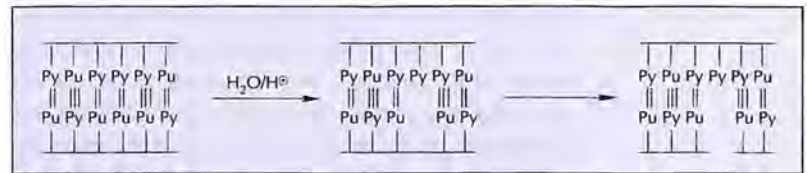


Aminosäuren am schnellsten abläuft. Von entscheidender Bedeutung ist, daß die Razemisierung in Bezug auf die Geschwindigkeitskonstante, die Aktivierungsenergie bei neutralem pH-Wert (pH: 7-8) über einen weiten Temperaturbereich mit der Purinabspaltung aus DNA-Strängen (Abb. 2), und die damit verbundene Fragmentierung der DNA-Stränge vergleichbar ist. Die Depurinierung wird nämlich als die Hauptursache für den Abbau von fossiler DNA betrachtet. Im Experiment konnte eine Beziehung zwischen Razemisierungsgrad und der zu erwartenden DNA-Kettenlänge gezeigt werden. Hydrolysiert man Gewebeprobe in Salzsäure (0,01 bis 0,5 g Gewebeprobe in 6 N HCl, 24 Stunden bei 100°C), so ergibt sich für die Asparaginsäure ein D/L-Verhältnis von 0,05. Dies korreliert mit einer Kettenlänge der DNA von 140 - 340 Basenpaaren. Bei einem D/L-Verhältnis von mehr als 0,08 konnte keine DNA mehr nachgewiesen werden.

Untersuchungen an Fossilien zeigen, daß Proben abhängig von den klimatischen Bedingungen unterschiedliche Erhaltung von DNA-Strängen aufweisen. In Klimazonen wie z.B. in Ägypten (Mumien) scheinen nachweisbare DNA-Fragmente wenige tausend Jahre überstehen zu können, in kälteren wie z.B. in Sibirien oder der Antarktis können solche Strukturen den vorliegenden Ergebnissen zufolge einen Zeitraum der Größenordnung von zehntausend Jahren überdauern.

Der Test wurde auch auf auffällig alte Fossilien angewendet, von welchen bereits positive Ergebnisse aus Untersuchungen fossiler DNA veröffentlicht worden waren. So lag der Razemisierungsgrad für Dinosaurierknochen (vgl. BINDER 1995) bei D/L = 0,21, was schon früher geäußerte Kritik bzw. Vermutungen von Artefakten zu bestätigen scheint.

Auch Proben der Fundstelle Clarkia, Idaho (GOLENBERG et al. 1990) wurden untersucht. Von dort waren Fragmente von Chloroplasten-DNA aus ca. 17 Millionen Jahre alten Magnolienblättern beschrieben worden. Die Analysen von Asparaginsäure waren aufgrund der geringen Menge nicht aussagekräftig, der Razemisierungsgrad anderer Aminosäuren (Alanin D/L > 0,15) bestärkte jedoch bereits früher geäußerte Zweifel an der Interpreta-



tion der Ergebnisse. Ungeklärt bleibt allerdings die auffallende Ähnlichkeit der veröffentlichten Sequenz des fossilen Chloroplasten-DNA-Fragments mit rezenter Magnolien-Chloroplasten-DNA.

Einzig bei Fossilien, die in Bernstein eingeschlossen erhalten sind, konnten auch bei Proben, denen aufgrund der Fundsituation ein hohes Alter zugesprochen wird (untersucht wurden Proben mit einem Alter bis zu 35 Millionen Jahren) für Asparaginsäure D/L-Verhältnisse von 0,08 und kleiner gemessen werden. Experimentelle Untersuchungen, die die Mechanismen der außerordentlich guten Konservierungseigenschaften von Bernstein zum Gegenstand hätten, sind bisher nicht beschrieben worden und so ist dieses Phänomen gegenwärtig Gegenstand von Wunschträumen oder Spekulationen.

