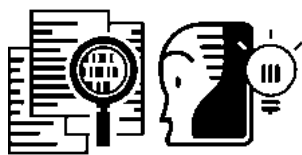


A bis Z



Svantevit

Auf Rügen sind Teile der Kreidelfelsen abgebrochen und haben Reste eines slawischen Tempels mitgenommen. Wer wurde dort verehrt?

Wie es an Rügens Steilküste einst aussah, hat der dänische Historiker Saxo Grammaticus überliefert. In seiner um 1185 entstandenen Chronik „Gesta Danorum“ beschreibt er das von zwei Wallanlagen umschlossene slawische Heiligtum auf dem Kap Arkona: „Inmitten der Burg ist ein ebener Platz, auf dem sich ein aus Holz erbauter Tempel erhob, von feiner Arbeit, ehrwürdig nicht nur durch die Pracht der Ausstattung, sondern auch durch die Weihe des in ihm aufgestellten Götzenbildes.“ Das hätte „vier Köpfe und ebenso viele Hälse“ besessen, „die Bärte waren rasiert dargestellt, die Haare geschnitten. In der Rechten hielt die Figur ein Trinkhorn, aus verschiedenen Metallen gebildet, das der Priester jährlich neu zu füllen gewohnt war, um aus der Beschaffenheit der Flüssigkeit die Ernte des kommenden Jahres zu weisagen“, und dergleichen mehr. Verehrt wurde dort der Gott Svantevit, der im slawischen Pantheon nach dem Zeugnis eines anderen Chronisten die zentrale Position einnahm.

Dabei scheint der Tempel auf Rügen nicht zuletzt durch die Zerstörung der slawischen Zentralkultstätte Rethra im Jahr 1068 oder 1069 so bedeutend geworden zu sein, bis er exakt 100 Jahre später von den Dänen erobert und zerstört wurde – aus der Statue des vierköpfigen Gottes sei damals dessen Geist „in Gestalt eines schwarzen Tieres“ gekommen und davon geflogen. Die Christianisierung der Region zwischen Elbe und Oder wurde jedenfalls so nachdrücklich betrieben, dass vom slawischen religiösen Erbe nicht allzu viel die Zeiten überdauert hat.

Doch weil es Berichte von zeitgenössischen Historikern über ausgesprochen flache Hierarchien unter den Nordwestslawen gab, muss die Rückbesinnung auf dieses Erbe für spätere Bewohner dieser Gegend einfach zu verführerisch gewesen sein. In der DDR jedenfalls erschien Rolf Kahls spannender Jugendroman „Rauher Wind am Birkhuhnsee“, der vor dem Hintergrund der Kämpfe zwischen Germanen und Slawen im 11. Jahrhundert spielt und klar zwischen dem Feudalsystem im Westen und der Zusammenkunft der freien Männer im Osten unterscheidet – diese Versammlung wurde übrigens „Wetsche“ genannt, und den Verrätern an der gemeinsamen Sache ergeht es in diesem (ein Jahr nach dem „Prager Frühling“ erschienenen) Werk schlecht.

Dass der so nah an der Steilküste erbaute Svantevit-Tempelbezirk langfristig nicht zu retten war, kamte man angesichts der bröckelnden Kreidelfelsen auch zu DDR-Zeiten absehen. Jetzt suchen Archäologen in den Trümmern nach Relikten der Slawenzeit.

Tilman Spreckelsen

Fortsetzung von Seite 61

# Dr. Venter spielt Lego

So verlockend die Vorstellung sein mag, Bakteriengene wie Spielsteine zusammenzusetzen, so schwierig gestaltet sich das noch. Trotzdem stellt sich schon jetzt die Frage nach der Sicherheit – im Sinn von „Safety“, also der Vermeidung von Risiken wie entweichender Bakterien, als auch von „Security“, zum Schutz vor Bioterrorismus.

