

Invasive Neobiota im Wald: Konzepte und wissenschaftliche Grundlagen

Christoph Küffer
Harald Bugmann
Marco Conedera

Institut für Integrative Biologie, ETH Zürich (CH)*

Waldökologie, Institut für Terrestrische Ökosysteme, ETH Zürich (CH)

Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Forschungsgruppe Insubrische Ökosysteme (CH)

Invasive non-native species in forests: key concepts and scientific foundations

The article summarizes key concepts and the scientific foundations regarding invasive non-native species and their management, with a focus on forestry. In particular, the three management phases 1) prevention, 2) early detection and containment, and 3) control and long-term management of established species are discussed. In Switzerland, over 100 non-native species are considered invasive by experts; many of them occur in forests. Given the complexity of the challenge, successful management in general needs to be adapted to specific contexts such as the forestry sector, and should involve directly affected decision-makers and experts. Dealing with invasive species is therefore a permanent task of the forestry sector as a whole, which can not be delegated to just one institution or administrative level (cantonal, national or international).

Keywords: alien, biological containment, control, early detection, forestry, invasive species, management, non-native, novel ecosystem, pathways, prevention

doi: 10.31888/szf.2014.0124

* Universitätstrasse 16, CH-8092 Zürich, E-Mail kueffer@env.ethz.ch

Gebietsfremde Arten sind Arten, die durch den Menschen in ein Gebiet eingeführt worden sind, in welchem sie natürlicherweise nicht vorkommen. Sie werden auch als «nicht einheimische Arten» oder «Neobiota» bezeichnet. Dabei werden in Europa oft nur solche Arten als gebietsfremd betrachtet, die nach der Entdeckung Amerikas durch Columbus im Jahr 1492 in Europa eingeführt worden sind, also ab Beginn des Austausches von Arten mit der Neuen Welt. Die meisten gebietsfremden Arten werden in einem neuen Gebiet nicht zu einem Problem, und viele Arten wurden durch den Menschen gezielt eingeführt, weil sie einen Nutzen bringen. Einige wenige dieser Arten können aber zu ökonomischen, gesundheitlichen oder ökologischen Schäden führen (Wittenberg 2006). Diese problematischen gebietsfremden Arten werden als «invasive Arten», «Problemarten» oder «Schadorganismen» bezeichnet. Manchmal werden diese Begriffe allerdings auch für problematische einheimische Arten benutzt.

Eine besondere Herausforderung bei biologischen Invasionen besteht darin, dass für das Verständnis der Zusammenhänge und für die Problemlösung sehr unterschiedliche räumliche Massstabebenen beachtet werden müssen (Wittenberg & Cock 2001): Es gilt auf globaler Ebene den internationalen Trans-

port von Organismen zu regulieren (Prävention), auf regionaler Ebene – zum Beispiel in der Schweiz – die Ausbreitung von Problemarten einzudämmen (Früherkennung und Eindämmung) und auf lokaler Ebene – zum Beispiel in einem Waldreservat – problematische Arten zu kontrollieren oder deren negative Einflüsse auf das Ökosystem zu minimieren (Kontrolle und langfristiges Management etablierter Arten).

In diesem Artikel werden wichtige Konzepte und wissenschaftliche Grundlagen aus der internationalen Literatur zu invasiven Neobiota vorgestellt (Kueffer & Hirsch Hadorn 2008, Richardson 2011, Brunel et al 2013). Dabei beziehen wir uns auf konkrete Beispiele aus dem Waldbereich und auf die drei erwähnten Handlungsebenen «Prävention», «Früherkennung und Eindämmung» sowie «Kontrolle und langfristiges Management etablierter Arten» (Abbildung 1).

Prävention

Internationaler Transport und Einfuhr von Problemarten

Gebietsfremde Arten werden auf verschiedenen Wegen in ein neues Gebiet eingebracht, zum Beispiel durch die Land- und Forstwirtschaft, den

Prävention

Ebene	Worum geht es?	Herausforderungen
International bis national	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel der Prävention ist die Verhinderung der Einfuhr von potenziell problematischen gebietsfremden Arten in die Schweiz. • Mögliche zukünftige Schäden müssen gegen Opportunitätskosten (ungenutzte Nutzen) abgewogen werden. • Prävention fokussiert auf die Risiken von Arten oder von Transportwegen. • Zwei Kriterien sind für die Abschätzung der Risiken von Arten besonders wichtig: bekannte Invasionen in anderen Gebieten und Anpassung ans Schweizer Klima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Vorhersage von zukünftigen Schäden ist oft schwierig, auftretende Schäden können aber sehr gross sein. • Durch Umweltveränderungen (z.B. Klimawandel) können neue, noch unbekannte Arten invasiv werden; gewisse gebietsfremde Arten können aber auch hilfreich sein bei der Anpassung an die veränderten Bedingungen. • Sektorale Betrachtungen (z.B. für das Forstwesen) helfen, kontextspezifische Lösungen zu finden, die sich einfacher umsetzen lassen.



