

KLIMA

KARUSSELL

KLIMAKARUSSELL

HEISS-KALTE FERNBEZIEHUNGEN

STEFANIE KABOTH & ANDRÉ BAHR

Für langfristige Prognosen, wie sich Temperaturen und Niederschlagsmengen weltweit entwickeln werden, kann ein Blick in die Vergangenheit hilfreich sein. Am Institut für Geowissenschaften setzen daher Forscherinnen und Forscher die heutige Klimaentwicklung in einen langfristigen zeitlichen und räumlichen Kontext: Auf verschiedenen Zeitskalen von Jahrzehnten bis zu Jahrmillionen beobachten sie die Wechselwirkungen zwischen dem Klima in den polaren und tropischen Breiten. Dabei stellten sie fest, dass Tropen und Polargebiete eine unerwartet enge heiß-kalte Klima-Fernbeziehung führen.

D

Der Rekordsommer 2018 hat es ganz aktuell wieder gezeigt: Das Klima der Erde wird wärmer. Dass wir in den nächsten Jahrzehnten mit einer Zunahme klimatischer Extremereignisse rechnen müssen, ist inzwischen weitestgehend wissenschaftlicher Konsens, allerdings unterscheiden sich die langfristigen Klimaprognosen sowohl in der Stärke der zu erwartenden Temperatur- und Niederschlagsveränderungen als auch in deren räumlicher Ausprägung. Wie wir in den vergangenen Monaten auch in Deutschland feststellen mussten, ist aus sozioökonomischer Perspektive weltweit die Wasserverfügbarkeit ein besonders kritischer Faktor. Ein spezielles Augenmerk in puncto Wassermangel gilt naturgemäß (halb)wüstenartigen Arealen wie dem Nahen Osten, aber auch jenen dicht besiedelten Gebieten, die vom jährlich wiederkehrenden Monsunregen abhängig sind.

Auch wenn Klimamodelle im Laufe der Zeit immer leistungsfähiger geworden sind, so zeigen sie aufgrund der Komplexität des globalen Klimasystems immer noch deutliche Limitierungen in der langfristigen Prognose der Temperatur- und Niederschlagsentwicklung. Eine komplementäre Möglichkeit, die heutige Klimaentwicklung in einen langfristigen zeitlichen und räumlichen Kontext zu setzen, bietet die Paläoklimatologie, das Studium der Klimaveränderungen während der erdgeschichtlichen Vergangenheit. Aktuelle Forschungen am Institut für Geowissenschaften der Universität Heidelberg beschäftigen sich dabei unter anderem mit den Wechselwirkungen zwischen dem Klima in den polaren und tropischen Breiten auf verschiedensten Zeitskalen – von Jahrzehnten bis hin zu Jahrtausenden. Auch wenn viele Fragen hinsichtlich der dem Klimasystem zugrunde liegenden Mechanismen noch offen sind, zeigen unsere jüngsten Ergebnisse doch deutlich, dass die Tropen und die Polargebiete dabei eine unerwartet enge heiß-kalte klimatische Fernbeziehung führen.

Warmes Klima, kalt serviert

Ein typisches Beispiel für diese enge klimatische Fernbeziehung sind Niederschlagsschwankungen in Ostbrasilien, einer sehr trockenen Gegend, in der es nur für eine kurze Zeit während des Südsommers regnet. Wenn wie in den vergangenen Jahren die sommerlichen Regenmengen nur sehr gering ausfallen, hat dies enorme ökonomische Folgen – nicht nur für die Landwirtschaft, sondern auch für die



DR. STEFANIE KABOTH ist seit 2018 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Geowissenschaften. Sie erforscht marin-terrestrische Kopplungen während vergangener Kalt- und Warmzeiten. Vor ihrem Wechsel nach Heidelberg war sie an den Universitäten von Utrecht (Niederlande), Cambridge (Großbritannien), Montreal (Kanada) und Taipeh (Taiwan) tätig.

