HAUPTTEIL

Fallstudien und Übersichten zur
Biodiversität in Kulturlandschaften

wie multiresistenten Individuen sowohl in landwirtschaftlichen als auch in ruderalen Habitaten führen (siehe auch Modellierungen von GenEERA 2007), wie sie in Kanada bereits zu beobachten sind (Knispel et al. 2007). Auch die langfristige Überdauerung von Transgenen aus Raps in Rübsen wurde in Kanada bereits nachgewiesen (Warwick et al. 2008). Unumstritten ist, dass Transgenfluss zu Problemen der Koexistenz von transgenem und konventionellem Anbau führen kann und Probleme mit Unkräutern im landwirtschaftlichen Bereich (z. B. Ausfallsraps nach dem Anbau) auftreten können. Die Auswirkungen des Transgenflusses sind weitestgehend abhängig von dem Einfluss des Transgens auf die phänotypischen Merkmale, die sie übertragen, und die damit verbundene Fitness (Jenczewski et al. 2003). Studien an invasiven Arten haben gezeigt, dass diese, sobald sie sich etabliert haben, kaum noch in einem Ökosystem zu kontrollieren und nicht mehr rückholbar sind, da sie sich kontinuierlich reproduzieren, ausbreiten und evolutiv entwickeln. Ähnliches gilt für transgene Kulturpflanzen, wenn diese persistente Populationen außerhalb des Anbaus etablieren und auskreuzen können wie zum Beispiel Raps. Das Risiko der Ausbreitung und Überdauerung von transgenem Raps außerhalb des Anbaus ist deshalb als hoch einzuschätzen.

Im Falle des transgenen Rapsanbaus wird sich dieser durch Samenverluste beim Transport und unbeabsichtigte Ausbreitung durch Fahrzeuge (von der Lippe & Kowarik 2007) schnell auch außerhalb der Anbaugebiete etablieren. Ein anbaubegleitendes Monitoring muss entsprechend neben der direkten Umgebung der Anbauflächen von Raps auch ruderale Habitate im landwirtschaftlichen sowie im urbanen Raum mit einbeziehen, da sich an diesen Standorten Rapspopulationen und besonders Kreuzungspartner etablieren und miteinander interagieren können.

2.2.6 Neophyten-Kolonisation

Ulf Schmitz

Voraussetzungen und Einschleppungsweise

Zu den prägenden Einflüssen des Menschen auf die Landschaft gehört, dass durch den internationalen Handel und weitere globale menschliche Aktivitäten wie zum Beispiel Tourismus eine unbeabsichtigte Einschleppung oder auch eine absichtliche Einfuhr von Organismen aus verschiedenen Weltgegenden in andere, weit entfernte Regionen stattfindet, in die diese Tier- und Pflanzenarten ohne die Hilfe des Menschen aus eigener Kraft nicht hätten gelangen können. Arten, welche nach dem Jahr 1492, in dem mit Kolumbus' Landung in Amerika ein neues Kapitel des internationalen Austausches begann, durch menschlichen Einfluss in andere Weltregionen gelangt sind, werden unter dem Oberbegriff »Neobiota« zusammengefasst. Im Falle

von Pflanzen spricht man von »Neophyten«, entsprechende Tierarten werden als »Neozoen« bezeichnet. Je nach ihrer Fähigkeit, sich in einer neuen Region fortzupflanzen und auszubreiten, unterscheidet man zwischen unbeständigen (= ephemeren) Arten, die nach kurzer Zeit wieder verschwinden und eingebürgerten (= etablierten) Arten, die sich im Einschleppungsgebiet dauerhaft fortpflanzen und ausbreiten können. Da die Etablierung nicht einheimischer Arten in den neu besiedelten Gebieten unerwünschte ökosystemare, gesundheitliche oder auch ökonomische Auswirkungen haben kann, stehen etliche Neobiota im Fokus der Forschung und der Durchführung von Managementmaßnahmen.

