

**QUANTENSPRUNG**

**Die Invasion der fremden Arten**

Als Kind ging ich oft mit meinem Onkel angeln. Wir fingen Rotaugen, Flussbarsche und Hechte, manchmal auch Aale. Aber seit meiner Kindheit hat sich vieles verändert. Einige Fischarten sind sehr selten geworden, neue Arten sind hinzugekommen.

Einige Ökologen schätzen, dass mittlerweile allein in der Bucht von San Francisco mehr als 250 fremde Arten eingeschleppt wurden. In den USA werden die Kosten für die Kontrolle eingeschleppter Arten auf neun Milliarden Dollar angesetzt – jährlich. Weltweit, so schätzt der World Wildlife Fund, sind die Kosten in den letzten fünf Jahren auf 36 Milliarden Dollar angestiegen.

Aber erst wenn die Fischer oder die Kraftwerksbetreiber alarmiert sind, wird auch die Öffentlichkeit aufmerksam. So wie bei Zebra- und Quaggamuschele: Sie verbreiteten sich, aus dem Iran kommend, bei uns im Süßwasser und verstopften zum Beispiel die Kühlsysteme von Kraftwerken oder die Ansaugrohre für das Trinkwasser aus dem Bodensee.



**AXEL MEYER**  
Professor für Evolutionsbiologie in Konstanz und Fellow am Wissenschaftskolleg zu Berlin

Die Verbreitung von Tier- und Pflanzenarten wird von Umweltveränderungen beeinflusst. So führt zum Beispiel die Klimaerwärmung dazu, dass Neuankommlinge meist aus dem wärmeren Süden einwandern. Schlimmer als die Folgen dieser umweltbedingten Wanderungen sind aber meist die Folgen der vom Menschen absichtlich oder unabsichtlich verbreiteten Arten.

Solche ökologischen Desaster passieren längst nicht nur durch das versehentliche Einschleppen von blinden Passagieren, beispielsweise von Larven im Ballastwasser oder angeklebt an den Rumpf von Schiffen. Sie passieren immer öfter auch absichtlich, weil sich die „Krone der Schöpfung“ einbildet, die ökologischen Bedingungen einzelner Biotope durch bestimmte Arten zu „verbessern“. Diese Versuche enden oft desaströs.

Aus meiner eigenen Forschung kann ich zum Beispiel Horrorgeschichten erzählen, von mittelamerikanischen Mosquitofischen, die zur Mückenkontrolle auf Madagaskar ausgesetzt wurden. In fast allen Binnengewässern dieser riesigen Insel ist dadurch die einmalige einheimische Fischfauna ausgestorben.

Auch wurde 1954 der Nilbarsch absichtlich von britischen Fischereibiologen in die Viktoriasee ausgebracht. Das führte zur unwiederbringlichen Ausrottung von etwa 200 Arten von Buntbarschen, die nur in diesem zweitgrößten See der Welt vorkamen.

Um dies in Relation zur europäischen Biodiversität zu setzen: In ganz Europa gibt es nur etwa 200 Fischarten. Wir schulden es den nächsten Generationen, das weltweite Aussterben von Arten aufzuhalten. Auch in der Zukunft wollen kleine Jungen noch angeln gehen können.

wissenschaft@handelsblatt.com

# Die Hanse des Ostens

Das Handelsreich Srivijaya beherrschte jahrhundertlang den asiatischen Raum – Heute zählt es zu den größten Rätseln der Geschichtswissenschaft

NIKE HEINEN | DÜSSELDORF

Die Flotte des Chola-Reiches, die im Frühjahr des Jahres 1025 von Südindien her Richtung Sumatra in See stach, war der Anfang vom Ende. Als sich die Soldaten ausgetobt hatten, lagen 14 prächtige Häfen in Schutt und Asche. Ein empfindlicher Schlag ins Kontor der mächtigen Handelsleute aus dem sagenhaft reichen und mächtigen „Goldland“ Srivijaya.

