

# DER GLOBALISIERTE KNÖTERICH

## THE GLOBAL SUCCESS STORY OF KNOTWEED

TEXT Wolfgang Krischke

**Ein Tübinger Forschungsprojekt ist dem Erfolgsgeheimnis invasiver Pflanzen auf der Spur – und wirft neues Licht auf alte Fragen der Evolutionsbiologie.**

A research project in Tübingen attempts to uncover why invasive plant species spread, and it is revisiting some fundamental ideas in evolutionary biology.

**DE** Leuchtend weiße Blütenstände, frische, grüne Blätter, rötlich gefleckte Stängel – der Japanische Staudenknöterich (*Reynoutria japonica*) erfreut das Auge. Man versteht, warum Philipp Franz Balthasar von Siebold ihn 1820 nach Europa brachte. Der bayerische Arzt und Naturforscher lebte damals in Nagasaki, obwohl zu der Zeit westliche Besucher, mit Ausnahme der Niederländer, japanischen Boden nicht betreten durften. Die schicke Staude, die Siebold aus dem Fernen Osten einführte, erfreute sich großer Beliebtheit. Sie wurde in den Parks und Gärten Europas und Nordamerikas heimisch. Das galt auch für einen engen Verwandten, der in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von der Sachalin-Insel nach Europa kam, den ähnlich aussehenden Riesenknöterich (*Reynoutria sachalinensis*).

Doch mittlerweile sind aus den Zierpflanzen Problempflanzen geworden – nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Teilen Europas und in Nordamerika. Denn die Ausbreitung der asiatischen Knötericharten scheint unaufhaltsam. Das Blätterdach der drei bis vier Meter hohen Stauden säumt Ufer, Straßenränder und Bahndämme, macht sich auf Waldlichtungen, in Grünanlagen und auf Spielplätzen breit.

Ihr ungezügelttes Wachstum bedroht die Artenvielfalt: Dort, wo die asiatischen Knöteriche gedeihen, überschatten und verdrängen sie alle anderen Pflanzen. Sie gehören zu der wachsenden Zahl „invasiver“ Pflanzenarten, die sich jenseits ihres Ursprungsgebiets ausbreiten und den Gewächsen ihrer neuen Heimat den Lebensraum streitig machen. Weltweit belaufen sich die Schäden invasiver Arten in den letzten Jahrzehnten auf mindestens eine Billion Euro, Tendenz stark steigend.

**Unverwüstlich und erfolgreich**

Dabei gehören die asiatischen Knöteriche zu den besonders eroberungsfreudigen Pflanzen. Ihre rasante Ausbreitung geschieht vor allem durch Rhizome – waagrecht unter der Erde wachsende Ausläufer, von denen überall neue Stängel emporschießen. Rhizome können meterlang werden und bilden ein robustes unterirdisches Geflecht. Schon kleinste Stücke, die durch Erdbewegungen in der Landschaft verstreut werden, treiben erneut aus.

Das macht eine Bekämpfung schwierig, sobald größere Flächen bewachsen sind. Die Rhizome können in Mauerritzen oder Asphalt eindringen und sie aufsprengen. Da diese Knötericharten sich besonders gern auf zeitweise überfluteten Flussufern ansiedeln, gefährden sie häufig Schleusen und Dämme. Aber auch Straßen, Parkplätze und Hausfundamente können beschädigt werden.

Die Evolutionsbiologen stellt der Erfolg der asiatischen Knöteriche und anderer invasiver Pflanzen vor ein spannendes Rätsel. Warum, das erläutert Professorin Christina Richards, die von der Universität von Süd-Florida für mehrere Jahre nach Tübingen gekommen ist, um den Japanischen Staudenknöterich zu erforschen. „Alle Exemplare des Japanischen Staudenknöterichs in Europa stammen vermutlich von einer einzigen importierten Pflanze ab. Sie müssten also Klone, das heißt genetisch identisch sein. Genau das sollte ihre Ausbreitung aber eigentlich hemmen. Der Evolutionstheorie zufolge muss eine Spezies nämlich genetische Variationen aufweisen, damit sie sich an unterschiedliche Umweltbedingungen anpassen kann.“

Trotzdem wurde der Japanische Staudenknöterich zu einem globalen „Eroberer“, der seinen Lebensraum immer noch ausdehnt. Er findet sich im rauen Norden ebenso wie in subtropischen Regionen und setzt sich auch in widrigen Umgebungen durch, in Salz- und Marschen zum Beispiel oder auf Sandstränden. Was ist sein Erfolgsgeheimnis?

