

See wird Wüste wird See

From Lake to Desert and Back Again

TEXT

Wolfgang Krischke

Tübinger Geowissenschaftler rekonstruieren die Klimageschichte. Und stellen fest: Aus Wüsten können wieder Seen werden.

// Tübingen geoscientists reconstruct climate history and are astounded to discover that deserts may eventually become lakes again.

> *deutsch*

// _____ Wer durch das Qaidam-Becken im Norden des tibetischen Hochplateaus fährt, durchquert eine endlos scheinende Wüsten- und Steppenlandschaft. Da und dort schimmern die weiß überkrusteten Oberflächen von Salzseen. Kaum vorstellbar, dass sich hier, in einer der trockensten Regionen Chinas, einmal eine gigantische Süßwasserfläche erstreckte. Doch vor zwei Millionen Jahren war das noch der Fall: Damals füllte ein Mega-See das Becken und bedeckte eine Fläche von 120.000 Quadratkilometern. Obwohl das Gebiet schon in dieser Periode immer trockener wurde, existierte der See noch lange Zeit. Erst vor einigen hunderttausend Jahren begann er unaufhaltsam zu schrumpfen, um schließlich ganz zu verschwinden.

Nach erdgeschichtlichen Maßstäben ist das, als wäre es neulich gewesen. Wieso konnte sich der See so lange halten, statt schon längst zuvor durch Verdunstung auszutrocknen? Und gibt es die Chance, dass hier irgendwann wieder ein See entsteht? Mithilfe geologischer Bohrungen im Qaidam-Becken und aufwendiger Simulationen im Computerlabor arbeiten Erwin Appel, Professor für Geophysik, und sein Kollege Sebastian Mutz, Akademischer Rat in der Forschergruppe Earth System Dynamics an der Universität Tübingen, an der Beantwortung dieser Fragen.

Kann das Klima
unumkehrbar kippen?

Spannend ist das Thema nicht nur für die geologische Grundlagenforschung. „Die gesamte zentralasiatische Region leidet immer stärker unter Wasserknappheit. Und das Tibet-Plateau, zu dem ein Teil des Qaidam-Beckens gehört, hat eine entscheidende Bedeutung für große Teile Asiens, da dort einige der →



wichtigsten Flüsse des Kontinents entspringen. Zu verstehen, wie die Wasserkreisläufe hier funktionieren und ob es im Klima-System Kipp-Punkte gibt, bei deren Überschreitung eine zunehmende Austrocknung unumkehrbar wird, ist auch für die Klimapolitik von großem Interesse“, sagt Appel.

Der Geophysiker reiste 1986 zum ersten Mal auf das Tibet-Plateau – damals, um die Entstehung von Gebirgen zu erforschen. Das Territorium vom tibetischen Hochplateau bis zum Himalaya, entstanden durch die Kollision zweier Kontinentalplatten, gilt als ein natürliches Laboratorium für die Untersuchung solcher Prozesse. Auf seinen Expeditionen lernte Appel allerdings auch ganz andere Auffassungen zur Gebirgsentstehung kennen. „Ein Mitglied meiner einheimischen Begleitmannschaft fand, dass ich mir die Forschungsarbeit sparen könnte: Man wisse doch, dass der Himalaya vom dreizehnten Himmel gefallen sei. Da trafen zwei theoretische Welten aufeinander“, erinnert sich der Wissenschaftler.

Der zentralasiatischen Gebirgsregion ist der Wissenschaftler treu geblieben, aber im Fokus seiner Forschungen steht mittlerweile auch die Klimageschichte. Um herauszufinden, was sich klimatisch vor Jahrtausenden im Qaidam-Becken abspielte, organisierte er gemeinsam mit chinesischen Kollegen zwei Tiefbohrungen. Sie führten in die Sedimente des einstigen Sees, die sich dort über 50 Millionen Jahre hinweg mit einer Mächtigkeit von zehn Kilometern abgelagert haben. Die erste Bohrung,



knapp einen Kilometer tief, förderte Bohrkerne zutage, die die vergangenen 2,7 Millionen Jahre dokumentieren. Eine unangenehme Überraschung gab es nach den ersten zweihundert Metern: Die Bohrkronen stießen auf Salzlake, die mit extremem Druck emporschoss und eine längere Unterbrechung erzwang.

