepidemien gegeben, deren Ursache man natürlich nicht kannte. In nur einem halben Jahrzehnt im 14. Jahrhundert (1347 ff) starben schätzungsweise 25 Millionen (nach manchen Autoren noch viel mehr) Menschen in Europa an der Pest. Ursache: Die aus Asien stammende Hausratte, mit Pestbakterien beladen, traf auf Menschen, die Flöhe an sich trugen und so kam es zum Ausbruch der schrecklichen Krankheit. Erst über ein halbes Jahrtausend danach (1894) gelang Alexandre Yersin der Nachweis des Krankheitserregers, der nach ihm *Yersinia pestis* benannt wurde. Stefan Winkle berichtet über die „Geißeln der Menschheit“ auf weit über 1000 Seiten (1997), Grüntzig und Mehlhorn (2005) über „Expeditionen ins Reich der Seuchen“.

Im 19. Jahrhundert (1845 ff) vernichtete eine Pilzerkrankung erhebliche Teile der Kartoffelernte in Europa. In Irland starben über eine Million Menschen, eine weitere Million verließ das Land. Vermutlich wurde der Pilz (*Phytophthora in-*

*festans*) aus Nordamerika nach Europa gebracht. Die politischen Konsequenzen reichen bis ins 20. Jahrhundert (Litton, 1996).

Unkenntnis von Zusammenhängen war auch mit dem gezielten Export von Organismen in ferne Regionen verknüpft. Die frühen britischen Siedler Australiens wünschten sich Füchse für die Jagd, die auf dem fünften Kontinent jedoch mehrere Beuteltierarten ausrotteten. Auch Kaninchen – ursprünglich von der Iberischen Halbinsel stammend - waren erwünscht. Dass aus den paar Tieren, die schon im späten 18. Jahrhundert nach „Down under“ gebracht worden waren und die 1859 freigesetzt wurden, ein gutes Jahrhundert später 750 Millionen entstanden sein würden, hat wohl niemand geahnt. Zeitweise kamen auf einen Australier zehn Schafe und auf ein Schaf zehn Kaninchen. Dazu kamen noch Rinder, die Millionen und Abermillionen Kuhfladen produzierten, die von australischen Organismen nicht abgebaut werden konnten. Langjährige Forschung schuf letztlich Abhilfe: Man importierte schließlich koprophage Käfer. Bis heute verblieben in Australien „Problemtiere“ wie Dromedare, Pferde, Wasserbüffel und viele andere. Im Zusammenhang damit sind Einfuhrverbote verhängt worden. Werden sie nicht eingehalten, können Gefängnisstrafen oder hohe Geldbußen verhängt werden. Eine analoge Problematik wurde später in Neuseeland offenkundig, wo man ähnliche Fehler gemacht hatte wie in Australien (Hutching, 1998). Auch dort suchte man nach koprophagen Käfern – was schließlich gelang. Ein deutsches Magazin titelte „Greencard für Kotfresser“.

Aus den genannten und zahlreichen weiteren Beispielen hätte man lernen können. Das ist jedoch leichter gesagt als getan. Der auf dem Colorado-Plateau endemische Käfer *Leptinotarsa decemlineata*, an Solanaceen lebend, kam mit der aus den Anden stammenden Kartoffel zusammen. Aus dem „Colorado beetle“ wurde der „Kartoffelkäfer“. Er erreichte die Ostküste der USA, seine Leichen verpesteten die Luft der Seebäder und brachten Schienenfahrzeuge zum Stehen. Deutschland verbot die Einfuhr von US-Kartoffeln; andere Länder folgten. Vergebens! 1935 richtete man in Deutschland von Staats wegen einen Kartoffelkäfer-Abwehrdienst ein. Im 2. Weltkrieg soll der Käfer beim jeweiligen Feind zum Einsatz gekommen sein.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts vernichtete die nach Europa eingeschleppte Reblaus (*Viteus vitifolii*) allein in Frankreich die Weinreben auf einer Fläche, die etwa sechsmal so groß war wie die Rebanbaufläche unserer Tage in Deutschland. Das Problem wurde gelöst. Durch Pfropfung von Edelreisern der europäischen Rebsorten auf reblautolerante Unterlagen, die von amerikanischen

Arten stammen, ist es möglich, auch auf reblausverseuchten Böden Weinbau zu betreiben.

Heute ist unser Wissen so differenziert, dass wir Freund und Feind unter der riesigen Schar exotischer Pflanzen und Tiere relativ gut unterscheiden können. Die „Freunde“ schmücken unsere Gärten und Anlagen, den „Feinden“ gilt es Paroli zu bieten.

Doch wie lässt sich zwischen harmlosen Neuzugängen und Organismen, die Krankheiten übertragen oder heimische Arten ausrotten, unterscheiden?

Bei der Gestaltung unserer Haus- und Vorgärten sowie kommunaler Anlagen bevorzugen wir exotische Pflanzen, das heißt – im ursprünglichen Sinne des Wortes – „etwas von außerhalb“. Viele unserer beliebtesten Gartenpflanzen stammen aus Amerika. Verschiedentlich hat sich die Herkunft in der Namensgebung niedergeschlagen, so wie bei *Aster novaeangliae* und *Eschscholzia californica*. Letztere ist die Staatsblume Kaliforniens.

Ebenfalls bei uns häufig angepflanzt wird die einjährige Totenblume Mexikos. Bei den Azteken kam ihr eine besondere Bedeutung zu, zum Beispiel als stimulierender Tee und als Aphrodisiakum. Wir nennen die Gattung nach dem etruskischen Gott Tages *Tagetes* oder auch Studentenblume.

Ebenfalls sehr beliebt ist die Gattung *Dahlia*, wie *Tagetes* in Zentralamerika zu Hause. Mit tausenden von Kultursorten werden Gärten und Parkanlagen im Herbst zu einem Blumenmeer. Ihre Knollen sind nicht frostfest, müssen daher über Winter bei etwas höheren Temperaturen gelagert werden. Auch die aus Amerika stammende *Canna*, das Blumenrohr, ist bei uns in Gartenanlagen verbreitet, muss aber im Winter ebenfalls gegen Frost geschützt werden. Entsprechendes gilt für die aus Südamerika stammende *Fuchsia*.