Sie sollten sich nie mehr vollständig davon erholen: Die letzte Erwähnung Srivijayas findet sich 1403, als ein abtrünniger Prinz seines bereits unterjochten Herrschergeschlechtes sich aufmachte, um Malakka zu gründen. Danach verliert sich die Spur von Srivijaya, das einige Jahrhunderte lang der unangefochtene Herrscher auf den Meeren zwischen China und Indien war.

Srivijaya gehört zu den großen Rätseln der Geschichtswissenschaft. „Womit es seine Vormachtstellung sicherte, das wird nirgendwo beschrieben“, sagt Hermann Kulke, emeritierter Professor für Asiatische Geschichte an der Universität Kiel. Das liegt vor allem an der dünnen Quellenlage: Bis auf wenige rituelle Inschriften, die den Schwur für ein Blutritual – vielleicht eine Art Initiation für die jungen Männer – vorzustellen scheinen, gibt es keine eigenen schriftlichen Zeugnisse der Srivijaya-Kultur.

Die übrigen Quellentexte sind in allen den Sprachen verfasst, die im Mittelalter beim Seehandel zwischen Orient und Okzident eine Rolle spielten: Arabisch, Persisch, Sanskrit, Tamil und das klassische Mandarin-Chinesisch der Tang-Zeit. Gerade arbeitet ein internationales Konsortium aus Indologen, Sinologen und Arabisten an einem Buch, das jetzt erstmals alle Quellen vereinen soll.

Aus dem Meer dagegen kommen in jüngster Zeit immer mehr Zeugnisse der Srivijaya-Kultur zutage. In den tiefen Meeresgräben zwischen den indonesischen Inseln liegen noch unzählige Wracks aus Srivijayas Blütezeit. „Weil gute Fischgründe auch um Indonesien herum immer rarer werden, fahren die Treibnetze heute dort so tief unten wie nie zuvor“, sagt Kulke. „Dann haben sie mal ein paar alte Fässer als Beifang, mal ist es Porzellan. Die Fischer wissen dann schon Bescheid und holen die Taucher.“

Kulke erhofft sich von der alten Fracht Aufklärung über eine zentrale Frage: Was begründete die Macht dieser Handelskultur? Srivijaya bestand aus Dutzenden von Küstenstädten, zunächst nur in Ost-Sumatra, dann auch auf West-Java und auf der malayischen Halbinsel, die über Flüsse mit dem Hinterland verbunden wa-



Buddhistische Tempelanlagen (hier in Sukhothai, Thailand) entstanden im Mittelalter in ganz Südostasien. Von Srivijaya jedoch sind heute keine Anlagen mehr geblieben – das Reich verschwand nahezu vollständig.

**Südostasien im Mittelalter**

**Könige und Tempel**

In den Jahrhunderten nach der Zeitenwende entstanden in Südostasien zahlreiche Königreiche, darunter das Reich der Khmer, die die Tempelstadt Angkor Wat in Kambodscha schufen.

**Hochzeitsbündnis**

Auch die Tempelanlage Borobudur auf Java stammt aus dieser Epoche. Erbaut wurde sie von den Sailendra, die im 8. Jahrhundert auf Java herrschten. Die Sailendra-Dynastie soll mit

Srivijaya durch ein Heiratsbündnis verbunden gewesen sein.

**Indische Eroberer**

Das Reich der Chola, die im 11. Jahrhundert einen Seekrieg gegen Srivijaya führten, lag in Südindien.

ren. Aus diesen Regionen konnten sie alle Schätze der malayischen Welt zusammentragen: Kampfer, Pfeffer, Zimt und andere Gewürze, Gold, Edelhölzer, wertvolle Baumharze. „Srivijaya versorgte zu seiner Blütezeit den gesamten Mittelmeerraum und ganz China mit Gewürzen“, sagt Kulke.