Bei der zweiten Bohrung, die im Winter stattfand, wurde der komplette Bohrturm umhüllt und im Inneren ein Bullerofen aufgestellt, um die Mannschaft vor den eisigen Temperaturen zu schützen. Diese geologische Zeitreise führte sogar mehr als sieben Millionen Jahre zurück in die Vergangenheit, obwohl die Bohrung nur 720 Meter tief ging. Da sie auf einer Fläche stattfand, wo die oberen – und damit jüngeren – Erdschichten erodiert waren, startete sie gleich auf einer älteren erdgeschichtlichen Stufe.

Die Archive der Klimaforschung

Die zylinderförmigen Bohrkerne mit etwa zehn Zentimetern Durchmesser, die bei solchen Explorationen gewonnen werden, sind die „Archive“ der Klimaforschung. In ihnen ist eine Fülle von Informationen gespeichert. Dazu gehören Korngrößen, magnetische Eigenschaften, Pollenablagerungen, der Salzgehalt oder andere chemische Merkmale. All diese Daten erlauben Rückschlüsse auf Temperatur, Feuchtigkeit und Vegetation und damit auf das Klima längst vergangener Erdzeitalter. „Diese Daten liefern uns aber nur punktuelle Informationen über die unterschiedlichen klimatischen Zustände, die das Qaidam-Becken durchlaufen hat. Sie sagen uns nicht, welche Mechanismen den Klimaveränderungen und dem Wasserkreislauf zugrunde liegen. Um diese zu rekonstruieren, nutzen wir Daten unserer Bohrkerne gemeinsam mit Klimamodellsimulationen.“

Die hochkomplexen Programme für die Klimasimulationen sind die Spezialisierung von Sebastian Mutz. Er arbeitet im Computertlabor des geowissenschaftlichen Fachbereichs, wo er auch auf die Hochleistungsrechner und Datenarchive des Deutschen Klimarechenzentrums in Hamburg zugreifen kann. Die Klimamodellierung des Qaidam-Beckens ist Teil eines Projekts, das die Geschichte der Mega-Seen auf der ganzen Erde rekonstruiert.

„Unsere Modelle simulieren globale Klimata im Einklang mit den Befunden, die wir für die unterschiedlichen erdgeschichtlichen Perioden haben“, erläutert Mutz. Dabei fließen zahlreiche Faktoren wie tektonische Prozesse, Vegetationsbedeckungen, Topografie, Landverteilung, die Bedeckung durch Gletscher oder die Meerestemperatur ein. Dieser Blick in frühere Erdzeitalter, lange bevor Menschen den Planeten bevölkerten, zeigt, wie natürliche Klimasysteme ohne anthropogene Effekte funktionieren.

Auf dieser Basis lässt sich abschätzen, wie groß der menschliche Einfluss auf die aktuelle Klimaentwicklung tatsächlich ist. Von besonderem Interesse ist die Zeit vor drei Millionen Jahren, als das Qaidam-Becken noch mit Wasser gefüllt war. „Was die Konzentration der Treibhausgase angeht, ist das Klima dieser Epoche unserem heutigen ziemlich ähnlich. Viele Kollegen sehen es deshalb als ein Modell für die Gegenwart und für mögliche zukünftige Entwicklungen. Wie viel man aus dieser Analogie tatsächlich lernen kann, untersuchen wir momentan aber noch in Computereperimenten“, sagt Mutz.