**Alle Exemplare des Japanischen Staudenknöterichs in Europa stammen vermutlich von einer einzigen importierten Pflanze ab.**

*All specimens of Japanese knotweeds in Europe are probably derived from a single imported plant.*



01

01



02

**EN** With bright white flowers, fresh green leaves and reddish spotted stems the Japanese knotweed (*Reynoutria japonica*) is pleasing to the eye. It is clear why the physician and naturalist Philipp Franz Balthasar von Siebold brought it to Europe in 1820. The attractive perennial from the Far East enjoyed great popularity and became introduced to gardens in Europe and North America. So did the Giant knotweed (*Reynoutria sachalinensis*), a relative of the Japanese knotweed, that was also brought to Europe from Sakhalin Island around this time.

But today the ornamental plants have become a problem – in Europe and North America. Their dense canopies grow up to three or four meters; they cover river banks, roadsides and railroad embankments. Their rampant growth threatens biodiversity: Where Japanese or Giant knotweed thrive, they displace all other plants. They are part of the growing number of invasive plant species that are spreading beyond their area of origin. Globally, the damage caused by invasive species has amounted to at least one trillion euros in recent decades, and the trend is rising sharply.



03

- 01** Knötericharten siedeln sich besonders gern auf zeitweise überfluteten Flussufern an.  
Knotweeds grow very well on river banks that flood regularly.
- 02** Der Japanische Staudenknöterich gedeiht in Europa und den USA prächtig und unaufhaltsam.  
Japanese knotweed is thriving magnificently and unstoppably in Europe and the USA.
- 03** Eines von drei Exkursions-Teams: In Europa verfolgte es von Schweden bis Italien die Spur des Staudenknöterichs.  
One of three field trip teams: In Europe, they tracked knotweed from Sweden to Italy.

PHOTOS: Madalin Parepa

**Indestructible and successful**

Japanese knotweeds are among the most invasive species of plants. Their ability to spread rapidly is mainly due to rhizomes – shoots growing horizontally underground from which new stalks shoot up. Rhizomes can be several meters long and form a robust underground network. The tiniest pieces scattered across the landscape by earthmoving will sprout again. Knotweeds can grow very well on river banks that flood regularly, threatening locks and dams. Stems can penetrate through cracks in walls and asphalt and cause them to crack. They also cause significant damage to roads and buildings.

The success of invasive plants poses a mystery to evolutionary biologists. Professor Christina Richards, who has joined the University of Tübingen from the University of South Florida, explains why: “All specimens in Europe are probably derived from a single imported plant. So they should be clones which are genetically identical. But that is exactly what should, at least theoretically, inhibit their spread. Evolutionary theory assumes that species must have genetic variation to be able to adapt to different environmental conditions.”

Despite very different environmental conditions, the Japanese knotweed has thrived around the globe and continues to expand its range. It is found in the rough environments of the north as well as in subtropical regions and it also succeeds in adverse environments such as salt marshes or sandy beaches. But what is the secret behind its success?



**Spurensuche auf drei Kontinenten**

Diese Frage zu beantworten ist Ziel des Forschungsprojekts „Genetik und Epigenetik invasiver Pflanzen“ (Genomics and Epigenomics of Plant Invasion). Geleitet wird es von Christina Richards gemeinsam mit Oliver Bossdorf, Professor für Evolutionäre Ökologie der Pflanzen. Beteiligt sind Partneruniversitäten in China, Europa und den USA (siehe Kasten). Um eine solide Datenbasis zu schaffen, fanden in den Sommermonaten 2019 und 2020 drei Expeditionen statt: In Europa, den USA und China machte sich je ein vierköpfiges Forschungsteam auf einen zweitausend Kilometer langen Weg von Süden nach Norden, um zu untersuchen, wie der Japanische Knöterich in unterschiedlichen klimatischen Zonen gedeiht.