Die moderne historische Wissenschaft weiß erst seit 1918 von der Existenz dieses Staates. Damals fiel dem französischen Südostasienforscher George Coedès auf, dass es sich bei dem prächtigen Land, das in den Warenbüchern arabischer Seefahrer „Sribuza“ und in den Reiseberichten eines chinesischen Mönches „Sanfozi“ genannt wird, um ein und dasselbe Land handeln könnte. Nämlich um das, das in den Geschichten auf Sumatra allgegenwärtig ist und das im klassischen Sanskrit Srivijaya genannt wird: der „herrliche Sieg“.

Kulke glaubt, dass Srivijaya kein Reich mit einer zentralen Regierung und einer straffen, hierarchisch organisierten Verwaltung war, sondern dass seine Könige als religiös legitimierte Herrscher einem Städtebund vorstanden, dessen politische Verfassung man am besten mit den Städten der deutschen Hanse vom 13. bis 17. Jahrhundert vergleichen könnte.

Für Kulke ist Srivijaya die Hanse des Ostens: „Das waren Menschen, die sich sehr klug und sehr überlegt, vor allem durch ihren Geschäftssinn, für die ganze ihnen bekannte Welt unentbehrlich machten“, meint er. Mit ihrer Überzeugungskraft schafften es die Srivijayer sogar, die grimmigen Piraten Borneos zu befrieden, die die Handelswege rund um ihre Häfen unsicher machten.

„Vielleicht machten sie auch den fremden Händlern aus Arabien, die ihre Gewässer nur passieren wollten, klar, dass ihnen etwas zustoßen könnte, wenn sie nicht auch mit Srivijaya Geschäfte machen“, spekuliert Kulke. „Die Piraten waren für Srivijaya vielleicht das, was Störbecker für die Wisnagarer war – ein böser Geist, den man für den eigenen Schutz einspannen konnte.“

Heute würde man wohl sagen, dass gute Kontaktpflege den Kern

der srivijayischen Geschäftspolitik ausmachte. Es gibt ein Modell, das die Handelsströme in Srivijaya selbst beschreibt; es hat die Struktur kleiner Bäumchen. An zahlreichen Punkten irgendwo in den Dschungeln Indonesiens liegen kleine Dörfer, deren Bewohner den Wald ihr Zuhause nennen. Sie wissen, wo es die würzigste Zimtrinde zu schälen gibt, sie kennen die harzenden Bäume und wissen, wie man heimische Tiere fängt und aufzieht.

Diese Dörfer geben ihre Waren an größere Ortschaften, die wiederum versorgen die nächstgrößere Ortschaft, und ganz am Ende steht die Küstenstadt, die alle Welt zu sich einlädt, um sich die Dschungelschätze versilbern zu lassen. „So etwas funktioniert nicht durch Autorität und Staatsgewalt“, argumentiert Kulke. „Dafür muss man Leute kennen, die Leute kennen. Und der eigene Handschlag muss etwas gelten. Da sind Kaufleute von einem Schlag gefragt, wie sie auch in Lübecks Bürgerschaft zu finden waren.“

Auch nach außen hin scheint Srivijaya eher listige Beziehungspflege als rasselnde Säbel angewandt zu haben: Die Stadtgründer steckten viel Mühe in ihre Bibliotheken und sammelten sorgfältig alle möglichen hinduistischen und buddhistischen Schriften.

So wurde die Hauptstadt Palembang zu einem international anerkannten Gelehrtenzentrum. Dann beschenken sie die Nachbarländer mit Stiftungstempeln. „Das macht gute Stimmung – und ist das ideale Terrain, um seine eigenen Agenten unter den Augen der Nachbarn unterzubringen“, meint Kulke.

UNSERE THEMEN
MO ÖKONOMIE: VWL
DI ESSAY
MI ÖKONOMIE: BWL & FINANCE
DO NATUR UND GEIST
FR LITERATUR

# Springende Gene im Gehirn machen Menschen einzigartig

Forscher finden eine große Zahl mobiler DNA-Teilstücke in Nervenzellen – Ähnlich flexibel ist nur das Erbgut in Immunzellen

TINKA WOLF | DÜSSELDORF

Springende Gene könnten der Grund dafür sein, warum jedes Gehirn auf einzigartige Weise funktioniert. Das jedenfalls glauben amerikanische Forscher, die das Phänomen in einer Vorabveröffentlichung des Magazins „Nature“ beschreiben.