Früherkennung und Eindämmung

Ebene	Worum geht es?	Herausforderungen
National bis regional	<ul style="list-style-type: none"> • In der Schweiz bereits eingeführte gebietsfremde Arten sollen erkannt und an der weiteren Ausbreitung gehindert werden, sobald sie invasiv werden. • Mögliche Strategien: Ausrottung, Verlangsamung oder Eindämmung der Ausbreitung oder Fernhalten von gefährdeten Zonen wie Schutzgebieten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfordert die Koordination vieler Akteure und Institutionen auf lokaler bis nationaler Ebene und in verschiedenen Sektoren bei Monitoring, Entscheidungsfindung und Umsetzung. • Die Strategiefindung kann zum Teil durch die Forschung unterstützt werden. Sie ist aber oft schwierig und erfordert breiten und langfristigen Konsens.



Management etablierter Arten

Ebene	Worum geht es?	Herausforderungen
Regional bis lokal	<ul style="list-style-type: none"> • Es gilt, die momentanen oder zukünftigen negativen Auswirkungen einer etablierten invasiven Art zu minimieren. • Das kann bedeuten, dass die Art im Gebiet ausgerottet, ihr Bestand auf ein unproblematisches Mass reduziert oder als Teil des Ökosystems akzeptiert wird. • Die Kombination von mechanischer, chemischer und biologischer Kontrolle sowie von geeigneter Pflege des Ökosystems bringt oft den besten Erfolg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht nur die kleinräumigen Auswirkungen, sondern auch diejenigen auf die umliegende Landschaft sollten einbezogen werden. • Durch die Kontrollmassnahmen können Schäden entstehen. Ein experimentelles Vorgehen ist nötig, um Kosten und Schäden zu vermeiden. • Bei biologischer Kontrolle ist eine umfassende vorbereitende und begleitende Forschung Pflicht.

Abb 1 Übersicht zu den drei komplementären Managementstrategien im Umgang mit invasiven Neobiota.

Gartenbau, den Tierhandel, den Transport von Bodenmaterial oder durch Privatpersonen. Durch die Zunahme des internationalen Handels und der privaten Reisetätigkeit nimmt die Anzahl neu eingeführter Arten in Europa ständig zu. Derzeit werden in Europa pro Jahr sechs bis sieben neue gebietsfremde Pflanzenarten, vier bis fünf neue Vogelarten und zwei neue Säugetierarten registriert (Hulme et al 2009). Bei Neomyceten entspricht die aktuelle Einschleppungsrate einer Art pro Jahr (Sieber 2014, dieses Heft), während für Insekten die Einfuhrrate deutlich höher ist (Wermelinger 2014, dieses Heft).

In der Schweiz werden über 100 gebietsfremde Arten von Experten als potenzielle Problemarten eingestuft (Wittenberg 2006). Diese umfassen ein sehr breites Spektrum von Organismengruppen: Säugetiere, Vögel, Reptilien, Amphibien, Fische, Weichtiere, Insekten, Krebstiere, Spinnen, Nematoden, Pilze, Pflanzen und Bakterien. Viele dieser Arten sind auch für das Forstwesen in der Schweiz von Bedeutung (IC Infraconsult 2011).

Man kann die absichtliche von der unabsichtlichen Einfuhr unterscheiden. Während viele gebietsfremde Pflanzen- und Wirbeltierarten absichtlich in die Schweiz eingeführt worden sind – die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) zum Beispiel für die Landschaftsgestaltung (Conedera & Schoenenberger 2014, dieses Heft) –, werden zum Beispiel Pflanzenschädlinge meist unabsichtlich mit Pflanzen- oder Bodenmaterial transportiert (Sieber 2014, Wermelinger 2014, beide dieses Heft). Absichtlich eingebrachte Arten profitieren oft davon, dass sie speziell für die Ansiedlung gezüchtet worden sind, ihre Ansiedlung sorgfältig begleitet wird oder diese in grossem Massstab geschieht. Auch sind Arten mit neuen Eigenschaften – zum Beispiel eine schnell wachsende Baumart oder eine an sehr trockene Standorte angepasste Art – für die absichtliche Einfuhr und Nutzung besonders attraktiv. Falls sie verwildern sollten, ist es bei diesen Arten aber auch besonders wahrscheinlich, dass sie invasiv werden, weil sie sich anders verhalten als die einheimischen



Abb 2 Kudzu (*Pueraria lobata*) in Cannero (IT) in der Nähe der Schweizer Grenze. Kudzu ist seit vielen Jahren in den USA als problematische invasive Art bekannt. Dennoch war die Prävention in diesem Fall nicht erfolgreich: Bereits sind im Tessin 33 Kudzu-Standorte bekannt; möglicherweise kann Kudzu hier noch ausgerottet werden. Auf jeden Fall sind die Eindämmung im Tessin und die Verhinderung der Einfuhr in die Nordschweiz prioritär. Foto: Nicola Schoenenberger

(Mack 2003). Das Invasionsrisiko kann sich insbesondere auch dann erhöhen, wenn die Art nahe von anfälligen Gebieten ausgebracht wird. Zum Beispiel gelten im Ausland über 20 Föhrenarten als invasiv (Richardson & Rejmánek 2011), oft weil mit diesen Arten unmittelbar neben Naturschutzgebieten Plantagen angelegt worden sind.

