

## Buchbesprechungen

Hans D. Pflug: Die Spur des Lebens. Paläontologie chemisch betrachtet. Evolution, Katastrophen, Neubeginn. VII + 167 Seiten, 79 Abbildungen, 15 Tabellen. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1984. Fr. 26.60.

Der Autor, Leiter des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Giessen, versucht mit ungleichen Geschwistern, der historisch-strukturorientierten Paläontologie und der stofforientierten Chemie mit Analysetechniken der Paläo-Biochemie der Entwicklung des Lebens nachzuspüren. Stoffaustausch zwischen Fossil und Sediment ist komplex: Reaktionsträge und hitzebeständige Stoffe halten sich; zuweilen können gar vergängliche – Proteine, Cellulose – überdauern.

Während anfangs nur Mikroben die Erde besiedelten, erschienen kurz vor der letzten Jahrmilliarde – erst vereinzelt – grössere, vielzellige Lebewesen, die sich vor 570 Mio. Jahren schlagartig entfalteten. Schon im Erdaltertum hat die Evolution eine erste Blüte durchlaufen. In Perioden stärkster Aktivität der Erdkruste haben sich die höheren Pflanzen und Tiere ausgebildet. Aussterbe-Ereignisse und Neubildungen setzen Zeitmarken der Erdschichte.

Lebewesen werden aus Naturstoffen aufgebaut: Proteinen, Nukleinsäuren, Lipiden, Zuckern, Vitaminen. Viele bestehen aus ringförmigen Molekülen, enthalten neben C- und H- N-, O-, S- und P-Atome, sind reaktionsfreudig und thermodynamisch stabil. Für die Paläontologie bringt ihr Nachweis oft kaum mehr Information als der morphologische Befund; für die Deutung der Graptolithen, koloniebildende Tiere des Erdaltertums, liessen Aminosäuren von Gerüstproteinen der Gehäuse-Becher diese – zusammen mit ihrer Gestalt – als Pterobranchier bei den Hemichordaten einstuften.

Trocken- und Dauerfrost-Klima bieten – wie Salzsolon, Erdwaxse und Asphalte – für Proteine beste Konservierung; Bodenfeuchtigkeit und Bakterien zerstören sie. In Organismen sind Kohlehydrate als Reserve- und Baustoffe bedeutsam. In versiegelnden Harzen und in Kieselsäure ist Cellulose fossil erhaltungsfähig. In saurem, anaerobem Milieu hält sich Chitin; Zerfallsprodukte, Glukosamine,

konnten in tertiären Insektenflügeln und kretazischen Dinoflagellaten-Zysten nachgewiesen werden. Lignin bildet im Holz ein Netz zwischen Cellulose-Fasern. Seine phenolische Struktur verleiht ihm Resistenz gegen Zersetzung. Lipide, Kohlenwasserstoffe, als Fette Energievorrat, bilden als Wachse Schutzüberzüge, als Polyterpene, Wände von Sporen und Pollen. Von den Harzen ist Bernstein wegen der Fossil-Einschlüsse von Bedeutung. Ebenso zeigen viele Pigmente – Blutfarbstoffe und Chlorophyll – Lipid-Charakter. In Sedimenten meist zu Porphyrinen umgewandelt, lassen sie sich bis ins Präkambrium nachweisen. Algen-Lipide bilden wichtigstes Ausgangsmaterial für Erdöl.

An der Basis des Kambriums riss die fossile Überlieferung lange Zeit ab; heute reicht sie zunächst 350 Mio. Jahre weiter zurück. Wohl fehlen körperliche Reste; doch Kriechspuren und Kotballen belegen kaum cm-grosse wurmartige Organismen mit Hydroskelett, einem von Körperflüssigkeit erfüllten Hautmuskelschlauch aus Kollagen, riesigen Protein-Molekülen von faseriger Schraubenstruktur. Dieses tritt schon bei Einzellern auf; seine Anwendung im Gewebebau wurde erst von den Vielzellern ausgeschöpft. Da für seine Biosynthese O<sub>2</sub> benötigt wird, muss O<sub>2</sub> vorhanden gewesen sein, und da bei Muskelbewegungen Ca-Ionen beteiligt sind, müssen diese Organismen einen Kalk-Stoffwechsel besessen haben.