Kontakt: Stefanie.Kaboth@geow.uni-heidelberg.de

regionale Energieversorgung, die massiv von Wasserkraft abhängt. Ein Blick in die jüngere Erdgeschichte zeigt allerdings, dass Ostbrasilien nicht immer so trocken war wie heute. Vor rund 17.000 Jahren, also gegen Ende der letzten Eiszeit, herrschten zum Beispiel für rund 1.000 Jahre feuchte Bedingungen, die eine reichhaltige subtropische Baumvegetation in einer heute savannenartigen Landschaft gedeihen ließ.

Was war die Ursache für dieses regenreiche Intermezzo? Um dieser Frage nachzugehen, bietet sich die Untersuchung von Sedimentkernen aus dem Atlantischen Ozean vor Brasilien an. Solche Proben haben wir im Rahmen einer vierwöchigen Schiffsexpedition in den westlichen tropischen Atlantik im Frühjahr 2016 an der Küste Ostbrasilien vor Flussmündungen genommen. Landnahe Sedimentkerne archivieren zum einen die Umweltbedingungen auf dem angrenzenden Kontinent, die sich beispielsweise über den Polleneintrag von Land rekonstruieren lassen. Zum anderen kann man an selben Sedimentkernen die Intensität und Temperatur von Ozeanströmungen rekonstruieren, etwa indem man die chemische Zusammensetzung der in ihnen enthaltenen marinen Mikrofossilien analysiert.

Die direkte Verbindung ozeanischer und terrestrischer Informationen am gleichen Probenmaterial ist in diesem Zusammenhang von entscheidender Bedeutung, da Veränderungen von Ozeanströmungen im Verdacht stehen, das Klima in Ostbrasilien maßgeblich zu beeinflussen. Dieser vermutete Zusammenhang ergibt sich aus einer engen Kopplung atmosphärischer und ozeanischer Prozesse: Die Regenzeit in Ostbrasilien beginnt, sobald dieses Gebiet von den Ausläufern der sogenannten Innertropischen Konvergenzzone (ITCZ / Intertropical Convergence Zone) erreicht wird. Wir wissen nun, dass vor etwa 17.000 Jahren, also während der Feuchtphase in Ostbrasilien, die globale Ozeanzirkulation massiv abgeschwächt war. Als Folge davon kam der heutige starke Wärmetransport nach Norden fast zum Erliegen, und gleichzeitig erwärmte sich der Südatlantik immer mehr. Da sich die ITCZ stets in Richtung der wärmeren Hemisphäre verschiebt, lag sie vor 17.000 Jahren viel weiter südlich als heute. Die Folge waren heftigere und ausdauernde Niederschläge über Ostbrasilien, die wir in unseren Klimaarchiven wiederfinden. Die letztendliche Ursache für die vorübergehende Abschwächung der Ozeanzirkulation liegt wahrscheinlich in den arktischen Breiten: Hier kam es zu jener Zeit zu massiven Abbrüchen eiszeitlicher Gletscher rund um den Nordatlantik, was zu einem großräumigen Auftreten von Eisbergen im Nordatlantik führte. Das dabei entstandene Schmelzwasser hat wohl entscheidend zur Abschwächung der Ozeanzirkulation beigetragen: Die globale ozeanische Wärmepumpe ist auf das Absinken kalter salzhaltiger Wassermassen im arktischen Nordatlantik angewiesen.

ON THE CLIMATIC MERRY-GO-ROUND

HOT-COLD LONG-DISTANCE RELATIONSHIPS

STEFANIE KABOTH & ANDRÉ BAHR

In light of annual reports about new record-breaking temperatures and droughts around the globe, one might feel that the climate is spinning out of control. It is largely scientific consensus that the next few decades will see a rise in extreme climate behaviour. However, long-term climate forecasts remain ambiguous both with regard to the magnitude of the expected temperature and precipitation changes as well as their geographical extent. A major source of uncertainty is the poor knowledge of the interplay between the warm low latitudes and the cold high latitudes. An exploration of this climatic “merry-go-round” between the tropics and polar regions throughout the geological past provides insights into different climatic background conditions and is a fundamental part of ongoing research at the Institute of Earth Sciences of Heidelberg University.

