

# Das Jahr ohne Sommer

## Globale Folgen eines Vulkanausbruchs inspirieren die Kunst

In Europa verdunkeln im Jahr 1816 schier unauf lösbare Wolken den Himmel. Von Schweden bis Spanien scheint kaum die Sonne. In vielen Regionen hört es kaum auf zu regnen. Vielerorts fällt die Ernte aus. 1816 geht als „Das Jahr ohne Sommer“ in die Geschichte ein. Ein Jahr zuvor war der Vulkan Tambora in Indonesien ausgebrochen. Das in die Atmosphäre geschleuderte Schwefel reflektiert das Sonnenlicht und sorgt so für eine globale Abkühlung. Durch die Aerosole erscheinen die Sonnenuntergänge jener Zeit jedoch auch in prächtigen Farben, die nicht nur den englischen Maler William Turner (1775–1851) in den Bann ziehen; hier zweimal ein von ihm gemalter See in Pethworth (Südensland).



Der Untergang der mykenischen Kultur, der Aufstieg und Fall des Römischen Reiches, Hexenverbrennungen, der Dreißigjährige Krieg, die Französische Revolution. Egal welche Epoche, gleich welches historische Ereignis – überall scheint das Klima eine maßgebliche Rolle gespielt zu haben. Während in der Geschichtsforschung lange große Persönlichkeiten, Kriege, Religionen oder Revolutionen im Mittelpunkt standen, scheint es nun so, als ob viele historische Wendungen und Entwicklungen lediglich vom Klima abhingen oder ausgelöst wurden. Die Menschheitsgeschichte – nichts weiter als Reaktionen auf Klimaveränderungen? Diese These mag zwar überspitzt sein. Dennoch hinterlassen zahlreiche Forschungsergebnisse in den vergangenen Jahren und die Berichterstattung über diese solch einen Eindruck. Handelt es sich dabei lediglich um einen aktuellen Forschungstrend oder sind die Wissenschaftler tatsächlich einem maßgeblichen Faktor in der Menschheitsgeschichte auf der Spur?

Es ist erst einmal unstrittig, dass das Klima das tägliche Leben unserer Vorfahren beeinflusste. Seit der neolithischen Revolution ist der Mensch auf Ackerbau und Viehzucht angewiesen, um seine Nahrungsversorgung zu sichern. Verschlechtern sich die klimatischen Bedingungen – was in der Regel kälteres oder trockeneres Klima bedeutet –, sinken auch die Ernteerträge. Zudem werden Randbereiche, die lediglich aufgrund temporärer Klimabedingungen für den Ackerbau nutzbar waren, vollends ungeeignet und müssen aufgegeben werden. Auch extreme Wetterphänomene nehmen zu, wie Dürre, andauernde Regen oder Kälteeintrüche, die einen totalen Ernteaussfall bedeuten können.

Einen Platz in der Geschichte sichert sich das Klima dann in der Folge solcher Extremsituationen. Getrieben von Hunger, beginnt die Bevölkerung in staatlich organisierten Regionen gegen ihre Herrscher zu revoltieren, die sich entweder enteigenen lassen müssen oder untergehen. In Gegenden ohne staatliche Strukturen verlassen die Menschen ihre Heimat. Die zahlreichen Flüchtlinge wiederum destabilisieren Nachbarregionen.

Umgekehrt ermöglichen Zeiten günstigen Klimas gesteigerte Ernteerträge. Die Bevölkerung wächst. Urbane Zentren bilden sich heraus, die die Entwicklung komplexer Gesellschaften, weitreichenden Handel und Wissenschaft befördern. So oder so ähnlich sieht das gängigste Szenario beim Thema Klima und Geschichte aus.