Ein großer Teil der Neophyten sind Kulturflüchtlinge, das heißt es handelt sich um Arten, die ursprünglich als Zier- oder Nutzpflanze eingeführt wurden und aus den Anbauflächen in die freie Landschaft entwichen sind. Zu den Anbauflächen, die zur Quelle von nicht einheimischen Arten werden können, zählen nicht nur forstliche und landwirtschaftliche Flächen. Auch Gärten und insbesondere Botanische Gärten waren bislang schon vielfach die Quelle der Ausbreitung von fremdländischen Arten. So hat sich in jüngerer Zeit zum Beispiel das Orangeblütige Springkraut *Impatiens capensis* vermutlich aus dem Botanischen Garten Marburg über das Lahntal in das Einzugsgebiet des Rheins ausgebreitet (Ludwig 1994; Schmitz 2003). Auf absichtliche Einführung und anschließende Verwilderung zurückzuführen sind auch die neophytischen Vorkommen so bekannter Arten wie Herkulesstaude *Heracleum mantegazzianum*, Indisches Springkraut *Impatiens glandulifera*, Amerikanische Traubenkirsche *Prunus serotina*, Kanadische Goldrute *Solidago canadensis* und Japanischer Staudenknöterich *Fallopia japonica*.

Ein anderer großer Teil der Neophyten wurde und wird unabsichtlich eingeschleppt. Eine intensive Ansiedlung und Ausbreitung solcher Arten kann insbesondere in Regionen mit starker internationaler Verkehrsanbindung stattfinden. Wasserstraßen mit ihren Hafenanlagen bieten besonders günstige Bedingungen für die unbeabsichtigte Einfuhr exotischer Arten. So fällt beim Entladen von Schiffen, die zum Beispiel mit Ölsaaten beladen sind, regelmäßig Frachtmaterial zu Boden, das zur Keimung gelangen kann. Meist sind solche Ölsaaten mit weiteren Samen von Wildkräutern aus dem Heimatland der Ware durchsetzt, die ebenfalls keimen und sich unter geeigneten Bedingungen entwickeln können.

Ausgehend von Hafenanlagen und Umschlagplätzen können sich fremdländische Arten, die unter den hiesigen klimatischen Bedingungen Existenzmöglichkeiten finden, vorzugsweise entlang der Flüsse und anderer Verkehrswege ausbreiten. Bei den Ufern größerer Flüsse handelt es sich in der Regel um Habitate mit sandig-kiesigem Untergrund, die von regelmäßigen Störungen durch Überflutung geprägt sind. Dadurch bedingt ist die dortige Vegetation sehr lückig und bietet den neophytischen Arten keine nennenswerte Konkurrenz. Dieser Lebensraum ist daher besonders ge-

eignet, um von Neophyten besiedelt zu werden. Viele der unabsichtlich eingeschleppten Arten treten im Einschleppungsgebiet nur unbeständig (ephemer) auf, da sie sich aufgrund zu kalter Wintertemperaturen oder zu kurzer Vegetationsperioden nicht vermehren und ausbreiten können. Unter den unabsichtlich eingeschleppten Neophyten sind viele annuelle Arten, die recht konkurrenzschwach sind und lediglich in offenen, vegetationsarmen Habitaten gedeihen können. Dazu zählen neben den Flussufern auch anthropogene Lebensräume wie Ruderalstellen. Einzelnen Arten gelingt es darüber hinaus, sich in landwirtschaftlichen Nutzflächen auszubreiten, wo sie von Landwirten gleichermaßen unerwünscht sind wie heimische Ackerwildpflanzen. Als Ackerunkraut kommt auch die aus Nordamerika stammende und wegen ihrer allergenen Pollen problematische Beifußblättrige Ambrosie *Ambrosia artemisiifolia* vor. Ein Vorkommensschwerpunkt im Einschleppungsgebiet liegt in südosteuropäischen Sonnenblumenfeldern, von dort aus die Samen dieser Art durch damit verunreinigtes Vogelfutter in andere europäische Länder ausgebreitet wurden und werden.

Der Einfluss des Klimawandels auf die Neophytenausbreitung, illustriert am Beispiel des Niederrheins

Viele fremdländische Arten stammen aus Weltregionen, in denen ein anderes Klima als in Mitteleuropa herrscht. Da die im Einwanderungsgebiet vorherrschenden klimatischen Bedingungen zu den wichtigsten limitierender Faktoren für die Etablierungsfähigkeit exotischer Arten zählen, können Änderungen des Klimas zu einer allmählichen Einbürgerung von Arten führen, denen dies vorher aus klimatischen Gründen unmöglich war.