Our latest results show that the tropics and polar regions are entangled in a hot-cold long-distance relationship on time scales ranging from decades to millions of years. Within this relationship, high-latitude and low-latitude climates communicate by means of ocean currents and wind systems that span the globe. This teleconnection explains, for example, how droughts in eastern Brazil are driven by changes in the Arctic climate over the past 5,000 years. On the other side of this merry-go-round, the North African monsoon controls the pooling of warm water in the North Atlantic, which provided the moisture required for snow and glacier formation in the cold high latitudes during past ice ages. Hence, a glance into the climatic past allows us to gain insights into the mechanisms that drive our climate today and in the future. ●

DR STEFANIE KABOTH joined the Institute of Earth Sciences in 2018 as a research assistant. She investigates marine-terrestrial relationships in past ice ages and interglacial periods. Before her transfer to Heidelberg, she worked at the universities of Utrecht (Netherlands), Cambridge (UK), Montreal (Canada) and Taipei (Taiwan).

Contact: Stefanie.Kaboth@
geow.uni-heidelberg.de

DR ANDRÉ BAHR has been a member of the Institute of Earth Sciences since October 2014. One focal point of his research is to gain a better understanding of the interaction between the tropical and polar components of the global climate system, based on data from recent earth history. After earning his PhD at the University of Bremen, André Bahr worked at the GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel from 2008 to 2009 and held a research position at Goethe-Universität Frankfurt from 2010 to 2014.

Contact: andre.bahr@
geow.uni-heidelberg.de

“The supply of warm water to the European Atlantic coast largely determined the extent of glaciation in western Europe.”

Süßwasser ist aber weniger dicht als Meerwasser und kann deshalb diesen Absinkprozess effektiv unterbinden.

Der hier geschilderte direkte Einfluss von Umweltveränderungen in den polaren Breiten auf das Klimageschehen in den Tropen ist ein Musterbeispiel für die enge Verknüpfung ozeanischer und atmosphärischer Prozesse. Eine der Fragen, denen wir am Institut für Geowissenschaften aktuell nachgehen, ist, ob sich ähnliche ozeanforcierte Rückkopplungen zwischen tropischen und polaren Regionen auch für die vergangenen 5.000 Jahre nachweisen lassen. Da die Umweltveränderungen in den polaren Breiten über diesen Zeitraum wesentlich geringer waren als während der letzten Eiszeit, wäre der Nachweis vergleichbarer Wechselwirkungen ein deutlicher Hinweis auf eine enorme Sensitivität des südamerikanischen Klimas gegenüber zukünftigen Umweltveränderungen, die insbesondere die arktischen Regionen erfassen werden.

Erste Ergebnisse unserer Forschungen zeigen tatsächlich, dass es seit etwa 3.000 Jahren zu einem kontinuierlichen Rückgang der Niederschläge in Ostbrasilien kam, geprägt von abrupten Schwankungen zwischen Trocken- und Feuchtphasen. Dabei scheinen die Trockenphasen mit einer Zunahme des arktischen Meereises und einer Abschwächung der Ozeanzirkulation einherzugehen. Unsere neuen Daten zeigen damit deutlich, dass sich arktische Umwelt-



DR. ANDRÉ BAHR ist seit Oktober 2014 am Institut für Geowissenschaften tätig. Ein wesentliches Ziel seiner Forschung ist ein verbessertes Verständnis der Interaktion zwischen den tropischen und polaren Komponenten des globalen Klimasystems anhand von Daten aus der jüngeren Erdgeschichte. Nach seiner Promotion an der Universität Bremen war André Bahr von 2008 bis 2009 am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel tätig; von 2010 bis 2014 forschte er an der Goethe-Universität Frankfurt.

