

Heitfeld-Preise 2025

Die Preisträgerinnen und Preisträger und
ihre wissenschaftlichen Studien im
Einzelnen

Dissertation von Paul Pangritz

Titel: Storage and evaporation processes of volatile elements on Earth

Die Frage, wie chemische Elemente auf der Erde verteilt sind, beschäftigt die Wissenschaft schon lange. Trotzdem gibt es oft zu wenige Experimentaldaten, um das Verhalten dieser Elemente genau zu verstehen. In dieser Studie wurde untersucht, wie sich die Elemente Kohlenstoff, Stickstoff und Kupfer zwischen den verschiedenen Reservoiren – Erdmantel, Erdkruste und Atmosphäre – verteilen könnten.

Berechnungen zeigen, dass bei der Subduktion – dem Absinken von ozeanischer Erdkruste in den Erdmantel – deutlich mehr Stickstoff ins Innere der Erde transportiert wird, als durch Vulkane wieder an die Oberfläche gelangt. Das wirft die Frage auf, wo dieser Stickstoff bleibt und wie er gespeichert werden könnte. Hinweise geben stickstoffhaltige Minerale wie Eisennitride, die manchmal als kleine Einschlüsse in Diamanten gefunden werden, die aus dem Erdmantel stammen. Im Labor lassen sich die hohen Drücke und Temperaturen, wie sie tief im Erdinneren herrschen, nachstellen. Die Experimente zeigen, dass der Erdmantel tatsächlich größere Mengen Stickstoff in Form solcher Eisennitride und verwandter Minerale speichern kann.

Ein weiterer Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, wie Kupfer aus heißen, geschmolzenen Gesteinen entweicht. Kupfer ist ein wirtschaftlich sehr wichtiges Metall, das bei hohen Temperaturen besonders leicht aus dem Magma in die umgebende Atmosphäre übergeht – schneller als viele andere Metalle. Bislang ist noch wenig darüber bekannt, wie schnell dieser Prozess abläuft und welche Bedingungen ihn beeinflussen. Die Experimente zeigen, dass die Temperatur, das chemische Umfeld (zum Beispiel der Anteil von Sauerstoff) und andere Elemente wie Schwefel und Chlor den Austritt von Kupfer stark beeinflussen. Dadurch kann man besser verstehen, wie sich Kupfer in vulkanisch aktiven Regionen – sowohl auf der Erde als auch auf anderen Himmelskörpern wie dem Mond oder dem Planeten Merkur – verhält.

Weiterführende Publikationen

Paul Pangritz, Arno Rohrbach, Christian Vollmer, Jasper Berndt, Susanne Müller, Dražen Radić, Simon Basten & Stephan Klemme (2024). The Fe(Ni)–C–N-phase diagram at 10 GPa—implications for nitrogen and carbon storage in the deep mantle. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 179 (3) DOI: 10.1007/s00410-023-02084-y

Paul Pangritz, Christian J. Renggli, Jasper Berndt, Arno Rohrbach & Stephan Klemme (2022). Synthesis of Large Amounts of Volatile Element-Bearing Silicate Glasses Using a Two-Stage Melting Process. *ACS Earth and Space Chemistry* 6 (4) DOI: 10.1021/acsearthspacechem.2c00020

Dissertation von Nina Wichern

Titel: Astronomical signatures of the Late Devonian Kellwasser, *Annulata*, Dasberg, and Hangenberg bioevents and Crises: Insights from the German Rhenish Massif

Die Erdgeschichte ist geprägt von Umweltveränderungen, die das Klima und das Leben auf unserem Planeten stark beeinflusst haben. Wenn wir diese klimatischen Veränderungen untersuchen, lernen wir mehr darüber, wie unser Klimasystem funktioniert – besonders in Zeiten, in denen deutlich mehr CO₂ in der Atmosphäre war als heute. Außerdem zeigt sich, wie gut sich Pflanzen und Tiere an solche Veränderungen anpassen konnten – oder eben nicht. Im Erdzeitalter des Devon, das vor etwa 419 bis 359 Millionen Jahren stattfand, kam es wiederholt zu großflächigem Sauerstoffmangel in den Meeren, was das Leben im Wasser stark beeinträchtigte. Einige dieser Ereignisse waren sogar mit Massenaussterben verbunden.

