

Abstract: The rich information on past extinctions provided by the fossil record is a key for understanding biotic responses to climate-related stresses. With recent acceleration in climate changes and rising concerns that a wave of marine extinctions may be imminent, such information on expected future threats is more important than ever. Paleontological and evolutionary studies indicate that the evolutionary history of taxa is important for predicting their fate when facing climate-related stresses. This intrinsic extinction risk is likely dependent on the long-term climatic context. More extinctions are expected from a temperature increase that adds to a previous geologically long period of warming than a similar warming event following a previous cooling period. Niche conservatism predicts that climatic changes are worse for species facing conditions increasingly different from the climate context of their ancestors. We thus hypothesize that temperature change interacts with long-term temperature trends when causing temperature-related extinctions. The temporal dimension of this signal from the past is expected to be lineage dependent but non-stochastic and can thus be used for predicting climate change effects on extant species. To test this hypothesis, survival and extinction of genera will be estimated from fossil occurrences available in the Paleobiology Database as well as other data sources. In a temporally continuous analysis, generalized linear mixed effects models with binomial family error will be implemented to explain survival and extinction by temperature changes interacting with long-term temperature trends and ancestral temperature niches. The approach has the advantage that it neither depends on a perfect fossil record nor on continuously reconstructed phylogenies and is thus highly suitable for the imperfect nature of deep-time biotic data. If funded, this project will quantify how evolutionary history can be used for predicting biotic responses to climate-related stresses and how this phylogenetic signal differs between taxonomic groups. Tracking species occurrence through time using the fossil record provides the unique opportunity to study the interaction between climate change, past climate trends and the phylogenetic history of species on extinction risk, while approaching this crucial question only with extant data is impossible. Results may have far reaching consequences for currently implemented paleontological models which evaluate the intrinsic risk of current warming to modern marine biota with models calibrated during the opposing long-term cooling trend of the last million years.

Keywords: climate change, temporal legacy, biodiversity, interactions

Titel deutsch: Der Einfluss der evolutionären und klimatischen Vergangenheit auf das Aussterberisiko mariner Arten bei Klimaveränderungen (PastKey)

Abstract deutsch: Das aus paläontologischen Arbeiten verfügbare Verständnis zur Reaktion von Arten auf Klimaveränderungen ist, vor dem Hintergrund des sich beschleunigenden Klimawandels und der wachsenden Gefahr einer Aussterbewelle mariner Arten, von zunehmender Bedeutung. Kenntnisse über evolutionäre Anpassungen helfen das Schicksal von Arten bei anstehenden Klimaveränderungen vorherzusagen. Das Aussterberisiko dürfte darüber hinaus nicht nur von der Magnitude einer Klimaveränderung, sondern auch von vorangegangenen langfristigen Klimatrends beeinflusst werden. Beispielsweise sollte das Aussterberisiko steigen, wenn ein Temperaturanstieg das Klima vorangegangener Erwärmungen weiter erwärmt, während der gleiche Temperaturanstieg ein geringeres Risiko darstellt, wenn er eine vorangegangene Abkühlung wieder zurücknimmt. Diese Studie wird daher quantifizieren, wie das Aussterberisiko mariner Arten durch die Interaktion zwischen einer aktuellen Temperaturveränderung und dem vorangehenden, langfristigen Temperaturtrend beeinflusst wird. Die Zeitspanne, über welche die Vergangenheit die Reaktion auf aktuelle Veränderungen beeinflusst, dürfte sich systematisch zwischen Artengruppen unterscheiden. Sie kann daher verwendet werden, um die Auswirkungen des Klimawandels auf heute vorkommende Arten vorherzusagen. Diese wichtige Hypothese lässt sich ausschließlich mittels der über Fossilien erhaltenen Informationen testen. Das Projekt PastKey wird daher mittels verallgemeinerter linearer gemischter Modelle (Generalized linear mixed models, GLMM) das Überleben oder Aussterben von Gattungen in Abhängigkeit von Temperaturveränderungen und deren Interaktion mit vorangehenden, langfristigeren Klimaveränderungen untersuchen. In einem zweiten Schritt wird die Bedeutung der Temperaturnische des jeweiligen evolutionären Vorfahren auf das Aussterberisiko quantifiziert. Das Projekt wird also herausarbeiten, wie die evolutionäre Vergangenheit dabei helfen kann die Reaktion von Arten auf klimatische Veränderungen vorherzusagen und in welcher Form sich dieser phylogenetische Effekt zwischen taxonomischen Gruppen unterscheidet. Der Modellansatz hat den Vorteil, dass er weder einen lückenlosen Fossilbericht noch umfassend rekonstruierte phylogenetische Verwandtschaften benötigt. Er eignet sich daher hervorragend um die über die langen Zeiträume zur Verfügung stehenden, lückenhaften, biotischen Informationen in ein Modell zu integrieren. Aus den Ergebnissen könnten sich weitreichende Konsequenzen für die Aussagen bestehender Modelle ergeben. Diese Modelle bewerten das Aussterberisiko von Arten im Zuge der heutigen Erwärmung, während sie die langanhaltende Abkühlungsperiode der vergangenen Millionen Jahre, also einen gegenläufigen Klimatrend, als Grundlage der Kalibrierung verwenden.

Schlagwörter: Klimawandel, Biodiversität, Interaktionen, historisches Erbe