Am Beispiel der Stromtalaue des Niederrheins wurde exemplarisch untersucht, ob und in welcher Weise sich der Klimawandel auf die Ausbreitung und Etablierung neophytischer Arten auswirkt (Schmitz 2002 a, b, 2004 a, b, 2006; Schmitz & Lösch 2005; Lösch et al. 2007). Im Untersuchungsgebiet, das die Rheinaue auf einer Länge von über 150 Stromkilometern zwischen Monheim (Kr. Mettmann) und der niederländischen Grenze bei Emmerich und Kleve (Kr. Kleve) umfasst, wurde hierzu zunächst eine Erfassung sämtlicher neophytischen Arten und C_4-Pflanzen durchgeführt. Letztere Artengruppe ist aufgrund ihres speziellen Photosynthese-Stoffwechsels in der Regel an warme und sonnige Standorte gebunden. Es konnten insgesamt 119 Neophytenarten nachgewiesen werden, darunter 16 C_4-Pflanzenarten. Zusätzlich wurden weitere sechs C_4-Arten gefunden, welche Archäophyten sind (schon vor 1492 durch Menschen nach Mitteleuropa eingeführt bzw. eingeschleppt). Die Herkunft der im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Neophytenarten ist in Abbildung 29 dargestellt. Die meisten Arten stammen aus Nordamerika und Asien, also aus Kontinenten, in denen zumindest in Teilen Temperaturen vorherrschen, die mit den Bedingungen in Mitteleuropa vergleichbar sind. Über die Hälfte aller gefundenen

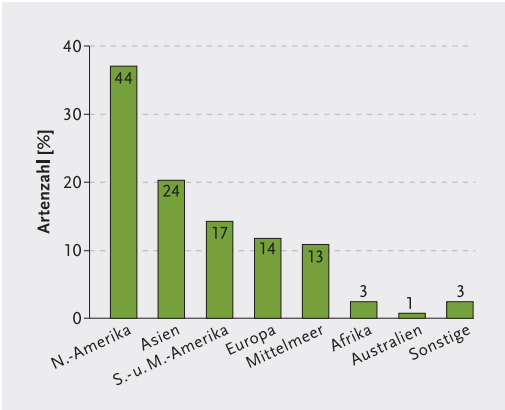

Abb. 29: Herkunft der am Niederrhein gefundenen Neophyten. Zahlen in den Säulen = absolute Zahl an Neophytenarten. Bei in Europa neu entstandenen Arten wurde die Herkunft der nächsten verwandten Art(en) angegeben. Sonstige = hybridogene Anökophyten mit Vorfahren aus verschiedenen Kontinenten oder Herkunft unbekannt (Schmitz & Lösch 2005).

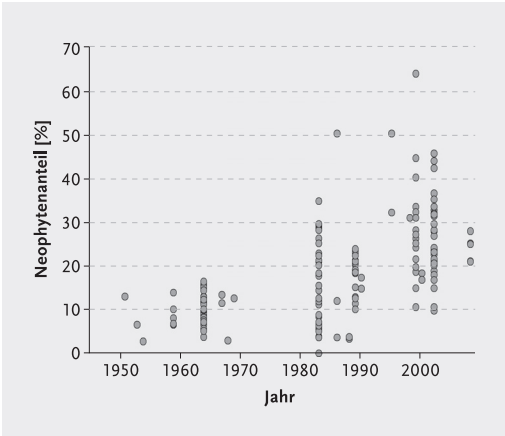

Abb. 30: Anstieg des Anteils an Neophytenarten in Vegetationsaufnahmen der Sand- und Kiesbänke des Mittel- und Niederrheins (Pflanzengesellschaft Polygono-Chenopodietum, Subassoziation von *Chenopodium rubrum*. Datenquelle 1951–1969: Lohmeyer (1970), 1983: May (1988), 1986–1990: Wisskirchen (1995), 1989: Lohmeyer & Sukoppp (1992), 1995–2008: Schmitz (2002 a), Schmitz et al. (2009) und unveröffentlicht).

neophytischen Arten hat einen neuweltlichen Ursprung. Auffallend ist der geringe Anteil afrikanischer und australischer Arten.