Ein Musterbeispiel dafür scheinen die Ereignisse im 12. Jahrhundert v. Chr. im östlichen Mittelmeerraum zu sein. Die großen Palastzentren der mykenischen Kultur im heutigen Griechenland werden zerstört. Das Reich der mächtigen Hethiter in Kleinasien zerbricht und rätselhaft Seevölker drängen gewaltsam in die Levante und Ägypten ein. Da diese „Katakstrophen“ auf einem relativ großen Gebiet innerhalb nur weniger Jahre stattfanden, liegt die Vermutung nahe, sie alle könnten eine gemeinsame Ursache haben. Und tatsächlich haben Paläoklimatologen eine Klimaveränderung in der



Ramses III. konnte im 12. Jahrhundert v. Chr. die sogenannten Seevölker nur mit Mühe abwehren.

Region feststellen können. Nach David Kaniewski beispielsweise, Paläoklimatologe an der Universität in Toulouse, fallen die großen Umwälzungen mit dem Beginn einer 300-jährigen Phase verstärkter Trockenheit zusammen. Grundlage der These sind vor allem Analysen von fossilem Blütenstaub, der aus einer Bohrung aus einem Salzsee auf Zypern gewonnen wurde, aber auch andere Pollendaten aus der Levante.

Demnach waren die gewaltsam eindringenden Seevölker anscheinend selbst Flüchtlinge, die vor den ungünstigen Bedingungen oder dem daraus folgenden Chaos aus ihrer Heimat flohen. Der ägyptische Herrscher Ramses III. konnte sie nur mit Mühe bezwingen, und siedelte einige von ihnen in der Levante an, die dort fortan als Philister bekannt waren. Die Paläste der mykenischen Kultur in Griechenland kamen weniger glimpflich davon und wurden zerstört. Zwar ging an einigen Orten das Leben weiter, allerdings in weit weniger ausgeprägtem Ausmaß. Aufgrund der Forschungser-

gebnisse von David Kaniewski titelten verschiedene Medien: „Wie das Klima die mykenischen Paläste zerstörte“ oder „Klima brachte Hochkulturen am Mittelmeer zu Fall“.

Für Joseph Maran liegt das durchaus im Bereich des Möglichen. Allerdings warnt der Archäologe vor solch überspitzten, eindimensionalen Erklärungen. Die habe es früher schon gegeben. In den 1980er-Jahren waren sich viele Archäologen sicher, dass Erdbeben für die Zerstörungen verantwortlich schrieben. Die Theorie wurde immer komplexer, bis sich schließlich herausstellte, dass es keine eindeutigen Hinweise auf signifikante Erschütterungen zu dieser Zeit gibt.

„Die Palastzentren der mykenischen Kultur waren Wasserköpfe, die schnell zum Platzen gebracht werden konnten“, sagt Maran. Aufgrund ihrer extremen Abhängigkeit von Fernhandelsnetzen reichte es schon, wenn diese Verbindungen schrumpften, um das fragile System ins Wanken zu bringen. Die Klimaveränderung muss hier also nicht zwangsläufig die Ursache für den Untergang gewesen sein. Das Gleiche gilt für das Ende der Hethiter. Anfang des 12. Jahrhunderts wurde die Hauptstadt des kleinasiatischen Reiches aufgegeben. Schriftquellen von dort weisen jedoch eher auf dynastische Konflikte hin statt auf Hunger. „Solange die Auflösung der Klimadaten noch nicht genauer ist, sollte man die Klimahypothese sehr ernst nehmen, aber trotzdem sehr vorsichtig bei der Interpretation von historischen Ereignissen in Bezug auf das Klima als Ursache sein.“

Damit spricht Joseph Maran ein derzeit noch bestehendes Grundproblem im Bereich der Paläoklimatologie an: das Fehlen aussagekräftiger Daten im größeren Umfang. „Die grönländischen Eisbohrkerne haben zwar sehr hoch aufgelöste Daten. Das bringt Ihnen aber alles nicht so viel“, sagt Jörg Pross, Geowissenschaftler an der Universität Heidelberg. Denn in den Bohrkernen aus dem hohen Norden sind nur Spuren globaler Klimaereignisse zu finden. Zudem verrät das Eis nicht, wie genau sich das Klima in einer bestimmten Region verändert hat. Deshalb sind regionale Daten unerlässlich.