Kontakt: andre.bahr@geow.uni-heidelberg.de

veränderungen auch in Zukunft auf tropische Gebiete wie Ostbrasilien auswirken können – ein Befund, der im Zusammenhang mit der Einschätzung der Auswirkungen zukünftiger Klimaveränderungen auf Ostbrasilien und andere tropische Gebiete von größter Relevanz ist.

Kaltes Klima, warm serviert

Während ein Einfluss der Arktis auf das Klimageschehen der Tropen und Subtropen schon seit längerem vermutet wurde, zeigen erst jüngere Arbeiten, dass auch die warmen niederen Breiten das Klima im hohen Norden massiv beeinflussen – insbesondere während des Wachstums großer eiszeitlicher Eisschilde. Diese Kehrseite des sich stets drehenden Klimakarussells ist oftmals nicht intuitiv verständlich. Wie können tropische Klimaveränderungen Gletscherwachstum in den hohen Breiten beeinflussen? Die Antwort liegt sprichwörtlich in der Luft: Feuchtigkeit. Neben dem steten Wärmetransport von den Tropen in den hohen Norden über Ozeanströmungen und Winde findet nämlich ein ebenso bedeutender Feuchtigkeitstransport statt. Dies liegt zum einen daran, dass warme Luft mehr Wassermoleküle aufnehmen kann als kalte Luft, zum anderen aber auch daran, dass von einem warmen Ozean mehr Feuchtigkeit verdunstet als von einer kühlen Meeresoberfläche. Im Nordatlantik, an der Türschwelle Europas, ist für den Wärmeaustausch zwischen niederen und hohen Breiten der Golfstrom von besonderer Bedeutung. Dieser

„Der direkte Einfluss von Umweltveränderungen in den polaren Breiten auf das Klimageschehen in den Tropen zeigt die enge Verknüpfung ozeanischer und atmosphärischer Prozesse.“

„Die Zufuhr warmen Meerwassers an die europäische Atlantikküste steuerte maßgeblich das Ausmaß der Vergletscherung in Westeuropa.“

ist nichts anderes als der nördliche Ausläufer des globalen ozeanischen Förderbands, das warmes Oberflächenwasser in das Meeresgebiet zwischen Grönland, Island und Norwegen transportiert. Die Abkühlung der warmen und feuchten Luft initiiert Schnee- und damit auch Gletscherbildung in Nordeuropa und der Arktis. Aus dieser Beziehung lässt sich für uns Paläoklimatologen ableiten, dass in der geologischen Vergangenheit die Verfügbarkeit warmen Wassers im Nordatlantik möglicherweise entscheidend dafür war, ob und wie hoch sich die Eisschilde der vergangenen Eiszeiten aufbauten.

Auf den ersten Blick mag es paradox klingen, dass große Mengen warmen Wassers essenziell zum Aufbau von Eisschilden sein sollen. Die Signifikanz genau dieses Wechselspiels zwischen Klimaveränderungen im subtropischen Raum und Vergletscherung in Zentral- und Nordeuropa haben wir kürzlich untersucht. Unsere Studie baut auf der Beobachtung auf, dass die eiszeitlichen Vergletscherungen der jüngeren Erdgeschichte, welche die Landschaften Nord- und Mitteleuropas maßgeblich prägten, in ihrer räumlichen Ausdehnung sehr unterschiedlich ausfielen. So kamen die Gletscher der letzten Eiszeit vor rund 20.000 Jahren bereits an der Elbe zum Stehen, während sie in der vorletzten Eiszeit – also vor knapp 165.000 Jahren – bis an die deutschen Mittelgebirge vordrangen. Anhand von Bohrkernen aus dem östlichen Nordatlantik konnten wir nun nachweisen, dass die Zufuhr warmen Meerwassers an die europäische Atlantikküste maßgeblich das Ausmaß der Vergletscherung in Westeuropa steuerte. Grund dafür ist, dass die erhöhte