Besonderer Beliebtheit erfreut sich auch die Sonnenblume (*Helianthus annuus*). Kleingärtner haben oft Freude, mit ihr „Höhenrekorde“ zu erzielen, und wenn die 5-m-Marke überschritten wird, gibt es auch schon mal ein Foto in der Regionalzeitung. Die Sonnenblume ist einjährig, was schon das Epitheton verrät und muss alljährlich neu ausgesät werden. Gleiches gilt für die hochgeschätzten Schmuckkorbchen, besser bekannt als Cosmeen (*Cosmos*, syn. *Cosmea*), die pro Pflanze über 300 Blüten hervorbringen können, bevor der Frost dem Schauspiel ein Ende setzt. Leichter hat man es mit den beliebten „Amerikanern“ *Coreopsis*, *Echinacea*, *Gaillardia*, *Helenium*, *Phlox* und *Rudbeckia*. Es handelt sich mehrheitlich um mittelhohe Stauden. Die kleinwüchsige Mexikanische Goldrandblume (*Sanvitalia*) und der Leberbalsam (*Ageratum*) werden gern für Einfassungen von Beeten und in Steingärten angepflanzt. Keine der erwähnten Exoten stellt nach

jetzigem Kenntnisstand ein Problemfall dar. Sehr selten findet man die eine oder andere von ihnen einmal außerhalb von Gärten.

Dass aus einer attraktiven „Gartenblume“ jedoch auch ein kaum zu zähmendes Übel werden kann, zeigt uns die Wasserhyazinthe (*Eichhornia crassipes*). Sie stammt aus Südamerika. Noch im späten 19. Jahrhundert kam sie nur hier vor. Blumenliebhaber sorgten jedoch für ihre Verbreitung. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts wächst sie in Indien, seit den 1950er Jahren in Afrika. Es handelt sich um eine attraktive Pflanze, deren Blätter eine Rosette bilden, aus deren Mitte aufrechte Ähren mit trichterförmigen hellvioletten Blüten und goldener Zeichnung entspringen. Manche Betrachter werden an die Schönheit von Orchideen erinnert. Abb. 1 zeigt einen wachsenden Bestand von *Eichhornia*, der das ufernahe flache Wasser eines Stausees in der Hauptstadt von Burkina Faso, der Millionenmetropole Ouagadougou, eingenommen hat.



**Abbildung 1:** Wasserhyazinthen-Bestand dominiert den Uferbereich eines Stausees in Afrika (Photo: N. Becker).

Es war ihre Schönheit, die den Export der zur kleinen Familie der Pontederiaceae gehörenden Pflanze beförderte. Solange man sie in kleinen Süßgewässern und unter Kontrolle hält, ergeben sich keine Probleme. Im Freiland sieht das jedoch ganz anders aus. Die junge Pflanze wurzelt zunächst im ufernahen Schlamm. Lange Ausläufer bilden neue Rosetten, die sich ablösen und freischwimmend weiterleben. Ihre Blattstiele sind zu dicken Schwimmkörpern mit lockerem, luftgefülltem Gewebe angeschwollen. Daher rührt auch das Epitheton *crassipes* = Dickfuß. In wenigen Monaten können hunderte von Quadratmetern der Oberfläche stehender oder schwach fließender Gewässer komplett eingenommen werden. Das Sonnenlicht erreicht den Wasserkörper nicht mehr, Sauerstoffmangel im Gewässer ist die Folge, Boote können sich kaum noch durch den dichten Polsterteppich hindurchkämpfen, Schäden an Turbinen von Wasserkraftwerken kann die Folge sein. All das machte diese Pflanzen im Tropengürtel zu einem großen Problem. Zunächst versuchte man, sie mit Unterwasser-Mähmaschinen zu bekämpfen, um Wasserrinnen für die Schifffahrt zu schaffen. Dann setzte man auch Herbizide ein. Eine schicke Wasserpflanze war zur „Wasserpest“ (Peste d'eau), zum „lila Fluch der Tropen“ geworden. Vor einigen Jahrzehnten entdeckte man jedoch ihre Nutzung. Auf den Philippinen begann man mit der Herstellung von Sandalen aus diesen Pflanzen, andernorts nutzt man sie für die Papierherstellung und als Ausgangsmaterial für diverse Flechtwaren. Bei uns sind seit einiger Zeit Zeitschriftenständer „aus dem nachwachsenden Rohstoff Wasserhyazinthe gefertigt“ im Handel. Tropische Schönheit, lila Fluch der Tropen, genutzter Werkstoff: benannt nach dem preußischen Kultusminister J.A.F. von Eichhorn (1779–1856), basierend auf Material, welches Alexander von Humboldt und Aimé Bonpland aus Südamerika mitgebracht hatten.

Eine ähnlich kontroverse Beurteilung erfährt *Thunbergia alata*, bei uns „Schwarze Susanne“ genannt und im Frühjahr allenthalben für ornamentale Zwecke angeboten und sehr geschätzt. Sie stammt aus dem tropischen Afrika, ist frostempfindlich und wurde in den tropischen Regionen Amerikas regionenweise (z. B. in Kolumbien) zum äußerst unerfreulichen Neophyten. In kurzer Zeit erreicht die rankende Pflanze 3 m und überwuchert alles andere. Benannt wurde die über 100 Arten umfassende Gattung nach dem Schweden Carl Peter Thunberg, der im 18. Jahrhundert Pflanzen in Afrika und Asien sammelte.

