

des Lebens auf der Erde erforschen, einfach die falsche Atmosphäre ausgewählt haben“ (<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/11/1111300141855.htm>).

Die Untersuchungen von TRAIL et al. (2011) liefern nur Anhaltspunkte über die Redox-Bedingungen zur Zeit der Bildung der Zirkonkristalle, über den Sauerstoffanteil in der Atmosphäre geben sie keine Auskunft.

[KASTING JF (1993) Earth's early atmosphere. *Science* 259, 920-926; TRAIL D, WATSON EB & TAILBY ND (2011) The oxidation state of Hadean magmas and implications for early earth's atmosphere. *Nature* 480, 79-82.]
H. Binder

■ Wurde eine RNA-Welt am Grunde des Ozeans etabliert?

Dieter BRAUN erforscht mit seiner Arbeitsgruppe „Systems Biophysics“ an der LMU München das Verhalten von Biomolekülen in kleinräumigen Systemen mit Temperaturgradienten. Damit versuchen die Wissenschaftler Bedingungen nachzuahmen, wie sie an hydrothermalen Quellen vorkommen, die sich in Bereichen vulkanischer Aktivität am Ozeanboden finden. BRAUN und seine Mitarbeiter hoffen, durch diese Untersuchungen und die daraus gewonnenen Erkenntnisse Schritte beschreiben zu können, die zu ersten Replikationssystemen mit Nukleinsäuren geführt haben könnten. Dies wäre ein bedeutender Beitrag, der die RNA-Welt-Hypothese stützen könnte. Jüngst wurden die Arbeiten von BRAUN mit dem hochdotierten Klug-Wilhelmy-Weberbank-Preis ausgezeichnet.

BRAUN et al. hatten Prozesse beschrieben und untersucht, bei denen in kleinräumigen Systemen mit Temperaturgradienten kreis- oder walzenförmige Strömungsmuster ausgelöst werden (BAASKE et al. 2007, MAST & BRAUN 2010). Solche durch Temperaturgradienten verursachten Strömungen führen zum Transport von Teilchen (Thermophorese). Systeme dieser Art könnten z. B. in mit Wasser gesättigtem porösem Gestein etabliert werden. Teilchen, die in dieser Strömung transportiert werden, würden sich also regelmäßig ab-

wechselnd in kühler und dann wieder in warmer Umgebung befinden. Temperaturwechsel dieser Art werden z. B. bei Reaktionssystemen benötigt, in denen Nukleinsäuremoleküle (DNA oder RNA) repliziert werden (z. B. in so genannten Polymerase-Ketten-Reaktionen, PCR). Bei höheren Temperaturen trennen sich die beiden Stränge der Doppelhelix der DNA. Unter kühleren Bedingungen werden dann die Einzelstränge durch synthetische Ergänzung (unter Beteiligungentsprechender Enzyme) komplettiert – sofern alle für die Reaktionen notwendigen Komponenten vorhanden sind – und sie vereinigen sich zu Doppelsträngen. Diese trennen sich dann bei höherer Temperatur erneut auf usw.

Darüber hinaus fanden BRAUN und seine Kollegen, dass sich in den eben beschriebenen Strömungssystemen in kleinsten Räumen (Gesteinsporen) Makromoleküle anreichern lassen. Diese Befunde wurden im Labor nachgestellt und dann theoretisch untersucht.

In den Veröffentlichungen haben BRAUN und seine Co-Autoren die Laborsysteme beschrieben und erklärt und dann diese Zusammenhänge auf hydrothermale Quellen am Ozeanboden („schwarze“ und „weiße Raucher“ an der Nähe der Mittelozeanischen Rücken) übertragen. Mit ihren Untersuchungen beabsichtigen die Autoren ein Modell plausibel zu machen, in dem erste Nukleinsäuremoleküle vervielfältigt und auch angereichert werden könnten. In den porösen Mineralablagerungen der Schlotte am Ozeangrund, durch die heißes mineralreiches Wasser strömt und die außen von kaltem Ozeanwasser umgeben sind, könnten sich in den Poren die oben genannten Bedingungen einstellen und die im Labor demonstrierten Prozesse abspielen – angetrieben durch den Temperaturunterschied. Modellierungen liefern sehr verheißungsvolle Resultate (OBERMAYER et al. 2011). Polynukleotide lassen sich tatsächlich anreichern und vervielfältigen (PCR). BRAUN et al. haben damit begonnen, diese Befunde für verbesserte biotechnische Prozesse zu nutzen.