Wo und wie eine nicht einheimische Art eingebracht wird, kann das Invasionsrisiko also stark beeinflussen. Eine im nahen Ausland etablierte Art kann sich besonders leicht in die Schweiz ausbreiten und erschwert die Prävention auf nationaler Ebene. Zum Beispiel wurde die Kastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) sieben Jahre nach der Einführung im Piemont (IT) im Tessin zum ersten Mal beobachtet (Wermelinger 2014, dieses Heft). Auf lokaler Ebene stellt das Ausbringen von Pflanzenmaterial (Gartenabfälle) und Tieren (Aquarien- und Terrarientiere) durch Privatpersonen ein besonderes Problem dar. Je nach Verbreitungsweg ist die Regulierung einfacher oder schwieriger (Hulme et al 2008).

Grundprinzipien der Prävention

Prävention verfolgt das Ziel, auf möglichst effektive Weise die Einfuhr von gebietsfremden Arten, die problematisch werden könnten, zu verhindern. Dabei sollten sowohl die direkten Kosten, welche bei der Umsetzung von präventiven Massnahmen entstehen, als auch die Opportunitätskosten bedacht

werden. Opportunitätskosten entsprechen dem Nutzen einer gebietsfremden Art, welcher verloren geht, wenn diese nicht eingeführt und dadurch nicht genutzt werden kann. Wird eine Art fälschlicherweise als unproblematisch eingeschätzt und eingeführt, dann kann sie später invasiv werden und zu Schäden führen. Wird andererseits eine Art fälschlicherweise als problematisch beurteilt und daher nicht eingeführt, können Opportunitätskosten entstehen. Beide Fehler versucht man daher möglichst klein zu halten.

Ob und welche präventiven Massnahmen sinnvoll sind, kann daher nur aufgrund von Kosten-Nutzen-Überlegungen entschieden werden. Für die Schweiz gilt es zum Beispiel abzuwägen, ob die potenziellen ökonomischen, gesundheitlichen und ökologischen Schäden, welche durch eine Invasion der Robinie entstehen könnten, grösser sind als der potenzielle Nutzen für die Forst- und Landwirtschaft oder für die Landschaftsarchitektur. Bei den durch eine invasive Art entstehenden Kosten sollten auch die Bekämpfungskosten (inklusive Monitoring, Koordination und Information der Bevölkerung) einberechnet werden. Weil es oft schwierig ist, zuverlässig vorauszusagen, welche gebietsfremden Arten invasiv werden könnten, müssen solche Entscheidungen oft trotz ungenügender Datenlage getroffen werden. Im Moment wird in diesen Fällen das Vorsorgeprinzip angewendet, das heisst, im Zweifelsfall

werden die Nutzen von präventiven Massnahmen stärker gewichtet als die Opportunitätskosten. Das Argument dafür ist, dass die Bekämpfung einer Problemart, sobald sie sich etabliert hat, in der Regel sehr aufwendig oder unmöglich ist (Gerber & Schaffner 2014, dieses Heft). Es gibt aber auch Experten, welche die Prävention auf diejenigen gebietsfremden Arten beschränken wollen, für die ein hohes Schadenpotenzial bereits nachweisbar ist (Davis et al 2011). Sie argumentieren, dass Prävention gemäss dem Vorsorgeprinzip zu teuer ist, sowohl wegen der sehr hohen direkten Kosten als auch wegen der Opportunitätskosten. Mit wissenschaftlichen Fakten allein lässt sich in dieser Frage kein Konsens finden (Larson et al 2013). Vielmehr muss ein solcher im Rahmen von politischen und gesellschaftlichen Diskussionen ausgehandelt werden. Es ist aber auch unter schweizerischen Praxisvertretern, zum Beispiel der Gartenbaubranche (Humair 2013), unbestritten, dass gegen schädliche gebietsfremde Arten gehandelt werden muss, sobald erste negative Auswirkungen bekannt sind.

Umsetzung von Präventionsmassnahmen

Es existieren zwei grundsätzlich verschiedene Präventionsstrategien. Diese lassen sich nach Risikoträger unterscheiden: Bei der ersten ist der Risikoträger die gebietsfremde Art selbst, bei der zweiten ist es deren Transportweg.

