

QUANTENSPRUNG

Die Evolution bastelt blind und planlos

Geißeln (Flagellen) sind elegante Nanostrukturen, mit denen sich viele Bakterien fortbewegen. Sie funktionieren wie eine Mischung aus Außenbordmotor und schnell rotierendem Propeller.

Gegner der Evolutionsbiologie sehen ausgerechnet die Flagelle als Casus knacksus: Nur wenn alle etwa 40 biochemischen Komponenten der drei Hauptkomponenten einer Flagelle gleichzeitig entstanden und richtig zusammengebaut wurden, kann die Gesamtstruktur funktionieren. Zwischenformen und langsame Wirkungsveränderungen oder Verbesserungen hätten nicht funktioniert. Und eine Evolution ohne funktionierende Zwischenformen sei höchst unwahrscheinlich. Die Gei-



AXEL MEYER

Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz

ßel sei zu komplex, um durch die evolutionären Mechanismen wie Mutation und Auslese entstanden sein zu können. Deshalb müsse ein „intelligent designer“ (um das Wort „Gott“ zu vermeiden) sie als Ganzes und de novo geschaffen haben.

Schon William Paley (1743-1805) fragte, wie man natürlich entstandene von künstlich geschaffenen Dingen unterscheiden könne, und postulierte, dass eine im Wald gefundene Uhr im Gegensatz zu einem Stein sofort als künstliches Objekt zu erkennen sei, denn die menschengemachte Komplexität sei offensichtlich. Paley folgerte, dass die Komplexität von Lebewesen so groß sei, dass nur ein Gott sie habe schaffen können. Alle Teile – einer Uhr oder eines Organismus – müssen zusammenpassen und können nur als Ganzes funktionieren. Der Evolutionsbiologe Richard Dawkins hat in seinem Buch „Der blinde Uhrmacher“ dieses Komplexitätsargument Paleys elegant widerlegt. Selbst für so ein kompliziertes Organ wie das Auge, dessen Entstehung Darwin Kopfschmerzen bereite, lassen sich heute noch lebende, funktionierende Zwischenformen nachweisen. Dies legt eine graduelle Evolution auch eines komplexen Organs nahe.

Für die Geißel wurde kürzlich nachgewiesen, dass wichtige Bestandteile dieses jetzt zur Fortbewegung benutzten Organs mit Molekülen verwandt sind, die als Transportkanäle in der Membran der Bakterien dienen. Ein Ionenkanal, der die Zellmembran des Bakteriums durchdringt, ist in seinem biochemischen Aufbau ähnlich dem zentralen Bestandteil der Geißel. Die Komponenten der Geißel sind also nicht nur in ihr selbst zu finden. Das hätte auch nicht dem Wesen der Evolution entsprochen. Die bastelt bekanntlich blind und ohne Plan oft mit verdoppelten biochemischen Komponenten herum. Sehr ähnliche Geißeln sind in verschiedenen Teilen des Baums des Lebens unabhängig voneinander entstanden – und ganz ohne Einwirkung übernatürlicher Kräfte.

wissenschaft@handelsblatt.com

Ölsuche vor Grönland

Die Arktis taut und gibt bisher unzugängliche Meeresregionen frei – Schon rangeln Konzerne um mögliche Ölvorkommen



Ein Schiff durchquert den Eisfjord in der Disko-Bucht nahe der Stadt Ilulissat. Grönland versteigert in der Region Explorationslizenzen an Ölsucher.

CORNELIA REICHERT | DÜSSELDORF

Bis 2040 könnte die Nordpolregion im Sommer vollständig eisfrei sein, so schnell taut das arktische Meeris: Dieses drastische Szenario haben amerikanische und kanadische Wissenschaftler vor zwei Jahren gezeichnet. Schon sind ehemals ganzjährig mit Packeis bedeckte Meeresgebiete teilweise schiffbar. Prompt blicken Erdölfirmer begehrlich gen Meeresgrund, wo sie Öl in Massen vermuten. Sie rangeln um Explorations- und Abbaulizenzen – dabei sind die Ölreserven im Boden des Arktischen Ozeans bisher alles andere als geologisch bestätigt.