Der Schwerpunkt der Neophytenfunde liegt im Bereich der Sand- und Kiesbänke in der untersten Vegetationszone der Rheinaue. Vegetationskundlich sind diese Bestände überwiegend der Flussknöterichgesellschaft (Polygono brittingeri-Chenopodietum rubri) zuzuordnen. Von dieser Pflanzengesellschaft wurden an 52 Stellen im Untersuchungsgebiet Vegetationsaufnahmen nach der Methode von Braun-Blanquet (1964) angefertigt und mit historischen Aufnahmen (Lohmeyer 1970; May 1988; Lohmeyer & Sukopp 1992; Wisskirchen 1995) desselben Lebensraums verglichen (Schmitz 2006; Schmitz et al. 2009). Es zeigte sich ein deutlicher Anstieg des Neophytenanteils in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts bis zu Beginn des 21. Jahrhunderts (Abb. 30). Lag der durchschnittliche Anteil neophytischer Arten pro Vegetationsaufnahme 1964 noch bei 9,9 %, so machten die neophytischen Arten zu Beginn des 21. Jahrhunderts bereits einen Anteil von 27,5 % der Arten aus. Bei den

C_4-Pflanzen konnte für denselben Zeitraum ein Anstieg von 4,4 % auf 11,5 % nachgewiesen werden. Einer der wichtigsten Gründe für die Zunahme der Neophyten und C_4-Pflanzen in jüngerer Zeit sind gestiegene Handelsaktivitäten seit Beginn des Industriezeitalters, die die absichtliche und unabsichtliche Einfuhr von exotischen Arten fördern (Lohmeyer & Sukopp 1992). Als ein weiterer, möglicherweise noch wichtigerer Grund müssen die Einflüsse des Klimawandels gelten, die durch Temperaturerhöhung und Verlängerung der Vegetationsperiode es einer steigenden Zahl thermophiler Arten ermöglichen, reife Diasporen zu bilden.

Wie sich der Einfluss einer Temperaturerhöhung genau auf neophytische Pflanzenarten auswirkt, wurde eingehend am Beispiel der Gattung *Amaranthus* (Fuchsschwanz) untersucht. Zahlreiche neophytische Arten dieser Gattung finden sich in Mitteleuropa mit unterschiedlichem Grad der Einbürgerung. Die Einbürgerungsgeschichte dieser Arten (Tab. 8; Schmitz 2002 a, b) zeigt, dass zwar alle aufgelisteten Arten bereits im 19. Jahrhundert erstmals in Mitteleuropa nachgewiesen wurden. Nur einer einzigen Art, nämlich dem aus einer Region mit gemäßigtem bis mediterran-subtropischen Klima stammenden *Amaranthus retroflexus*, gelang es jedoch, sich unmittelbar nach der ersten Einschleppung einzubürgern, also sich aus eigener Kraft

Tab. 8: Einbürgerungshistorie monözischer *Amaranthus-Arten* am Niederrhein.

Art	**Erstnachweis in Mitteleuropa**	**Klima des Herkunftsgebietes** *gemäßigt*	*medit./ subtrop.*	*tropisch*	**Eingebürgert am Niederrhein seit**	**Einbürgerungsgrad**
A. retroflexus	1815	x	x		1820er	eingeb., sehr häufig
A. bouchonii/ powellii	1889		x		1980er	eingeb., sehr häufig
A. blitum ssp. emarginatus	1889		x		1980er	eingeb., sehr häufig
A. blitoides	1893		x		1990er	eingeb., zerstreut
A. albus	1880		x		1980er	eingeb., zerstreut
A. graecizans	1889		x		–	am Oberrhein eingeb.
A. gracilis	1888		x	x	–	ephemer in Häfen
A. spinosus	1892		x	x	–	ephemer in Häfen
A. quitensis	1889		x	x	–	ephemer in Häfen
A. patulus	1872		x	x	–	ephemer in Häfen
A. dubius	1893			x	–	ephemer in Häfen
A. tricolor	1873			x	–	ephemer in Häfen