Die Grundlage für die erste Strategie sind Risikobewertungen, welche aufgrund von Arteigenschaften das Invasionsrisiko vorhersagen (z.B. Weber et al 2005). Die wichtigsten Kriterien dabei sind, ob die Art bereits in einem anderen Gebiet zum Problem geworden ist und ob sie an die Klimabedingungen im neuen Gebiet angepasst ist (Abbildung 2). Andere Kriterien beurteilen, ob sich die Art schnell ausbreiten kann (z.B. frühes Reproduktionsalter), an die Bedingungen eines bestimmten Habitats angepasst

ist (z.B. Schattentoleranz) oder Eigenschaften hat, welche zu grossen Schäden führen können (z.B. Überträger eines Virus, wie das beim Amerikanischen Grauhörnchen der Fall ist). Manchmal werden auch zu erwartende Schwierigkeiten bei der Bekämpfung in die Bewertung einbezogen (z.B. Dornen bei der mechanischen Bekämpfung von Sträuchern). Als potenziell problematisch identifizierte Arten können gezielt reguliert werden, zum Beispiel durch das Verbot von Einfuhr, Transport und Nutzung oder durch eine Bekämpfungspflicht. In einer Zeit von Globalisierung und globalem Wandel kann das Invasionsrisiko vieler Arten allerdings nur begrenzt im Voraus beurteilt werden; entweder weil gewisse Arten erst seit Kurzem international transportiert werden und ihr Verhalten an einem fremden Ort noch nirgends beobachtet werden konnte oder weil sich das Invasionsverhalten von Arten durch den Klimawandel oder andere Formen von globalem Wandel (z.B. Nährstoffeintrag) verändert.

Die zweite Strategie fokussiert auf die Risiken des Transports (Abbildung 3; Sieber 2014, Wermelinger 2014, beide dieses Heft). So wird zum Beispiel zur Verhinderung der unabsichtlichen Ausbreitung von Krankheiten und Schädlingen der Transport von Pflanzenmaterial geregelt. Dazu geeignete Massnahmen sind die Behandlung des Pflanzenmaterials, die Quarantäne oder die gezielte Kontrolle von besonders risikoreichen Transporten (z.B. aus Risikogebieten oder zu Jahreszeiten, in welchen eine Etablierung und Ausbreitung von Problemarten besonders wahrscheinlich ist).

Präventionsmassnahmen sind auf internationaler Ebene grösstenteils durch Institutionen geregelt, die für den Pflanzenschutz aufgebaut worden sind, zum Beispiel die International Plant Protection Convention (IPPC) und die European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). Die internationalen Mechanismen erfordern einerseits, dass sich die Präventionsmassnahmen einfach umsetzen und für viele verschiedene Ökosysteme, geografische Gebiete und Arten anwenden lassen. Andererseits müssen die Präventionsmassnahmen durch politischen Konsens vieler Länder legitimiert sein, weshalb die Risikoanalysen auf umfassenden Daten beruhen müssen (nicht zuletzt auch um keine Freihandelsabkommen zu verletzen). Aufgrund des Ausmasses des internationalen Transports und der Unsicherheiten bei der Risikobeurteilung stösst dieser Ansatz zunehmend an Grenzen. Als Ergänzung bieten sich deshalb präventive Massnahmen an, welche auf einzelne Sektoren wie das Forstwesen zielen. Solche sektoriellen Massnahmen, zum Beispiel die chemische Behandlung von transportiertem Holz oder der Verzicht auf die Einfuhr gewisser Baumarten, erfordern aber oft ein freiwilliges Engagement der Betroffenen. Das bedeutet Aufwand, ermöglicht Praxisvertretern aber auch, Regulierungen aufgrund



Abb 3 Der Asiatische Laubholzbockkäfer (*Anoplophora glabripennis*) wird oft mit unsachgemäss oder nicht behandelten Lattenkisten und Paletten eingeschleppt. Foto: Beat Wermelinger

ihrer Expertise und Bedürfnisse mitzugestalten. Mit einer Fokussierung auf einzelne Sektoren lässt sich oft auch das Spektrum der zu betrachtenden Organismen, Ökosysteme und Transportwege reduzieren. Weil die Invasionsrisiken oft stark von den konkreten Arten und Ökosystemen abhängen, nimmt damit die Zuverlässigkeit von Risikoanalysen zu (Kueffer et al 2013). Zudem können zukünftige Entwicklungen frühzeitig thematisiert werden. Im Forstwesen wird insbesondere das Problem der Anpassung an den Klimawandel zu einer wichtigen Frage beim Umgang mit Neobiota werden: Wann dürfen gebietsfremde oder gezüchtete Baumarten und -sorten angepflanzt oder gefördert werden, um Waldfunktionen auch in Zukunft zu sichern? Noch fehlen zu diesen Fragen die wissenschaftlichen Bewertungsinstrumente und rechtlichen Grundlagen weitgehend.

Früherkennung und Eindämmung

Die Früherkennung und Eindämmung auf regionaler Ebene – also auf der Ebene von mehreren Gemeinden, eines oder mehrerer Kantone oder sogar der ganzen Schweiz – wird zunehmend zu einer zweiten wichtigen Handlungsoption neben der Prävention auf internationaler Ebene. Dies hat damit zu tun, dass die Prävention aufgrund mangelnder Kapazität und Vorhersagemöglichkeiten nie zu 100% effektiv sein kann. Zudem können aufgrund von Umweltveränderungen oder Zeitverzögerungen auch bereits seit Längerem in der Schweiz etablierte gebietsfremde oder auch einheimische Arten unerwartet zum Problem werden, zum Beispiel Arten des Mittelands in Bergregionen (Kueffer & Alexander 2013).

