

Erforschung der Evolution der Bewohnbarkeit in Gesteinsplaneten mit Klima- und Atmosphärenmodellen

Übersetzung auf Deutsch von:

Exploring habitability evolution in rocky planets with climate and atmospheric models

Silva L1,2, Biasiotti L3,1, Bisesi E1, Ivanovski S1, Maris M1,2, Murante G1,2, Simonetti P1,3, Vladilo G1

1 INAF/OATs, 2 IFPU, 3 UniTs

Das Potenzial, flüssiges Oberflächenwasser auf Gesteinsplaneten zu beherbergen, wird im Allgemeinen gemäß den aktuellen stellaren und planetaren Parametern der entdeckten Planeten quantifiziert. Andererseits beruht das Potenzial, gegenwärtig Leben zu beherbergen, auf Umweltbedingungen, die für den Beginn des Lebens in frühen Evolutionsphasen günstig sind. Diese Phasen sind durch niedrigere Konstellationen gekennzeichnet, und wie bei der Erde sind auch eine Reihe unterschiedlicher planetarer Parameter zu erwarten (z. B. Land-Ozean-Bedeckung, Rotationsgeschwindigkeit). Die sich daraus ergebende mögliche Entwicklung der Oberflächen-/atmosphärischen Bedingungen impliziert unterschiedliche beobachtbare Transit-/Emissionsspektren.

Wir haben ein flexibles Klimamodell (ESTM, Earth-like planet Surface Temperature Model, Vladilo et al. 2015; Biasiotti et al. 2022) gekoppelt mit einem atmosphärischen Strahlungstransfermodell (EOS, Simonetti et al. 2022) für den terrestrischen Typ entwickelt. Exoplaneten, die für Multiparameter-Explorationen geeignet sind (atmosphärischer Druck und Zusammensetzung; stellarer Typ; Orbital- und Planetenparameter). Unter anderem können wir die Bedingungen der Bewohnbarkeit als Funktion der Leuchtkraftentwicklung des Zentralsterns und anderer sich entwickelnder planetarer Faktoren verfolgen.

Wir haben unsere Modelle angewendet, um die Epoche des Beginns lebenserhaltender Bedingungen in Kepler-452b (Silva et al. 2017) zu untersuchen, und untersuchen die Bandbreite atmosphärischer Zusammensetzungen, die es ermöglichen, a

bewohnbare archaische Erde. Das EOS RT-Modell ermöglicht es uns, das erwartete Spektrum für jedes simulierte Klima zu berechnen.

Bistabilität des CO₂-Ozeans auf terrestrischen Exoplaneten

Der Kreislauf von Kohlendioxid zwischen der Atmosphäre und dem Inneren von Gesteinsplaneten kann das globale Klima stabilisieren und planetarische Oberflächentemperaturen über dem Gefrierpunkt im Laufe der geologischen Zeit ermöglichen. Schwankungen im globalen Kohlenstoffhaushalt, in der Tektonik und instabilen Rückkopplungszyklen zwischen planetaren Subsystemen haben jedoch das Potenzial, das Klima und die Oberflächengeochemie felsiger Exoplaneten in Richtung auf im modernen Sonnensystem unbekannte Regime zu destabilisieren.

Wir haben atmosphärische Strahlungstransport- und Oberflächenverwitterungssimulationen durchgeführt, um die Stabilität von Klimagleichgewichten für felsige, ozeanhaltige Exoplaneten an für Planetensysteme relevanten Aufstellungen in den äußeren Regionen der zirkumstellaren bewohnbaren Zone über verschiedene tektonische Einstellungen und Sternmassen hinweg zu untersuchen. Die Charakterisierung dieser Planeten durch zukünftige astronomische Untersuchungen wird unser Verständnis der Vielfalt der Klimazustände von Gesteinsplaneten, insbesondere bei geringer Sonneneinstrahlung und mit zunehmendem atmosphärischem Kohlenstoffhaushalt, ähnlich wie bei der frühen Erde, erweitern.

Unsere Simulationen legen eine Bistabilität zwischen einem erdähnlichen Klimazustand mit effizienter Kohlenstoffbindung und einem alternativen stabilen Klimagleichgewicht nahe, bei dem CO₂ an der Oberfläche kondensiert und eine Decke aus Clathrathydrat oder flüssigem CO₂ bildet. Bei zunehmender Instellation und ineffektiver Verwitterung oszilliert letzterer Zustand zwischen kühlem, CO₂-kondensierendem Oberflächenklima und heißem, nicht kondensierendem Klima. Ein bistabiles CO₂-Klima kann unmittelbar nach der Magma-Ozean-Kristallisation entstehen und über Milliarden von Jahren stabil bleiben.

Die Kohlendioxid-kondensierenden Klimazonen folgen einem entgegengesetzten Trend im CO₂-Partialdruck gegenüber der Instellation im Vergleich zu der durch Verwitterung stabilisierten Planetenpopulation, mit abweichenden spektroskopischen Merkmalen im nahen bis mittleren Infrarot. Dies deutet auf die Möglichkeit einer beobachtenden Unterscheidung zwischen diesen unterschiedlichen Klimakategorien in der Zählung der felsigen Exoplaneten hin.

Latsis-Symposium «Origin and Prevalence of Life»