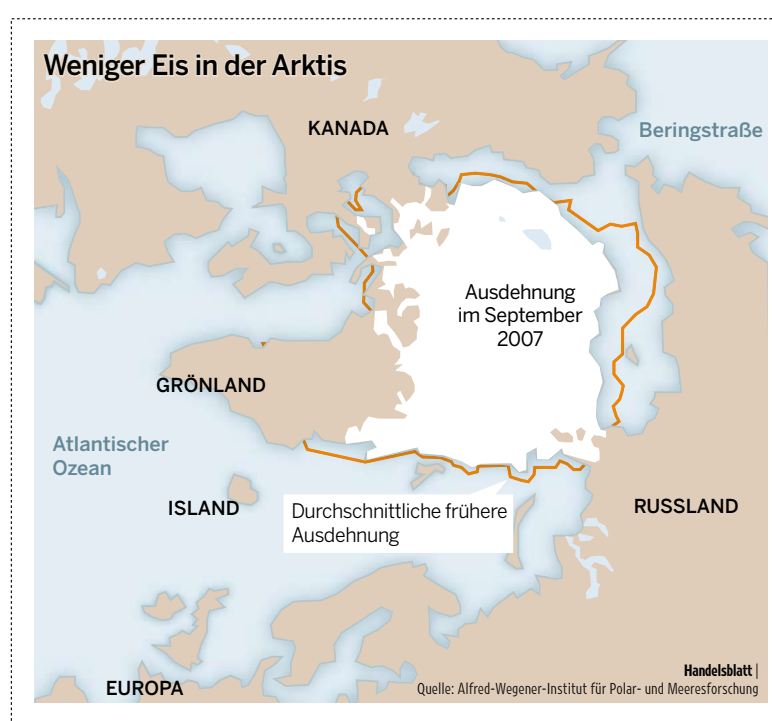
„Meiner Ansicht nach hat es noch nie so viel Interesse an grönländischem Öl gegeben wie heute“, schreibt der Geologe Nicolai Arendt vom Büro für Mineralien und Öl in der Hauptstadt Nuuk in einer Mail. 2003 hatte das Mutterland Dänemark eine neue Ölstrategie für sein Inselanhängsel beschlossen. Vor zwei Jahren dann hatte Grönland begonnen, an Erdölfirmer Explorations- und Abbaulizenzen für die Disko-Bucht westlich der Insel zu versteigern. Anfang Februar endete die zweite Bewerbungsrunde, sich für zehn oder gar für dreißig Jahre die Rechte am Öl in abgesteckten Seegebieten zu sichern. Heute umfassen die Lizenzen fast 100 000 Quadratkilometer, 17-mal mehr als noch in 2006.

Und das ist erst der Anfang. Bereits im Januar hatte der Direktor der grönländischen Rohstoffbehörde, Jorn Skov Nielsen, angekündigt, weitere Gebiete vor der Nordwest- und Nordostküste der Insel für die Suche nach dem schwarzen Gold freigeben zu wollen. „Wir erwarten eine neue Lizenzierungsrunde für die Baffinbucht für Oktober nächsten Jahres. Die für den Nordosten folgt dann zwei bis drei Jahre später“, meint Arendt.

So gerät das von Klimawissenschaftlern sorgenvoll beobachtete Tauwetter für das Inselland zur ertragreichen Einnahmequelle. Aber hat Grönland wirklich Scheiternspotenzial? Der amerikanische Geologische Dienst (USGS) sagt Ja, obwohl seine Vorhersagen heute weit weniger optimistisch klingen als noch im Jahr 2000 und zudem auf mehr als wackeligen Beinen stehen.

In ihrem damaligen „World Petroleum Assessment“ hatten die USGS-Experten beschrieben, über wie viel unentdecktes Öl die Welt vermutlich noch verfügt. Die theoretischen Vorkommen vor Grönlands Ostküste hatten sie auf 47 Milliarden Barrel geschätzt – doppelt so viel, wie je aus dem Nordseeboden geholt werden könnte, dem zurzeit größten zusammenhängenden Ölfördergebiet. Ein stolzer Wert – allerdings das Ergebnis eines Wahrscheinlichkeitsroutettes: Mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit lagere östlich vor Grönland überhaupt kein Öl, schrieben die Forscher. Mit der Wahrscheinlichkeit der verbleibenden fünf Prozenten aber könnte die Arktis ein wahres Öleldorado sein und ihr Boden satte 117 Milliarden Barrel des schwarzen Goldes bergen. Die veröffentlichten 47 Milliarden Barrel sind ein rein statistisch berechneter Wert.