Schiffsexpedition zur Klimadynamik

Mit einer vierwöchigen Expedition in den westlichen tropischen Atlantik mit dem Forschungsschiff METEOR hat ein internationales Team unter Leitung von Geowissenschaftlern der Universität Heidelberg im Frühjahr 2016 historische Niederschlagsveränderungen in Brasilien rekonstruiert. Die Forscher gewannen im Rahmen dieser Expedition Wasser- und Sedimentproben im Ausstrombereich von Flüssen entlang der brasilianischen Küste zwischen Rio de Janeiro und Fortaleza. Das vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Projekt SAMBA (South American Hydrological Balance and Paleoceanography during the Late Pleistocene and Holocene) fand unter enger Einbindung von Projektpartnern an den Universitäten São Paulo und Rio de Janeiro (Brasilien) statt. Zu dem internationalen Team gehörten auch Mitglieder des Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel (GEOMAR), der Universität Frankfurt am Main sowie von Institutionen aus England, Italien und Kolumbien.

KÜNSTLICHE GLETSCHER

Gletscherrückgang sowie abnehmende Schneevorkommen bedrohen die von Schmelzwasser abhängige Landwirtschaft in weiten Teilen des südasiatischen Hochgebirges. Wie mit der Errichtung von Eisreservoirs – sogenannten künstlichen Gletschern – saisonale Wasserengpässe überwunden werden können, haben Forscher um den Geographen Prof. Dr. Marcus Nüsser vom Südasien-Institut in einer Langzeitstudie untersucht. Darin bewerten sie die verschiedenen Typen von Reservoirs sowie deren sozioökonomische Auswirkungen und gehen der Frage nach, ob künstliche Gletscher eine geeignete Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel sind. Beteiligt an diesem Projekt waren auch Mitglieder des Heidelberg Center for the Environment (HCE).

(red) In der nordindischen Hochgebirgswüste Ladakh wurden in den vergangenen 30 Jahren mithilfe von Fördermitteln verschiedene Typen von Eisreservoirs errichtet. Diese künstlichen Gletscher werden zwischen November und März aus Schmelzwasserabflüssen gespeist, die in Form von Eis an topographisch und mikroklimatisch geeigneten Stellen gespeichert werden. Sie sind als kaskadenartige Mauern oder Kegel angelegt und sichern in den trockenen Frühjahrsmonaten die Wasserzufuhr für den Feldbau, der in dieser Region vollständig von Schnee- und Gletscherschmelzwasser abhängig ist.

In der Studie legt das Team um Marcus Nüsser eine Bestandsaufnahme und Typologie der künstlichen Gletscher vor. Ihre Auswertung von Satellitenbildern und Messungen zeigt, dass das Speichervolumen der Eisreservoirs von 1.010 bis 3.220 Kubikmetern Wasser reicht. „Damit können

im Optimalfall die Feldfluren im Abstand von mehreren Tagen bis zu dreimal vollständig bewässert werden“, so Prof. Nüsser. „Das Speichervolumen ist jedoch nicht verlässlich, da es von den klimatischen Bedingungen in der Region abhängt, die von Jahr zu Jahr variieren.“

Die ermittelten Werte konnten die Forscher auf die Gesamtheit der Eisspeicher in der Region Ladakh hochrechnen und so zeigen, dass die verschiedenen Typen der Eisreservoirs unterschiedlich effizient sind. Als besonders wirkungsvoll erwiesen sich Reservoirs in Form mehrerer kaskadenartig angeordneter Becken. „Darüber hinaus ist für die Bewertung neben den klimatischen Bedingungen auch das Verhältnis von Fördermitteln zu Wirksamkeit entscheidend“, erklärt Prof. Nüsser. Auswertungen von Interviews mit lokalen Kleinbauern zeigen zudem, dass der Einsatz der künstlichen Gletscher als vorteilhaft wahrgenommen wird, da sich Ernterausfallrisiken verringern und die Möglichkeiten zum Anbau von Nutzpflanzen steigen. Damit sind die künstlichen Gletscher „als bemerkenswerte Anpassungsmaßnahme an die spezifischen Umweltbedingungen dieser Hochgebirgswüste zu verstehen“.

