

ARCHIVE DER NATUR

ARCHIVE DER NATUR

DETEKTIVISCHE SUCHE IN DER GEOLOGISCHEN VERGANGENHEIT

INGMAR UNKEL

Auch die Natur hält Archive bereit. Sie lassen zurückblicken in vergangene Klima- und Umweltbedingungen und auf den Einfluss, den der Mensch auf solche Veränderungen genommen hat. Die Geoarchive, die sich für eine solch aufschlussreiche Rückschau eignen, muss man allerdings erst finden. Und man muss in ihnen zu lesen verstehen.

U

Um etwas von der Geschichte unserer Familie, unserer Stadt oder unseres Landes zu erfahren, nutzen wir Archive. Ein Vereinsarchiv beispielsweise hält die Höhepunkte des vergangenen Vereinslebens fest. Ein Stadtarchiv dokumentiert die hellsten und dunkelsten Stunden städtischer Geschichte. Die Geschichte und die Geschichten, die ein Archiv enthält und die es uns zugänglich macht, handeln nicht nur von Menschen: Mitunter spiegeln sie auch Wetterereignisse wider, sie enthalten Informationen zum Klima oder lassen Veränderungen der Landschaft erkennen. Ein Beispiel ist der Eisgang des Neckars, der im Jahr 1784 die Alte Brücke in Heidelberg zerstörte, eine indirekte Folge des Ausbruchs der isländischen Laki-Spalte 1783/84. Der deutsche Landschaftsmaler Ferdinand Kobell hat den Eisgang des Neckars in einem Gemälde festgehalten, das wir heute im Kurpfälzischen Museum von Heidelberg betrachten können.

Die geologische Vergangenheit

Lange bevor der breiten Öffentlichkeit bewusst wurde, wie rasant sich Klima und Umwelt durch den Einfluss des Menschen verändern, stellten sich Forscher:innen wichtige Fragen zu diesem Thema. Etwa: Wie sehr

schwankte das Klima der Erde auf natürliche Weise vor der Einflussnahme des Menschen? Oder: Haben Klimaveränderungen den Aufstieg und Fall großer Kulturen beeinflusst, und wenn ja, wie stark? Antworten auf solche Fragen zu finden, ist ein Schwerpunkt der Heidelberger Geowissenschaften, die eng mit Nachbardisziplinen wie Geographie, Umweltp Physik, Ur- und Frühgeschichte und Archäologie zusammenarbeitet. Dazu durchforsten die Wissenschaftler:innen in Archiven, die die geologische Vergangenheit dokumentieren, in „Geoarchiven“. In diesen natürlichen Archiven lagern geologische Sedimente und abgestorbene biologische Materialien beeinflusst vom Klima und anderen Umweltbedingungen der Vergangenheit. Geoarchive sind also so etwas wie das „Gedächtnis der Natur“.

Welche Anforderungen muss ein Geoarchiv erfüllen, damit es für wissenschaftliche Zwecke nutzbar ist? Vergleichen wir es mit den Anforderungen an ein Archiv, das von Menschen angelegt wird: Es soll den wissenschaftlich interessierenden Zeitraum möglichst umfassend und detailgetreu abdecken, es soll chronologisch sortiert sein und nicht aus ungeordneten Einzelteilen bestehen, und es sollte keine allzu großen zeitlichen Lücken aufweisen. Die archivierten Inhalte sollten darüber hinaus für uns gut zugänglich, gut lesbar und verständlich sein. Was für das ideale anthropogene Archiv gilt, gilt auch für das ideale Geoarchiv: Es sollte ein Raum sein, in dem Material über längere Zeit kontinuierlich abgelagert – „sedimentiert“ – und nichts davon abgetragen – „erodiert“ – wurde. Ein derartiges Geoarchiv ist beispielsweise ein See oder der Meeresboden oder ein Stalagmit (siehe den Beitrag von Sophie Warken ab Seite 100). Auch Flussterassen oder Hangsedimente können Wissenschaftler:innen als Geoarchive dienen – bei ihnen muss man sich allerdings mit Umlagerungsprozessen auseinandersetzen.

Die Sedimentation findet in jedem Archiv unterschiedlich schnell statt: In einem Meter Seeablagerungen können mehrere 100 bis 1.000 Jahre, in einem Meter Tiefseesedimente mehrere 10.000 Jahre aufgezeichnet sein. Die Wahl des uns dienlichen Geoarchivs wird also vom Zeitraum beziehungsweise von der Größe des Zeitfensters bestimmt, das uns Forscher:innen in einem Projekt besonders interessiert.