Im Jahr 2002 erlebte Eckart Wimmer einen Sturm der Entrüstung, als es ihm im Labor der Stony-Brook-Universität in New York gelang, den Poliovirus nachzubauen. Viren sind keine völlig eigenständigen Organismen, können aber bekanntlich krank machen, und dieser hier besonders. „Durch unsere Experimente haben wir auf die Gefahr aufmerksam gemacht und das klar signalisiert: Von jetzt an ist es möglich“, sagt der aus Deutschland stammende Chemiker. Denn ist die Gensequenz eines Virus einmal bekannt, lässt es sich mit der existierenden Labortechnik leicht synthetisieren. „Allein deshalb wird Polio nie ausrottbar sein. Auch in Zukunft wird es nicht ohne Impfung gehen“, sagt Wimmer, der sich der Synthetischen Biologie bedient, um einen Impfstoff auf Basis künstlicher DNA zu entwickeln.

Craig Venter gehörte damals zu Wimmers schärfsten Kritikern und nannte den Synthese-Versuch unverantwortlich. Doch kaum ein Jahr später präsentierte er selber den Nachbau des Phagen PhiX174, eines kleineren Virus. Vermutlich war es eine Fingerübung, denn Venter sucht nach dem bakteriellen Minimalgenom. Im Mai 2007 beantragte er das Patent für ein sogenanntes *Mycoplasma laboratorium*. Ausgehend von einem natürlichen Bakterium, soll es nur noch das Nötigste an eigenen Erbinformationen besitzen: Nicht mehr als 387 Gene für Proteine und 43 RNA-Struktur-Gene seien nötig, um eine lebensfähige Zelle zu erhalten, berichtete Venters Forschungsteam um den Nobelpreisträger Hamilton Smith 2006 in der Fachzeitschrift *PNAS*. Eine derart schlichte Laborkreatur könnte in Zukunft dazu dienen,

Gene für bestimmte Eigenschaften in sich aufzunehmen, gleich einem Chassis. Ein Ansatz mit praktischem Nutzen, während andere Systembiologen eher die theoretische Frage stellen, welches Minimum noch Leben weckt. Aber es fordert Kritiker wie die kanadische Organisation ETC heraus, die ein „Microbesoft“-Unternehmen mit Monopolstellung befürchten.

Immerhin haben die Forscher des Venter-Instituts im Sommer 2007 bewiesen, dass sie das Genom eines *Mycoplasma*-Exemplars in eine leere Bakterienhülle transplantieren können. „Ich hätte gedacht, dass ihnen der nächste Schritt schon gelungen wäre“, sagt Wimmer. Bezeichnend für Venter sei, dass er schnell zu interessanten Ergebnissen komme. Jetzt präsentiere er aber nur ein Kochbuch, wie man mit großen DNA-Stücken umgeht. „Er verwendet dabei keine brillante neue Methode, sondern nutzt bekannte – auf Herkules-Art“, sagt Sven Panke von der ETH. Der nächste Schritt, sind Wimmer und Panke sicher, werde bald gelingen. Beiden Forschern ist bewusst, dass die Biologie neue Wege in Richtung Ingenieurwissenschaft beschreite. Wir spielen nicht Gott“, widerspricht Panke einer Kritik, leichtfertig zu forschen. „Wir modulieren den Stoffwechsel von Bakterien und bemühen uns um den engen Kontakt mit Ethikern.“

Obwohl kleine Fehler im Synthese-Prozess auftraten und das biologische System der Zelle eine weitere Herausforderung darstellt, rechnet Craig Venter damit, noch in diesem Jahr ein synthetisches Genom zu transplantieren. In der jetzt veröffentlichten Studie verrät sein Team das Rezept, wie man aus hundertundeinem DNA-Paket ein bakterielles Genom in mehreren Schritten zusammensetzt: Um die Pakete zu verknüpfen, bedienen sich die Forscher zunächst Kollibakterien und gehen dann zu Hefezellen über, mit denen sich große Mengen Erbmateriale besser verarbeiten lassen. Die 101 Gen-Kassetten umfassen anfangs 5000 bis 7000 Basenpaare, die sich nach und nach



Wie viele DNA-Bausteine braucht das Leben?