Älteste tierische Fossilien mit Körperstruktur – Hohltiere – treten vor 700 Mio. Jahren auf. Da sie nur als Abdruck vorliegen, besaßen wohl auch sie ein Hydroskelett. Mit ihnen vollzog sich der Wandel von kriechenden Schlammfressern zu grossen, festsitzenden Partikelfängern.

Vor 600 Mio. Jahren erscheinen Ringelwürmern nahestehende Formen. Von ihnen sind nur Wohnröhren erhalten; N-Glukosamine und Aminosäuren deuten auf chitin- und proteinartige, von Drüsen ausgeschiedene Stoffe.

Vom Kambrium an treten moderne Schalentiere auf. Dabei kommt es zu Umwälzungen in der Biochemie der Tiere: in ihrem Skelett wird Ca-Phosphat teils durch -Carbonat ersetzt. P bleibt aber neben C Schlüsselement der Zelle. Ein P-Stoffwechsel zeichnet sich bereits bei Einzellern ab; bei Wirbeltieren, schon bei frühesten Fischen, wird er Lebensregulator. Zum Ursprung des Lebens zieht Pflug Parallelen zu frühen Mikrofossilien, analogen

heutigen Formen und generellen Embryonalstadien und deutet die Grosslebewesen als «Speicherspezialisten» in sich wandelnder Umwelt. Die Produktion von Biomineralen – für den Paläontologen oft das einzige überlieferte Zeugnis – wirkt sich meist positiv aus: Festigung, Schutz vor Feinden, Abschirmung vor Strahlung, Schutz vor Wärme- und Wasserverlust, Stoffwechsel, Abfall-Deponie, Werkzeug. Ihre verbreitetsten sind: Carbonate, Opal, Fe(III)-oxide und -hydroxide, bei Wirbeltieren auch Phosphate. Schon Mikroben können analoge Strukturen erzeugen. An Keimbildung und Kristallwachstum sind Makromoleküle beteiligt. Sie zeigen wie komplex biochemische Wege sind, doch Vergleiche von fossilen und rezenten Befunden Evolutionswege aufzudecken vermögen. Das marine Phytoplankton wird als Nahrungsquelle für Meerestiere, seine Entwicklung und Wechselbeziehung zur Fauna vorgestellt, Biomineralisation und Photosynthese verknüpft.

Die Eroberung des Strandes durch Abkömmlinge mariner Seichtwasser-Pflanzen setzt Entwicklungen in der Biosynthese voraus: die Bildung von Lignin, Kohlehydraten, die Fähigkeit, Kutine und Suberine als Schutz gegen Wasserverlust zu synthetisieren. Auf dem längst von Mikroben, Pilzen und Flechten besiedelten Land lässt ein höheres Angebot an Lichtenergie die Biomassen-Produktion steigern, was Kohlelager bekunden.

Mit über  $\frac{3}{4}$  der bekannten Tierarten bilden die Arthropoden den «erfolgreichsten» Stamm. Dies geht auf Konstruktion und Material ihres Panzers zurück, der seit dem Kambrium dermal ausgeschiedene Protein-Komplexe enthält und die Ableitung von Ringelwürmern in Frage stellt. Der Inbesitznahme des Landes durch Gefässpflanzen und Arthropoden folgt jene der Landschnecken; auch ihnen konnten die Pflanzen nur bochemisch begegnen: durch Ausbildung resistenterer Wände und Bildung von Tanninen, Alkaloiden, Flavonoiden, Terpenoiden. Ob diese Abwehrstoffe – zusammen mit dem Klimawechsel – zum Aussterben der karbonischen Insekten geführt haben? Mit der Verwandlung im nun auftretenden Puppenstadium erweitern die Insekten Lebenszyklus und Lebensraum.

Die Eroberung des Landes durch Wirbeltiere wird von Keratin-Bildung, Einlagerung von P-Salzen ins Kollagen-Gerüst des Skeletts und Brut-Vorsorgemassnahmen begleitet.

Als Aussterbe-Katastrophe wird das «Iridium-Ereignis» aufgegriffen: Bersten eines Himmelskörpers und Abregnen der Partikel an der Kreide/Tertiär-Grenze bewirkten den selektiven Zusammenbruch der Biosphäre. Kurz vor der Saurier-Krise entfalten sich die Blütenpflanzen, die mit hydrolysierbaren Tanninen und neuen Alkaloiden wirksamere Abwehrstoffe gegen Tierfrass entwickelt haben.

