

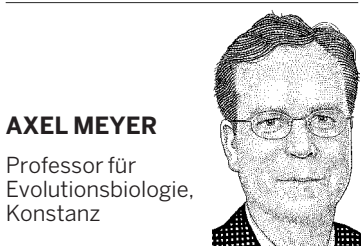
QUANTENSPRUNG

Wiedergeburt als Seegurke in Konstanz

Ich wohne und forsche in Konstanz. In der süddeutschen Provinz lebt es sich bequem ohne Großstadtprobleme. Aber sie bietet nicht unbedingt beste Voraussetzungen für Horizonterweiterungen oder den Standort einer Universität. Manchmal aber kommt intellektuelle Stimulans ganz unerwartet – wie neulich beim halb-jährlichen Zahnereinigen.

Es war eine neue Dentalhygieneperson, die sich mit mir über Biologie „unterhielt“, während sie mit spitzen Instrumenten die Spuren des Zahns der Zeit aus meinem Mund entfernte. Konversation beim Zahnarzt hat per se etwas erfrischend Absurdes – zumindest ist sie immer sehr einseitig.

Unvermittelt sagte sie mir, dass sie im vorherigen Leben eine Seegurke gewesen sei und nach dem jetzigen als Dentalhygienistin wieder als Seegurke geboren werden möchte! Selbst ohne spitze Geräte im Mund hätte ich nicht gewusst, wie man auf diese offensichtlich ernst gemeinte Aussage reagieren sollte – aber unter diesen Umständen war ich sprachlos. Vor Stauen habe ich wohl den Mund noch



AXEL MEYER

Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz

weiter geöffnet, so dass der Putzerfisch gründlicher zwischen meinen Kiemen reinigen konnte.

Sie fragte mich, was Seegurken fressen. Ich war versucht, die Frage zurückzugeben – schließlich hatte sie ja ein ganzes Leben als Seegurke verbracht und sollte es besser wissen als ich. Ich dachte an Karma und wusste nicht, ob es eine Belohnung oder Strafe ist, nach dem Dentalhygienedasein als Seegurke wiedergeboren zu werden. Es muss jedenfalls eine Strafe für ein unvirtuoses Seegurkenleben sein, als Mensch wiedergeboren zu werden.

Seegurken gehören zum Stamm der Stachelhäuter – wie Seeigel und Seesterne. Sie sind gar nicht einmal so entfernte Verwandte, denn als „Neumünder“ haben sie entwicklungsbiologische Ähnlichkeiten mit uns Wirbeltieren. Die Stammesgeschichtlichen Beziehungen der Tiere werden durch die vergleichende Gen-Analyse immer genauer untersucht. So auch in einer wichtigen Veröffentlichung über die Evolution der Tierstämme, die in „Nature“ kürzlich erschien und von meinem ehemaligen Mitarbeiter Henner Brinkmann mit verfasst wurde.

Leider musste Henner, obwohl wir Drittmittel für ihn hatten, vor einigen Jahren Deutschland verlassen – nach Kanada. Denn ein absurdes, kurzsichtiges und forschungsfeindliches Gesetz untersagt die befristete Beschäftigung deutscher Wissenschaftler über zwölf Jahre hinaus. So wurde ein begnadeter deutscher Forscher vertrieben.

Ich dachte an ausgleichende Gerechtigkeit.

wissenschaft@handelsblatt.com

Saure Zeiten für die Ozeane

Kohlendioxid-Emissionen verändern das Meerwasser – mit dramatischen Folgen für Korallen und Plankton

ONNO GROSS | HAMBURG

Zuerst windet sich der Fisch, taumelt dann und fällt in Schlaf. 3 600 Meter unter der Meeresoberfläche zeigt die Überdosis Kohlendioxid ihre giftige Wirkung: Als sich die Kühlbox mit dem flüssigen Gas öffnet, werden die herannahenden Tiere am Meeresboden prompt narkotisiert.

Die 1999 vom Videoroboter „Tiburron“ aus der Tiefsee übermittelten Bilder schockten die Öffentlichkeit. Denn sie zeigten, welche Auswirkungen eine Versenkung des Treibhausgases CO₂ auf die Tierwelt im Ozean haben kann. Zwar gab es seit diesen Versuchen des Monterey-Bay-Instituts in Kalifornien kein großskaliges Experiment, aber den Plänen mancher Vordenker, das Kohlendioxid unserer Zivilisation einfach im Meer zu verklappen, wird seither überwiegend eine Absage erteilt: Zu drastisch wären die Auswirkungen auf die sensible Tierwelt in der Tiefe.

Tatsächlich ist der Ozean durch den Treibhauseffekt ohnehin einem gigantischen Experiment unterworfen. Sechs Milliarden Tonnen CO₂-gelangen jährlich durch Industrie und Verkehr in die Atmosphäre – Tendenz steigend. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre lag 2005 bei etwa 381 ppm (Teilchen pro Million), 100 ppm über dem Stand vor der Industrialisierung. Und das „Intergovernmental Panel on Climate Change“ erwartet, dass sie in 100 Jahren auf 700 ppm steigen wird.

