

## The Fate of Planet Earth

### Das Schicksal des Planeten Erde\*

SIEGFRIED FRANCK, Potsdam, CHRISTINE BOUNAMA, Potsdam & WERNER VON BLOH, Potsdam

**Key words:** global carbon cycle, surface temperature, life span, biosphere

#### Abstract

The general basis of this paper is the long-term evolution of the global carbon cycle from the Archaean up to about 2 Gyr into the future and its consequences for the Earth's climate and the biosphere. In particular, we investigate the influence of geosphere-biosphere interactions on the life span of the biosphere. The minimal model for the global carbon cycle of the Earth contains the reservoirs mantle, ocean floor, continental crust, biosphere, and the kerogen, as well as the combined ocean and atmosphere reservoir. The model is specified by introducing three different types of biosphere: procaryotes, eucaryotes, and complex multicellular life. During the entire existence of the biosphere procaryotes are always present. 2 Gyr ago eucaryotic life first appears. The emergence of complex multicellular life is connected with an explosive increase in biomass and a strong decrease in Cambrian global surface temperature at about 0.54 Gyr ago. In the long-term future the three types of biosphere will die out in reverse sequence of their appearance. We show that there is no evidence for an implosion-like extinction in contrast to the Cambrian explosion. In dependence of their temperature tolerance complex multicellular life and eucaryotes become extinct in about 0.8–1.2 Gyr and 1.3–1.5 Gyr, respectively. The ultimate life span of the biosphere is defined by the extinction of procaryotes in about 1.6 Gyr because of an insufficiency of carbon dioxide, which the biosphere needs for photosynthesis. This point in time is well before the sun will become a red giant.

#### Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit basiert auf einem langskaligen Modell für den globalen Kohlenstoffkreislauf vom Archaikum bis etwa 2 Mrd. Jahre in die Zukunft und seinen Konsequenzen für das Erdklima und die Biosphäre. Insbesondere wird der Einfluss von Wechselwirkungen im System Geosphäre-Biosphäre auf die Überlebensspanne der Biosphäre untersucht. Das Minimalmodell für den globalen Kohlenstoffkreislauf der Erde enthält die Reservoirs Erdmantel, Ozeanboden, kontinentale Kruste, Biosphäre, Kerogen als auch das kombinierte Reservoir aus Ozean und Atmosphäre. Das Modell wird spezifiziert durch die Einführung von drei verschiedenen Typen von Organismen: Prokaryoten, Eukaryoten und komplexe, multizelluläre Lebensformen. Die Prokaryoten sind während der gesamten Existenzzeit der Biosphäre präsent. Vor zwei Mrd. Jahren treten erstmals Eukaryoten auf. Das erste Auftreten von komplexen, multizellulären Lebensformen ist mit einem explosiven Anwachsen an Biomasse und einem starken Abfall der mittleren globalen Oberflächentemperatur vor etwa 540 Millionen Jahren verbunden. In der fernen Zukunft werden die drei Typen von Organismen in umgekehrter Reihenfolge ihres Erscheinens wieder aussterben. Wir zeigen, dass es keine Anhalts-

\* Vortrag gehalten im Kolloquium „Probleme der Geologie“ am 9.11.2007 der Klasse Naturwissenschaften der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e. V.

punkte für ein – in Analogie zur Kambrischen Explosion – implisionsartiges Aussterben der komplexen Lebensformen geben wird. In Abhängigkeit von ihrer Temperaturtoleranz werden die komplexen Lebensformen und die Eukaryoten in 0,8–1,2 Mrd. Jahren bzw. in 1,3– 1,5 Mrd. Jahren aussterben. Die ultimative Überlebensspanne der Biosphäre wird durch das Aussterben der Prokaryoten in etwa 1,6 Mrd. Jahren infolge eines für die Photosynthese der Biosphäre zu geringen atmosphärischen Kohlendioxidgehalts bestimmt. Dieser Zeitpunkt ist weit bevor die Sonne ein Roter Riesenstern wird.