Aus der jüngeren Erdgeschichte wissen wir, dass regelmäßige Veränderungen in der Menge und Verteilung der Sonnenenergie auf der Erde zu zyklischen Klimaveränderungen führen können. Solche Schwankungen werden als „Milanković-Zyklen“ bezeichnet und haben beispielsweise den Rhythmus der Eiszeiten während der letzten Millionen Jahre vorgegeben. Die Dissertation untersucht, ob solche Milanković-Zyklen auch bei den besonderen Umweltereignissen im Devon eine Rolle gespielt haben. Dafür wurden vier devonische Ereignisse in Gesteinen des Rheinischen Schiefergebirges genauer betrachtet. Untersucht wurden dabei insbesondere Anzeichen für Klima- und Verwitterungsänderungen in den Gesteinsschichten direkt vor diesen Ereignissen, die als Schwarzschiefer leicht zu erkennen sind.

Die Analyse ergab, dass allen vier untersuchten Ereignissen deutliche Veränderungen bei den Abflussraten der Flüsse und in der Intensität der Verwitterung vorausgingen. Diese Veränderungen lassen sich mit klimatischen Schwankungen in Verbindung bringen, die auf die Milanković-Zyklen zurückzuführen sind. Die Ergebnisse deuten außerdem darauf hin, dass Schwarzschiefer deshalb so häufig in Gesteinen aus dem Devon – und weniger in Gesteinen anderen Alters – vorkommen, weil sich in dieser Zeit besondere Entwicklungen abspielten: Die Verbreitung der ersten Landpflanzen fand statt. Diese frühen Pflanzenarten könnten die Wirkung der Milanković-Zyklen auf das Klima besonders stark beeinflusst haben. Künftige Analysen devonischer Gesteine und gezielte Klimamodellierungen könnten helfen, diese Zusammenhänge noch genauer zu verstehen.

Weiterführende Publikationen

Wichern, N. M. A., Bialik, O. M., Nohl, T., Percival, L. M. E., Becker, R. T., Kaskes, P., Claeys, P., and De Vleeschouwer, D.: Astronomically paced climate and carbon cycle feedbacks in the lead-up to the Late Devonian Kellwasser Crisis, *Climate of the Past*, 20, 415–448, <https://doi.org/10.5194/cp-20-415-2024>, 2024.

Wichern, N. M. A., Bialik, O. M., Nohl, T., Becker, R. T., and De Vleeschouwer, D.: Decoding Deep-Time Rhythms: Probing the Limit of Stratigraphic Correlation in the Time-Specific Facies of the Late

Devonian Usseln Limestone (Rhenish Massif, Germany), *Geophysical Research Letters*, 51, e2024GL109392, <https://doi.org/10.1029/2024GL109392>, 2024.

De Vleeschouwer, D., Percival, L. M. E., Wichern, N. M. A., and Batenburg, S. J.: Pre-Cenozoic cyclostratigraphy and palaeoclimate responses to astronomical forcing, *Nature Reviews Earth & Environment*, 5, 59–74, <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00505-x>, 2024.

Masterarbeit von Hannah Morck

Titel: Testing a mechanistic model of leaf gas exchange on a phylogenetic bias in $p\text{CO}_2$ reconstructions

Um den weiteren Verlauf des menschengemachten Klimawandels besser vorherzusagen, ist es wichtig, die natürlichen Klimaänderungen der Erdgeschichte zu verstehen. Solche Veränderungen können Hinweise auf aktuelle Entwicklungen liefern. Mit speziellen Modellen lässt sich zum Beispiel rekonstruieren, wie viel Kohlendioxid (CO_2) früher in der Atmosphäre war. Eines dieser Modelle, das sogenannte Franks-Modell, nutzt dazu die Photosynthese-bedingte Beziehung zwischen Pflanzenblättern und dem atmosphärischen CO_2 -Gehalt. Hierzu werden Zellmerkmale der Spaltöffnungen und die Kohlenstoff-Isotopenwerte fossiler Blätter sowie die Photosynthese-Rate heute lebender verwandter Pflanzen einbezogen. Allerdings zeigen neuere Untersuchungen, dass Isotopenwerte zwischen Pflanzengruppen stark variieren und die Photosynthese-Rate – also die Geschwindigkeit, mit der Pflanzen Kohlendioxid aufnehmen und in Sauerstoff und Zucker umwandeln – nicht nur vom Verwandtschaftsgrad, sondern auch von Habitat und Wuchsform abhängt. Dadurch kann es bei den Modellberechnungen zu Abweichungen kommen.