Segen des Klimas, Fluch der Ozeane

„Die Ozeane nehmen etwa die Hälfte des vom Menschen gemachten CO₂ auf“, erklärt Ulf Riebesell vom Institut für Meereskunde in Kiel. „Das ist ein Segen für unser Klima, weil es die Erderwärmung verlangsamt. Aber möglicherweise ist es ein Fluch für die Organismen im Ozean.“ Der Grund: Mit jeder Tonne Kohlendioxid, die ins Meerwasser gelangt, wird es saurer. Ein Teil des Gases, das sich in den Ozeanen auflöst, wird dabei zu Kohlensäure und greift alles an, was Kalk enthält. „Ob Korallen, Schnecken oder die vielen Mikroorganismen im Plankton, die Skelette bilden, all diese Kalk bildenden Organismen kriegen bei dem saurer werdenden Milieu Schwierigkeiten zu überleben.“

Aus Luftblasen im antarktischen Eis weiß man, dass die Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre bis etwa Mitte des 19. Jahrhunderts seit vielen Jahrtausenden fast gleich geblieben war. Aber seit der Industrialisierung steigt sie und ist nun auf dem höchsten Stand seit 650 000 Jahren. Etwa 40 Prozent dieser Abgabe bleiben seitdem in der Atmosphäre und zehn Prozent verschwand bisher in der Vegetation an Land.



Das Gehäuse der Flügelschnecke ist kaum sichtbar, aber überlebensnotwendig. Wird das Meerwasser zu sauer, kann es sich auflösen.

Der große Rest aber wurde vom Ozean aufgenommen, wie Berechnungen aus den großen internationalen Ozeanprojekten „World Ocean Circulation Experiment“ und „Joint Global Ocean Flux Studies“ ergaben. Ob im Südatlantik, Indischen oder Pazifischen Ozean: Die Konzentration von CO₂ hat sich in den oberflächennahen Schichten stark erhöht.

Ein Anstieg mit gravierenden Folgen, denn der Eintrag von Kohlendioxid ins Meer verschiebt den Anteil anderer chemischer Verbindungen: Kohlensäure (H₂CO₃) nimmt auf Kosten von Karbonat-Ionen zu. Das Karbonat oder Kalzit ist jedoch ein wichtiger Baustein für die Kalkschalen.

Im Normalfall steht das Karbonat übersättigt im Meerwasser zur Verfü-

gung. Fehlen die Karbonat-Ionen, kommt es also zur Untersättigung, bewirken die anderen sauren Ionen im Meerwasser eine chemische Umkehrreaktion und im Extremfall sogar die Auflösung von Kalk. Dies passiert beispielsweise in der Tiefsee unterhalb von etwa 5 000 Metern, wo der hohe Druck das Gleichgewicht verschiebt und alle Kalkschalen auflöst.

Der Eintrag atmosphärischen Kohlendioxids in den Ozean erhöht auch den Anteil von Wasserstoff-Ionen H⁺, den Chemiker in der Form der pH-Skala von 1 bis 14 quantifizieren. Reduziert sich der pH-Wert um eine Einheit, verzehnfacht sich die Konzentration der Wasserstoff-Ionen, und die Lösung wird saurer; erhöht man jedoch den pH-Wert, wird die Lösung alkalisch. Reines Wasser hat einen neutralen pH-Wert von 7,0, Zitronensaft von 2,5, Kaffee von 4,0 und das Meerwasser einen Wert von durchschnittlich 8 bis 8,3, womit es etwas alkalisch ist.

Sauer wie zur Zeit der Dinosaurier

„Mittlerweile ist der pH-Wert im Ozean schon um 0,1 bis 0,2 pH-Einheiten abgesunken“, stellt der Meeresbiologe Riebesell fest. „Wenn es so weitergeht, sind wir zum Ende des Jahrhunderts um 0,5 Einheiten unter dem normalen Wert. Das klingt nach wenig, wenn man an pH-neutrale Hautshampoos denkt. Aber für den Ozean ist es verdammt viel.“

Und genau dieses Szenario beunruhigt die Meeresforscher. In 50 bis 80 Jahren wird der Ozean ein Milieu erreicht haben, das es in den letzten 100 Millionen Jahren nicht gab. „Die Organismen haben während ihrer Evolution nie solch einen Zustand erlebt, wie er jetzt in kürzester Zeit erzeugt wird“, warnt Riebesell. Die Ozeane sind bald so sauer wie zur Zeit des Dinosauriersterbens.

Bedroht sind zuerst die Polarmeere. Ihr Wasser wird am frühesten stark mit Kohlendioxid versetzt werden. Davon werden die Larvenstadien einiger Tiere und vor allem die im Wasser schwebende Flügelschnecke (Pteropoda) betroffen sein. Diese Planktontiere leben in großen Schwärmen in den Polarregionen und bauen ihre Schalen aus Aragonit, einer verbreiteten Form des Kalziumkarbonats. Sie sind eine wichtige Nahrungsquelle für andere Tiere, unter anderem Wale. Zum Ende des Jahrhunderts könnten die Flügelschnecken verschwinden sein, fürchten die Forscher – mit schwer wiegenden Folgen für das polare Ökosystem.