Viele Mitteleuropäer zieht es in der Urlaubszeit in mediterrane Gefilde. Das Sommerhalbjahr garantiert dort eine tägliche Sonnenscheindauer von über 10 Stunden. Beim Eintreffen im Urlaubsquartier empfinden Neuankömmlinge die Blütenpracht als besondere Freude. *Bougainvillea* (aus Brasilien) bekleidet als

Kletterpflanze Wände und Mauern. Ihre violetten oder auch in anderen Farben leuchtenden Hochblätter fallen schon von Weitem auf. *Carpobrotus* und *Mesembryanthemum* (aus Südafrika) bilden dichte Matten und bestechen durch ihre großen Blüten. Der auffällige Duft des immergrünen, blühenden *Pittosporum* (aus Ostasien), auch Pechsamenstrauch oder Klebsamen genannt, gibt dem Ganzen eine besondere Note. Vielleicht blühen auch gerade einige Mimosaceae: *Acacia karoo* (aus Südafrika) mit ihren bis 10 cm langen Nebenblattdornen oder andere Akazien-Arten (aus Australien). Besondere Bewunderung rufen die großen Blüten von *Hibiscus rosasinensis* (aus Südostasien) hervor. Hier und da begegnet man dem Echten Feigenkaktus (*Opuntia ficus-indica*), der aus Amerika stammt. Verlässt man das Feriendomizil nach diesen ersten „mediterranen Impressionen“ und geht eine Straße entlang, wird man an deren Rand und am Rand von Feldern den gelbblühenden Sauerklee *Oxalis pes-caprae* (aus Südafrika) sehen, vielleicht unter dem verbreiteten Straßenbaum *Eucalyptus* (aus Australien). All diese Importe erfolgten in den letzten Jahrhunderten.

Das Mittelmeergebiet ist eine sehr alte Kulturlandschaft, die vom Menschen schon seit Jahrtausenden umgestaltet wird. Steineichen- und Korkeichen-Wälder, Macchie und Garrigue sind Pflanzengesellschaften, die heutigen Besuchern als ursprünglich erscheinen, es aber so nicht sind. Olivenhaine und Weinberge sind dagegen offensichtlich Menschenwerk. Wir haben die Situation akzeptiert und genießen (mehrheitlich) die „neue Situation“.

Etwas problematischer ist die Lage an der Ostsee und auf den deutschen Nordseeinseln, z. B. dem beliebten Ferienziel Sylt. Man macht dort gern Werbung mit der „Syltrose“ (*Rosa rugosa*). Diese stammt aus Ostasien, bringt von Mai bis September rosarote oder weiße Blüten hervor, die 8 cm Durchmesser erreichen können und ist gleichzeitig Windschutz. Andererseits ist sie sehr raumgreifend und zerstört Teile der einheimischen Vegetation einschließlich der Dünenrose (*Rosa pimpinellifolia*).

### 3 Akklimation

Für europäische Siedler in überseeischen Gebieten war die Einfuhr von Pflanzen- und Tierarten einerseits nötig, um eine sichere Nahrungsgrundlage zu schaffen, andererseits auch wohl emotional bedingt. Nostalgische Gründe mögen eine Rolle gespielt haben beim Transfer heimatlicher Pflanzen, Vögel und verschiedener Haustiere. Schon Charles Darwin war überrascht, als er 1835 mit der „Beagle“ Station in Neuseeland machte. Er traf auf Gärten mit Bohnen, Gurken, Rhabar-

ber, Apfel-, Birn- und Pfirsichbäumen, allesamt nicht zur lokalen Flora zählend. In speziellen Behältern war vieles über die Meere transportiert worden, machte Neuseeland und Australien zu einer britischen Kultur-Natur-Exklave mit weitreichenden negativen Folgen. Man mag von einem antipodischen Großbritannien geträumt haben, hat jedoch als Folge zwei sehr lange in der Erdgeschichte isolierte Inseln (Neuseeland) und einen Kontinent (Australien) bezüglich ihrer indigenen Fauna und Flora erheblich geschädigt.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden in Europa verschiedene Akklimatisationsgesellschaften gegründet. In Paris begann es 1854. Der Papst und der König von Frankreich förderten deren Ziele nachdrücklich. Bernhard Kegel (1999, 2014) beschreibt die Entwicklung eindrucklich, ebenso den späteren Umschwung, weg von der ausufernden Einbürgerungspraxis. Man hatte mittlerweile eine derartige Vermehrung eingeführter Tiere erlebt, dass Jagdgewehre nicht ausreichten, sondern Helikopter und automatische Waffen zum Einsatz kommen mussten, um der Problematik Herr zu werden. Auf das Akklimatisationsfieber war der Katzenjammer gefolgt.

In Deutschland interessierte sich Bismarck besonders für das Phänomen der Akklimatisation. In Anerkennung seiner Verdienste um die Reichsgründung hatte ihm Kaiser Wilhelm I. den Sachsenwald übereignet. Es handelt sich heute um das größte geschlossene Waldgebiet in Schleswig-Holstein. Manchmal hat Bismarck von seinem dortigen Wohnsitz in Friedrichsruh monatelang die Regierungsgeschäfte wahrgenommen, aber auch in Kooperation mit Forstfachleuten experimentiert, z. B. mit Douglasie, Sitkafichte, Japanischer Lärche und anderen Nadelbäumen (Hennig, 1998) sowie der Roteiche. Die aus Nordamerika stammende Douglasie gehört heute zu einem wesentlichen Bestandteil der Wälder in mehreren europäischen Ländern. Die ersten Samen „der Königin der Pazifikwälder“ kamen 1827 nach Europa, gesammelt und überbracht von einem Schotten namens David Douglas.

## 4 Invasionsbiologie

In unseren Tagen hat sich die Euphorie der Akklimatisations-Bewegung gelegt. Es ist eine kritischere Einstellung gegenüber dem Import von fremden Faunen- und Florenelementen entstanden, regionenweise – aus guten Gründen – in unterschiedlichem Maße. Als Neobiota (z. B. Neophyten und Neozoen) bezeichnet man Organismen, die durch den Menschen aus ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet in andere Regionen, die oft auf anderen Kontinenten liegen, verschleppt



wurden. In einer engeren Definition handelt es sich um Arten, die nach der Entdeckung Amerikas durch Kolumbus (1492) und unter Mitwirkung von Menschen nach Europa gelangt sind. Mittlerweile sind fast 2% der Tierarten Europas gebietsfremd. Etwa die Hälfte von ihnen sind Insekten. Allein im Rhein gibt es derzeit etwa 100 etablierte Neozoen-Arten (zu Fischen siehe Holm, 2010). Vor 1492 nach Europa eingeführte oder eingeschleppte Arten, z. B. die Hausmaus (*Mus musculus*) und der Karpfen (*Cyprinus carpio*), werden als Archaeozoen bezeichnet.