Grau: Unmittelbar nach der Einschleppung aus gemäßigten Breiten einbürgerte Art.
Grün: Einbürgerung erst in den 1980er und 1990er Jahren, ca. hundert Jahre nach der ersten Einschleppung, aus subtropisch-mediterranem Klima stammende Arten.
Hellgrün: Noch nicht eingebürgerte Arten aus noch wärmeren Klimazonen (verändert nach Schmitz 2002 b).

fortzupflanzen und auszubreiten. Einer Gruppe weiterer Arten gelang die Einbürgerung erst in den 1980er bis 1990er Jahren, also erst ca. hundert Jahre nach ihrer ersten Einschleppung. Diese Arten stammen aus Regionen mit mediterran-subtropischem Klima. Einer dritten Gruppe von Arten aus Regionen mit noch wärmerem, tropischem Klima ist es bis heute nicht gelungen, sich einzubürgern. Erneute Nachweise dieser unbeständigen (ephemeren) Arten sind ausschließlich auf erneute Einschleppungen zurückzuführen. Der Klimawandel hat also bereits bewirkt, dass sich Arten wie *Amaranthus powellii, A. albus* und *A. blitoides* in Mitteleuropa erst einbürgern konnten, nachdem das Klima in den 1980er und 1990er Jahren ein für diese Arten geeignetes Wärmeniveau erreicht hatte. Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass derartige Einbürgerungsprozesse dadurch beschleunigt werden, dass schon geringe Erhöhungen der Durchschnittstemperatur in der Größenordnung von 0,5 °C zu erheblichen Steigerungen in der Wuchshöhe und der Samenproduktion solcher wärmeliebenden neophytischen Arten führen können (Schmitz 2002 b).

Weitere Untersuchungen zeigten, dass der Einbürgerungsgrad von *Amaranthus*-Arten mit der benötigten Zeit zum Durchlaufen eines Entwicklungszyklus korreliert. Ihre Entwicklungsmöglichkeit an Flussufern, ihren bevorzugten Standorten, beginnt mit dem sommerlichen Rückzug des Hochwassers von den Uferrändern und wird später im Jahr durch den Einbruch der kalten Jahreszeit begrenzt. Je länger die Pflanzen unter mitteleuropäischen Klimabedingungen brauchen, um von der Keimung zur Produktion eigener Samen zu gelangen, desto geringer ist der Einbürgerungsgrad der entsprechenden Art (Abb. 31). Der Unterschied zwischen der Entwicklungsdauer eingebürgerter Arten (*Amaranthus albus*) und unbeständiger Arten (*Amaranthus cruentus*) liegt dabei in der Größenordnung von nur einer Woche. Eine durch Klimaveränderungen bedingte Verlängerung der Vegetationsperiode kann also auf diese Weise die Etablierung bislang unbeständiger Arten ermöglichen. Aufgrund sol-

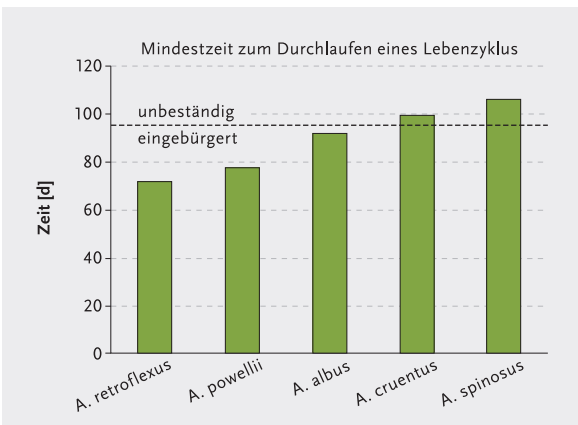

Abb. 31: Der Einbürgerungsgrad neophytischer *Amaranthus*-Arten korreliert mit der benötigten Entwicklungsdauer von der Keimung bis zur Samenbildung. Schon eine geringe Verlängerung der Vegetationsperiode kann zur Einbürgerung weiterer Arten führen.