Aus Zeiten biologischen Umbruchs werden Charakteristika und Gesetzmässigkeiten ihres Ablaufes abgeleitet, zugleich Einmaligkeit und unterschiedliche Dauer betont. Zunehmende Körpergrösse, Verkümmern, Anpassung, Fehlentwicklungen, Parallelität von Entfaltung und Niedergang werden auf biochemischem und paläoklimatischem Grund erläutert, Ursache und Wirkung abgewogen. Lagerstätten bezeugen als Lebensurkunden die Bildung sedimentärer Erze.

Nach dem hohen C-Gehalt in Sedimenten SW-Grönlands muss schon vor 3,8 Mia. Jahren ein küstennahes Flachmeer-Leben mit Cyanobakterien und hoher Photosynthese existiert haben. Die O<sub>2</sub>-Produktion wurde anfangs durch O<sub>2</sub>-verbrauchende Organismen gebremst, so dass sich O<sub>2</sub> in der CO<sub>2</sub>-reichen Atmosphäre erst während des Präkambriums anreichern konnte. Eine präbiotische Evolution scheint im neutral bis oxidierenden Milieu fraglich, da die ersten molekularen Schritte ein reduzierendes verlangen, so dass schon eine Lebewelt existiert. Seit 3,5 Mia. Jahren ist urtümliches Leben durch Fossilien, fossilorganische Substanzen und Biosedimente belegt. Doch schon Bakterien sind hochkompliziert mit über 10 000 Stoffen, deren Aufbau Zeit braucht. Vor 4,3 Mia. Jahren herrschten kaum lebensfreundliche Bedingungen, so dass Pflug einen extraterrestrischen Ursprung der präbiotischen Bausteine erwägt. Von in interstellaren Wolken nachgewiesenen Molekülen fallen als Vorläufer für lebende Systeme deren 10 in Betracht. Wenn so die Frage um den Ursprung des Lebens wieder offen wird, scheinen doch extraterrestrische Erscheinungen mitbeteiligt gewesen zu sein.

Im Anhang werden Analyseverfahren – Gaschromatographie, Massen- und Infrarot-Spektroskopie, Mikrosonden – vorgestellt. Eine Erklärung von Fachausdrücken und ein Sachregister helfen, den gedrängten, aber flüssig und anregend geschriebenen Text neben Biologen, Paläontologen, Geologen und Che-

mikern einem weiten, am naturwissenschaftlichen Weltbild interessierten Leserkreis näher zu bringen.

René Hantke

Heinrich Jäckli: Zeitmassstäbe der Erdgeschichte – Geologisches Geschehen in unserer Zeit. 149 Seiten und 68, teils farbige Abbildungen. Birkhäuser Verlag Basel, Boston, Stuttgart 1985. Fr. 48.–

Als beratender Geologe und ehemaliger Dozent für technische Geologie versucht Jäckli im Abschnitt Aktuogeologie das heutige geologische Geschehen aufzuzeigen. Aus durch Moränen belegten Gletscherständen im Vorfeld, ins Vorland verfrachteten Erratikern und fossiler Florenfolgen werden Gletscher- und Klimageschichte nachgezeichnet. Die Wucht strömenden Wassers manifestiert sich im Wildbach, der nach Regengüssen und Schneeschmelzen Runsen ausräumt und mitgeführten Schutt als Schwemmkegel ablagert. Unstabile Hänge führen bei Durchnässung und Unterschneidung zu Rutschungen; Lockerung durch Frost und Abtrag bewirken Bergstürze. Schneedecken schützen vor Verwitterung, Abtrag und Frost; ihr Abgleiten als Lawinen zerstört was herausragt; ihr Abschmelzen führt zu Durchnässung, im Wechsel mit Frost zu Schuttkriechen, das sich, Stirnwülste bildend, als Blockstrom talwärts bewegt.

Zahlenmässig schwer fassbar ist die Verwitterung, die Auflockerung der Oberfläche durch Temperaturschwankungen, Frost, chemischen Angriff des Wassers und biologische Wirkung der Pflanzen. Die Auslaugung durch Regenwasser zeigt sich in Karrenfeldern. Aus der Wasserhärte errechnet sich für Karstgebiete ein Abtrag von 0,08 mm/Jahr; die gelöste Mineralsubstanz des Rheins bei Basel ergibt 0,064 mm/Jahr.