Die Eisreservoirs wurden in den vergangenen Jahren über die lokale Anwendung hinaus auch als generelle Antwort auf die negativen Auswirkungen des Klimawandels, insbesondere des Gletscherrückgangs, diskutiert. Nach den Untersuchungen der Heidelberger Forscher ist der Nutzen dieser Strategie jedoch fraglich: Klimatische Variabilität und Naturgefahren – vor allem Flutkatastrophen, Rutschungen und Lawinen – sowie eine unzureichende Berücksichtigung lokaler sozioökonomischer Bedingungen schränken die Wirksamkeit ein. „Der Begriff ‚künstliche Gletscher‘ erscheint zudem irreführend, da diese Eisreservoirs keinesfalls die natürlichen Gletscher ersetzen können“, so Prof. Nüsser. ●

ARTIFICIAL GLACIERS

Receding glaciers and dwindling snowfalls pose a threat to meltwater-dependent agriculture in large parts of the high mountain regions of South Asia. A research team led by geographer Prof. Dr Marcus Nüsser of South Asia Institute conducted a long-term study to determine how creating ice reservoirs, commonly called artificial glaciers, might help counteract seasonal water scarcity. The researchers assess the different types of ice reservoirs and their socioeconomic impact in an attempt to identify whether artificial glaciers are an effective adaptation to climate change. Members from the Heidelberg Center for the Environment (HCE) also contributed to the study.

Over the past thirty years, funding has been provided to build various types of ice reservoirs in the high-altitude desert of Ladakh in Northern India. These artificial glaciers are fed by meltwater runoff between November and March and stored as ice at locations with the suitable topography and microclimate. The glaciers, structured as cascading walls or stupas, supply water for agriculture in the dry early months of spring in this region, which is completely dependent on snow and glacier meltwater.

In their recently published study, Marcus Nüsser's team provide an inventory and typology of the artificial glaciers in Ladakh. The researchers were able to demonstrate that the different types of ice reservoirs are not equally efficient. Reservoirs made up of multiple sequential cascading basins are most effective. “In addition to climatic conditions, the ratio of subsidies to effectiveness is also decisive for the evaluation,” explains Prof. Nüsser. Based on interviews with local smallholders, the artificial glaciers are also considered beneficial because they reduce the risk of crop failure and increase the possibility of growing cash crops. The artificial glaciers can therefore “be understood as a site-specific adaptation strategy to environmental conditions in the high-altitude desert of Northern India”. ●

„Das Wechselspiel zwischen den warmen niederen und kalten hohen Breiten ist eine fundamentale Stellschraube für die klimatische Evolution unserer Erde.“

Zufuhr warmen Meerwassers während eiszeitlicher Klimabedingungen den Temperaturkontrast zum kalten europäischen Kontinent erhöht. Die über dem warmen Ozean verstärkt entstehende Feuchtigkeit wurde dann mit den Westwinden nach Kontinentaleuropa transportiert und trug dort dank der niedrigen Temperaturen als Schnee zum Wachstum der sich voranschubenden Eismassen bei.