Entscheidend für den Erfolg von Massnahmen auf regionaler Ebene ist die Koordination der unterschiedlichen Akteure, weil nur mit einer gezielten und abgestimmten Strategie ein neuer Schadorganismus früh entdeckt und seine Ausbreitung effektiv eingedämmt werden kann (Bischoff 2014, Walther & Leuthardt 2014, beide dieses Heft). Dies erfordert eine gute Zusammenarbeit aller Beteiligten innerhalb eines Sektors (also von Bund, Kantonen, Gemeinden und Eigentümern) und zwischen den Sektoren (Forstwesen, Landwirtschaft, Raumplanung, Naturschutz), wie dies zum Beispiel in den Kantonen Zürich und Tessin bereits geschieht. Es braucht für die verschiedenen Organismengruppen ein gutes, auf die Organismen zugeschnittenes Monitoringsystem, und es muss geklärt sein, welche Experten und Entscheidungsträger beurteilen und entscheiden, ob und welche Massnahmen im Fall einer Entdeckung einer neuen oder sich schnell ausbreitenden Art getroffen werden. Dafür gilt es unterschiedliche Szenarien zu entwickeln und gegeneinander abzuwägen: Ausrottung der Art (zum Beispiel Kudzu [*Pueraria lobata*] südlich des Gotthards), Beschrän-

kung der Ausbreitung auf bestimmte Gebiete (zum Beispiel Götterbaum [*Ailanthus altissima*], welcher auf der Alpensüdseite bereits etabliert ist), Verlangsamung der Ausbreitung (z.B. um Zeit für umfassendere Massnahmen zu gewinnen) oder Verhinderung der Ausbreitung in besonders anfälligen Zonen (zum Beispiel Naturschutzgebiete oder Schutzwälder).

Die Forschung kann diese Entscheidungsprozesse unterstützen, indem sie aufgrund von Populationsdaten und gegebenenfalls ökonomischen Daten zur betreffenden Art die Effektivität sowie die Kosten und den Nutzen von verschiedenen Früherkennungs-, Eindämmungs- und Ausrottungsstrategien bewertet (sog. «bioeconomic modelling»).

Kontrolle und langfristiges Management etablierter Arten

Sind gebietsfremde Arten einmal in einem Waldgebiet etabliert, stellt sich die Frage, ob diese ein Problem darstellen und welche Massnahmen ergriffen werden sollen, um Schäden zu verhindern. Dies erfordert ein Verständnis der Gründe, die zu problematischem Verhalten einer gebietsfremden Art führen können, und die Kenntnis der möglichen Managementstrategien.

Wann werden gebietsfremde Arten invasiv?

Weshalb vermehren sich gewisse gebietsfremde Arten stark, sobald sie ein bestimmtes Habitat erreicht haben, werden dominant und verändern dieses? Solch invasives Verhalten lässt sich im Wesentlichen auf drei Ursachen zurückführen:

Neue Eigenschaften, die den einheimischen Arten fehlen

Gewisse gebietsfremde Arten haben Eigenschaften, die in der einheimischen Flora oder Fauna nicht oder nur selten vertreten sind. Dies verschafft ihnen einen Konkurrenzvorteil. Diese Erklärung ist besonders wichtig für isolierte Inseln, auf welchen oft wichtige Artengruppen wie Stickstoff fixierende Pflanzen oder räuberische Wirbeltiere natürlicherweise fehlen. Aber auch auf den Kontinenten und somit auch in Ländern wie der Schweiz können fremde Arten neue Eigenschaften mitbringen. Mack (2013) wies beispielsweise darauf hin, dass der in asiatischen Wäldern oft ein dichtes Unterholz bildende Bambus in den amerikanischen und westeuropäischen Wäldern nicht vorkommt. Da in der amerikanischen Flora aber auch ökologisch ähnliche Arten fehlen, profitieren die asiatischen Bambusarten von der freien ökologischen Nische. Die Bedeutung von neuen Eigenschaften steigt mit zunehmender Umweltveränderung. Schliesslich sind die einheimischen Arten an Umweltbedingungen angepasst, die immer weniger gegeben sind, und es ist nicht un-



Abb 4 Ein Individuum von *Paulownia tomentosa*, das in einem frisch durchforsteten Kastanienniederwald in Bedano (TI) nach zwei Jahren bereits eine Grösse von etwa drei Metern erreicht hat. Das Beispiel zeigt, wie sich eine gebietsfremde Art dank forstlichen Eingriffen in einem Wald etablieren kann. Foto: Marco Conedera

wahrscheinlich, dass neu eintreffende Arten besser an die zukünftigen Umweltbedingungen angepasst sind. Ein gutes Beispiel dafür ist die Ausbreitung von einheimischen und gebietsfremden immergrünen Strauch- und Baumarten in den Wäldern des Tessins unter anderem als Folge fehlender Frostereignisse und waldbaulicher Eingriffe in den letzten 30 Jahren (Conedera & Schoenenberger 2014, dieses Heft). Neue Eigenschaften können auch durch evolutive Veränderungen während der Ausbreitung entstehen, wie das Beispiel der in der Schweiz vorkommenden Staudenknöterich-Hybriden zeigt (Gerber & Schaffner 2014, dieses Heft).