Zwar wurden in den vergangenen Jahren immer mehr dieser Daten gesammelt, allerdings reichen diese häufig noch nicht aus, um das regionale Klima – geschweige denn das Wetter – der Vergangenheit rekonstruieren zu können. Gerade das wäre aber nötig, um Extremeignisse wie Dürren sicher nachweisen zu können. Denn ein Rückgang der Niederschläge über

# Aufstieg und Fall

## Neuere Forschungen lassen den Eindruck entstehen, das Klima habe bei fast jedem großen Umbruch der Geschichte eine entscheidende Rolle gespielt. Aber stimmt das überhaupt?

Von Felix Firme

einen Zeitraum mehrerer Jahrzehnte ist noch kein Beweis dafür, dass es tatsächlich in bestimmten Jahren zu Hungersnöten in einer Region kam.

Zudem ist gerade die Auswertung von Pollendaten nicht so einfach. „Das Problem ist, dass es zu dieser Zeit schon einen sehr starken menschlichen Einfluss gibt“, so Pross. So kann ein Rückgang an Pollen von Waldpflanzen auf einen klimatischen Umschwung hindeuten – oder aber auch darauf, dass lediglich viele Bäume vom Menschen abgeholzt wurden. „Den Menschen und die Umwelt beziehungsweise das Klima voneinander zu trennen, ist nicht immer ganz einfach.“

Aus diesem Grund machte sich Jörg Pross zusammen mit Kollegen Ende vergangenen Jahres auf dem Forschungsschiff „Meteo“ in die Ägäis auf, um dort Bohrkern vom Meeresgrund zu entnehmen. „Wenn wir Hinweise auf eine klimatische Veränderung sowohl an Land als auch im Meer finden, können wir uns wesentlich sicherer sein“, sagt Pross. Wenn sich die Umwelt jedoch

nicht im Meer, sondern nur an Land verändert habe, sei es wahrscheinlich, dass der Mensch dahintersteckt. Bis die Bohrkern ausgewertet sind, wird es allerdings noch eine Weile dauern, meint Jörg Pross. Das Beispiel aus dem 12. Jahrhundert v. Chr. zeigt exemplarisch, dass es in vielen Fällen noch zu früh ist, dem Klima diesen oder jenen genauen Einfluss in der Menschheitsgeschichte zuzuschreiben. Doch warum entsteht dann der Eindruck, es sei schon gesichert, dass das Klima häufig ein entscheidender Faktor war? Einen Anteil daran dürfte die generelle Tendenz in der Wissenschaft haben, dass positive Ergebnisse wesentlich mehr Wertschätzung erfahren als negative. Wer eine Hypothese beweist, generiert in der Regel also mehr Aufmerksamkeit als jener, der sie widerlegt. Zudem sei das Klima in Bezug auf den heutigen Wandel „sexy“, so Pross. Es sei dadurch leichter, Forschungsgelder zu sammeln und Anträge genehmigt zu bekommen – das tägliche Brot eines Wissenschaftlers.

Nicht ganz unschuldig dürfte auch die schon erwähnte mediale Berichterstattung sein. Zugunsten spektakulärer Schlagzeilen werden Forschungsergebnisse bisweilen unzulässig zugespitzt oder übertrieben. Ein Beispiel ist die Untersuchung unter der Leitung des Klimatologen Francis Ludlow vom Trinity College in Dublin und des Historikers Joseph Manning von der Yale University. Sie analysierten die Aufzeichnungen der Nilhochwasser, die seit dem 7. Jahrhundert v. Chr. regelmäßig angefertigt wurden. Dabei konnten sie einen signifikanten Zusammenhang zwischen niedrigen Pegelständen während der Hochwasserphase – was zu geringeren Ernteerträgen führte – und Revolten in Ägypten feststellen. Diese Aufstände destabilisierten immer wieder das tolemäische Reich zwischen dem 3. und 1. Jahrhundert v. Chr. Auch während der Herrschaftszeit der letzten Königin dieser Dynastie, der berühmten Kleopatra VII., kam es zu solchen Hungerrufen. Die niedrigen Pegelstände wurden wohl durch geringere Niederschlagsmengen verursacht. Für den Rückgang scheinen Vulkanausbrüche verantwortlich gewesen zu sein, die mit ihren Schwefelausstoßen das Klima für kurze Zeit gehörig durcheinanderbringen können.