Der von uns postulierte Mechanismus für den intensiveren Transport warmen Meerwassers aus Süden an die europäischen Küsten besteht in einem verstärkten Ausstrom salzigen Mittelmeerwassers durch die Straße von Gibraltar in den Atlantik. Sobald dieses den Atlantik erreicht, sinkt es wegen seines hohen Salzgehalts, der zu einer großen Dichte führt, ab; dabei entsteht eine Sogwirkung, durch die warmes Oberflächenwasser aus dem subtropischen Atlantik in Richtung Portugal gepumpt wird. Je mehr Mittelmeerwasser in den Atlantik fließt, umso ausgeprägter ist diese Sogwirkung. Die Stärke des Mittelmeerausstroms hängt wiederum von der Intensität des afrikanischen Monsuns ab. Dies ergibt sich aus der Herkunft des Wassers,

das in den Atlantik strömt: Es entsteht zum größten Teil im östlichen Mittelmeer, wo trockene und heiße Bedingungen zu einer hohen Verdunstungsrate und damit einem hohen Salzgehalt im Oberflächenwasser führen. Im Winter kühlen diese Wassermassen ab, werden dichter und fließen in größerer Tiefe Richtung Westen ab, wo sie das Mittelmeer durch die Straße von Gibraltar verlassen. Wenn allerdings starker Monsunniederschlag in Nordostafrika zu einem erhöhten Süßwassereinstrom ins Mittelmeer führt, wird die Bildung dieses dichten, salzigen Wassers unterbunden und somit auch der Mittelmeerausstrom abgeschwächt. Umgekehrt forcieren sehr trockene Verhältnisse im östlichen Mittelmeer, wie sie aktuelle Klimamodelle vorhersagen, das Entstehen salzigen Oberflächenwassers und sorgen somit für einen verstärkten Ausstrom aus dem Mittelmeer. Für das Gletscherwachstum in Nord- und Mitteleuropa bedeutet dies folglich, dass die Eisschilde in Phasen schwacher Monsunregenfälle besonders weit nach Süden vordringen konnten.

Wenn wir die Intensität des Mittelmeerausstroms über die vergangenen fünf Millionen Jahre betrachten, stellen wir fest, dass er mit großer Regelmäßigkeit alle etwa 21.000 Jahre zwischen starken und schwachen Phasen schwankte. Dieser Rhythmus ist so etwas wie der „tropische Herzschlag“ unseres Klimasystems und erklärt sich aus dem starken Einfluss des Nordafrikanischen Monsuns auf den Mittelmeerausstrom: Monsunregenfälle sind immer dann heftig, wenn die Sonneneinstrahlung im Sommer besonders intensiv ist – der Kontinent heizt sich in diesen Phasen extrem stark auf, wodurch der Feuchtigkeitstransport in die Monsungebiete massiv zunimmt. Die Kreiselbewegung der Erdachse bewirkt nun, dass die sommerliche Sonneneinstrahlung und damit der Monsunniederschlag im Mittel alle 21.000 Jahre einen Höhepunkt erreichen. Durch den Mittelmeerausstrom wird dieser tropische Rhythmus in den Nordatlantik und damit in unsere Breiten weitergegeben. Auf diese Weise lässt sich nicht nur erklären, warum die eiszeitlichen Gletscher bei ihren Vorstößen nach Süden an unterschiedlichen geographischen Wegmarken zum Stehen kamen, sondern auch, warum jener tropische Herzschlag in vielen Klimaarchiven aus den polaren Regionen wiederzufinden ist.

Wir sehen also, dass das Wechselspiel zwischen den warmen niederen und kalten hohen Breiten eine fundamentale Stellschraube für die klimatische Evolution unserer Erde ist. Die Erforschung dieses tropisch-polaren Klimakarussells in der geologischen Vergangenheit erlaubt uns, Einblicke in die grundlegenden Mechanismen zu gewinnen, die unser Klima steuern. Die jüngsten paläoklimatologischen Forschungen zeigen deutlich, wie sensibel das Klima gegenüber äußeren Störungen reagiert, helfen damit aber auch, die Auswirkungen des Klimawandels zuverlässiger vorhersagen zu können. ●