Neue (oder fehlende) Interaktionen mit einheimischen Arten

Gebietsfremde Arten treffen im neuen Gebiet unter Umständen keine natürlichen Feinde an – zum Beispiel Herbivoren oder Pathogene –, oder sie können davon profitieren, dass die lokal vorhandenen Feinde (noch) nicht gelernt haben, sie zu befallen. Andererseits kann es auch sein, dass ein gebietsfrem-

der Räuber, Herbivore, Konkurrent oder ein gebietsfremdes Pathogen einen Vorteil hat, weil sein «Opfer» nicht auf seine offensive Strategie vorbereitet ist. Im Fall von Pathogenen kennt das Immunsystem einheimischer Arten diese nicht; im Fall von Räufern kann das Fluchtverhalten bei den einheimischen Arten fehlen. Besonders interessant ist, dass auch bei der Konkurrenz zwischen Pflanzenarten das gegenseitige Kennen eine Rolle spielt (Richardson 2011). So scheiden gewisse Pflanzen chemische Substanzen aus, um andere Pflanzenarten zu behindern. Im Herkunftsgebiet haben die betroffenen Pflanzen gelernt, mit diesen chemischen Substanzen umzugehen, in einem neuen Gebiet aber nicht.

Gute Anpassung an menschenbedingte Umweltveränderungen

Arten mit invasivem Charakter sind oft besonders gut an durch den Menschen veränderte Habitatbedingungen angepasst, zum Beispiel an Störungen, Nährstoffeintrag, verändertes Klima, erhöhte CO₂-Verfügbarkeit oder verringerte Artenvielfalt, oder sie werden durch den Menschen bevorzugt in ein Gebiet eingebracht (sog. «propagule pressure»). Solche Profiteure menschlichen Verhaltens oder anthropogener Umweltbedingungen gibt es auch unter den einheimischen Arten. Das Biodiversitätsmonitoring des Bundes stellte zum Beispiel fest, dass sich nährstoffliebende Generalisten wie der Löwenzahn (*Taraxacum officinale*) oder der Weissklee (*Trifolium repens*) in den letzten Jahren ausgebreitet haben und heute auch in Gebieten oder Lebensräumen vorkommen, wo sie vorher nicht zu finden waren (Koordinationstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz 2009).

Welcher dieser drei generellen Mechanismen für eine bestimmte Invasion von Bedeutung ist, ist oft schwer vorherzusagen (Conedera & Schoenenberger 2014, dieses Heft). Die ersten beiden Mechanismen rechtfertigen, dass dem Risiko von neu in ein Gebiet eingebrachten oder eingewanderten Arten besondere Beachtung geschenkt wird. Der dritte Mechanismus zeigt aber auch, dass die menschgemachten Habitatveränderungen dazu führen, dass auch gewisse einheimische Arten in Zukunft zunehmend dominant und problematisch werden könnten. Die Erhaltung intakter Ökosysteme ist daher entscheidend für den Umgang mit dem Problem invasiver Arten.

Managementstrategien bei etablierten invasiven Arten

Das Ziel von Massnahmen auf lokaler Ebene ist es, die momentanen oder zu erwartenden negativen ökologischen, ökonomischen und gesundheitlichen Auswirkungen einer etablierten invasiven Art zu minimieren. Das kann bedeuten, dass die Art im Gebiet ausgerottet oder ihr Bestand auf ein unprob-

lematisches Mass reduziert wird. Zu bedenken sind dabei auch jene Schäden, die durch die Kontrollmassnahmen entstehen können. In der Tat hat sich in manchen Fällen eine gebietsfremde Art bereits derart in ein Waldökosystem integriert, dass eine Kontrolle praktisch nicht mehr möglich ist oder sie mehr schadet als nützt. In solchen Fällen bleibt meist keine andere Wahl, als die neue Art als Teil des Ökosystems zu akzeptieren und das Ökosystem so zu pflegen, dass die Schäden der neuen Art minimiert werden oder dass die neue Art gar einen Nutzen erbringt (dafür hat sich in der Wissenschaft in den letzten Jahren der Begriff der «novel ecosystems» etabliert). Welche Managementstrategie für ein bestimmtes Gebiet und für eine invasive Art gewählt wird, hängt von den vorhandenen Ressourcen und den Managementzielen ab, etwa ob im betrachteten Gebiet seltene einheimische Arten vorkommen. Wichtig ist, dass die Auswirkungen auf die umliegende Landschaft einbezogen werden. Eine invasive Art ist möglicherweise in einem Wald, in dem die Holznutzung im Vordergrund steht, nur ein geringes Problem. Von dort kann sich die Art aber gegebenenfalls schnell in ein nahe gelegenes Naturschutzgebiet ausbreiten und seltene Arten bedrohen. Oder wenn Samenbäume in Parkanlagen und auf Privatgrundstücken ausserhalb des Waldes vorkommen, können sich diese in den Wald ausbreiten.