In Europa führte die Forschungsreise von Norditalien bis nach Mittelschweden, in den USA ging es entlang der Ostküste vom subtropischen Georgia bis nach Maine an der kanadischen Grenze. In China verlief die Route von Guangzhou bis in die Region südlich von Peking. Da China zu den Ursprungsgebieten des Japanischen Staudenknöterichs gehört, eignen sich die Pflanzen dort für den Vergleich mit den „ausgewanderten“ Verwandten in Europa und Amerika.

Drei Wochen waren die Teams im Van unterwegs. An fünfzig Knöterich-Standorten entlang jeder Route maßen sie die Ausdehnung und Dichte der bewachsenen Flächen sowie die Größe und Dicke der Stängel und Blätter. Sie bestimmten den Lichteinfall, untersuchten die Schädigung durch Insektenfraß, Bakterien und Pilze und analysierten die chemische Zusammensetzung des Bodens. Blattproben wurden in Tanks mit flüssigem Stickstoff eingefroren, um sie für die genetische und chemische Analyse im Labor zu konservieren.

Richards, die an der Expedition in den USA teilnahm, erinnert sich an lange Tage auf der Straße, aber auch an viele positive Begegnungen. „Wir trafen Leute, die sich für unsere Arbeit interessierten, weil sie sahen, wie sich die Pflanze in ihrer eigenen Umgebung verbreitet. Es war eine gute Gelegenheit, den Menschen einen Eindruck von praktischer Forschungsarbeit zu vermitteln.“