Inzwischen gibt man sich vorsichtiger: Laut der „ersten umfassenden, systematischen Studie über die noch unentdeckten Ölrressourcen im lizenzfreien arktischen Gebiet“, so USGS-Direktor Mark Myers im letzten Jahr, schlummern dort nur etwa 30 Milliarden Barrel. Die Forscher hatten mit Hilfe von Schallwellen den Untergrund von 500 000 Quadratkilometer Seegebiet erkundet. Aus Vergleichen mit anderen Gebieten, in denen Erdöl gefunden wurde, folgern die Wissenschaftler auf die etwaigen Vorkommen auch vor Grönland. „Gratuliere! Anhand solch magerer Daten würde ich es nicht wagen, überhaupt eine Zahl zu nennen“, sagt Karsten Piepjohn von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover. „Ich frage mich: Woher wollen die das wissen? Es fehlt jegliche Grundlagenforschung, die wenigstens ein bisschen Sicherheit in die Schätzungen bringen würde.“



Seismik allein liefert nur Informationen über den Aufbau der Erdkruste, nicht aber über die Existenz etwaiger Lagerstätten, erklärt der Strukturgeologe. Ohne geologische Untersuchung der Ablagerungen selbst jedoch ließe sich kaum schätzen, ob es an den fraglichen Stellen überhaupt Muttergestein gebe.

Viel Lärm um nichts also? „Um nichts wohl nicht, womöglich aber nur um wenig“, zweifelt Piepjohn. Für Erdöl brauche es ausgedehnte Schelfgebiete vor den Kontinenten, bedeckt von flachen Meeren mit höchstens 200 Meter Wassertiefe. Zwar mag es das vor etwa 50 Millio-

nen Jahren vor Ostgrönland und auch in der Baffinbucht gegeben haben. Sicher aber seien Erdölvorkommen damit aber keineswegs. „Da helfen nur Bohrungen.“ Im Seegebiet vor Grönland allerdings sind die eine echte Herausforderung. Die Strömungen ändern sich fast stündlich, zudem treiben auf dem Wasser meterdicke Eisschollen. „Vor Ostgrönland zum Beispiel transportiert ein Eisstrom das ganze Jahr über Packeis Richtung Süden – Klimawandel hin oder her.“ Das Gebiet sei kaum befahrbar, schon gar nicht könne ein Bohrschiff eine für die Bohrung nötige feste Position halten. „So weit ich weiß, gibt es zurzeit keine einzige Bohrung, die irgendwelches Öl vor Grönland bestätigt“, sagt Piepjohn. Vielmehr gab die Erdölindustrie zwischen 1976 und 1990 fünf Bohrversuche auf, da kein Öl gefunden wurde.

Zwar hatte es der zum Bohrschiff umgerüstete Eisbrecher „Vidar Viking“ vor vier Jahren geschafft, meh-

rere etwa 400 Meter lange Sedimentkerne vom sogenannten Lomonosow-Rücken zutage zu fördern, einem untermeerischen Höhenzug zwischen Russland und dem Nordpol. Den Untersuchungen zufolge bildete sich hier vor 45 bis 55 Millionen Jahren tatsächlich Schwarzschiefer, ein feines, toniges Gestein, reich an organischem Material – ein typisches Erdölmuttergestein.

Unreife Lagerstätte

Das muss zunächst genügend versenkt werden, um Temperaturen über 100 Grad Celsius zu erreichen, bei denen die enthaltenen Kohlenwasserstoffe „reifen“ und flüchtig werden, um nach oben zu steigen und sich bestenfalls in einer nach oben abgeschotteten Falle zu sammeln. Die am Lomonosow-Rücken gefundenen Kohlenwasserstoffe allerdings seien noch nicht so weit, schrieb der Geologe Rüdiger Stein vom Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven Anfang 2007 im Fachmagazin „Marine and Petroleum Geology“. Schon gereift sein könnten Kohlenwasserstoffe aus älteren und tieferen Schichten, die die Bohrung nicht erreicht hat. Ob allerdings auch ein ausreichend poröses und durchlässiges Speichergestein für eine Lagerstätte vorhanden ist, blieb offen.

Die frisch versteigerten Explorationsgebiete indes liegen etwa 2000 Kilometer weiter südlich – zu weit weg, um wegen dieser Ergebnisse euphorisch zu werden. Und dennoch: „Wir konnten uns sechs Explorationsgebiete sichern“, freute sich im Januar Mike Watts, Geschäftsführer der britischen Ölfirma Cairn Energy. „Grönland ist wahrhaft Neuland für die Exploration. Die steckt hier gerade erst in den Kinderschuhen.“ Schon einmal setzte der Konzern auf Risiko: Vor einigen Jahren forschte er in einem von Shell bereits aufgegebenen Feld und stieß auf Öl. Sollte sich dies vor Grönland wiederholen, wäre es – zumindest nach heutigem Wissen – allerdings reines Glück.