Das Schicksal des Mega-Sees

Globale Klimamodelle nehmen die Erde gewissermaßen aus einer Vogelperspektive in den Blick. Um ein regional begrenztes Klimageschehen wie auf dem tibetischen Hochplateau zu simulieren, ist eine bedeutend höhere räumliche Auflösung mit detaillierten geologischen Daten notwendig. Durch einen solchen „Zoom“ auf das Qaidam-Becken können die Geowissenschaftler die Frage beantworten, warum der Mega-See trotz großer Trockenheit noch lange existierte, aber schließlich doch verschwand.

Simulationen, die in Zusammenarbeit mit dem Klimatologen Dieter Scherer an der TU Berlin modelliert wurden, zeigen, dass ein großer Teil des verdunsteten Wassers noch über einen sehr langen Zeitraum hinweg durch Niederschläge und Oberflächenabläufe wieder in den See zurückgeführt wurde. Hinzu kam ein Zustrom feuchterer Luftmassen, die von Westwinden, die auf dem Tibet-Plateau vorherrschen, dorthin getragen wurden. Doch dann bewirkten globale Veränderungen eine Verlagerung dieser Westwinde, was die Niederschläge verringerte. Dieser Prozess setzte schon vor rund 2,6 Millionen Jahren ein, erreichte aber erst vor einigen hunderttausend Jahren einen kritischen Zustand. Die Austrocknung begann, die Wasserbilanz wurde negativ.



05

01 Das Qaidam-Becken war bis vor einigen hunderttausend Jahren ein Mega-See.
// Until a few hundred thousand years ago the Qaidam Basin was a mega lake.

02 Heute erstreckt sich hier eine Wüsten- und Steppenlandschaft.
// Today, a desert and steppe landscape extends here.

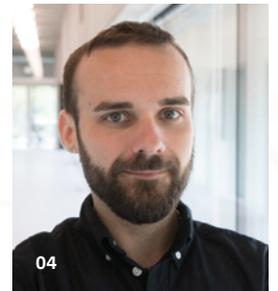
03 Professor Erwin Appel
Photo: *Friedhelm Albrecht/Universität Tübingen*

04 Dr. Sebastian Mutz
Photo: *Friedhelm Albrecht/Universität Tübingen*

05 Mit Tiefbohrungen konnte die Erdgeschichte bis zu sieben Millionen Jahre zurückverfolgt werden.
// Earth's history could be traced back up to seven million years through deep drilling.
Photos: *Wolfgang Rösler*



03



04

In zehntausend Jahren wieder ein See?

Die Modelle zeigen aber auch: Die Entwicklung kann sich wieder drehen. „Derzeit wird in der Region fast wieder eine positive Wasserbilanz erreicht, und es könnte sein, dass hier wieder ein See entsteht. Das würde zwar lange dauern, denn zunächst müssten sich die Grundwasserreservoirs wieder auffüllen. Aber es ist hochinteressant, dass so etwas in einer extremen Trockenregion überhaupt möglich ist“, sagt Appel. Die Klimasimulation ergibt, dass es etwa zehntausend Jahre dauern würde, bis das Qaidam-Becken wieder gefüllt wäre – eine sehr lange Zeit nach menschlichen Maßstäben, aber erdgeschichtlich nur ein Augenblick.

Die Forschungen zum Schicksal der Mega-Seen in Zentralasien und anderen Weltregionen werfen neues Licht auf eine Frage, die viele Klimawissenschaftler umtreibt: Gibt es Kipp-Punkte, jenseits derer eine negative Entwicklung nicht mehr umkehrbar ist, auch wenn die Ursachen rückgängig gemacht werden? Ein Beispiel aus der Biologie sind Pflanzenarten, die wegen zu großer Trockenheit aussterben. Selbst wenn die Region wieder feuchter wird, kehren sie nicht einfach zurück. „Ich spreche inzwischen lieber von Systemänderungen als von Kipp-Punkten, wenn es um die Klimageschichte geht“, sagt Erwin Appel, „denn unsere Untersuchungen zur Entwicklung des Wasserkreislaufs im Qaidam-Becken und anderen Gegenden Zentralasiens belegen ja, dass selbst tiefgreifende Veränderungen umkehrbar sein können.“