Harald Binder

Abb. 2: Schematische Darstellung einer Depurinierung mit nachfolgendem Strangbruch.
Py = Pyrimidinbasen: Cytosin, Thymin, Uracil,
Pu = Purinbasen: Adenin, Guanin.

Literatur

- BADA JL (1985) Racemization of amino acids. In: BARRETT GC (ed) Chemistry and biochemistry of the amino acids. London, Chapman and Hall, pp. 399-414.
- BADA JL, WAN XS, POINAR HN, PÄÄBO S, POINAR GO (1994) Amino acid racemization in amber-entombed insects: Implications for DNA preservation. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58, 3131-3135.
- BINDER H (1995) DNA aus fossilen Dinosaurierknochen? *Stud. Int. J.* 2, 85-86.
- GOLENBERG EM, GIANASSI DE, CLEGG MT, SMILEY CJ, DURBIN M, HENDERSON D & ZURAWSKI G (1990) Chloroplast DNA sequence from a Miocene Magnolia species. *Nature* 344, 656-658.
- IMMING P (1996) Die fehlenden Spiegelbilder. *Stud. Int. J.* 3, 82-86.
- POINAR HN, HÖSS M, BADA JL & PÄÄBO S (1996) Amino acid racemization and the preservation of ancient DNA. *Science* 272, 864-866.

Neues Antlitz für die Venus

Nachdem Radarmessungen der Raumsonde „Magellan“ die Oberfläche der Venus enthüllt hatten, erlebten die Forscher eine ziemliche Überraschung. Durch Vergleich der Einschlagskraterdichte und -struktur mit jenen der chemisch mit der Venus verwandten übrigen Planeten und Monde unseres Sonnensystems, zu denen auch die Erde gehört, bestimmten sie das Alter der Eruptivge-

steine, die von den Weltraumprojekten getroffen wurden. Sie stellten fest, daß praktisch alle magmatischen Gesteine an der Venusoberfläche vor etwa 500 Ma (Millionen Jahren) und in einer Zeitspanne von 40 bis 100 Ma gebildet wurden. Die Ursache dieser vergleichsweise schnellen Krusten-neubildung wurde in den letzten Jahren kontrovers diskutiert. Nun hat sich auch Stuart A. WEINSTEIN, ein

Mitbegründer der sogenannten Avalanche-Theorie, in die Diskussion eingeschaltet (Avalanche, franz./engl. Lawine). Die Avalanche-Theorie ist eine erst seit kurzem eingeführte Erweiterung der Plattentektoniktheorie zur Erklärung der Vorgänge im Erdinneren. Als die Plattentektonik sich in den Sechzigerjahren durchsetzte, fanden die Wissenschaftler sofort auch einen Motor dazu: Die Konvektion des Erdmantels, also der Wärmeaustausch zwischen Erdinnerem und der Oberfläche durch Auf- und Abwärtsströmungen. Kaltes, schweres Lithosphärengestein sinkt an den Subduktionszonen in den Mantel, während warmes, teilweise geschmolzenes und deshalb leichteres Mantelgestein an den Mittelozeanischen Rücken aufsteigt. Die Avalanche-Theorie besagt nun, daß ein erheblicher Teil der Konvektionsströmung stoßweise erfolgt. Damit ist folgender Prozeß gemeint: An einer sogenannten endothermen Phasengrenze (wärmekonsumierend, vergleichbar mit dem Übergang von der Eisphase zur Wasserphase) in ca. 670 km Tiefe stauen sich die abtauchenden (subduzierenden) ozeanischen Lithosphärengesteine solange, bis die Potentialbarriere durch das Gewicht des nachrückenden Gesteins durchbrochen wird und alles oder ein Teil des gestauten Materials sich lawinenartig in den unteren Mantel entleert. Während man sich in bezug auf die Erde noch über die Auswirkungen an der Oberfläche Gedanken macht, glaubt WEINSTEIN, in dieser Form der Konvektion die Lösung des Venus-Rätsels gefunden zu haben.