In Wüsten führt die Gluthitze zur Aufschuppung der Gesteinsoberfläche, lässt runde Verwitterungsformen entstehen. Fällt einmal Regen, füllen sich die Rinnen: Schlammbrühen ergiessen sich in die Niederungen und hinterlassen vertrocknende steinige Blocklehme. Als Formen vorherrschender Winde erobern sich Wander-Dünen Savannen und Steppen. An den Küsten, aktivsten Streifen der Erdoberfläche, treffen Wirkung mündender Flüsse, von Wind und bewegtem Meer zusam-

men und bestimmen ein vielfältiges Geschehen. Flüsse bringen neben gelösten Stoffen 0,02 mm/Jahr an Sediment, was einem Abtrag von 0,07 mm/Jahr entspricht. Die Küste verlagert sich; bei abklingender Schuttfuhr gewinnt das Meer Verluste teils wieder zurück. Durch Trübeströme gelangen landnahe Bereiche als submarine Lawine über Steilhänge in die Tiefsee, wo sie nach Korngrösse sortiert wieder abgelagert werden. Karbonate bilden sich durch kalkausscheidende Organismen, vorab in warmen Randbereichen; der hohe Wasserdruck der Tiefsee bewirkt ihre Auflösung, so dass dort nur Kieselskelette von Radiolarien als Radiolarite zur Ablagerung gelangen. In anaerobem Milieu entfalten sich Fäulnisbakterien; aus abgestorbenen Planktonen produzieren sie H<sub>2</sub>S-reichen Faulschlamm: Sapropel, Muttergesteine für Erdöl und Erdgas.

Zeugen endogener Vorgänge sind vulkanische Erscheinungen. Dadurch gelangen Stoffe des Erdinneren in den irdischen Stoffkreislauf. Es entstehen neue Gebirge und Inseln; Gipfel verwandeln sich in Krater oder verschwinden. Geysire, Solfataren und Fumarolen begleiten das Geschehen. Auch Erdbeben sind an endogene Vorgänge gebunden. Mit ihren Folgeschäden – Bergstürzen, Seeausbrüchen, Flutwellen – fordern sie die höchsten Opfer. Die Schweiz liegt zwar ausserhalb der bedeutendsten Zonen; im Mittelwallis, um Basel, Chur, Sarnen und im Engadin zeichnen sich tektonische und seismische Aktivitäten ab. Nachkontrollen geodätischer Punkte haben vertikale, vorab auf Eis-Isostasie beruhende Krustenverstellungen aufgedeckt. In Skandinavien sind solche längst bekannt; um Neapel sind sie tektonischer Natur. Horizontale Verschiebungen vollziehen sich destruktiv als Kollisionen von Kontinentalplatten, konstruktiv an submarinen ozeanischen Rücken als Folge thermischer Konvektionsströme.

Im Abschnitt Anthropogeologie steht die Nutzung mineralischer Rohstoffe: der «Urgeologie» im Kampf ums Überleben, als Baumeister, Künstler, Jäger und Sammler, Ziegler und Töpfer. In den Alpen entdeckte er Salz, Feuersteine und Erze, viel später die fossilen Brennstoffe und den Portland-Zement, der mit Sand und Kies, Stahl und Asbest künstliche Gesteine mit bautechnischen Qualitäten hervorbringt. Da Ablagerungen von Sand und Kies zugleich wertvollste Grundwasserleiter darstellen, ihre Regeneration in Flussdelta und Wild-

bach-Kiesfängen zu langsam vor sich geht, entstehen Interessenkonflikte: Alternativ-Materialien drängen sich auf. Wachstum und Konsumbedürfnis wurden erst möglich durch Erforschung und «progressiven Raubbau» der Ressourcen, die von Geologen immer präziser erfasst werden. Der Energievorrat reicht noch 100 Jahre; die Ölproduktion muss schon um 2000 reduziert werden. «... wir verheizen in voller Fahrt die Sitzbänke in der ersten Klasse unseres Raumschiffes.»