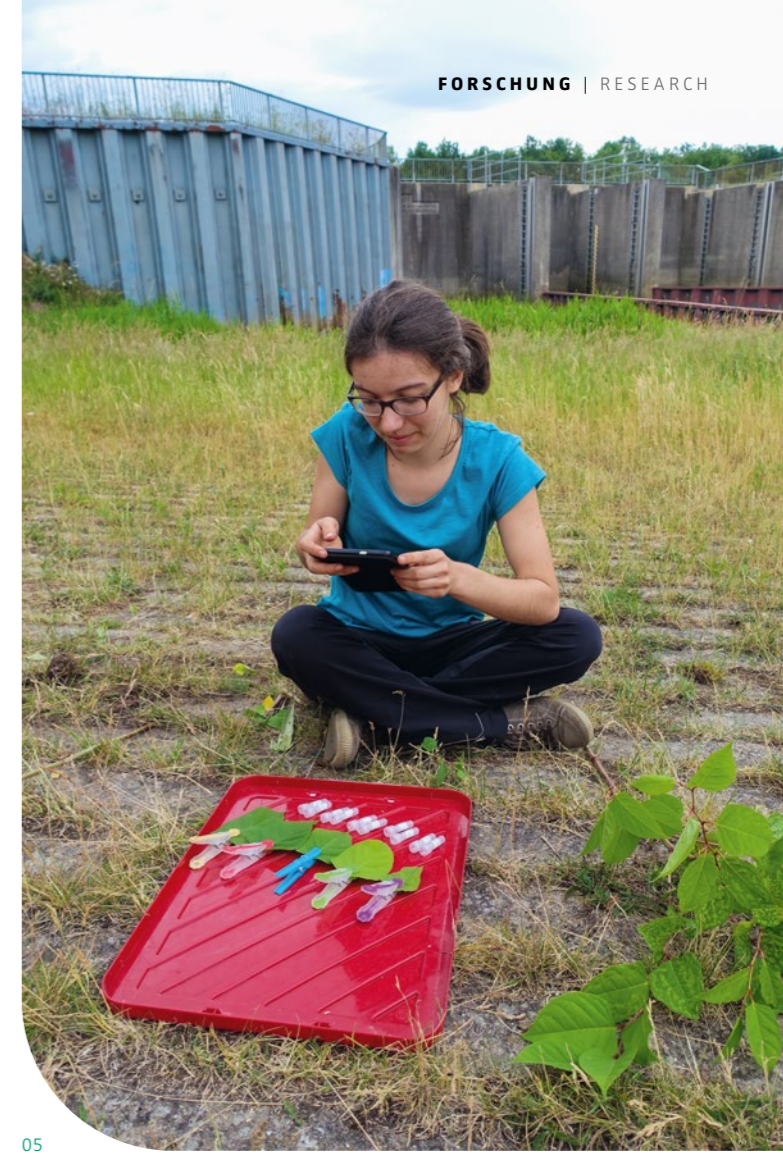


**Tracing knotweed on three continents**

The research project “Genomics and Epigenomics of Plant Invasion”, led by Richards and Oliver Bossdorf, Professor of Plant Evolutionary Ecology, with partners in China, Europe and the US, is hoping to reveal this secret. In the summer of 2019 and 2020 the scientists gathered extensive data for the project on three expeditions: In Europe, the USA and China teams of four researchers travelled on two-thousand-kilometer routes from south to north to understand how the Japanese knotweed thrives in different climate zones. In Europe, the journey led from northern Italy to central Sweden, in the US along the east coast from subtropical Georgia to Maine, and in China from Guangzhou in the south to near Beijing.

The teams were on the road for three weeks. At fifty knotweed sites along each route, they measured the extent and density of the areas covered by knotweed, and the size and thickness of stems and leaves. They determined the light incidence, studied the damage by insects, bacteria and fungi, and analyzed the chemical composition of the soil. Leaf samples were frozen in liquid nitrogen tanks to preserve them for later genetic and chemical analysis in the laboratory. Rhizomes were collected to establish common gardens.

Richards, who participated in the US expedition, remembers long days on the road, but also many positive encounters. “We met people who were interested in our work because they saw the plant spreading in their own environment. It was a good opportunity to give people an impression of practical research work.”



**No natural enemies in sight**

The expedition data show that the climatic differences in the USA and in Europe do not play a major role for the knotweed. The plants are similar throughout these regions. Their Chinese relatives, on the other hand, appear puny compared to their invasive counterparts in the Western world. They are shorter, have smaller leaves and grow less densely.



**04** An fünfzig Standorten wurden Ausdehnung und Dichte der bewachsenen Flächen vermessen.

Extent and density of vegetated areas were measured at fifty sites.

**05** Biologiestudentin Elodie Kugler sortiert Pflanzenproben.

Biology student Elodie Kugler sorts plant samples.

**06** Knöterich-Spross, bei dem Länge und Stängelumfang überprüft werden.

Measuring the length and stem circumference of a knotweed shoot.

PHOTOS: Madalin Parepa



07

**Keine natürlichen Feinde in Sicht**

Die Expeditionsdaten zeigen, dass die klimatischen Unterschiede in den USA und in Europa für den Japanischen Staudenknöterich keine große Rolle spielen. Die Pflanzen dort gleichen sich über die Regionen hinweg. Dafür unterscheiden sie sich beträchtlich von ihren asiatischen Verwandten. Die Pflanzen dort wirken kümmerlich im Vergleich zu ihren invasiven Artgenossen in der westlichen Welt. Sie sind niedriger, haben kleinere Blätter und wachsen weniger dicht.

„Die chinesischen Knöterich-Pflanzen bekommen im Durchschnitt weniger Sonne, weil sie oft im Unterholz wachsen, zudem enthalten ihre Böden weniger Nährstoffe. Und anders als in Europa und Amerika kämpft der Knöterich in China mit einer Vielzahl von Feinden: Insekten fressen seine Blätter, Bakterien und Pilze befallen ihn. 85 Prozent der Pflanzen, die in China untersucht wurden, waren infiziert“, erläutert Dr. Ramona Irimia, die an der Universität von Coimbra (Portugal) über invasive Pflanzen promoviert hat und im Tübinger Projekt für Gewächshausversuche und statistische Auswertungen zuständig ist.

Die invasiven Stauden in Europa und Amerika hingegen müssen sich kaum mit Krankheiten und Fressfeinden herumschlagen. Diesen Vorsprung gegenüber einheimischen Pflanzen werden sie voraussichtlich noch lange haben, so Irimia, denn bis sich natürliche Feinde für den Japanischen Staudenknöterich interessieren, kann viel Zeit vergehen. Möglicherweise verschafft ihnen die Abwesenheit natürlicher Feinde sogar einen doppelten Wettbewerbsvorteil. Die Forscherinnen vermuten, dass die Pflanzen die Kräfte, die sie in ihrer Heimat in die Abwehr stecken mussten, hier in ihr Wachstum und ihre Ausbreitung investieren.