Ein Grund, sich entspannt zurückzulehnen, sei das allerdings nicht: „Die Erdgeschichte zeigt, dass Klimaänderungen schnell eintreten und dramatische Folgen haben können. Selbst wenn sich solche Prozesse wieder zurückdrehen, geschieht das in enorm langen Zeiträumen. Für die heutige Weltbevölkerung und die nachkommenden Generationen ist das also kein Trost.“ _____ //

> english

//_____ Driving through the Qaidam basin in the north of the Tibetan plateau, you will encounter an endless desert steppe. Occasionally, the white-encrusted surfaces of salt lakes shimmer. It is hard to imagine that here, in one of the driest regions of China, an immense freshwater lake filled the landscape. But two million years ago a mega lake filled the basin and covered an area of 120,000 square kilometers. Although the area was already becoming drier during this period, the lake still existed for a long time. Only a few hundred thousand years ago did it begin to shrink relentlessly and eventually disappear completely.

In terms of the Earth's lengthy history, that might seem like only yesterday. But how could the lake survive so long instead of its waters evaporating? And is there any chance that there will be a lake here again at some point? Erwin Appel, Professor of Geophysics, and Sebastian Mutz from the Earth System Dynamics research group at the University of Tübingen are working on answering these questions through geological drilling in the Qaidam basin and elaborate computer models.

Is climate change irreversible?

This is a question of great importance beyond fundamental geological research. "The entire Central Asian region is suffering increasingly from water shortages. And the Tibetan plateau, which includes part of the Qaidam basin, is crucial for much of Asia, as it is where some of the continent's major rivers flow from. Understanding how hydrological cycles work here and whether there are tipping points in the climate system, beyond which increasing aridification becomes irreversible, is also of great interest for climate policy", says Appel. The territory from the Tibetan plateau to the Himalayas, created by the collision of two continental plates, is considered a natural laboratory for the investigation of such processes.

To help shed light on climatic conditions in the Qaidam basin millions of years ago, Appel and his Chinese colleagues organized two deep drilling operations into the sediment of the former lake, which has accumulated over 50 million years to a thickness of ten kilometers. Drill cores documenting the past 2.7 million years were obtained from the first borehole at



a depth reaching almost one kilometer. An unexpected hurdle came after the first two hundred meters: The drill bit struck brine escaping at extreme pressure which caused a prolonged interruption to further drilling.

During the second drilling operation, which took place in winter, the entire rig was sheltered and a bullet furnace was installed inside to protect the crew from the icy temperatures. This geological journey back in time led back even further than seven million years, although the borehole was only 720 meters deep. As the drilling took place in an area where the upper and therefore younger layers of the Earth had already been eroded, these layers immediately revealed more distant periods in the planet's history.

Drill cores provide climate data

The cylindrical drill cores with a diameter of about ten centimeters that are extracted from the boreholes are like archives for climate researchers. A wealth of information is stored inside them including grain sizes, magnetic properties, pollen deposits, salt content or other chemical characteristics. Such data allow researchers to draw conclusions about temperature, humidity, vegetation and the historical climate. "However, these data only provide us partial information about the different climatic conditions that the Qaidam basin has undergone during different periods. They do not tell us which mechanisms underpinned climate change and the hydrological cycle. To reconstruct this, we combine the data collected from our drill cores with climate model simulations."

Sebastian Mutz works in the computer lab at the Department of Geosciences, where he has access to the high-performance computers and data archives of the German Climate Computation Center in Hamburg. Modelling the climate of the Qaidam Basin is part of a project that reconstructs the history of mega lakes all over the world.

"Our models simulate global climates in equilibrium with the findings we have for the various periods of Earth history", explains Mutz. Numerous factors such as tectonic processes,



06

vegetation, topography, land distribution, glacier coverage or sea temperature are included in the model. This glance into historical climates, long before humans populated the planet, shows how natural climate systems function without anthropogenic effects.