In manchen Fällen hat man sich bei der Einfuhr fremder Arten Nutzen versprochen, es kam jedoch zum Teil zu erheblichen Schäden. Dann spricht man von invasiven Arten. Sie beeinträchtigen indigene Pflanzengesellschaften und Tiere sowie den Menschen oft beträchtlich. Wegen des großen Umfangs der Neuzugänge hat sich ein eigenes Fachgebiet etabliert, die Invasionsbiologie. Der Schwerpunkt liegt auf "Problem-Arten". Diese werden z. B. vom Bundesamt für Naturschutz, der wissenschaftlichen Behörde des Bundes für nationalen und internationalen Naturschutz, zusammengestellt. Die Verantwortlichen äußerten sich dazu in „Biologie in unserer Zeit, 6/2014“. Das ganze Heft ist den Neobiota gewidmet. Interessant sind jedoch auch diejenigen Neozoen, die verbreitet als Bereicherung angesehen werden. Im Folgenden einige Beispiele – aus einer reichen Fülle.

Die kleine aus Ostasien stammende Süßwassermeduse *Craspedacusta sowerbii* ist die einzige Süßwassermeduse Mitteleuropas. Mit ihrem Durchmesser von etwa 2 cm ist sie eher unauffällig, war zunächst nur aus Warmwasserbecken Botanischer Gärten bekannt und findet sich heute bei uns in allen großen Flusssystemen. Man kennt aus Mitteleuropa nur weibliche Tiere, die in Baggerseen oft in Massen auftreten.

Körbchenmuscheln (*Corbicula*-Arten) sind insbesondere in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts zu einem auffälligen Element unserer Süßgewässer geworden. Vermutlich sind sie aus Asien über Amerika zu uns gelangt.

Die amerikanische Schwertmuschel (*Ensis americanus*) ist im Bereich der Nordsee seit 1978 bekannt. Heute ist sie eine der häufigsten Muscheln im Weltnaturerbe Wattenmeer.

Unter den Vögeln, die zu den Neubürgern bei uns zählen, genießen wohl die Türkentaube, der Fasan sowie der Halsbandsittich verbreitet Sympathie. Das kann man von der Haustaube, die unsere Städte in großer Zahl besiedelt, schon nicht mehr behaupten. In seinem umfangreichen Opus „Die Taube – vom heiligen Vogel der Liebesgöttin zur Strassentaube“ beschreibt Daniel Haag-Wackernagel (1998) den Weg der Taube durch Völker und Zeiten. Hier überlagern sich Religiosität („Vom Ishtar zum Heiligen Geist“), bedingungsloser Tierschutz und Bedenken in

Sachen Hygiene/Infektionsgefahr. Analoges lässt sich für verschiedene Säugetiere sagen. Ratten (*Rattus norvegicus*) werden seit einiger Zeit – besonders in weißer Form – als „Kuscheltiere“ in Wohnungen gehalten. In städtischen Kommunen nimmt ihre Zahl in den letzten Jahren zu. Medien berichten von rund 300 Millionen Ratten in Deutschland, Rattenbekämpfer werden vermehrt angefordert.

## 5 Neophyten als Problemfälle

Unter den besonders auffälligen Neophyten in Mitteleuropa gibt es einige, die in weiten Kreisen Unmut hervorrufen. Diesem Phänomen trägt der Buchtitel „Unheimliche Eroberer“ von Wolfgang Nentwig (2011) Rechnung. An erster Stelle ist die aus Nordamerika stammende *Ambrosia artemisiifolia* zu nennen, in unserer Sprache Ambrosie oder auch Aufrechtes Traubenkraut genannt. Viele Menschen reagieren sehr empfindlich auf die hochallergenen Pollen oder auch auf die Sekrete der Pflanzen.

An zweiter Stelle ist der Riesen-Bärenklau (*Heracleum mantegazzianum*) zu nennen, der aus dem Kaukasus stammt. Früh im 19. Jahrhundert wurde er im Londoner Botanischen Garten zur Schau gestellt; schon bald danach hatte er diesen verlassen. Blühende Pflanzen können eine Höhe von 5 m erreichen, sehen spektakulär aus und produzieren pro Pflanze maximal ca. 50.000 Samen. Das enorme Vermehrungspotential führt zu monokulturartigen Beständen; der Kontakt mit der Pflanze kann erhebliche gesundheitliche Probleme zur Folge haben. Einwirkung von Sonnenlicht nach dem Berühren des Bärenklaus kann bei Menschen zu schweren Hautverbrennungen führen.

Während die beiden genannten Arten Menschen unmittelbar schädigen können, gibt es weitere, welche die indigene Flora verdrängen.

Das gilt zum Beispiel für den so genannten Götterbaum (*Ailanthus altissima*), der schon im 18. Jahrhundert nach Europa gebracht wurde. Es handelt sich um eine sehr raschwüchsige Pionierpflanze, die in kurzer Zeit Brachflächen, Eisenbahnanlagen und Straßenränder besiedelt, aber auch weitere Lebensräume. In der Mitte des 19. Jahrhunderts wurde *Ailanthus* großflächig als Nahrung für Seidenraupen bei uns angebaut.

Als weitere Ärgernisse sind die großen ostasiatischen Knöterich-Arten (z. B. *Fallopia japonica* und *F. sachalinensis*) sowie das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*, Abb. 2) aus dem Himalaya zu nennen. Während der Knöterich bei uns nur negativ bewertet wird, gehen die Geschmäcker bei dem Springkraut

auseinander: Es verdrängt andere Pflanzen, wird als gute Bienenweide angesehen, von manchen Menschen als Geruchsbelästigung.



**Abbildung 2:** Drüsiges Springkraut (Photo: B. Glaß).

## 6 Neozoen als Problemfälle

Zu den Neozoen, die wir als besonders störend empfinden und die zudem potentielle Krankheitsüberträger sind, gehören die Stechmücken (Culicidae). Erhöhte Mobilität der Menschen sowie der internationale und interkontinentale Handel tragen wesentlich zu ihrer Ausbreitung bei (Becker et al., 2014). Von den insgesamt bisher bekannten etwa 3.500 Arten sind 51 in Deutschland zu finden, vier davon sind Neozoen. Culiciden können Krankheiten wie Malaria, Dengue-, West-Nil- und Chikungunya-Fieber sowie Filariosen (z. B. Elephantiasis) übertragen. Sie sind damit global für den Menschen besonders bedrohliche Tiere, die mehr menschliches Leben auslöschen als jede andere Familie des Tierreichs. Entsprechend wird auch in Europa eine selektive Bekämpfung von Stechmücken vorgenommen und besonderes Augenmerk auf die Neuzugänge gerichtet. Die vier

Neozoen sind *Ochlerotatus japonicus* (seit 2009), *Aedes albopictus* (seit 2007), *Uranotaenia unguiulata* (seit 1995) sowie *Culiseta longiareolata* (seit 2011).