”  
**Die invasiven Stauden in Europa und Amerika müssen sich kaum mit Krankheiten und Fressfeinden herumschlagen.**

*In Europe and America the invasive plants hardly showed signs of diseases or predators.*

“  
**Genetik oder Umwelteinflüsse?**

Offen ist bislang, welche der Unterschiede zwischen heimischen und invasiven Knöterichpflanzen bereits im Erbgut verankert und welche epigenetisch bedingt sind, also durch chemische Veränderungen an der DNA oder den Chromosomen verursacht. Solche Veränderungen können durch Umweltfaktoren wie Nährstoffe, Temperatur oder Lichteinstrahlung entstehen und Gene ein- oder ausschalten – so prägen sie die Eigenschaften von Organismen mit.



08

“On average, Chinese knotweed plants get less sun because they often grow in the forest understory, and in soils that contain less nutrients. Unlike in Europe and America, the knotweed has a variety of enemies in China: Its leaves are attacked by insects, bacteria and fungi. 85 percent of the plants examined in China were infected”, explains Dr. Ramona Irimia, who worked on invasive plants during her PhD at the University of Coimbra (Portugal) and is responsible for greenhouse experiments and statistical analyses in the Tübingen project.

In Europe and America, on the other hand, the invasive plants hardly showed signs of diseases or predators. Irimia believes they will probably keep this advantage over native plants for a long time to come, as it may take a long time before natural enemies become interested in the Japanese knotweed. The absence of enemies may even give knotweed a double advantage if, as the researchers suspect, the energy needed for defense in the native range is re-invested into more vigorous growth in other regions.

09



**07** Ableger im Gewächshaus: Das Team will überprüfen, wie resistent Pflanzen verschiedenen Ursprungs gegen Klimaeinflüsse oder Insektenbefall sind.

Offshoots in the greenhouse: The team wants to learn how resistant plants of different origins are to climate influences or infestation.

**08** Mit Blattläusen befallener Staudenknöterich

Knotweed infested with aphids

**09** 85 Prozent der in China untersuchten Knöterich-Pflanzen war von Schädlingen infiziert – in Europa und den USA war dies nicht der Fall. Eighty-five percent of the knotweed plants tested in China were infected by pests – this was not the case in Europe and the US.

PHOTOS: Madalin Parepa



Um genetische und epigenetische Faktoren unterscheiden zu können, werden momentan in mehreren Versuchsgärten, darunter auch Tübingen, Ableger von allen 150 Knöterich-Populationen gezogen, die die Expeditionen untersucht hatten. „Es ist eine verzwickte Angelegenheit, diese Komponenten zu trennen“, sagt Dr. Isolde van Riemsdijk, Spezialistin für Gensequenzierung und Bioinformatik, die an der Universität von Leiden (Niederlande) in Evolutionsbiologie promoviert hat. Die Analyse des Japanischen Staudenknöterichs sei eine besondere Herausforderung, sein Genom doppelt so groß wie das des Menschen.

Die ursprüngliche Annahme der Forscherinnen war: Alle Knöterichpflanzen sind Klone, Unterschiede zwischen ihnen müssen epigenetisch bedingt sein. Experimente im Gewächshaus schienen dies zu bestätigen. Nun liefern präzisere Methoden für die Gensequenzierung ein neues Bild. „Es zeigt sich überraschenderweise, dass die Knöterichpflanzen auch genetische Unterschiede aufweisen, die wir bisher nicht erkannt hatten. Die Pflanzen haben Mutationen durchlaufen und sind gar keine echten Klone mehr“, erklärt Richards.

„Wir wollen herausfinden, ob es diese Mutationen sind, die es dem Japanischen Staudenknöterich in seinen neuen Habitaten erlaubt, immer aggressiver zu werden. Möglicherweise sorgen sie zudem dafür, dass auch die umweltbedingten Merkmale erblich geworden sind, was eine zusätzliche Erklärung für die rasante Ausbreitung wäre. Unsere Ergebnisse werden nicht nur Möglichkeiten aufzeigen, diese und andere invasive Pflanzen einzudämmen, sondern auch ein neues Licht auf das Verhältnis von vererbten und erworbenen Eigenschaften werfen – ein sehr kontroverses Thema in der Evolutionsbiologie.“