Abb. 32: Der Rispige Amarant *Amaranthus cruentus* ist ein wärmeliebender Neophyt, der in Mitteleuropa neuerdings regionale Einbürgerungstendenzen zeigt. Die Art profitiert von der Erwärmung des Klimas und kann aufgrund verlängerter Vegetationsperioden vermehrt zur Samenreife gelangen. (Foto: Ulf Schmitz)

cher Befunde wurde zu Beginn der 2000er Jahre prognostiziert, dass die nächste Fuchsschwanz-Art mit Einbürgerungstendenzen *Amaranthus cruentus* sein würde. Diese Prognose bewahrheitete sich bereits wenige Jahre später, da diese Art nunmehr immer wieder in größerer Anzahl auf den Sand- und Kiesbänken entlang des Rheins nachgewiesen werden kann (Abb. 32). Zuvor hatten sich Funde von *Amaranthus cruentus* fast ausschließlich auf ephemere Vorkommen in Hafenanlagen beschränkt.

Die zunehmende Etablierung wärmeliebender und kälteempfindlicher Arten zeigt, dass sich der Klimawandel schon im Zeitraum weniger Jahrzehnte in der Zusammensetzung von Flora und Vegetation bemerkbar machen kann. Die weiter fortschreitende Erwärmung des Klimas wird in Zukunft die Einbürgerung weiterer thermophiler Arten begünstigen.

Ökologische Auswirkungen von Neophyten

Die überwiegende Anzahl neophytischer Arten richtet in Europa keine nennenswerten Schäden an und verhält sich unauffällig. Umso mehr machen die wenigen Neophytenarten von sich Reden, die im Invasionsgebiet deutliche negative Auswirkungen in ökologischer, ökonomischer oder medizinischer Hinsicht hervorrufen können. Bekannte Beispiele sind die so genannten Problemneophyten, die auch als invasive Arten bezeichnet werden, wie die Herkulesstaude *Heracleum mantegazzianum*, die Staudenknötericharten *Fallopia* spec. oder die Beifußblättrige Ambrosie *Ambrosia artemisiifolia* (Abb. 33), die entweder durch ihre Giftigkeit, ihre Konkurrenzkraft gegenüber einheimischen Arten oder durch ihre stark allergenen Pollen unerwünschte Effekte hervorrufen und durch aufwändige Management- und Bekämpfungsmaßnahmen erhebliche Kosten verursachen können.

Ein weiterer Effekt der Einschleppung, der Einfuhr und der Kultivierung fremdländischer Arten kann darin bestehen, dass sie mit nah verwandten heimischen Taxa

Abb. 33: Die Pollen der nicht einheimischen Beifußblättrigen Ambrosie *Ambrosia artemisiifolia* können starke Allergien hervorrufen. Die Pflanze wird daher als Problemneophyt betrachtet. (Foto: Ulf Schmitz)

hybridisieren können. Entstehen dabei ausbreitungsfähige Hybriden, können diese zu einem Rückgang der heimischen Elternart durch genetische Verfälschung (Introgression) oder durch direkte Verdrängung führen. So sind inzwischen zum Beispiel der Sichelklee *Medicago falcata* und die Schwarzpappel *Populus nigra* vielerorts wesentlich seltener als die eingeführten Kulturpflanzen *Medicago* x *varia* bzw. *Populus* x *canadensis*, die mit der heimischen Elternart rückkreuzen und Übergangsschwärme bilden können. Weiterhin kann auch bei reduzierter oder nicht vorhandener Fortpflanzungsfähigkeit von Kreuzungsprodukten durch einen als »Auskreuzdepression« bezeichneten Effekt eine zahlenmäßige Dominanz des nicht einheimischen Elters bewirken, dass die ständige Überflutung des heimischen Elters mit Pollen der neophytischen Art zu einer Reduktion des Samenansatzes und damit einer Reduktion der Fortpflanzungsfähigkeit führen kann. Dies ist zum Beispiel der Fall beim in Mitteleuropa fast ausgestorbenen Taumel-Lolch *Lolium temulentum* oder der seltenen Sand-Esparsette *Onobrychis arenaria* aufgrund der Bestäubung durch die häufigeren Neophyten Italienisches Raygras *Lolium multiflorum* bzw. durch die Saat-Esparsette *Onobrychis viciifolia* (Bleeker et al. 2007; Bleeker et al. 2008; Schmitz et al. 2008). Auch ein Zusammentreffen miteinander verwandter neophytischer Arten aus unterschiedlichen Heimatarealen kann im Invasionsgebiet durch Hybridisierung dazu führen, dass neue Nachkommen entstehen, die möglicherweise über ein von den Eltern verschiedenes und diesen überlegenes ökologisches Potenzial verfügen. So ist der Staudenknöterich-Hybrid *Fallopia* x *bohemica* in Europa mancherorts erfolgreicher als seine aus unterschiedlichen Regionen Ostasiens stammenden Eltern Japanischer Staudenknöterich *Fallopia japonica* und Sachalin-Staudenknöterich *Fallopia sachalinensis* (Bailey et al. 2007). Über die spezifischen Auswirkungen des Auftretens solcher hybridogenen Neophyten auf das Konkurrenzgefüge der Habitate