Einige Medien titelten daraufhin „Vulkanausbrüche führten zum Untergang von Kleopatras Reich“, „Naturgewalten zwangen Altes Ägypten in die Knie“ oder „Zwangen Vulkane Kleopatra in die Knie“. Dabei haben die Forscher um Ludlow in ihrer Studie deutlich darauf hingewiesen, dass noch viele weitere, nicht klimatisch bedingte Faktoren für den Abstieg der Ptolemäer wichtig waren, so etwa der Konflikt zwischen Griechen und Ägyptern, militärische Mobilmachungen und erhöhte Staatsausgaben. Zudem ist die Zuspitzung auf Kleopatra, die sich nach der Eroberung Alexandrias 30 v. Chr. vermutlich selbst das Leben nahm, falsch. Zu ihrer Regierungszeit beherrschten die Römer bereits große Teile des Mittelmeers, und jedes größere antike Reich in dieser Region war bereits besiegt worden. Dass auch das reiche Ägypten den Römern in die Hände fällt, war zu Zeiten Kleopatras bereits so sicher wie das Amen in der Kirche. Durch ihre Liebschaften mit Julius Caesar und Marcus Antonius konnte sie sich lediglich ein zeitweises Überleben verschaffen.

Doch nicht nur auf Seiten der Medien gibt es Verständnisprobleme. Paläoklimatologen kommen aus den Naturwissenschaften, wohingegen Historiker und Archäologen zu den Geisteswissenschaften gehören. Während die einen physikalische, biologische und che-

mische Daten analysieren und auswerten, müssen die anderen historische Aufzeichnungen oder materielle Hinterlassenschaften interpretieren. Das erfordert grundsätzlich verschiedene Herangehensweisen. Paläoklimatologen verlassen sich auf ihre erhobenen Daten, Historiker und Archäologen streng auf die Logik ihrer Interpretationen.

„Jede Fachrichtung hat ihre eigene Sprache, die man erst lernen muss“, sagt Sanam Vardag. „Sich darauf einzulassen, kostet einiges an Kraft und Überwindung und Zeit.“ Vardag ist Geschäftsführerin des Hei-



Friedrich der Große nutzte die Hungerkrisen zwischen 1770 und 1772, um bei der Polnischen Teilung aufzutrumphen.

delberg Center for the Environment. Das HCE hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Beziehung zwischen Mensch und Umwelt interdisziplinär zu erforschen. „Wir haben erkannt, dass die globalen Herausforderungen, die die Umwelt an uns stellt – und ein Teil davon ist der Klimawandel –, nicht von nur einer Disziplin her untersucht werden können.“ Die Verknüpfung zwischen Geistes- und Naturwissenschaften am HCE ist bisher einzigartig in Europa.

Im Bereich Klima und Geschichte wurden dazu zwei Nachwuchsforschungsgruppen gefördert. Eine davon beschäftigte sich unter dem Historiker Dominik Collet mit den Hungerkrisen in den 1770er-Jahren und deren Auswirkung auf die damalige Gesellschaft und Politik. Dabei betreute er Doktoranden sowohl aus den Geschichtswissenschaften als auch der Paläoklimatologie, konnte also auf das Wissen beider Fachbereiche zurückgreifen. Dank der Kombination von zahlreichen Wetteraufzeichnungen, Vermerken über Getreide-

preise, historischen Berichten und „klassischen“ Klimadaten konnte der Einfluss des Klimas auf die Geschichte so genau wie selten untersucht werden.