Auf dem Weg zum Quanten-Computer

FERDINAND KNAUSS | DÜSSELDORF

Quanten-Rechner könnten demnächst Aufgaben erfüllen, die mit klassischen Methoden der Informationsverarbeitung unrealisierbar wären. Physiker vom California Institute of Technology in Pasadena sind jetzt möglichen Anwendungen von Quanten-Effekten näher gekommen, wie sie in der Fachzeitschrift „Nature“ berichten.

Die Funktionsweise eines Quanten-Computers (bisher weitgehend ein Theorem) beruht wesentlich auf den Gesetzen der Quantenmechanik. Die Informationseinheit (Qubit) beruht dabei nicht wie im herkömmlichen Computer auf elektrischen Spannungspotenzialen, sondern auf Zuständen der Elementarteilchen (Quanten).

Ein grundlegender Aspekt der Quanteninformationswissenschaft ist das Phänomen der „Quanten-Verschränkung“ (engl. Entanglement): Dabei können zwei oder mehr verschränkte Teilchen nicht mehr als einzelne Teilchen mit verschiedenen Quantenzuständen beschrieben werden, sondern nur noch das Gesamtsystem als solches. Die räumlich voneinander getrennten Teile des Verschränkungssystems zeigen also starke Korrelationen. Mit klassischen Vorstellungen von Ursache und Wirkung ist die Quantenverschränkung nicht zu begründen, das heißt, sie ist nicht räumlich und „realistisch“ zu interpretieren.

Eine entscheidende Voraussetzung für brauchbare Quanten-Rechnernetze ist, dass solche Verschränkungen zwischen Elementarteilchen geschaffen, gespeichert und verteilt werden können. H. J. Kimble und seine Kollegen haben jetzt eine Schnittstelle, ein „Quanten-Interface“, geschaffen, durch die Verschränkungszustände nicht nur hergestellt, sondern auch in einem Quantenspeicher abgebildet werden können.

Kimble und Kollegen zeigen, dass Photonen-Verschränkung – erzeugt durch die Aufspaltung eines einzigen Photons (das Quant des Lichts) – umkehrbar in einen Speicher (mit Atomen als Träger der Quantenzustände) übertragen und wieder entfernt werden kann. Der Vorgang der Erzeugung und der Speicherung kann dabei getrennt werden. Die Physiker behaupten, dass ihr Verfahren einen Weg für zukünftige Anwendungen in Quanten-Computern, etwa bei der Verschlüsselung von Informationen, eröffne. „Zusammen mit verbesserten Quellen für einzelne Photonen wird unser Verfahren erlauben, je nach Bedarf atomare Systeme miteinander zu verschränken. Das ist ein mächtiges Hilfsmittel für die Quanteninformationswissenschaft“, schreiben die Wissenschaftler.

UNSERE THEMEN	
MO ÖKONOMIE	
DI ESSAY	
MI GEISTESWISSENSCHAFTEN	
DO NATURWISSENSCHAFTEN	
FR LITERATUR	

Wieder Skandal in Südkorea

Erneut hat ein Zellbiologe Daten gefälscht – Parallelen zum Fall Hwang

DÜSSELDORF. Ein neuer Skandal um mutmaßlich gefälschte Forschungsstudien erschütterte die Wissenschaftlergemeinschaft in Südkorea. Nach der Aufdeckung zweier zellbiologischer Studien als Fälschungen habe seine Hochschule eine gründliche Untersuchung eingeleitet, sagte der Dekan der Fakultät für Biowissenschaften, Lee Gyun Min, an der angesehenen Universität für Technik und Naturwissenschaften Kaist (Korea Advanced Institute of Science and Technology) am Dienstag in Taejon. Er zog Parallelen zum Fälschungsskandal um den südkoreanischen Klonforscher Hwang Woo Suk, wenn auch die Auswirkungen nicht so gravierend seien.

In den vermeintlich bahnbrechenden Studien wurden laut Lee nachweislich Daten manipuliert. Die beiden hauptverantwortlichen Forscher hätten zugegeben, Forschungsergebnisse aufgebaut zu haben. In der ersten Studie wurde eine neuartige Methode beschrieben, mit der unter

Verwendung bestimmter Nanopartikel die Wechselwirkung zwischen Zellmolekülen und Medikamenten in lebenden Zellen beeinflusst werden kann. Die im Juli 2005 im Fachjournal „Science“ veröffentlichten Forschungen versprachen neue Wege in der klinischen Anwendung, beispielsweise in der Krebstherapie.