herrscht vielfach noch weitgehende Unsicherheit. Sicher ist jedoch, dass ganz allgemein das Auftreten von Neophyten zu ökosystemaren Interaktionen mit indigenen Arten führen kann, welche Veränderungen im Konkurrenz- und Standortgefüge des betroffenen Lebensraumes hervorrufen können. So kann zum Beispiel das neophytische Indische Springkraut *Impatiens glandulifera* durch die Abgabe allelopathischer Wirkstoffe in den Boden das Wachstum benachbarter einheimischer Arten beeinträchtigen. Gleichzeitig ist die Evapotranspiration von Dominanzbeständen der gebietsfremden *Impatiens*-Arten um ca. ein Drittel größer als die von autochthonen *Urtica*-Beständen und auch die Biomasseansammlung am Boden ist größer und von anderer Zusammensetzung, so dass es zu Änderungen im Humushorizont und möglicherweise dadurch auch zu Änderungen der Bodenmineralisierung kommen kann (Dericks 2006).

Die Invasibilität einer Pflanzengesellschaft, also die Möglichkeit für Neophyten in diese einzudringen und sich zu etablieren, sinkt mit abnehmendem Störungseinfluss und zunehmendem Deckungsgrad heimischer Pflanzenarten. Daher sind in uferfernen Waldgesellschaften in der Regel weniger neophytische Arten zu finden als in ufernahen Vegetationseinheiten. Allerdings verursachen die konkurrenzschwachen Neophytenarten der annuellen Ufervegetation dort keine ökosystemaren Probleme, sondern spiegeln lediglich die Dynamik dieses offenen und vielfältigen Lebensraumes wider. Problematisch kann allerdings eine intensive Kolonisation der uferferneren Kulturlandschaft durch eine der vergleichsweise wenigen Problemneophytenarten sein. Auch hier sollten jedoch Management- und Bekämpfungsmaßnahmen in Fällen unerwünschter Neophytenbesiedlung immer nur aufgrund fundierter Einzelfallentscheidungen getroffen werden.

2.2.7 Primärsukzession der Bodenorganismen

Michael Elmer, Jens Wöllecke, Sascha Gebhardt, Jörg Böllmann, Karin Hohberg, Manfred Wanner, Willi E. R. Xylander, Reinhard F. J. Hüttl

Bedeutung der Bodenorganismen

Dem Boden kommt als Schnittstelle von Atmosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre eine besondere ökosystemare Bedeutung zu: An ihn sind essenzielle ökosystemrelevante Regelungsfunktionen geknüpft, wie die Bereitstellung von Nährstoffen für die Primärproduzenten oder die Strukturierung von Nahrungsnetzen. Darüber hinaus stellt er den Lebensraum für zahlreiche Mikroorganismen und Tiere dar: In Bezug auf wirbellose Tiere kann ein Quadratmeter Boden ein Vielfaches der oberirdischen Diversität aufweisen. Wie können so viele Arten nebeneinander koexistieren und welche Funktion hat eine derart hohe Diversität für das Ökosystem (Bardgett et al. 2005)?