Der Mensch hat sich geologischen Gegebenheiten anzupassen und aktive Gebiete zu meiden. Der Wunsch nach geologischer Ruhe grosser Gebiete ist unerfüllbar; das Vivere pericolosamente bleibt. Örtliche Prognosen sollen sinnvollste Gegenmassnahmen avisieren; zeitliche erfordern Messkontrollen. Schon früh hat der Mensch ins Flussregime eingegriffen, Bewässerungskanäle, Dämme, Wildbachverbauungen erstellt: erfolgreich mit Kander-Durchstich, Linthwerk und Juragewässer-Korrektion. Durch Unterdrückung der Aufschotterung wird getrachtet, das Flussgefälle zu erhöhen, durch Auflandung Kiesebenen zu kolmatieren.

An den Flachküsten NW-Europas bedeuten Meeresspiegelanstieg und Senkungstendenzen eine stete Gefahr. Mit Werten, später mit Deichen wurde versucht, entgegenzuwirken. Doch die Erdgeschichte läuft weiter: der Spiegel steigt, das Land sinkt, der Mensch erhöht die Deiche, wie lange?

Oft werden geologische Eingriffe in Kauf genommen: Hohlformen bei Tagebauen, Einschnitte bei Verkehrswegen, Vollformen bei Deponien. Geländeformen werden eingeebnet, Erdgeschichte ausgewischt. Stauseen wirken als Sedimentfallen; Kolmatierungsschlamm wird zurückgehalten. Riskante Eingriffe fordern ihren Preis: Bergstürze in Abbaugebieten, Bergschliffe, Rutschungen, Uferabbrüche sind die Folgen. Kahlschläge und Rodungen verursachen Bodenabtrag, Wüstenvormarsch, Abbaue Terrainsetzungen, Kunstdüngung Veränderungen im Chemismus des Grundwassers. Schadstoffreicher Regen und Nebel zerstören den Wald und erzeugen Folgeschäden. Rauch-

gase führen zu Verwitterung von Fassaden und Kunstwerken; erhöhter CO<sub>2</sub>-Gehalt bewirkt globale Erwärmung und vermehrtes Abschmelzen von Eis, was den Meeresspiegel ansteigen lässt und Überflutungen zur Folge hat. Und Gegenmassnahmen?

Das Prinzip des Aktualismus, wonach sich geologische Vorgänge auf Vergangenheit und Zukunft übertragen lassen, erhält Einschränkungen: durch den Menschen, der Biosphäre und progressiv die äussere Geosphäre, die exogenen Vorgänge, beeinflusst, die endogenen noch weitgehendst hinnehmen muss. Mit wachsender Bevölkerung und ihrer Technisierung werden die Eingriffe ins Erdgeschehen weiter zunehmen. Beängstigend ist, dass Auswirkungen und Ende noch nicht zu erkennen sind.

In einem letzten Abschnitt weist Jäckli auf die zeitliche Abfolge geologischer Vorgänge hin. Dabei vergrössert er achtmal den Zeitmassstab um eine Zehnerpotenz und stellt die Erdgeschichte in 9 Zeitbändern dar, vom Urknall vor 18 Milliarden Jahren über die Entstehung des Sonnensystems und der Erde, den ersten organischen Verbindungen und Lebenserscheinungen von den Blaubakterien als O<sub>2</sub>-Produzenten durch die lange und wechselvolle Erdgeschichte mit ihren Gebirgsbildungsphasen und biologischen Entwicklungsschüben im Pflanzen- und Tierreich mit knappen Hinweisen auf bekannte und weniger bekannte Stationen. Neben dem weltweiten erdgeschichtlich-klimatischen wird das mitteleuropäisch-schweizerische Geschehen und die Entwicklung in der Biosphäre über die Frühphasen des Menschen bis in die jüngste kulturelle Geschichte dargelegt. Mit dem prachtvoll illustrierten und mit Briefmarken-Vignetten passender geologisch-paläontologischer Sujets ausgestatteten, in klarer, treffsicherer Sprache geschriebenen Buch hat Jäckli nicht einfach ein weiteres erdwissenschaftliches Fachbuch geschaffen. Er wendet sich bewusst an ein weitgestreutes, an naturwissenschaftlichen Fragen, an Sein oder Nichtsein interessierte Leser, an verantwortungsbewusste Bürger.

René Hantke