Gedächtnisregionen der Natur

Im Geographischen Institut der Universität Heidelberg erforschen wir seit vielen Jahren zusammen mit Archäolog:innen die Klima- und Umweltgeschichte sowie die Mensch-Umwelt-Interaktion im südlichen Griechenland, einer kulturell für Europa sehr bedeutsamen Region. Dafür nutzen wir Seesedimente, in denen die letzten 5.000 Jahre archiviert sind. Bei einer Expedition mit dem Forschungsschiff Meteor durch die südliche Ägäis im No-

vember 2023 unter Leitung von Jörg Pross vom Institut für Geowissenschaften der Universität Heidelberg gelang es, zusätzlich küstennah zahlreiche Bohrkerne mit marinen Sedimenten zu gewinnen. Sie decken mindestens die letzten 10.000 Jahre ab. Damit ist die erste Anforderung an ein Geoarchiv – das passende Zeitfenster – erfüllt.

Die zweite wichtige Anforderung an ein Geoarchiv – die chronologische Ordnung – kann in Seeböden zum Problem werden: Sie werden von Organismen wie Würmern, Muscheln oder Fischen durchwühlt; der Fachmann spricht von „Bioturbation“. Deshalb versucht man, möglichst tiefe Seen zu nutzen, an deren Grund sauerstoffarme Bedingungen herrschen. Die biologische Wühltätigkeit ist dann eingeschränkt. Um größere Tiefen zu erschließen, sind jedoch komplexe Bohrausrüstungen notwendig. In welchen Gedächtnisbereich der Natur man also Einblick gewinnen kann, ist immer eine Frage der sorgfältigen Suche und Vorauswahl – und meist ein Kompromiss mit der Zugänglichkeit.

Die höchste zeitliche Auflösung eines Geoarchivs bieten sogenannte gewarvte Seesedimente. „Warven“ sind millimeterfeine Ablagerungen: Ähnlich wie bei Bäumen, bei denen sich abhängig von den klimatischen Bedingungen Jahresringe bilden, entstehen in Seesedimenten

Heidelberg Center for the Environment

Das Heidelberg Center for the Environment (HCE) vernetzt als einer von drei im Rahmen der Exzellenzstrategie geförderten interdisziplinären Inkubatoren der Universität Heidelberg die umweltorientierte Forschung. Das 2011 als Teil des Zukunftskonzepts der Universität gegründete Zentrum will über Fächer- und Disziplinengrenzen hinweg den existenziellen Herausforderungen und ökologischen Auswirkungen des natürlichen, technischen und gesellschaftlichen Wandels wissenschaftlich begegnen und so große gesellschaftliche Aufgaben der Zukunft gestalten. Dabei setzt das HCE gezielt auf eine enge interdisziplinäre und integrative Zusammenarbeit, da die Komplexität und die kulturelle Gebundenheit der heutigen Umweltprobleme das Analyseraster einzelner Methoden oder Disziplinen sprengen. Mit ihren vielfältigen Einrichtungen und Kompetenzen in den Umweltwissenschaften sticht die Universität Heidelberg auch international als ein Ort heraus, an dem diese Gesamtsicht auf die Umwelt entwickelt und zugleich in die Lehre und den öffentlichen Diskurs eingebracht werden kann.

www.hce.uni-heidelberg.de

**„In einem Meter
Seeablagerungen
können mehrere 100
bis 1.000 Jahre, in
einem Meter
Tiefseesedimente
mehrere 10.000 Jahre
aufgezeichnet sein.“**

helle Sommer- und dunkle Winterablagerungen. Damit solche Warven in Seesedimenten entstehen, darf es keine Bioturbation geben; es müssen zudem noch andere Umweltkriterien erfüllt sein. In Griechenland etwa waren lange nur zwei Seen bekannt, in denen sich Warven finden ließen. Während der Meteor-Expedition kamen noch einige wenige Stellen mit Warven vor der Küste der Peloponnes hinzu: Dort existierten einst Seen, bevor der Meeresspiegel nach dem Ende der letzten Eiszeit stieg und die Seen verschluckte.