Noch hat der Japanische Staudenknöterich sein Erfolgsgeheimnis nicht vollständig preisgegeben, aber die Tübinger Forschungsgruppe ist dabei, ihm Antworten zu entlocken. Von Siebold konnte nicht ahnen, dass seine importierte Staude einmal Forschungen in Gang setzen würde, die die Grundlagen der Evolutionsbiologie berühren. Aber es hätte dem Naturforscher gewiss gefallen. In seinem Gastland genießt er übrigens noch heute großes Ansehen. Zu seinem 200sten Geburtstag 1996 brachten die japanische und die deutsche Post zeitgleich eine Briefmarke heraus. Sie zeigt neben seinem Porträt die Dreispitzige Jungfernebe, eine wilde Weinart, die er ebenfalls nach Europa brachte. Den japanischen Knöterich auch per Briefmarke zu verbreiten – darauf hat man wohl lieber verzichtet.



10

**10** In Versuchsgärten soll geklärt werden, welche Unterschiede genetisch angelegt sind und welche durch Umweltfaktoren verursacht werden.

Research in botanical gardens aims to clarify which differences are genetically inherited and which are caused by environmental factors.

**11** Beschädigter Knöterich an einem chinesischen Standort  
Damaged knotweed at a Chinese site

**PHOTOS: Madalin Parepa**

**12** Professor Dr. Christina Richards

**13** Dr. Ramona Irimia

**14** Dr. Isolde van Riemsdijk

**PORTRAITS: Friedhelm Albrecht**



11

”  
**Unsere Ergebnisse werden nicht nur Möglichkeiten aufzeigen, diese und andere invasive Pflanzen einzudämmen, sondern auch ein neues Licht auf das Verhältnis von vererbten und erworbenen Eigenschaften werfen – ein sehr kontroverses Thema in der Evolutionsbiologie.**

*Our results will not only show ways to contain these and other invasive plants, but also shed new light on the relationships between inherited and environmental characteristics – a very controversial topic in evolutionary biology.*

“

The researchers originally assumed that all Japanese knotweed plants are clones and differences must be epigenetically based. Initial studies seemed to confirm this. More precise methods for DNA sequencing now paint a different picture. “It turns out that the knotweed plants also have genetic differences that we had not previously detected. The plants have acquired mutations and are no longer real clones”, explains Richards.

“We want to find out whether it is these mutations that allow the Japanese knotweed to become increasingly aggressive in its new habitats. Mutations may also have allowed environmentally induced characteristics to become inherited, an additional explanation for the rapid spread. Our results will not only show ways to contain these and other invasive plants, but also shed new light on the relationships between inherited and environmental characteristics – a very controversial topic in evolutionary biology.”

The Tübingen research group is still uncovering the secrets behind the global spread of Japanese knotweed. Von Siebold could not have foreseen that his admired ornamental would one day initiate research that questions fundamental concepts of evolutionary biology. To celebrate his 200th birthday in 1996, both the Japanese and the German postal services issued a commemorative stamp. It shows his portrait next to the three-pointed virgin vine which he also brought to Europe. It was probably a wise decision to not use the infamous knotweed instead – and spread it further on a stamp.

12



13



14



→ Im Forschungsprojekt „Genetik und Epigenetik invasiver Pflanzen / Genomics and Epigenomics of Plant Invasion“ kooperiert das Institut für Evolution und Ökologie der Universität Tübingen mit der Fudan-Universität in Shanghai (China), den Universitäten von Uppsala (Schweden), Turin (Italien) und Süd-Florida sowie der Cornell-Universität (beide USA) und dem Tropischen Botanischen Garten in Xishuangbanna, China.

→ Das Projekt wird im Rahmen des deutsch-französischen Programms MOPGA („Make Our Planet Great Again“) gefördert, das im Zuge des Pariser Klimaschutzabkommens aus der Taufe gehoben wurde

→ In the research project “Genomics and Epigenomics of Plant Invasion”, the Institute of Evolution and Ecology at the University of Tübingen cooperates with the Fudan University in Shanghai (China), Xishuangbanna Tropical Botanical Garden (China), University of Rennes (France), Uppsala University (Sweden), University of Turin (Italy), Cornell University and University of South Florida (both USA).

→ The project is funded as part of the German-French program MOPGA (“Make Our Planet Great Again”), which was launched to support the objectives of the Paris Climate Agreement