Die Wissenschaftler um Fred Gage vom Salk-Institut für Biowissenschaften im kalifornischen La Jolla fanden in menschlichem Hirngewebe besonders viele Kopien von springenden

Genen, sogenannten Transposons. Diese DNA-Abschnitte können sich selbst kopieren und an zufälligen Stellen im Genom einbauen. Dadurch können wichtige Zellfunktionen gestört werden; gelegentlich verleiht ein springendes Gen einer Zelle jedoch auch neue Eigenschaften.

„Das ist ein möglicher Mechanismus, um die neuronale Vielfalt zu erschaffen, die jeden Menschen so einzigartig macht“, erklärt Gage. „Das Gehirn besteht aus 100 Milliarden Nervenzellen mit 100 Billionen Ver-

bindungen, aber mobile DNA-Elemente könnten einzelnen Zellen zusätzlich unterschiedliche Kapazitäten verleihen.“

Gage und seine Kollegen hatten bereits vor einigen Jahren herausgefunden, dass künstlich erzeugte Transposons in den Gehirnzellen von Mäusen besonders oft springen. Nun wollten die Forscher wissen, ob das auch für menschliche Gehirnzellen gilt. Sie untersuchten zunächst Vorläufer von Nervenzellen aus dem Hirngewebe von Embryonen. Zu diesen Zel-

len gaben sie ein künstliches Transposon – das dort deutlich häufiger eingebaut wurde als in anderen Körpergeweben. Außerdem untersuchten die Wissenschaftler verschiedene Gewebeprobe von Erwachsenen auf Transposon-Kopien. Tatsächlich fanden sie in den Gehirnzellen bis zu 100-mal mehr Kopien der springenden Gene als etwa in Herz- oder Lebergewebe.

In der Regel bleibt die DNA in den verschiedenen Körpergeweben möglichst stabil, um die Funktion der Or-

gane zu gewährleisten. Mutationen gefährden die Gesundheit des gesamten Organismus. Bisher kannte man nur eine Ausnahme: Die Zellen des Immunsystems „mischen“ ihre Gene für die Antikörperbildung immer wieder neu. Nur so gelingt es dem Körper, auf wechselnde Angriffe von außen zu reagieren.

Das Gehirn muss ähnlich flexibel auf seine Umgebung reagieren. Durch die springenden Gene herrschen dort deutlich mehr Unterschiede zwischen den einzelnen Zel-

len als in anderen Organen. Dadurch entsteht eine zusätzliche Möglichkeit zur Anpassung, meint Gage. „Es ist sinnvoll, dass es diese zusätzliche Ebene der Komplexität gibt.“

Warum die Transposons nur im Gehirn so fleißig springen, glauben die Forscher ebenfalls herausgefunden zu haben: Die Kontrollelemente, die regeln, ob das springende Gen abgelesen wird oder nicht, sind in den meisten Körpergeweben dauerhaft ausgeschaltet. Im Gehirn jedoch steht der Schalter offenbar auf „an“.

# Krähen in der Bastelstube

Die Vögel können bis zu drei Werkzeuge hintereinander benutzen, um an Futter zu gelangen

**DÜSSELDORF.** Krähen sind erstaunlich geschickt, wenn es um die Benutzung von Werkzeugen geht. Das bewiesen die Tiere nun einmal mehr in einem Experiment, in dem sie drei verschiedene Werkzeuge benutzen mussten, um an ihr Futter zu gelangen. Einige der Krähen schafften die Aufgabe beim ersten Versuch, ohne vorher zu üben, berichten britische Forscher online im Fachjournal „PLOS one“.