Venus weist keine Plattentektonik auf, oder, anders ausgedrückt: Die Venus-Lithosphäre besteht aus einer einzigen Platte, die wahrscheinlich sehr starr ist. Eine Subduktion dieser Oberflächenschicht ist normalerweise nicht zu erwarten, so daß sich an der Phasengrenze, die, ähnlich wie im Erdinneren, auch im Venusinneren vermutet wird, nicht Lithosphärenmaterial, sondern Material des darunterliegenden, an der Konvektion beteiligten Venusmantels staut und entleert. Von der Erde her weiß man auch, daß besonders die Lithosphäre eine extrem nichtlineare Abhängigkeit der Fließbewegung von der Scherspannung aufweist und zwar derart, daß mit zunehmender Spannung die Geschwindigkeit des Materialflusses überproportional steigt. Diese Nichtlinearität scheint eine schnelle Mobilisierung der Lithosphäre zu begünstigen. WEINSTEIN untersuchte mittels Computer-Simulation ein vereinfachtes 2-dimensionales Kastenmodell, um seine Vermutung zu testen: Das

2856 km dicke „Gesteinspaket“ im Kasten (ungefähre Dicke von Erdkruste plus -mantel) teilte er in eine untere Schicht von 2800 km mit Newton-Rheologie (Fließgeschwindigkeit proportional zur Scherspannung) und eine darüberliegende 56 km dicke Schicht mit einer spezifischen Nicht-Newton-Rheologie (nichtlinearer Zusammenhang zwischen Fließgeschwindigkeit und Scherspannung). Er baute im oberen Bereich der unteren Schicht einen endothermen Phasenübergang ein und berechnete den zeitlichen Verlauf der Strömungen und der Temperatur bei erdähnlichen Bedingungen. War die Anfangssteifigkeit der Nicht-Newton-Schicht hoch genug, so erhielt er tatsächlich das erwartete Verhalten: Während eines kurzen Avalanche-Ereignisses (d.h. ein einzelner Durchbruch an der Phasengrenze) wurde die Lithosphärenplatte durch die darunter ablaufenden schnellen Materialverschiebungen angeregt und mobilisiert. Es ergaben sich hohe Fließgeschwindigkeiten innerhalb der Lithosphäre. Zwischen den Ereignissen geschah nichts. Rechnete WEINSTEIN mit Newton-Rheologie in beiden Schichten, so kam während eines Durchbruchs nur eine bescheidene Anregung der Lithosphäre zustande (Durchschnittsgeschwindigkeit weniger als 5% des Nicht-Newton-Falles). WEINSTEIN glaubt nun, daß der Austausch der Venusoberfläche, genau wie in der Simulation mit Nicht-Newton-Rheologie, während eines Avalanche-Ereignisses stattfand. Die letzten ungefähr 400 Ma blieb die Kruste ruhig, weil offenbar keine oder nur noch energieärmere Durchbrüche die Wurzeln der Lithosphäre „zum Erzittern“ brachten.

Kommentar: Könnte Ähnliches auch auf der Erde geschehen sein? Neuere Arbeiten anderer Autoren scheinen gemäß WEINSTEIN darauf hinzudeuten, daß die besonderen Bedingungen der Plattentektonik die Intensität von Avalanche-Ereignissen abschwächen. Dennoch stellt sich die Frage, ob die mittlere Geschwindigkeit der plattentektonischen Vorgänge im Laufe der Erdgeschichte wirklich so wenig geändert hat, wie heute in der Fachwelt angenommen wird.

Franz Egli-Arm

Literatur

WEINSTEIN SA (1996) The potential role of non-Newtonian rheology in the resurfacing of Venus. *Geophys. Res. Lett.* 23, 511-514.