BRAUN und seine Mitarbeiter haben mit diesen Untersuchungen

Phänomene beschrieben und zumindest teilweise erklärt, die möglicherweise zu erheblichen Verbesserungen von biotechnischen Prozessen führen können. Ob jedoch die modellierten und im Labor demonstrierten Prozesse in hydrothermalen Tiefseequellen stattfinden, ob die Temperaturgradienten sich in geeigneten Bereichen ausbilden und die notwendigen chemischen Ausgangsstoffe vorhanden sind, ist bisher nicht geklärt. Außerdem zeigt die Erfahrung im Syntheselabor, dass man zur Vermehrung von Nukleinsäuren extrem reine Ausgangsverbindungen benötigt und den Ausschluss von Verunreinigungen, die die Synthese stören, gewährleisten muss. Das bedeutet: Ob die beschriebenen Vorgänge in der Natur ablaufen, ist völlig unklar und bisher nicht beobachtet. Besonders problematisch ist die genannte Frage nach der Spezifität der chemischen Prozesse. Selbst wenn erste Nukleinsäure-Oligomere in bestimmten Bereichen von hydrothermalen Schloten vorkommen sollten, ist nicht zu erwarten, dass in den Poren mit Temperaturgradienten ausschließlich die gewünschten Moleküle vorkommen. Auch andere Moleküle sollten vom Thermophoreseprozess (s. o.) erfasst und angereichert werden. Die Spezifität, die für die Etablierung von RNA-Replikation erforderlich ist, wird im Labor durch die Wahl und Vorgabe entsprechender Randbedingungen bei den Experimenten erzielt. Wie eine vergleichbare Spezifität ohne solche Vorgaben erreicht werden kann, ist bisher nicht gezeigt worden. Leslie ORGEL (2008) hatte darauf hingewiesen, dass Hypothesen, die nicht einen Replikator (kopierfähige Nukleinsäure) wie RNA, sondern einen Metabolismus (Stoffwechsel) am Anfang der Lebensentstehung vermuten, an derselben Klippe scheitern: „Fehlende Spezifität scheint die Entstehung komplexer autokatalytischer Abläufe jeder Art eher zu blockieren als unzureichende Effektivität.“

[BAASKE P, WEINERT FM, DUHR S, LEMKE KH, RUSSEL MJ & BRAUN D (2007) Extreme accumulation of nucleotides in simulated hydrothermal pore systems. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 104, 9346-9351; MAST CB & BRAUN D (2010) Thermal trap for DNA replication.



Abb. 1 Die Stiftschwebfliege *Sphaerophoria scripta*. Foto: Winfried BORLINGHAUS.

Phys. Rev. Lett. 104, 188102; OBERMAYER B, KRAMMER H, BRAUN D & GERLAND U (2011) Emergence of Information transmission in a prebiotic RNA reactor. Phys. Rev. Lett. 107, 018101; ORGEL LE (2008) The Implausibility of Metabolic Cycles on the Prebiotic Earth. PLoS Biol. 6, e18, doi:10.1371/journal.pbio.0060018.] H. Binder

■ Wie Fliegen fliegen

Es ist schon seit einigen Jahren bekannt, dass Zweiflügler (Diptera) aus der Familie der Schmeißfliegen (z. B. *Calliphora erythrocephala*) eine „Dreigangschaltung“ in Form eines mechanischen Bauteils im Flügelgelenk anwenden, um ihren Auf- und Vortrieb, aber auch die Flugrichtung zu steuern (vgl. SEEGER 1996). Dies geschieht, indem die annähernd körperparallele Drehachse, um welche sich der Flügel beim Auf- und Abschlag bewegt, in drei verschiedenen Positionen von innen nach außen verlagert werden kann. Die sich dadurch ergebende unterschiedliche Schlag-Amplitude sorgt für eine entsprechende Veränderung der effektiven Antriebsleistung. Durch eine unterschiedliche „Schaltung“ der beiden Flügel kann die Fliege ihren geschickten Kurvenflug realisieren.

Nun sind weitere Details der „Fliegen-Flugtechnik“ analysiert worden. Simon M. WALKER, Adrian L. R. THOMAS und Graham K. TAYLOR, Mitarbeiter der Zoologischen Abteilung der Universität Oxford untersuchten Fliegen der Familie der Schwebfliegen (*Syrphidae*; WALKER et al. 2011). Einige Arten dieser Fliegen sind als Blattlausvertilger bekannt und gelten deshalb als „Nützlinge“ im Obst- und Gartenbau. Die Flugleistungen einiger Schwebfliegen-Arten sind legendär, denn sie können ähnlich den Zugvögeln als „Langstrecken-Zieher“ enorme Strecken zurücklegen und sogar die Alpen überqueren! Sie sind außerdem äußerst manövrierfähig und fallen durch ihre ruckartigen Flugbewegungen auf, die sich mit längeren Schwebphasen auf der Stelle abwechseln. Die Autoren haben nun mit Hilfe von Hochgeschwindigkeits-Zeitlupenaufnahmen und Computermodellen die Flügelbewegungen dieser „Flug-Experten“ genauer analysiert. Hierbei fiel ihnen speziell beim Kurvenflug der Fliege deren gezielter Einsatz einer sich jeweils am hinteren inneren Flügelrand befindlichen „Klappe“ (Alula) auf. Bei

den Vögeln bezeichnet man spezielle Federn am Vorderflügel als Alula (Daumenfittich). Diese Auftriebshilfe verhindert den Strömungsabriss bei niedrigen Fluggeschwindigkeiten. Bei Flugzeugen werden entsprechende Klappen (flaps) sowohl am Vorder- als auch am Hinterrand der Tragfläche eingesetzt. Hintere Tragflächen-Klappen besitzen fast alle Fliegen der Unterordnung *Brachycera*. Sie nehmen bei den Schwebfliegen etwa 10% der Tragfläche in Anspruch. Die Zeitlupenaufnahmen zeigen, dass die Schwebfliegen (und vermutlich auch andere Fliegen) diese Klappe nutzen, um den Auf- und Vortrieb eines Flügels zu drosseln, indem sie diese nach unten klappen und eine geringere Schlagamplitude erzeugen. Da die Schwebfliegen-Alula während des Fluges bei beiden Flügeln unterschiedlich eingestellt werden kann (ähnlich der beobachteten „Dreigangschaltung“ von Schmeißfliegen), muss diese Funktionsweise als weiteres effizientes Steuerelement für den perfekten Kurvenflug angesehen werden. Diese erstaunlich ausgereiften und perfekten Funktionen bei diesen „Natur-Fluggeräten“ werfen Fragen nach