Ergebnisse nicht reproduzierbar

In der im Juli 2006 publizierten zweiten Studie wird erläutert, wie unter Anwendung der ein Jahr zuvor beschriebenen Methode ein kleines Molekül aufgespürt wurde, mit deren Hilfe sich Körperzellen unprogrammieren und deren Alterungsprozesse sich zurückdrehen lassen könnten. Diese Arbeit wurde im Fachblatt „Nature Chemical Biology“ veröffentlicht. Die Fälschungen sei aufgefallen, nachdem ein Student vergeblich versucht habe, das Verfahren zu wiederholen. Nach Angaben von Kaist wurden beide Journale von dem Ergebnis der ersten Ermittlungen auf Fa-

kultätsebene informiert. Ein am Kaist tätiger Forscher sei in der vergangenen Woche suspendiert worden.

„Die Untersuchungsergebnisse sind ebenso schockierend wie im Fall Hwang“, sagte Lee in Anspielung auf den spektakulären Skandal um den Klonforscher Hwang Woo Suk, der der Fälschung von zwei Stammzellstudien überführt worden war. „Science“ hatte diese Studien Anfang 2006 zurückgezogen. Die Auswirkungen des neuen Falls sei jedoch nach seiner Ansicht nicht so gravierend wie bei Hwang, sagte Lee.

Hwangs Studien hatten weltweit Aufsehen erregt: Der Wissenschaftler hatte behauptet, erfolgreich menschliche Embryonen geklont und Stammzellen aus ihnen gewonnen zu haben. Doch die angeblich maßgeschneiderten Stammzellen stellten sich später als Fälschung heraus. Die jetzt infrage gestellten Studien waren im Gegensatz zu Hwangs Arbeiten allerdings hauptsächlich in Fachkreisen bekannt. dpa

Falter erinnern sich ans Raupenleben

Trotz Metamorphose merken die Insekten sich Gerüche, die sie als Jungtier zu meiden gelernt haben

TINKA WOLF | DÜSSELDORF

Die Verwandlung einer Raupe zum Schmetterling scheint ein völlig neues Tier hervorzubringen, so tiefgreifend sind die Veränderungen während der Metamorphose. Die Tiere ändern nicht nur ihr Aussehen, sondern auch ihren ganzen Lebensstil: Statt zu krabbeln, fliegen sie, und statt zu fressen, pflanzen sie sich fort. Ihre Erinnerungen jedoch bleiben trotz dieses radikalen Wandels erhalten, wie ein Forscherteam der Universität von Georgetown nun gezeigt hat.

„Schon seit hundert Jahren fragen Wissenschaftler sich, ob Erinnerungen die Metamorphose überstehen können“, sagt Doug Blackiston, der Hauptautor der Studie. Nun scheint diese alte Frage beantwortet zu sein. Blackiston hatte die Raupen des Tabakschwär-

mers darauf trainiert, bestimmte Gerüche zu meiden: Wann immer diese Gerüche auftraten, versetzte er den Tieren einen leichten Elektroschock. Später überprüfte er, ob sich die erwachsenen Tabakschwärmer noch an dieses Training erinnern konnten. Die Ergebnisse dieser Arbeit veröffentlichten Blackiston und seine Kollegen nun im Online-Magazin „PLoS One“. Tatsächlich mieden die Falter jene Gerüche, die sie schon als Raupe mit unangenehmen Erlebnissen zu verbinden gelernt hatten. Die Erinnerung blieb jedoch erst ab einem bestimmten Alter haften: Raupen, die jünger als drei Wochen waren, lernten zwar, die Gerüche zu meiden. Als erwachsene Falter hatten sie das Training jedoch vergessen. Trainierten die Forscher dagegen Raupen kurz vor der Verpuppung, konnten die

sich auch nach ihrer Verwandlung daran erinnern, dass bestimmte Gerüche nicht gut für sie waren.

„Die faszinierende Idee, dass die Erfahrungen der Raupe bis ins Erwachsenenalter des Falters bestehen bleiben, stellt eine weit verbreitete Ansicht zur Metamorphose infrage: nämlich die, dass die Larve sich mehr oder weniger in einen Brei verwandelt und dann völlig neu zusammengesetzt wird“, sagt die Biologin Martha Weiss, die als Co-Autorin an der Studie beteiligt war.

Gerüche trotz Metamorphose zu speichern, halten die Forscher für eine sinnvolle Anpassung: So könne der erwachsene Schmetterling etwa seine Eier auf der Pflanze ablegen, von der er sich als Raupe selbst ernährt habe.



Zwei Raupen des Tabakschwärmers (Manduca sexta) auf einem Zweig.