Auch Kaltwasserkorallen in den hohen Breiten sind gefährdet, denn sie leben schon heute in Wasser, das gering mit Karbonat gesättigt ist. Noch weiß man sehr wenig über die Lebensräume in 1 000 Meter Tiefe an den Kontinentalrändern. Doch sie sind bei einer geringfügigen Ansäuerung der Meere ebenfalls betroffen.

Die wärmeren Meere mit den tropischen Korallenwelten und bunten Schnecken sind ebenfalls betroffen. Die wärmeren Meere mit den tropischen Korallenwelten und bunten Schnecken sind ebenfalls betroffen. Die wärmeren Meere mit den tropischen Korallenwelten und bunten Schnecken sind ebenfalls betroffen.

GRÜNDERSZENE

Solenix

Wenigstens als Raumfahrtagentur ist die Schweiz ein Teil Europas, sie ist sogar Gründungsmitglied der Raumfahrtagentur Esa. Dass sie politisch nicht zur EU gehört, erfährt Alex Baumgartner oft am eigenen Leib: „Als Schweizer Unternehmer werde ich von der einen Behörde an fünf

weitere Stellen verwiesen. Am Ende muss ich oft einen Anwalt fragen, wie es geht.“ In schwierigem Umfeld den richtigen Weg zu zeigen ist auch die Aufgabe seiner Firma Solenix. Gemeinsam mit einem Mitarbeiter entwickelt Baumgartner Software für Überwachungs- und Steuerungsaufgaben für die europä-

sche Raumfahrtagentur Esa. Baumgartner hat in Zürich Neuroinformatik studiert. Diese relativ neue Wissenschaft zwischen Informatik und Neurologie sucht nach Methoden und Anwendungen, um neuronale biologische Informationssysteme – also Gehirn und Nerven – auf technische Informationssysteme ab-

zubilden. Die von Neuroinformatikern geschaffenen „künstlichen neuronalen Netze“ werden zur Regelung komplexer Prozesse eingesetzt: in der Chemieindustrie, Bildverarbeitung und Mustererkennung, Sprachanalyse oder in der Analyse von Börsenkursen. Aber eben auch in der Raumfahrt.

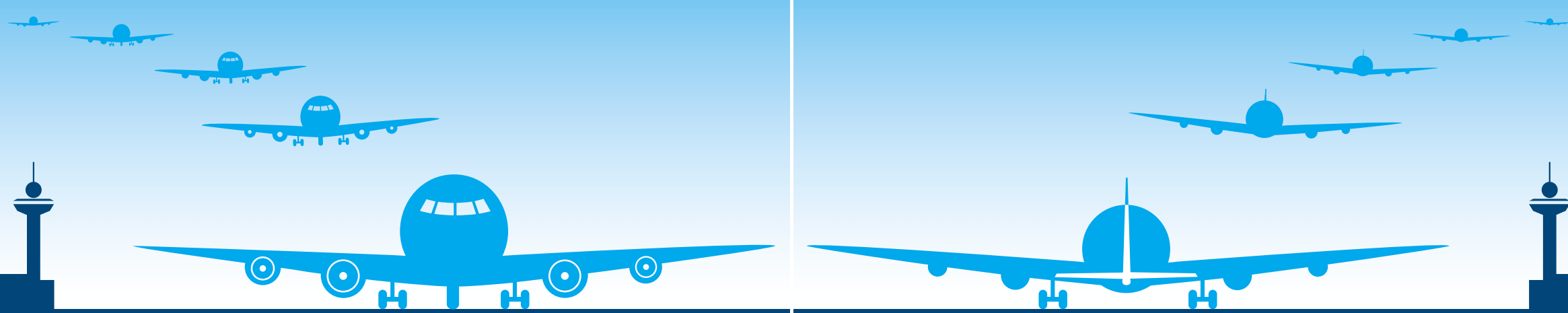
Einen Neuroinformatiker suchte also auch Esa – und fand Baumgartner. Als Trainee schuf er ein Programm zur Voraussage der Strahlungsbelastung auf der Bahn des Satelliten „Smart 1“. Dieser umkreist gerade den Mond und wird – beabsichtigt – auf ihm zerschellen. „Ich merkte, dass der Esa

meine Arbeit gefällt“, sagt Baumgartner, „und hoffte, ein Beratungsmandat der Esa zu erhalten.“ Der Wunsch ging in Erfüllung, nachdem er 2004 Solenix gegründet hatte, als Schweizer GmbH mit Sitz in Kappel im Kanton Solothurn. | Ferdinand Knauf

Nächste Woche: Biorefinery.de

AIR FRANCE_KLM

Mehr Flüge, schnellere Verbindungen – bequemere Geschäftsreisen!



KLM Royal Dutch Airlines hat die Anzahl der Flüge nach Amsterdam von 6 ihrer insgesamt 11 deutschen Abflughäfen erhöht. Das bedeutet kürzere Umsteigezeiten in Amsterdam-Schiphol und somit deutlich schnellere Verbindungen zu den wichtigsten Wirtschafts- und Finanzzentren weltweit. Willkommen an Bord!

klm.de