Zwei der exotischen Arten stehen besonders im Focus der Wissenschaft, da sie potentielle Überträger von Krankheitserregern sind, v. a. von Arboviren: die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*, Abb. 3) und die Japanische Buschmücke (*Ochlerotatus japonicus*).



**Abbildung 3:** Asiatische Tigermücke (Photo: B. Pluskota).

Die Asiatische Tigermücke stammt aus dem tropischen Südostasien und ist neben *Aedes aegypti*, der in Deutschland nicht vorkommenden Gelbfiebermücke, die erfolgreichste Art hinsichtlich ihres Ausbreitungspotenzials. Ausgehend von Südostasien hat sie sich innerhalb der letzten Jahrzehnte in Teilen Nord-, Mittel- und Südamerikas, Afrikas und Europas etabliert. In Europa wurde sie erstmals im Jahr 1979 in Albanien nachgewiesen. Wahrscheinlich war sie aus China eingeschleppt worden. Erst nach ihrer massiven Einschleppung nach Italien im Jahr 1990 durch den internationalen Gebrauchtreifenhandel konnte sie sich sehr schnell in ganz Italien ansiedeln und von dort mit dem privaten und öffentlichen Verkehr im gesamten Mittelmeerraum ausbreiten. Es lag daher nahe, dass man im Jahr

2005 in Deutschland mit einem Monitoring-Programm entlang der Autobahn 5 (A 5) begonnen hat – der Haupteinfuhrschneise für den Personen- und Güterverkehr aus Italien nach Mitteleuropa. Die Vermutung war, dass die Asiatische Tigermücke mit Kraftfahrzeugen, zum Beispiel beim Rückreiseverkehr von Touristen aus Italien oder mit LKW über die Alpen nach Deutschland eingeschleppt wird. Die blinden Passagiere verlassen dann ihre Vehikel während Rastphasen entlang der Autobahn und können sich unter günstigen Umständen in ihrer neuen Heimat ansiedeln. Diese Hypothese wurde auch dadurch gestützt, dass *Aedes albopictus* ein aggressives Stechverhalten zeigt und seinem bevorzugten Wirt, dem Menschen, in Kraftfahrzeugen folgt und so von einem Land in das andere verschleppt werden kann. Bald wurde die Vermutung bestätigt (Pluskota et al. 2008).

Die Japanische Buschmücke (*Ochlerotatus japonicus*) hat ihre Heimat in Japan, Korea, Süd-China, Taiwan sowie im Osten der Russischen Föderation. In Europa wurde die Art erstmals 2000 in Frankreich sowie 2002 in Belgien in einem Gebrauchtreifenlager gefunden. 2008 konnte sie in der nördlichen Schweiz sowie in Baden-Württemberg nachgewiesen werden, später auch in Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen. Die klimatischen Bedingungen in den Ursprungsländern in Ostasien sind dem Klima in Europa ähnlich, was die Etablierung dieser Art in Deutschland begünstigte. Ihre wichtigsten Brutplätze sind neben natürlichen Auswaschungen im Gestein (deshalb wird sie auch gelegentlich als Asiatischer „Rockpool-Moskito“ bezeichnet), Baumhöhlen und künstliche Wasseransammlungen wie z. B. Brunnen, Blumenvasen und Regenfässer. Im Rahmen eines Monitoringprogrammes wurden in Baden-Württemberg Friedhöfe auf das Vorkommen von *Ochlerotatus japonicus* untersucht. Friedhöfe bieten ideale Lebensbedingungen für Stechmücken: Sie verfügen über eine Vielzahl von Brutstätten in Form von Vasen und Brunnen, die Blütenpflanzen sind eine gute Ressource für die Aufnahme von zuckerhaltiger Flüssigkeit (z. B. Nektar) und Besucher sind Wirte für die Blutmahlzeit, um die Eientwicklung zu vollenden. Das Gebüsch bietet außerdem gute Unterschlupfmöglichkeiten. Die Untersuchung ergab, dass die Art inzwischen in Baden-Württemberg auf einer Fläche von nahezu 12.000 km<sup>2</sup> vorkommt, was etwa einem Drittel der Gesamtfläche dieses Bundeslandes entspricht. Sie muss als bereits etablierte Art für Deutschland angesehen werden, da sie mindestens drei Generationen in ihrer neuen Umgebung hervorgebracht hat. Ihre Einschleppung ist höchstwahrscheinlich auf die Einfuhr von Waren wie z. B. Altreifen oder im Zusammenhang mit Zierpflanzen und Blumenvasen aus Asien (China) zurückzuführen.

*Ochlerotatus japonicus* erwies sich in Laborversuchen als ein effizienter Überträger zahlreicher Viren, wie z. B. dem West Nil- (WNV), dem japanischen Enzephalitis-Virus (JEV), Dengue- und Chikunguya-Virus.

Während von den genannten Neozoen unter den Stechmücken erhebliche gesundheitliche Probleme für Menschen ausgehen können, gibt es im großen Reich der Insekten viele, die „nur“ wirtschaftlichen Schaden bewirken. Das gilt z. B. für Vorratsschädlinge, die seit den frühen Zeiten des Nahrungsmitteltransports verschleppt wurden. Von vielen ist nicht einmal die Herkunft bekannt, ihre Verbreitung jedoch mittlerweile fast global (Reichmuth, 1997). Erwähnenswert an dieser Stelle ist die allbekannte Mehlmotte, die speziell an Mehl und anderen Getreideprodukten lebt. Der kleine Falter wurde erst 1877 von Julius Kühn, dem Begründer des Studiums der Agrarwissenschaften in Deutschland, in amerikanischem Weizen entdeckt und wenig später nach ihm benannt: *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879. Als Herkunft wird Mittelamerika vermutet; ursprünglich lebten die Larven im Freien unter der Rinde von Bäumen und abgefallenen Früchten (Reichmuth, 1997).