Bei dem Experiment mit sieben in Gefangenschaft lebenden Geradschnabelkrähen (*Corvus moneduloides*) legten die Forscher um Alex Kacelnik von der Universität Oxford Nahrung in eine Röhre, so dass die Krähen sie nur mit einem speziellen Werkzeug erreichen konnten. Um dieses Werkzeug zu bekommen, mussten die Krähen allerdings erst

zwei andere Werkzeuge aus zwei weiteren durchsichtigen Röhren fischen. Dieses Kunststück gelang vier der sieben Vögel auf Anhieb. Das Besondere an den neuen Experimenten sei, dass die Vögel die Werkzeuge zielgerichtet nutzten, um andere Werkzeuge zu erlangen, schreiben die Forscher in ihrer Studie.

Die Geschicklichkeit der Geradschnabelkrähen aus Neukaledonien ist Verhaltensforschern bekannt. Wissenschaftler aus Neuseeland hatten bereits gezeigt, dass die Krähe zwei Werkzeuge hintereinander benutzen kann. Die Forscher um Kacelnik berichteten vor zwei Jahren in „Science“, dass sie wild lebende Krähen sie nur mit einem speziellen Werkzeug erreichen konnten. Um dieses Werkzeug zu bekommen, mussten die Krähen allerdings erst

und Erde nach Fressbarem zu durchkämmen. Bewährtes Werkzeug nehmen die Krähen dann sogar oft auf ihre Flügel mit, anstatt sich woanders neue Hilfsmittel zu suchen.

Dass Tiere Werkzeug benutzen, um an Futter zu kommen, ist keine Seltenheit. Dass sie jedoch ein Werkzeug verwenden, um an ein weiteres Werkzeug zu gelangen, ist außerordentlich selten: Außer den Geradschnabelkrähen sind dazu nur Primaten und Menschen in der Lage. Die „sequentielle Werkzeugnutzung“ deuten Wissenschaftler oft als Beleg für hochentwickelte kognitive Fähigkeiten und planerisches Denken.

Dieser Sichtweise wollen Kacelnik und seine Kollegen sich jedoch nicht einfach so anschließen. „Es könnte sein, dass außerordentlich geschickte Werkzeugnutzer ihr Kön-

nen ungewöhnlichen kognitiven Fähigkeiten verdanken“, schreiben sie. „Es könnte aber auch sein, dass selbst die beeindruckendsten Demonstrationen von Werkzeugnutzung mit gewöhnlichen kognitiven Fähigkeiten vollbracht werden, die viele Tiere gemeinsam haben.“

Ob die Krähen nun außerordentlich intelligent sind oder nicht, vermögen die Forscher nicht zu sagen. Es gebe keine sicheren Belege dafür, dass sequenzielle Werkzeugnutzung tatsächlich logisches oder planvolles Denken voraussetze, heißt es in der Studie. Ebenso gut könne man die Fähigkeiten der Krähen damit erklären, dass sie erlernte Tätigkeiten miteinander verketten.

Im Detail betrachtet allerdings leisten die Tiere Erstaunliches. So können sie zum Beispiel abschätzen,

wie lang das Werkzeug sein muss, mit dem sie das Futter erreichen können. Die Werkzeuge, mit denen sie in der Futter-Röhre fischten, waren jedenfalls in der Regel die längeren der zur Verfügung stehenden Werkzeuge. Und wenn kein Futter in der Röhre steckte, sparten sie sich oft die Mühe der Werkzeugnutzung – ebenso wie in Experimenten, in denen das Futter auch ohne Werkzeug erreichbar war.

Was den Forschern allerdings besonders auffiel, waren die individuellen Fähigkeiten der Tiere: Während einige die Aufgabe auf Anhieb lösten, lernten andere es nie. Und ein Versuchstier umging gar die experimentellen Bedingungen, indem es sein eigenes Werkzeug mitbrachte. In dieser Beziehung sind Krähen offenbar auch nur Menschen.

tiw/dpa



Die Geradschnabelkrähe „Betty“ in Oxford: Das Tier stellte sich im Experiment besonders geschickt an und bog sich sogar einen Draht zurecht.