Foto: Rüdchel

zu insgesamt 582 970 Basenpaaren addieren – erstmals im Labor. Die einzelnen Gen-Pakete allerdings bestellten die Genomastler bei DNA-Synthese-Firmen. Kassette Nr. 89 stammt aus Regensburg.

In der bayrischen Universitätsstadt hat der weltweit größte DNA-Produzent seinen Sitz. Die Firma Geneart, 1999 gegründet und seit 2006 an der Börse notiert, versteht sich vor allem als Edellieferer für die Pharma-Industrie. Auch Bestellungen aus Venters Institut sind nichts Ungewöhnliches. „Es bestätigt unseren Ansatz, und wir stehen nicht in Konkurrenz, weil Venter mit seinem Minimalgenom ein anderes Konzept verfolgt“, sagt Firmenchef Ralf Wagner, nicht ohne Stolz, den Trend zur DNA-Synthese früh erkannt zu haben. Ursprünglich ging es ihm nur darum, seine eigene Forschung an einem HIV-Impfstoff zu ermöglichen, da die Anbieter damals astronomische Preise verlangten – zu hoch für das Budget eines Universitätsprofessors. Die eigens entwickelte Technologie wurde schließlich als Firma ausgegründet, da ringsherum der Bedarf an optimierten Produkten für Enzyme und Therapeutika wuchs. Geneart kann im Monat zwei Millionen Basenpaare synthetisieren, längstenfalls Stücke aus 30 bis 50 000 Bausteinen, zu einem Preis von rund einem Dollar pro Basenpaar.

Nun bereitet die Komplexität selbst einfacher Lebewesen den Syntho-Biologen noch viele Schwierigkeiten. Dennoch: Besteht nicht trotzdem das Risiko, dass in diesem Jahr ein synthetisches Genom zu transplantieren. In der jetzt veröffentlichten Studie verrät sein Team das Rezept, wie man aus hundertundeinem DNA-Paket ein bakterielles Genom in mehreren Schritten zusammensetzt: Um die Pakete zu verknüpfen, bedienen sich die Forscher zunächst Kollibakterien und gehen dann zu Hefezellen über, mit denen sich große Mengen Erbmateriale besser verarbeiten lassen. Die 101 Gen-Kassetten umfassen anfangs 5000 bis 7000 Basenpaare, die sich nach und nach

ELEMENTAR

# Hassium

VON ULF VON RAUCHHAUPT

Nur etwa 100 Grundstoffe bilden die enorme Vielfalt der stofflichen Welt. Einigen begegnen wir fast überall, von anderen hören wir seltener.

Hessen ist ein bedeutendes Bundesland. Das erkennt man nicht nur an den spannenden Landtagswahlkämpfen, sondern auch daran, dass ein Element nach ihm benannt ist. Dahinter steckt natürlich wieder die im süd-hessischen Darmstadt angesiedelte Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI). Dort wurden 1984 die ersten Atome des Elementes Nummer 108 synthetisiert, das sich seit 1997 offiziell Hassium nennen darf. Durch den Beschuss von Blei mit Eisen-Ionen hatten die GSI-Physiker das Isotop Hs-265 erhalten, das allerdings nach 1,8 Millisekunden wieder zerfiel.

Heute kennt man mit Hs-278 ein Isotop mit einer Lebenserwartung von elf Minuten. Im Reich der superschweren Kerne ist es damit ein wahrer Methusalem und Hinweis auf eine „Insel der Stabilität“ bei sehr schweren und zugleich sehr neutronenreichen Kernen. Die zusätzlichen Neutronen schwächen die Abstoßungskraft der positiv geladenen Protonen, die den Kern sonst zerreißen würde. Die starken elektrischen Felder in den riesigen Kernen müssten allerdings auch die Struktur der Elektronenhülle beeinflussen. Daher erwartete man, dass sehr schwere Elemente sich chemisch nicht mehr so verhalten, wie es ihrem Platz im Periodensystem angemessen wäre.