Im Gegensatz zu der Mehlmotte ist die aus Ostasien eingeschleppte Gallwespe *Dryocosmos kuriphilus* bei uns noch kaum bekannt obwohl schon weit verbreitet. Sie wurde Anfang des Jahrtausends nach Südeuropa eingeschleppt und ist mittlerweile bei uns (im Raum Heidelberg) allenthalben an Esskastanien – ebenfalls Exoten - auffindbar. Die Ernteerträge sind im Süden Europas beträchtlich zurückgegangen; Gallbildung und damit Schaden gehen ausschließlich von den parthenogenetisch sich fortpflanzenden Weibchen bzw. ihrer Brut aus.

Ein Unglück spezieller Art scheint mit der Milbe *Varroa destructor* (*V. jacobsoni*) passiert zu sein. Diese richtet in Bienenstöcken erheblichen Schaden an (Tautz und Steen, 2017). Aus dem Osten wurde sie Anfang der 1970er zu uns gebracht.

Auch in den heimischen Süßgewässern gibt es mittlerweile viele Neozoen, die als problematisch eingestuft werden.

Seit dem 19. Jahrhundert lebt die Dreikant- oder Wandermuschel (*Dreissena polymorpha*) in mitteleuropäischen Fließgewässern. Sie stammt aus dem pontokaspischen Raum, befestigt sich mit Byssusfäden am Substrat und ist mittlerweile ein wesentlicher Bestandteil von Bodenlebensgemeinschaften geworden. Bei Massentwicklungen kann es zu Verstopfung von Wasserleitungen kommen. *Dreissena* kann Muschelbänke aufbauen, die 10.000e von Individuen umfassen können. Großen Schaden richtet *Dreissena* mittlerweile in Nordamerika an, wohin sie aus Europa verschleppt wurde.

Die Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*) stammt aus China und ist seit 1912 in Deutschland nachgewiesen. Sie besiedelte rasch Flüsse und Kanäle. Oft ist es zu

Massenvermehrungen gekommen, die zu Beeinträchtigungen der Fischerei führten. Ihre fast bis 1 m langen Wohnbauten rufen zudem Schäden an Uferböschungen und Dämmen hervor.

Unter den Säugetieren sind insbesondere drei Arten zu nennen, die vermehrt Aufmerksamkeit auf sich gelenkt haben. Der Waschbär (*Procyon lotor*) ist ursprünglich von Kanada bis Panama verbreitet. Seit 1934 lebt er im Bereich des Edersees (Hessen) in freier Wildbahn. Inzwischen ist er in Mitteleuropa weitverbreitet. Ein Bestand von 1 Million wird hier für möglich gehalten.

Nutria (*Mycocastor corypus*) stammt aus Südamerika, lebt in Kolonien und gräbt Gangsysteme in Uferböschungen. Diese Nagetierart wurde zunächst in Pelztierfarmen gehalten, später auch gezielt im Freiland angesiedelt.

Die Bismartratte (*Ondatra zibethicus*) ist mit 35 cm Kopf- Rumpf-Länge der größte Vertreter der Wühlmäuse. Auch sie stammt aus Nordamerika und legt Erdbauten oder Burgen aus Pflanzenmaterial in Wassernähe an. Die Eingangsöffnung, die zu ihrem Wohnraumkessel führt, liegt unter dem Wasserspiegel.

Was hier in knappster Form über die drei Säugetierarten mitgeteilt wird, nimmt in Band 2 von „Die Säugetiere Baden-Württembergs“ schon über 20 Seiten ein. Die Problematik ist also umfangreich (Braun und Dieterlin, 2005).

## 7 Fauna und Flora ozeanischer Inseln: besonders bedroht

Man schätzt, dass die ozeanischen Inseln insgesamt etwa ein Sechstel aller bekannten Pflanzenarten beherbergen, jedoch ein Drittel aller bedrohten Arten. Der Schaden, der durch eingeführte Organismen bedingt ist, ist also beträchtlich. Will man diese eliminieren, sind enorme Kraftanstrengungen nötig. Zur Evolution der Inselwelten hat sich David Quammen (1996) in einem Bestseller auf über 800 Seiten geäußert.

Ozeanische Inseln, z. B. Galapagos und Hawaii, hatten nie Kontakt zu Kontinenten; sie wurden de novo von Vulkanen gebildet. Während der pleistozänen Vereisungen, als der Meeresspiegel bis über 130 m tiefer liegen konnte, bestand zwischen einigen Inseln des jeweiligen Archipels unter Umständen eine Landverbindung, und es konnte zu verstärktem Austausch von Faunen- und Florenelementen kommen sowie zu einer Artbildung auf verschiedenen Inseln. Galapagos liegt über einem Hot Spot und bewegt sich mit der Nazca-Platte etwa 6–8 cm/a in Richtung Südamerika. Die heutigen Inseln haben im Westen ein Alter von weniger als 1 Million Jahre, im Osten sind sie über 3 Millionen Jahre alt; Vorläufer-Inseln sind im peruanischen Tiefseeegraben verschwunden. Die spezielle Fauna und Flora

solcher Inseln ist durch die massiven Tier- und Pflanzenimporte der Menschen im extremen Maße bedroht (Zizka und Klemmer, 1994). Heute rechnet man auf Galapagos mit etwa 800 eingeschleppten Arten (Lücker, 2007). Ziegen und Schweine stellen die größte Gefahr für die Vegetation dar und werden daher intensiv bekämpft, z. B. durch Abschuss aus Hubschraubern, mit Hilfe von „Judasziegen“, die mit GPS-Halsbändern versehen sind und sich Ziegen-Gruppen anschließen, die dann geortet und vernichtet werden können. Schwieriger ist die Bekämpfung von verwilderten Hunden, Katzen und importierten Ratten. Große Probleme stellen Insekten dar. Immerhin konnten auf einigen Inseln z. B. Ziegen eliminiert werden, was eine deutliche Erholung der Vegetation zur Folge hatte.

Eine vergleichbare Problematik gibt es auf Hawaii: „The most isolated group of oceanic islands“, wie man sich vom „Hawaii Biological Survey“ äußert, der 1992 als Programm des Bishop Museums in Honolulu begründet wurde (Staples & Cowie, 2001).