Für diese Arbeit wurden 16 verschiedene Pflanzenarten aus dem Botanischen Garten der Universität Münster untersucht, darunter Farne, Nacktsamer und Blütenpflanzen. Ziel war es zu überprüfen, wie gut das genannte Modell bei unterschiedlichen Pflanzengruppen funktioniert. Dazu wurden sowohl Zellmerkmale als auch Isotopenwerte der Blätter gemessen. Außerdem wurden Korrekturen an den Isotopenwerten vorgenommen und die Photosynthese-Raten angepasst, um verschiedene Annahmen zu testen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Genauigkeit der berechneten CO_2 -Werte stark von der jeweiligen Pflanzenart abhängen. Die Korrektur der Isotopenwerte brachte keine Verbesserung, aber durch die Anpassung der Photosynthese-Raten wurde die Genauigkeit der CO_2 -Bestimmung für fast alle Arten deutlich erhöht.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass mit dem Modell der frühere CO_2 -Gehalt der Atmosphäre recht zuverlässig bestimmt werden kann. Das hilft dabei, vergangene Klimaänderungen besser zu verstehen. Besonders wichtig für genaue Ergebnisse sind möglichst präzise Werte der Photosynthese-Raten der untersuchten Pflanzen. Entscheidende Unterschiede zwischen den verschiedenen Pflanzengruppen konnten nicht festgestellt werden.

Masterarbeit von Linus Schlottbohm

Titel: Deglaciation history of the Drau valley (Eastern Alps) constrained by ^{10}Be exposure dating of glacial bedrock surfaces and DEM analysis of Lidar data

Das sogenannte Last Glacial Maximum (LGM) fand vor etwa 30.000 bis 19.000 Jahren statt. In diesem Zeitraum erreichten die großen Eismassen der letzten Kaltzeit ihre größte Ausdehnung. Damals waren neben den Alpen auch große Teile Europas, Nordamerikas und Asiens von mächtigen Eisschilden bedeckt. Besonders im Bereich der Ostalpen ist weiterhin nicht überall bekannt, wann sich die Eismassen zurückzogen. Zudem unterscheiden sich die Ergebnisse von Computersimulationen in Bezug auf die maximale Ausdehnung des Eises teilweise deutlich von den tatsächlich festgestellten Eisrändern. Dadurch bleibt die genaue Ausdehnung des Eises im LGM weiterhin unsicher.

Diese Masterarbeit untersucht das Drautal im Klagenfurter Becken in Österreich. Dabei wurde erstmals das Alter des Eisrückgangs dort mithilfe des Isotops Beryllium-10 (^{10}Be) bestimmt. ^{10}Be entsteht in oberflächennahen Gesteinen, wenn diese der kosmischen Strahlung aus dem Weltall ausgesetzt sind. Dieses Isotop hilft dabei, das Alter freigelegter Felsflächen nach dem Rückzug des Eises zu bestimmen. Zusätzlich wurden Spuren, die von den Gletschern auf den Felsen hinterlassen wurden (sogenannte Gletscherschrammen), mithilfe von digitalen Höhenmodellen besonders genau analysiert.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass der größte Teil des Drautals vor etwa 16.000 bis 15.000 Jahren abgeschmolzen und eisfrei wurde. Dieser Zeitpunkt stimmt mit Computersimulationen und den Ergebnissen einer nahegelegenen Beryllium-10-Studie überein. Allerdings ist das Gebiet damit rund 2.000 bis 4.000 Jahre später eisfrei geworden, als es bisher mit anderen Datierungsmethoden angenommen wurde. Die mit digitalen Höhenmodellen analysierten Gletscherschrammen belegen, dass während des Letzten Glazialen Maximums ein großer Teil des Drautals von mächtigem Eis bedeckt war. Das passt zu bisherigen Kartierungen, aber es zeigt sich auch, dass Computersimulationen die tatsächliche Eisausdehnung in den Ostalpen oft überschätzen. Darüber hinaus lässt sich anhand der Gletscherschrammen erkennen, dass die Gletscher hauptsächlich von Westen nach Osten flossen – im Gegensatz zu älteren Computermodellen, die eine Fließrichtung von Norden nach Südosten vorhersagen. Die Untersuchungen belegen außerdem, dass das Eis im Klagenfurter Becken zwischen mindestens 900 und 1.400 Meter dick war. Diese Werte entsprechen früheren Schätzungen und Simulationen. Insgesamt macht die Masterarbeit aber deutlich, dass noch weitere Datierungen nötig sind, um die Eiszeit in den Ostalpen genauer zu erforschen und zu verstehen.