Zeitliche Einordnung

Warven ermöglichen es, vergangene Klimaereignisse und Umweltveränderungen zeitlich jahrgenau einzuordnen. In anderen Geoarchiven muss auf eine radiometrische Altersdatierung zurückgegriffen werden. Die bekannteste dieser Methoden ist die Radiokohlenstoff- oder ¹⁴C-Datierung. Sie erlaubt die Altersbestimmung organischer Materialien über einen Zeitraum der letzten rund 50.000 Jahre hinweg. Zur Datierung können Holzkohlepartikel, Blätter, Schneckenschalen oder Algenreste dienen, die sich in den Sedimentbohrkernen finden. Allerdings kann ein solch radiometrisches Alter mit einer Ungenauigkeit von mehreren Jahrzehnten bis hin zu mehreren hundert Jahren behaftet sein. Um diese zeitliche Unschärfe zu überwinden, kombinieren wir mehrere Datierungen aus verschiedenen Tiefen eines Sedimentbohrkerns in einem Geoarchiv zu einem Alters-Tiefen-Modell. Diese Modelle versuchen – vereinfacht ausgedrückt –, mathematisch abzubilden, wie das menschliche Gehirn Erinnerungen einsortiert: Nennt mir eine Person das Datum eines Ereignisses, ist es gut; bestätigt mir eine zweite Person

dieses Datum, ist es besser; nennt mir eine dritte Person zudem noch das Datum eines Ereignisses, das länger als das erste Ereignis zurückliegt, kann man die erstgenannten Ereignisse zeitlich noch besser einordnen.

Das dritte Kriterium, das an ein ideales Archiv gestellt wird, ist seine Lückenlosigkeit. Geoarchive weisen hier manchmal Gedächtnislücken auf. In von Menschen erstellten Archiven deuten solche Lücken oft auf eine Zerstörung hin; oder die Archivare konnten, wollten oder durften die Geschichte eine gewisse Zeit lang nicht weiterschreiben. Ebenso verhält es sich mit den Lücken im geologischen Kontext: In Seesedimenten etwa können sie ein Hinweis auf das Austrocknen des Sees sein. Bei Hängen und Tal-Auen lassen sich anhand der Lücken mitunter Zeiten starker Landnutzung – und damit verbundener starker Erosion – von Zeiten fehlender Sedimentumlagerung wegen verminderter menschlicher Aktivität unterscheiden, wie es beispielsweise während der Pestepidemien im 14. Jahrhundert der Fall war.

Verwertbare Informationen

Kommen wir zum vierten Anspruch an ein ideales Archiv: Es sollte verständliche, zumindest aber verwertbare Informationen enthalten. Geologische Ablagerungen werden dazu oft in sogenannte lithologische Einheiten untergliedert, die sich anhand von Korngröße, Farbe, chemischen und organischen Bestandteilen voneinander abgrenzen lassen. Man nennt die Summe dieser Charakteristika eine „sedimentäre Fazies“. Der Begriff Fazies erinnert an das englische Wort „face“: So, wie wir im Gesicht eines älteren Menschen die Spuren ablesen können, die Freud



PROF. DR. INGMAR UNKEL ist seit Oktober 2022 Professor für Physische Geographie des Anthropozäns am Geographischen Institut der Universität Heidelberg. Er studierte Geologie in Heidelberg und Karlsruhe und wurde 2006 an der Universität Heidelberg mit einer Arbeit zur Chronologie der Landschafts- und Kulturgeschichte der Nasca-Region in Peru promoviert. Dem Thema Mensch-Umwelt-Wechselbeziehungen in der Vergangenheit blieb er danach treu, als er 2009 nach einem dreijährigen Forschungsaufenthalt in Lund (Schweden) den Ruf auf eine Professur für Umweltgeschichte an der Universität Kiel annahm. Dort war er im Vorstand des Exzellenzclusters ROOTS aktiv, bevor er zurück nach Heidelberg ging.

Kontakt: ingmar.unkel@uni-heidelberg.de

„Geoarchive sind
so etwas wie das
Gedächtnis der Natur.“

NATURE'S ARCHIVES

INVESTIGATIONS INTO THE GEOLOGICAL PAST

INGMAR UNKEL

Long before the general public became aware of how rapidly the climate and environment are changing due to human influence, researchers from various disciplines at Heidelberg University were already investigating the extent to which the Earth's climate fluctuated naturally before human intervention. To this end, they combed through archives that document the geological past, known as “geoarchives”. These natural archives contain geological sediments and dead biological matter influenced by the climate and other environmental conditions of the past. Geoarchives are therefore something like Nature’s memory.