Von Hawaii kennt man etwa 4500 durch Menschen eingeführte Organismen-Arten. Der Großteil entfällt auf Insekten, (die etwa ein Drittel der Entomofauna des Archipels ausmachen).

Für Hawaii gilt in noch ausgeprägterem Maße, was oben zum Mittelmeerraum geäußert wurde: Wer in Honolulu (auf der Insel Oahu) eintrifft, wird im Allgemeinen von der Schönheit der belebten Natur begeistert sein. Jedoch wird er in den ersten Stunden kaum Einheimisches zu Gesicht bekommen. Fast alle Vögel, die man in Gärten und Parkanlagen sieht, sind nicht einheimisch. Bis heute geht der Import von Exoten weiter, z. B. sogar auf Wunsch der Politik. Ein Kuriosum: Die in den 1970ern aus Afrika eingeführte (Schad-)Schnecke *Achatina fulica* bekämpft man mit der aus Nordamerika eingeführten Raubschnecke *Euglandina rosea*, die jedoch mittlerweile mehrere endemische Schneckenarten dezimiert hat. Die Anzahl der Landschnecken auf dem Hawaii-Archipel wird mit 750 angegeben. Viele sind schon ausgerottet oder doch stark bedroht.

## 8 Dynamischer geht es kaum: Weltnaturerbe Wattenmeer

Vor unseren Küsten liegt das größte Wattgebiet der Erde. International wurde es 2009 durch die UNESCO als Weltnaturerbe besonders hervorgehoben. Es erstreckt sich von den Niederlanden über Deutschland bis nach Dänemark über eine Küstenlänge von etwa 500 km (Reise, 2014). Es handelt sich um einen recht jungen Lebensraum. Als die ersten modernen Menschen in die Region des heutigen Wattenmeeres kamen, war dieses Gebiet noch landfest. Die Weichsel-



Eiszeit kennzeichnete das Klima. Die kälteste Phase lag vor 20.000–18.000 Jahren; der Meeresspiegel lag mehr als 100 m unter dem heutigen. Mammut, Wollnashorn, Rentiere lebten hier und wurden von unseren Vorfahren gejagt. In etwa 10.000 Jahren stieg der Meeresspiegel um etwa 100 m. Bald tauchte das Wattenmeer auf. Wie sieht es da mit Neobiota aus? Christian Buschbaum und Karsten Reise berichten darüber (2010) und betonen, dass sich die Ökologie des Wattenmeeres derzeit tiefgreifend verändert. Ein Faktor ist die Klimaerwärmung (s. dazu generell Mosbrugger et al., 2012).

Das Wattenmeer ist ein Lebensraum, der in hoher Dichte von Organismen besiedelt wird. Allein der Wattwurm (*Arenicola marina*) erreicht eine Populationsdichte von 30 Millionen Individuen pro Quadratkilometer (Buschbaum und Reise).

Wo sich bei Ebbe das Wasser nur kurz zurückzieht, verändert sich das Wattenmeer derzeit so schnell wie nie zuvor, so die genannten Autoren. Ein Problem stellt die Pazifische Auster (*Crassostrea gigas*) dar, die 1986 bei Sylt in Kultur genommen wurde und fünf Jahre später auch außerhalb der Kultur gefunden wurde. Mittlerweile erreicht dieses Neozoon Dichten von über 2.000 Individuen pro Quadratmeter, ersetzt Bänke der Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) und hat so einen ganz neuen Lebensraum geschaffen. Buschbaum und Reise (2010) sehen die neuen Austernbänke im Sublitoral des Wattenmeeres als Schmelztiegel heimischer und eingeschleppter Organismen, z. B. der Australischen Seepocke (*Eliminius modestus*) sowie verschiedener japanischer Algen. Noch, so die Autoren, scheint die neue Austernbank nicht voll besetzt zu sein.

## 9 Krankheitserreger

Seuchen haben in früheren Jahrhunderten sehr stark in die Besiedelung der Erde und das Schicksal der Menschheit eingegriffen. Oft beeinflussten sie die Geschichte stärker als Feldherren und Staatsmänner. Bis ins 19. Jahrhundert wurden mehr Soldaten durch sie hinweggerafft als durch Waffengewalt. Große Bauprojekte in warmen Ländern (Panamakanal) wurden durch sie gehemmt und erst nach vielen Todesfällen zu Ende geführt. Schlafkrankheit hat menschliche Besiedelung und Viehhaltung weiter Gebiete Mittelafrikas erschwert oder unmöglich gemacht. Die „Großen 6“ sind Pest, Malaria, Fleckfieber, Gelbfieber, Pocken und Rückfallfieber. Noch heute spielen insbesondere in warmen Ländern dazu noch Schistosomiasis, Filariasis, Ancylostomiasis und Amöbenruhr eine wichtige Rolle.

Bei der Pest handelt es sich um eine Zoonose, d.h. um eine Erkrankung von Tieren, die jedoch auf Menschen übertragen werden kann. Reservoirwirte sind

diverse Nagetiere, Erreger, die schon oben erwähnten Bakterien (*Yersinia pestis*), Vektoren (Überträger) sind Flöhe, insbesondere *Xenopsylla cheopis*. Nach Europa ist die Pest aus den Steppen Eurasiens gekommen. Die erste geschichtlich genauer bekannte Pest-Pandemie in Europa ist die Justinianische Pest um das Jahr 542 n. Chr. Mehr als die Hälfte der Bevölkerung starb am „Schwarzen Tod“: Italien war gegen den bald darauf folgenden Angriffen der Langobarden weitgehend schutzlos ausgeliefert. 1270 scheiterte der 7. Kreuzzug an der Pest. Eine Pandemie größten Ausmaßes folgte im 14. Jahrhundert. Der Pestzug entstand in China und Indien und zog dann nach Europa. Indirekte Folgen waren in China Vernachlässigung der Flussdämme und als Konsequenz Überschwemmung von Ackerbaugebieten. In Europa folgten Bauernerhebungen im Zusammenhang mit unmenschlicher Ausbeutung durch Grundbesitzer, die nur den Rückgang der Ernteerträge und nicht die Gründe dafür sahen. Spannend berichtet Klaus Bergdolt (2003) über die Große Pest und das Ende des Mittelalters.

