

9-01 Astrochronologische Methode (Astrochronologie) – Übersichtblatt

Sinngleiche und verwandte Begriffe

Astronomische bzw. Milankovitch-Theorie, astronomische Zeitskala, Milankovitch-Zyklen, Zyκλοstratigraphie.

Ziel

Versuch, die theoretischen Orbital- bzw. Milankovitch-Zyklen zu Datierungs- und/oder Feinabstimmungszwecken (bestehender Zeitskalen) zu nutzen.

Grundlagen

Ermittlung der theoretischen Langzeit-Variationen der Erdbahnparameter für eine [theoretische] Vergangenheit unter Zugrundelegung der (aktuellen) Himmelskörper-Interaktion. Die rechnerische Dauer der Haupt-Zyklen (Milankovitch-Zyklen) beträgt nach HINNOV & HILGEN (2012): 19 bzw. 24 (Präzession), 41 (Schiefe der Ekliptik, Obliquität) und 99 bzw. 405 Tausend [astronomische] Jahre (Exzentrizität). Aktuelle astronomische Modelle (bis 250 Millionen [astronomische] Jahre: La2004, La2010 (LASKAR et al. 2004, 2011).

Vorgehensweise

Eichung (vermeintlich) zyklischer Sedimentfolgen (Zyκλοstratigraphie, Abb. 1) auf eine astronomische Skala (das Ziel). Durch abschnittsweise (physische) Befüllung durch Gesteinskörper (→ 2-02) wird die Astronomische Zeitskala (astronomical time scale, ATS) „aufgeladen“; die stratigraphische Abdeckung (Käno- und Mesozoikum) beträgt aktuell mehr als 80 % (HINNOV & HILGEN 2012). Mögliche einzelne Schritte:

- Datensammlung und Generierung von Wertereihen (stratigraphische, geophysikalische, geochemische, biologische Reihemessungen; z. T. als Proxydaten bezeichnet); Variablen: z. B. Schichtdicken, $\delta^{18}\text{O}$ (Sauerstoffisotopenverhältnis), MS (Magnetische Suszeptibilität).
- Prüfung der Wertereihen auf Zyklizität (mittels Zeitreihenanalysen).
- Vergleich der Perioden und/oder Verhältniszahlen (Sedimentfolge bzw. sedimentäre Parameter mit theoretischen Orbital-Perioden).
- Zuweisung sedimentärer Zyklen zu Orbitalzyklen.
- Tuning sedimentärer Zyklen auf Orbitalzyklen.

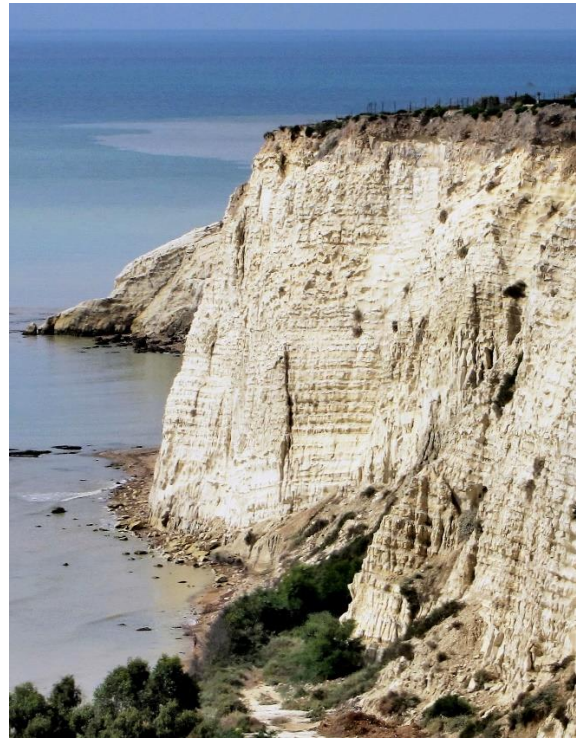


Abb. 1 Karbonatische Wechselfolge, Steilküste Eraclea Minoa (Sizilien). Trubi-Formation (Pliozän); die Sedimentfolge wird zyκλοstratigraphisch interpretiert (LOURENS et al. 1996). Foto: Hein56diddden (Wikimedia Commons; CC BY-SA 4.0).

Basisannahme(n)

1. Das Vorliegen eines einfachen linearen Systems für die geologische Vergangenheit: „orbitaler Input → klimatischer Output“ bzw. „Insolation → Klima → sedimentäre Überlieferung“.

- Quasi-periodische Oszillationen der Sonne/Erde-Position haben in der Erdgeschichte signifikante Variationen des Klimas verursacht.

- Diese astronomisch erzwungenen klimatischen Variationen wiederum bewirkten eine klimatisch-sensitive Sedimentation, die sich in der (versteinerten) zyklisch-stratigraphischen Überlieferung zeigt (Zyκλοstratigraphie).