Konkrete Kontrollmassnahmen

Die Massnahmen zur Kontrolle von Problemarten lassen sich in vier Typen einteilen (Gerber & Schaffner 2014, dieses Heft): die mechanische (z.B. Jäten oder Abholzen), die chemische (Pestizideinsatz) und die biologische Kontrolle (wissenschaftlich begleitetes und sorgfältig geplantes Einbringen eines gebietsfremden Gegenspielers) sowie die Kontrolle durch geeignete Pflege des Ökosystems (zum Beispiel Vermeiden von Kahlschlägen oder ausgedehnten Niederwaldschlägen, Abbildung 4; Wittenberg & Cock 2001). Oft kombiniert die effektive Strategie verschiedene dieser Massnahmen. Ein experimentelles und idealerweise durch angewandte Forschung begleitetes Vorgehen ist in allen Fällen nötig, um Kosten und Schäden zu vermeiden («adaptive Management»). Bei der biologischen Kontrolle ist eine umfassende vorbereitende und begleitende Forschung sogar Pflicht (Gerber & Schaffner 2014, dieses Heft). Die unprofessionelle Bekämpfung führt meist zu hohen Kosten und nicht zum gewünschten Erfolg.

Schlussfolgerungen

Unter Experten besteht ein breiter Konsens darüber, dass gewisse gebietsfremde Arten zu Problemen führen. Diese Erkenntnis ist nicht neu. Schad-

organismen wie Pflanzenkrankheiten oder Forstschädlinge sind seit Langem bekannt. Neuer ist das Bewusstsein, dass auch die Artenvielfalt durch gebietsfremde Arten bedroht sein kann und dass alle Organismengruppen ein Risiko darstellen können. Unterschiedliche Meinungen gibt es bezüglich des Vorgehens bei Arten, für die das Schadenpotenzial nicht mit Daten belegt werden kann. Während die Mehrzahl der Experten ein präventives Vorgehen, das auf dem Vorsorgeprinzip aufbaut, auch in diesen Fällen bevorzugt, weisen andere Experten darauf hin, dass bei fehlenden Daten zu Schäden die Kosten der Bekämpfung und der potenzielle Nutzen der gebietsfremden Art stärker berücksichtigt werden sollten. Ob gewisse einheimische Arten auch als invasiv bezeichnet werden sollen, wenn sie sich insbesondere aufgrund von Umweltveränderungen wie dem Klimawandel ausbreiten und dominant werden, ist ein weiterer Diskussionspunkt.

Solche Fragen können nur beantwortet werden, wenn die konkreten Verhältnisse jeweils von den Experten und den direkt betroffenen Entscheidungsträgern gemeinsam analysiert werden. Deshalb ist das Problem invasiver Arten ein Thema, das von den einzelnen Sektoren wie dem Forstwesen frühzeitig und gemeinsam angepackt sowie kontinuierlich bearbeitet werden muss und sich in der Regel nicht an eine einzelne Institution auf kantonaler, eidgenössischer oder internationaler Ebene delegieren lässt. ■

Eingereicht: 14. November 2013, akzeptiert (mit Review): 7. April 2014

Literatur

- BISCHOFF W, CUENI J, PEISL-GAILLET Y, KOLLY D (2014)** Bekämpfung invasiver Neophyten: Beschränkte Mittel zielgerichtet einsetzen (Essay). Schweiz Z Forstwes 165: 132–139. doi: 10.3188/szf.2014.0132
- BRUNEL S, FERNANDEZ-GALIANO E, GENOVESI P, HEYWOOD VH, KUEFFER C ET AL (2013)** Invasive alien species at crossroad: a growing but neglected threat? In: EEA, editor. Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. Copenhagen: European Environment Agency. pp. 518–540.
- CONEDERA M, SCHOENENBERGER N (2014)** Wann werden gebietsfremde Gehölze invasiv? Ein methodologischer Ansatz. Schweiz Z Forstwes 165: 158–165. doi: 10.3188/szf.2014.0158
- DAVIS M, CHEW MK, HOBBS RJ, LUGO AE, EWEL JJ ET AL (2011)** Don't judge species on their origins. Nature 474: 153–154.
- GERBER E, SCHAFFNER U (2014)** Gebietsfremde Staudenknöteriche im Schweizer Wald – Auswirkungen und Massnahmen. Schweiz Z Forstwes 165: 150–157. doi: 10.3188/2014.0150
- HULME PE, BACHER S, KENIS M, KLOTZ S, KÜHN I ET AL (2008)** Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. J Appl Ecol 45: 403–414.
- HULME PE, PYŠEK P, NENTWIG W, VILÀ M (2009)** Will threat of biological invasions unite the European Union? Science 324: 50–41.
- HUMAIR F (2013)** Positive Reaktionen gegenüber Informationspflicht. G'plus 115 (6): 28–30.