Doch lassen sich an den paar in Schwerionen-Crashes entstehenden Atomen chemische Analysen durchführen? Tatsächlich ist es am Schweizer Paul Scherrer Institut



Elementarer Ruhm

für das deutsche Bundesland Hessen

im Jahr 2002 gelungen, an ganzen sieben Hassiumatomen ein Experiment durchzuführen. Demnach ist Hassiumtetroxid ähnlich flüchtig wie entsprechende Oxide des Osmiums und Rutheniums – jener Elemente, die im Periodensystem direkt über dem Hassium stehen. Da flüchtige Tetroxide etwas sehr Typisches für diese Elementgruppe sind, dürfte sich auch eine makroskopische Menge Hassium systemkonform verhalten: Wie ein Stück eines dem Platin ähnlichen, harten, edlen Metalls. Bevor die Herren sich darüber aber allzu sehr freuen: Das Tetroxid des Rutheniums ist hochexplosiv, das des Osmiums stinkt und ist höllisch giftig. Hassium wird sich in dieser Hinsicht kaum besser benehmen.

# Das geheimnisvolle Rezept der Ursuppe

Die Ursprünge des Lebens sind bis heute ein Rätsel – und ein forschungslogisches Problem

Das Prädikat „historisch“ verleiht, wie könnte es anders sein, nur die Geschichte, und als solche tut sie es erst im Nachhinein. Immerhin, die organischen Chemiker dürfte das, was Craig Venters Truppe nun vermeldet, an den Gründungsakt ihrer Zunft erinnern. Anno 1828 stellte der deutsche Chemiker Friedrich Wöhler als Erster eine biologische Substanz, den Harnstoff, aus einem rein anorganischen Stoff her. Damit zeichnete sich ab, dass das Material des Lebens sich von dem der unbelebten Welt nicht fundamental unterscheidet. Und insofern in der Chemie eine Totalsynthese, wie sie nun für ein komplettes Genom gelungen ist, den letzten Erkenntnissschritt zum Verständnis eines Naturstoffes darstellt, ist jetzt die molekulare Zentrale eines ganzen (wenn auch sehr einfachen) Organismus komplett in menschlicher Hand.

Doch das Leben unterscheidet sich in einem noch immer von (fast) allen anderen Naturphänomenen: Man hat nicht die ge-

ringste Ahnung, wie es entstand. Lebewesen funktionieren nur mit komplexen Molekülen wie DNA oder großen Proteinen, deren bekannte Synthesewege ihrerseits Leben voraussetzen – und sei es in Form von Craig Venter. Das Henne-Ei-Problem ist letztlich noch immer ungelöst.

Ist es überhaupt lösbar? Im Rahmen eines genügend weiten Wissenschaftsbegriffs vermutlich schon. So lässt sich die Entstehung des Lebens zumindest ungefähr datieren: Es war frühestens vor 4,4 Milliarden Jahren – denn vorher war es auf der Erde auf jeden Fall zu heiß – und spätestens vor 2,7 Milliarden Jahren, denn so alt sind die ältesten unumstrittenen fossilen Lebensspuren auf der Erde. Wenig rätselhaft ist auch, wie es zu den ersten einfachen Biomolekülen, etwa den Aminosäuren, kam. Sie entstehen anorganisch und könnten durch Meteoriten zur Erde gelangt sein, denn in manchen kosmischen Brocken wurden schon welche gefunden. Wie daraus aber sich selbst replizieren-

de Molekülarapparate wurden, die damit in die Darwinsche Evolution eintreten konnten, darüber gibt es nur Vermutungen. Sie zerfallen in zwei Gruppen, je nachdem, was in ihnen zuerst da war: die Gene oder der Stoffwechsel.