Let's compare the requirements of a geoarchive with those of an archive created by people: both should cover the period of scientific interest as comprehensively and in as much detail as possible, be sorted chronologically and not consist of disorganised individual parts, and not have too many gaps in time. The archived content should also be easily accessible, legible and comprehensible. What applies to the ideal anthropogenic archive therefore also applies to the ideal geoarchive: it should be a space in which material has been continuously deposited – “sedimented” – over a long period of time, and no material has been removed – “eroded”.

At Heidelberg University’s Institute of Geography, we have been working for many years with geologists and archaeologists to study climate and environmental history as well as human-environment interaction in southern Greece, a region of great cultural significance for Europe. To this end, we examine deposits from lakes, the sea, and from caves, in which the last 5,000 years of environmental history are archived. ●

PROF. DR INGMAR UNKEL is Professor for the Physical Geography of the Anthropocene at Heidelberg University's Institute of Geography, a position he has held since October 2022. He studied geology in Heidelberg and Karlsruhe and completed his doctorate at Heidelberg University in 2006 with a thesis on the chronology of landscape and cultural history of the Nazca region in Peru. He returned to the subject of human-environment interactions when, after a three-year research stay in Lund (Sweden), he accepted the professorship for Environmental History at the University of Kiel. There, he served on the executive committee of the Cluster of Excellence ROOTS, before returning to Heidelberg.

Contact: ingmar.unkel@uni-heidelberg.de

“Geoarchives
are like
‘Nature’s
memory’.”

und Leid im Laufe seines Lebens hinterlassen haben, können wir im „Gesicht“ der geologischen Ablagerungen die Umweltgeschichte des Untersuchungsraumes ablesen. Sedimentäre Fazies spiegeln also wider, welche Umweltbedingungen zum Zeitpunkt der Ablagerung geherrscht haben.

Einzelne Parameter können je nach Forschungsfrage noch detaillierter aufgespalten und analysiert werden. In der Paläoklimaforschung spricht man von „Proxys“, von Anzeigern oder Indikatoren. Da es vor dem Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen – in Deutschland wird das Wetter seit dem Jahr 1781 (Station Hohenpeißenberg) aufgezeichnet – keine Messwerte von Temperatur und Niederschlag gibt, müssen diesbezügliche Informationen aus Proxys abgeleitet werden. Hat man alle Proxy-Informationen zusammengetragen, lässt sich die Abfolge der lithologischen Einheiten – beispielsweise entlang eines Seeböhrkerns – genauso lesen wie die Kapitel eines Buchs in einem schriftlichen Archiv. Man gewinnt beispielsweise Aufschluss darüber, ob es zu einer bestimmten Zeit mehr oder weniger geregnet hat und ob dadurch mehr oder weniger Sediment in einen See geschwemmt wurde. Wurde mehr gröberes Material wie Sand und weniger feineres Material wie Ton eingeschwemmt, kann das auf heftigere Regenfälle hindeuten. Der Abfluss und Sedimenttransport in den See war infolgedessen stärker. Dies könnte aber auch ein Hinweis darauf sein, dass sich die Erosion an den Hängen im Einzugsgebiet des Sees verstärkt hat. Zum Beispiel, weil Menschen Bäume abgeholzt und Äcker angelegt haben. Über die Veränderung in der Vegetation, der Landnutzung und Landbedeckung geben Pollen in den Seesedimenten Aufschluss.

Die in Geoarchiven aufgezeichnete Geschichte wird immer von mehreren „Autoren“ geschrieben: vom Klima, von der Geologie, von der Vegetation – und ab einem gewissen Zeitpunkt auch von den Menschen, die in der Landschaft aktiv waren. Daher erfordert das wissenschaftliche Arbeiten in Geoarchiven immer interdisziplinäre Forschungsteams. An der Universität Heidelberg ist diese interdisziplinäre Vernetzung besonders eng und hat einen besonders fruchtbaren Boden gefunden. Das spiegelt sich nicht zuletzt im Heidelberg Center for the Environment (HCE) und im Masterstudiengang Geoarchäologie wider. ●

„Die in Geoarchiven aufgezeichnete Geschichte wird immer von mehreren ‚Autoren‘ geschrieben: vom Klima, von der Geologie, von der Vegetation und von den Menschen.“