2. Validität der radiometrisch geeichten Geologischen Zeitskala (Gleichsetzung radiometrischer Alter mit Realalter).

Historie

ADHÉMAR (1842), CROLL (1867), KÖPPEN & WEGENER (1924), MILANKOVITCH (1941), HAYS et al. (1976); Einführung von „Zyκλοstratigraphie und

Astrochronologie“ mit *A Geological Timescale 2004* (GRADSTEIN et al. 2004).

Anwendung

Geologie, Paläoklimatologie.

Bekannte Einschränkungen/Probleme

Unsicherheit des astronomischen Modells; fragmentarische Sedimentation.

Eichung

Für jeden Einzelfall radiometrische Verankerung (durch Zuweisung).

Altersbestimmungsverfahren

Anspruch: absolut (mit Einschränkungen) und unabhängig; oder nur zur Feinabstimmung.

Gültigkeit (der Ergebnisse)

Die Milankovitch-Theorie ist nicht bewiesen. Ein Nachweis darüber, dass die stratigraphische Überlieferung durch eine lang-periodische Orbitalsteuerung (Milankovitch-Zyklen) beeinflusst wurde, ist bisher nicht erbracht worden. Die methodischen Zuweisungen basieren auf eine zufällige bzw. zwangsläufige Übereinstimmung von Milankovitch-Band-Periodizität (im Rahmen der radiometrischen Zeitskalierung) und bisher nicht verifizierten A-priori-Annahmen (s. Basisannahmen; zu 2. → 4-01).

Die astrochronologische Methode ist eine scheinbare Altersbestimmungsmethode. Die durch die Methode zielgerichtete, erwirkte Befüllung und Belegung dieser theoretischen astronomischen Zeitskala ist virtueller Natur. Im Grunde genommen erfolgt lediglich eine Segmentierung der radiometrisch begründeten Skala in Einheiten von bspw. 21, 41 oder 405 Tausend radiometrischen Jahren.

Die Astronomische Zeitskala (ATS) – auf Basis der astrochronologischen Methode – ist eine fiktive Zeitskala. Sie kann allenfalls als uneigenständiges Derivat der Geologischen Zeitskala (GTS) betrachtet werden. Demzufolge ist die Astronomische Zeitskala keine unabhängige und absolute Zeitskala neben der Geologischen Zeitskala; sie kann die radiometrisch begründete Geologische Zeitskala nicht verifizieren (bestätigen).

Zu allen genannten Punkten siehe KOTULLA (2015).

Literatur

ADHÉMAR J (1842) *Révolution des Mers: Déluges Périodiques*. Publication privée, Paris.

CROLL J (1867) On the eccentricity of the Earth's orbit and its physical relations to the glacial epoch. *Philosophical Magazine* 33, 119-131.

GRADSTEIN FM, OGG JG & SMITH AG (Eds.) (2004) *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge.

HAYS JD, IMBRIE J & SHACKLETON NJ (1976). Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science* 194, 1121-1132.

HINNOV LA & HILGEN FJ (2012) Cyclostratigraphy and Astrochronology. In: GRADSTEIN FM, OGG JG, SCHMITZ MD & OGG GM (Eds.) *The Geologic Time Scale 2012*. Volume 1, Oxford Amsterdam, 63-83.

KÖPPEN W & WEGENER A (1924) *Die Klimate der geologischen Vorzeit*. Berlin.

KOTULLA M (2015) Sedimentfolgen und ihre Interpretation: Zyκλοstratigraphie und das Milankovitch-Zyklen-Syndrom. *W+W Special Paper G-15-1*, Baiersbronn.

https://www.wort-und-wissen.org/wp-content/uploads/g-15-1_zyklostratigraphie_und_milankovitch-zyklen.pdf

LASKAR J, ROBUTEL P, JOUTEL J, GASTINEAU M, CORREIA ACM & LEVRAND B (2004) A numerical solution for the insolation quantities of the Earth. *Astronomy and Astrophysics* 428, 261-285.

LASKAR J, FIENGA A, GASTINEAU M & MANCHE H (2011) La2010: A new orbital solution for the long term motion of the Earth. *Astronomy and Astrophysics* 532, doi: 10.1051/0004-6361/201116836.

LOURENS LJ, ANTONARAKOU A, HILGEN FJ, VAN HOOFF AAM, VERGNAUD-GRAZZINI C & ZACHARIASSE W (1996) Evaluation of the Plio-Pleistocene astronomical timescale. *Paleoceanography* 11, 391-413.

MILANKOVITCH M (1941) *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Ed. Spec. Acad. Royale Serbe, Belgrad.

→ und Blattnummer: Verweis auf andere Beiträge der Online-Loseblattsammlung.

Zur Ergänzung → 2-01, 2-03, 4-03, 4-09, 4-10, 4-21, 4-22.