Die RNA-Welt ist ein beliebter Theorietyp der ersten Gruppe. RNA ist, wie die DNA, eine Nukleinsäure. RNA-Moleküle können aber nicht nur genetische Information speichern, sondern auch biochemische Reaktionen – etwa ihre eigene Vermehrung – herbeiführen. Das Leben könnte also einer Welt mit zufällig gebildeten RNA-Molekülen entspringen sein.

Die Eisen-Schwefel-Welt dagegen ist eine Theorie, die den Münchner Chemiker und Patentanwalt Günter Wächtershäuser berühmt gemacht hat. Ihm zufolge mussten primitive Stoffwechselvorgänge erst die Bedingungen schaffen, unter denen genetische Replikationen möglich sind. Einen geeigneten

Ort sieht Wächtershäuser in Oberflächen von Mineralien in hydrothermalen Umgebungen, wo es in vulkanischer Wärme zu Reaktionen von Schwefelwasserstoff, Kohlenmonoxid und Ammoniak mit Eisen und Nickelsulfiden kam. Die ersten Schritte dieser präbiotischen Chemie konnten an der TU München auch schon experimentell nachgestellt werden. Man hat also eine Ahnung, wie es gewesen sein könnte.

Doch wie es wirklich war, lässt sich nicht beweisen, und es spricht viel dafür, dass das so bleiben wird. Vielleicht käme man weiter, wenn man irgendwo im All auf Lebensformen stieße, die nachweislich unabhängig von der irdischen Biosphäre entstanden sind. So aber ist der Ursprung des Lebens kein wiederholtes oder wiederholbares Phänomen wie jene, mit denen man es in der Naturwissenschaft sonst zu tun hat. Es ist vielmehr ein historisches Ereignis, das vom Standpunkt der Physik oder Chemie auch genauso gut hätte unterbleiben können. UVR

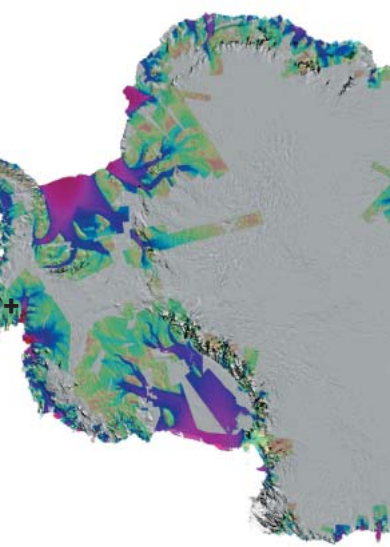
BILD AM SONNTAG

# Da fließt es dahin

Der Nordpol schmilzt. Wissen wir. Aber was ist mit dem Südpol? Gab es da nicht auch schon dramatische Satellitenbilder von bröckelndem Schelfeis? Schon, aber bisher war unklar, inwieweit die globale Erwärmung das Abschmelzen an den Küsten durch kräftigere Schneefälle im Landesinneren wettmacht.

Nun haben Forscher um Eric Rignot von der University of California in Irvine mit Radarmessungen von Satelliten aus die Datenlage verbessert. Wie sie in *Nature Geoscience* schreiben, verliert der riesige ostantarktische Eisschild tatsächlich unterm Strich so gut wie kein Eis. Der westantarktische Schild dagegen schrumpft – und zwar immer schneller; in den letzten zehn Jahren erhöhten sich seine Eisverluste

um 50 Prozent, an der antarktischen Halbinsel sogar um 140 Prozent. An einer Stelle aber könnte daran etwas anderes außer der globalen Erwärmung mitwirken: Bri-



Ulf von Rauchhaupt

Fließendes Eis: Die neuen Radarmessungen erfassen die Eisbewegungen an 85 Prozent der antarktischen Küsten. Die Geschwindigkeit der Gletscher reicht von einigen zehn (grün) und hunderte (blau) bis zu tausend (violett) Meter pro Jahr – und darüber (rot). Das schwarze Kreuz markiert die Position des neu entdeckten Vulkans an dem besonders schnell fließenden Pine-Island-Gletscher.

tische Forscher haben jetzt bei Flügen über den Hudson Mountains nördlich des Pine-Island-Gletschers, wo die Westantarktis besonders viel Eis verliert, einen zuvor unbekanntem subglazialen Vulkan entdeckt. Er muß vor 2000 bis 2250 Jahren ausgebrochen sein und dürfte immer noch Wärme produzieren.