Based on this information, scientists can estimate the extent of the human impact on current climate development. Of particular interest is the time three million years ago when the Qaidam basin was still filled with water. “As far as the concentration of greenhouse gases is concerned, the climate of this era is quite similar to that of today. Many colleagues therefore see it as a model for present and future developments”, says Mutz.

The fate of the mega lake

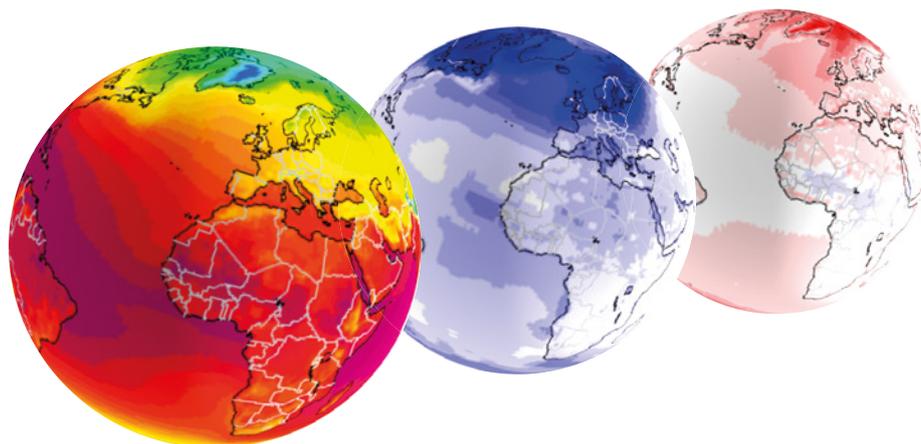
Global climate models represent a bird’s-eye view of the Earth. In order to simulate a regional climate event such as on the Tibetan plateau, a significantly higher spatial resolution with detailed geological data is necessary. By zooming in on the Qaidam basin in this way, geoscientists can find answers as to why the mega lake existed for a long time despite arid conditions but eventually disappeared.

The simulations that were performed in cooperation with climatologist Dieter Scherer at the TU Berlin show that a large part of the evaporated water was returned to the lake through precipitation and surface drainage over a very long period of time. In addition, there was an influx of moist air masses carried there by western winds prevailing on the Tibetan plateau. But then global changes shifted these western winds, reducing influx of moisture. This pro-

1850 AD

21.000 BC

3.000.000 BC



07

cess started about 2.6 million years ago, but only reached a critical state a few hundred thousand years ago. As the lake began to dry out, the water budget became negative.

Will there be another lake in ten thousand years?

The models also show that the tide may turn again. It would take about ten thousand years for the Qaidam basin to flood again – a very long time according to human standards, but only a brief moment in the Earth’s history.

Research into the fate of the mega lakes in Central Asia and other regions of the world sheds new light on a question concerning many climate scientists: Are there tipping points beyond which negative impacts can no longer be reversed, even if the causes are reversed? One example from biology is plant species that become extinct due to excessive drought. Even when the region gets wetter again, these plants do not return. “I now prefer to refer to system changes rather than tipping points when it comes to climate history”, says Erwin Appel. “Our studies on the development of the hydrological cycle in the Qaidam basin and other areas of Central Asia show that even profound changes can be reversible.”

However this isn’t a reason to sit back and relax: “The history of our planet shows that climate changes can occur quickly and have dramatic consequences. Even if such processes are eventually reversed, this recovery process takes an extremely long time. This is therefore no consolation for people living today and for future generations.” _____ //

06 Die Bohrkerns älterer Erdschichten sind Archive der Klimageschichte.
// The drill cores of older soil layers are archives of climate history.

Photo: Wolfgang Rösler

07 Mit den Daten lassen sich Klimas früherer Zeiten modellieren – und künftige Entwicklungen abschätzen.
// The data can be used to model earlier climates and to forecast future developments.

Abbildung: Sebastian Mutz