Malaria war schon Hippokrates bekannt. Zunächst wurde die Krankheit auf giftige Ausdünstungen (Miasmen) zurückgeführt, daher auch die Bezeichnung „Schlechte Luft“ (mal aria). Malaria hat in der Geschichte des Abendlandes eine ähnlich große Rolle gespielt wie die Pest und das Fleckfieber. Noch im 1. Weltkrieg gab es im Südosten Europas beträchtliche Ausfälle der Truppen durch das Sumpffieber.

Der einzellige Erreger *Plasmodium* war 1880 von dem französischen Militärarzt Laveran in Algerien entdeckt worden. 1907 erhielt er den Nobelpreis. Etwa zeitgleich entwickelte der Engländer Manson die „Moskito-Theorie der Malaria“. Es wurden also Mücken als Überträger (Vektoren) der Plasmodien identifiziert. Bis heute ist die Malaria in vielen warmen Regionen der Erde ein erhebliches Problem. Trotz enormer Forschungsaktivitäten ist eine Lösung in naher Zukunft noch nicht zu erwarten.

Völlig offen erscheint eine weitere Entwicklung bakterieller und viraler Erkrankungen/Seuchen. Die letzten Jahrzehnte haben in diesem Bereich Überraschendes gebracht. Wenn man bedenkt, dass die Unterschiede vom Mensch und Schimpanse in 5 oder 6 Millionen Jahren entstanden sind und Viren eine entsprechende Divergenz in ihrem Erbmateriale in wenigen Tagen erreichen können, erscheinen Prognosen der Infektionskrankheiten des Menschen verwegend. Das Lexikon der Infektionskrankheiten des Menschen, herausgegeben von den Heidelberger Autoren G. Darei, M. Handermann, E. Hinz und H.G. Sonntag (2003) fasst das Wissen zu Beginn des Jahrhunderts zusammen.

## Literatur

- Becker, N.; A. Jöst & V. Storch (2014): Die Invasion der Stechmücken. *Biologie in unserer Zeit* 44, 6: 400–408.
- Bergdolt, K. (2003): *Der Schwarze Tod in Europa. Die große Pest und das Ende des Mittelalters*. C.H. Beck, München.
- Braun, M. & F. Dieterlin. Hrsg. (2005): *Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 2*, Ullmer, Stuttgart.
- Buschbaum, C. & K. Reise (2010): Neues Leben im Weltnaturerbe Wattenmeer. *Biologie in unserer Zeit* 40, 3: 201–210.
- Darai, G.; M. Handermann, E. Hinz & H.-G. Sonntag (2003): *Lexikon der Infektionskrankheiten des Menschen*. Springer, Heidelberg.
- Grüntzig, J.W. & H. Mehlhorn (2005): *Expeditionen ins Reich der Seuchen*. Elsevier, München.
- Haag-Wackernagel, D. (1998): *Die Taube – Vom heiligen Vogel der Liebesgöttin zur Strassentaube*. Schwabe, Basel.
- Hennig, R. (1998): *Bismarck und die Natur*. Nimrod-Verlag, Suderburg.
- Hutching, G. (1998): *The Natural World of New Zealand. An Illustrated Encyclopaedia of New Zealand's Natural Heritage*. Penguin Books, Auckland.
- Kegel, B. (1999): *Die Ameise als Tramp – Von biologischen Invasionen*. Amman Verlag, Zürich.
- Kegel, B. (2014): Biologische Invasionen. *Biologie in unserer Zeit* 44, 6: 378–385.
- Leakey, R. & R. Lewin (1996): *Die sechste Auslöschung*. S. Fischer, Frankfurt.
- Litton, H. (1996): *Irish Famine – an illustrated history*. Wolfhound Press, Dublin.
- Lücker, H. (2007): *Naturgeschichte der Galapagos*. BoD, Norderstedt.
- Mosbrugger, V.; G. Brasseur, Schaller & B. Stribrny. Hrsg. (2012): *Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland*. WBG, Darmstadt.
- Nentwig, W. Hrsg. (2011): *Unheimliche Eroberer. Invasive Pflanzen und Tiere in Europa*. Haupt Verlag, Bern.
- Pluskota, B.; V. Storch, T. Braunbeck, M. Beck, N. Becker (2008): First record of *Stegomyia albopictus* Skuse. *Europ. Mosquito Bulletin* 26, 1–5(2008).
- Quammen, D. (1996): *Der Gesang des Dodo. Eine Reise durch die Evolution der Inselwelten*. Claasen, München.
- Reichmuth, C. (1997): *Vorratsschädlinge im Getreide*. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- Reise, K. (2014): *Eine Naturgeschichte vom Wattenmeer – von Zufällen durchdrungen*. Wadden Academy, Leenwarden, Niederlande.

- Staples, G.W. & R.H. Cowlie, ed. (2001): Hawai'i's Invasive Species. A Hawaii Biological Survey Handbook. Bishop Museum Press, Honolulu.
- Tautz, G.W. & D. Steen (2017): Die Honigfabrik. Die Wunderwelt der Bienen – eine Betriebsanleitung. Gütersloher Verlagshaus Gütersloh.
- Winkle, S. (1997): Geißeln der Menschheit – Kulturgeschichte der Seuchen. Artemis und Winkler, Düsseldorf.
- Zizka, G. & K. Klemmer. Hrsg (1994): Pflanzen- und Tierwelt der Galapagos-Inseln. Entstehung, Erforschung, Gefährdung und Schutz. Kleine Senckenbergreihe Nr. 20.

## Über den Autor

Prof. Dr. Dr. h.c. Volker Storch ist Biologe. Studium von Biologie und Chemie in Kiel. Seit 1979 Ordinarius an der Fakultät für Biologie in Heidelberg. Autor / Mitautor mehrerer Lehrbücher (Zoologie, Cytologie/Histologie, Evolutionsbiologie), die in sieben Sprachen übersetzt wurden. Über 300 Originalarbeiten. Fünf neuentdeckte Tierarten erhielten durch Wissenschaftler aus Australien, Südafrika, den USA und Deutschland das Epitheton „storchi“.

### Korrespondenz:

Prof. Dr. Dr. h. c. Volker Storch  
Universität Heidelberg  
INF 230  
69120 Heidelberg  
E-Mail: volker.storch@cos.uni-heidelberg.de