FREI ERFUNDEN

# Annähernd fettfrei

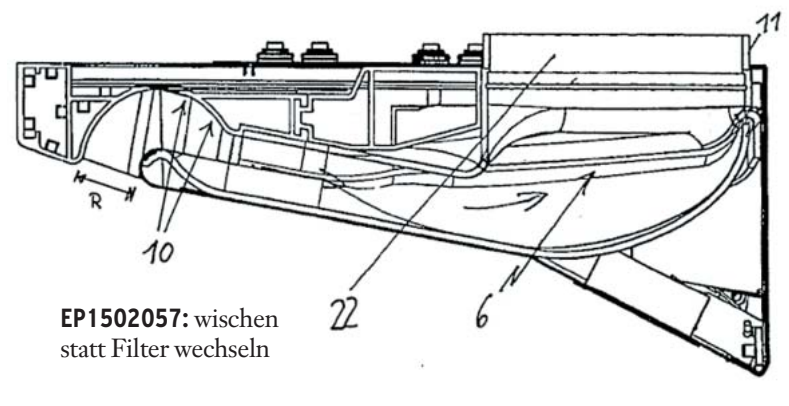
VON KLEMENS POLATSCHKE

Siebenhunderttausend Erfindungen werden jährlich zum Patent angemeldet. Manche sind genial, andere überflüssig. Und dann gibt es da noch die, auf die wir nie gekommen wären.

Gegen Ende des Krisenjahres 2001 erwischte es auch Udo Berling und Matthias Weibel aus Hopsten: Ihnen wurde von ihrem Arbeitgeber, einem Unternehmen der Lüftungstechnik, gekündigt. Daraufhin saßen sie in der Berlingschen Küche zusammen und grübelten über Ideen für den weiteren Lebensunterhalt nach. Eine dröhnende Dunstabzugshaube sägte dabei an ihren Nerven. Sie recherchierten und erkannten, dass dieses Gebiet der Haushaltstechnik offenbar seit Jahren keine wesentliche Neuerung mehr erlebt hatte.

Wochenlange Tüftelei im Bastelkeller bescherte ihnen dann einen neuartigen Entlüfter, der weniger lärm und vor allem nicht jene Filtertücher braucht, die in herkömmlichen Abzugshauben vor sich hin gammeln. Berling und Weibel gründeten eine Firma und meldeten im Mai 2002 Schutzrechte auf

das neue Gerät (EP1502057) an – links im Querschnitt dargestellt. Sein Prinzip erinnert an die beultreie Staubsauger, in denen Zentrifugalkraft die Staubteilchen in einen Behälter schleudert. In der neuen Haube schaffen es zwei Kurven, Fett aus dem angesaugten Dunst zu werfen.



EP1502057: Wischen statt Filter wechseln

Der Ausaugmotor sitzt oberhalb der Auslassöffnung (22) im Entlüftungskanal, der an den Rand (11) der Luftführung anschließt. Die Luft wird über einen Schlitz eingezogen und muss zunächst um die Nase am Einlass herum. Diese Kurve (10) wirft schon viele schwerere Öltröpfchen aus der Bahn und an die Kurvenaußenseite. An der nächsten Kurve (6) schleudert die Luft noch mehr Partikel an die Wand. So werden, wie die Patentschrift versichert, „unter günstigen Umständen annähernd bis zu 100 Prozent aller Schwebeteilchen aus dem Luftstrom entfernt“. Das derart verunglückte Fett wird man dann relativ einfach los. Man muss nur regelmäßig sauberwischen.

Kennen Sie ein ähnlich nützliches Patent? Schicken Sie die Patentnummer an [Sonntagszeitung@faz.de](mailto:Sonntagszeitung@faz.de)