- IC INFRACONSULT (2011)** Konzept zum Umgang mit biotischen Gefahren für den Wald. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt und des Bundesamtes für Landwirtschaft. Bern: IC Infraconsult AG. 58 p.
- KOORDINATIONSSTELLE BIODIVERSITÄTS-MONITORING SCHWEIZ (2009)** Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Bern: Bundesamt Umwelt. 114 p.
- KUEFFER C, HIRSCH HADORN G (2008)** How to achieve effectiveness in problem-oriented landscape research: the example of research on biotic invasions. *Living Rev Landsc Res* 2: 2. <http://landscaperesearch.livingreviews.org/Articles/lrlr-2008-2/> (6.4.2014)
- KUEFFER C, ALEXANDER J (2013)** Keine Invasionen in den Schweizer Alpen? *Hotspot* 27: 22. www.biodiversity.ch/downloads/hotspot27deutsch9.4.2013dpgzd.pdf (6.4.2014)
- KUEFFER C, PYŠEK P, RICHARDSON DM (2013)** Integrative invasion science: model systems, multi-site studies, focused meta-analysis, and invasion syndromes. *New Phytol* 200: 615–633.
- LARSON B, KUEFFER C, ZIF WORKING GROUP ON ECOLOGICAL NOVELTY (2013)** Managing invasive species amidst high uncertainty and novelty. *Trends Ecol Evol* 28: 255–256.
- MACK RN (2003)** Phylogenetic constraint, absent life forms, and preadapted alien plants: a prescription for biological invasions. *Int J Plant Sci* 164: S185–S196.
- RICHARDSON DM, EDITOR (2011)** Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton. Oxford: Blackwell. 432 p.
- RICHARDSON DM, REJMÁNEK M (2011)** Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. *Divers Distrib* 17: 788–809.
- SIEBER TN (2014)** Neomyzeten – eine anhaltende Bedrohung für den Schweizer Wald. *Schweiz Z Forstwes* 165: 173–182. doi: 10.3188/szf.2014.0173
- WALTHER GR, LEUTHARDT F (2014)** Invasive Neobiota: von den Grundlagen zur nationalen Strategie. *Schweiz Z Forstwes* 165: 146–149. doi: 10.3188/szf.2014.0146
- WEBER E, KÖHLER B, GELPKE G, PERRENOUD A, GIGON A (2005)** Schlüssel zur Einteilung von Neophyten in der Schweiz in die Schwarze Liste oder die Watch-Liste. *Bot Helv* 115: 169–194.
- WERMELINGER B (2014)** Invasive Gehölzinsekten: Bedrohung für den Schweizer Wald? *Schweiz Z Forstwes* 165: 166–172. doi: 10.3188/szf.2014.0166
- WITTENBERG R, COCK MJW (2001)** Les espèces envahissantes exotiques: Un manuel pour une meilleure prévention et de meilleures pratiques de gestion. Wallingford: CABI.
- WITTENBERG R, EDITOR (2006)** Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Eine Übersicht über gebietsfremde Arten und ihre Bedrohung für die biologische Vielfalt und die Wirtschaft in der Schweiz. Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Wissen 0629. 156 p.

Invasive Neobiota im Wald: Konzepte und wissenschaftliche Grundlagen

In diesem Artikel werden wichtige Konzepte und wissenschaftliche Grundlagen aus der internationalen Literatur zu invasiven Neobiota vorgestellt. Dabei beziehen wir uns auf konkrete Beispiele aus dem Waldbereich und auf die drei Handlungsebenen 1) Prävention, 2) Früherkennung und Eindämmung sowie 3) Kontrolle und langfristiges Management etablierter Arten. In der Schweiz werden über 100 gebietsfremde Arten als potenzielle Problemarten eingestuft. Viele dieser Arten kommen auch im Wald vor. In Anbetracht der komplexen Herausforderungen ist das Management invasiver Neobiota in der Regel nur dann erfolgreich, wenn es an die konkreten Verhältnisse angepasst ist und wenn die betroffenen Entscheidungsträger und Experten daran beteiligt sind. Der Umgang mit invasiven Arten ist eine Daueraufgabe, die vom ganzen Forstsektor gemeinsam angepackt werden muss und sich nicht an eine einzelne Institution auf kantonaler, eidgenössischer oder internationaler Ebene delegieren lässt.

Espèces exotiques envahissantes en milieu forestier: concepts-clés et bases scientifiques

Cet article reprend les concepts-clés et les bases scientifiques concernant les espèces exotiques envahissantes et leur gestion, avec un regard particulier aux écosystèmes forestiers. Il traite notamment des trois phases de cette gestion, à savoir 1) la prévention, 2) la détection précoce et le confinement, et 3) le contrôle et la gestion à long terme des espèces établies. En Suisse, plus de 100 espèces exotiques sont considérées comme envahissantes par les experts; beaucoup d'entre elles sont également présentes en forêt. Étant donné les défis complexes, la gestion des espèces exotiques envahissantes n'a que du succès si elle est adaptée au contexte spécifique et implique directement les décideurs politiques concernés et les experts. Ainsi, la problématique des espèces exotiques envahissantes est une tâche permanente qui doit être traitée par l'ensemble des acteurs du secteur forestier et ne peut pas être déléguée à une seule institution au niveau cantonal, national ou international.