Collet und seine Kollegen stellten unter anderem fest, dass die Erste Polnische Teilung auch vor dem Hintergrund einer dramatischen Hungerkrise betrachtet werden muss. Zwischen 1770 und 1772 wurde ganz Europa von verheerenden Missernten heimgesucht. Es war eine Zeit, in der sich die sogenannte kleine Eiszeit, eine globale Abkühlung vom 13. bis zum 18. Jahrhundert, noch einmal von ihrer harten Barte zeigte. Friedrich der Große nutzte die Krise, indem er dem geschwächten Polen mit Hilfe seiner Truppen große Mengen Getreide abpresste. Mit diesen zusätzlichen Nahrungsmitteln für seine Armee in der Hinterhand trat er im Konflikt um Polen weit ausserhalb seiner eigenen Kompetenzen ein. So konnte er die lang geplante Annexion Westpreußens erzwingen und sich zugleich als fürsorglicher „Brotkönig“ inszenieren, indem er das beschlagnahmte Getreide teilweise an seine Untertanen weitergab.

Dies zeigt, so Collet, wie vielfältig Menschen auf extreme Naturereignisse, etwa einen Klimawandel, reagieren können. Deswegen ist es wichtig, dass die Hintergründe einer Krise nicht nur der Umweltveränderung reaktiv, sondern auch proaktiv bestimmt werden. Hier wirken soziale, politische, wirtschaftliche, kulturelle, religiöse und viele andere Faktoren. Vom Menschen, der lediglich auf Umweltfaktoren reagiert, anstatt selbst Geschichte zu schreiben, kann also keine Rede sein.

Trotzdem ist jetzt schon sicher, dass das Klima sehr wohl immer wieder auf die Menschheitsgeschichte eingewirkt hat. Doch für sichere Aussagen darüber, wie stark dieser Einfluss war und wie er genau bei bestimmten Ereignissen oder gar Epochen wirkte, ist es häufig noch zu früh. Viel zu komplex sind die Verflechtungen mit anderen Faktoren. Das gilt besonders für Klimaschwankungen, die über Jahrhunderte andauern. Zum einen bedarf es für die Zukunft deutlicher mehr Daten, um das Klima oder gar das Wetter der Vergangenheit besser rekonstruieren zu können, betont Collet. „Zum anderen braucht es wesentlich mehr wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschaftlern und Historikern.“ Tendenziell scheint es für ihn so, dass Historiker und Archäologen den Einfluss des Klimas derzeit meist unter-, Paläoklimatologen dagegen eher überschätzen. „Die Wahrheit“, sagt Dominik Collet, „wird wohl in der Mitte liegen.“

## Blicke ins Klima der Vergangenheit

### Pollenanalyse

Durch die Analyse fossiler Pollen können Forscher Rückschlüsse auf die Flora der Vergangenheit ziehen. Breiten sich im Nahen Osten beispielsweise Steppenpflanzen aus, treten dementsprechend auch mehr Pollen jener Arten auf. Das wiederum könnte ein Indikator für ein trockeneres Klima sein. Pollen bleiben dank ihrer Beständigkeit für lange Zeit erhalten. Häufig finden Forscher diese pflanzlichen Daten in Seesedimenten, aber auch an anderen Orten. Für die Wissenschaftler ist es nicht immer einfach, die Ursache für ein sich veränderndes Pollenspektrum festzustellen. Denn der Mensch beeinflusst mit großflächigen Rodungen, Ackerbau und Weidewirtschaft schon seit langem die Flora in vielen Regionen der Erde. Der Rückgang oder die Zunahme von Pollen bestimmter Pflanzen muss daher nicht automatisch mit einem Wandel des Klimas zu tun haben.

### Eisbohrkerne

Sowohl der grönländische als auch der antarktische Eisschild gehören zu den präzisesten Klimaarchiven. Jahr für Jahr bilden sich neue Schichten. Während der Eisbildung entstehen kleine Bläschen, die die Luft jener Zeit konservieren. Diese liefert in ihrer Zusammensetzung Hinweise auf das Klima der Vergangenheit. Besonders Isotopenmessungen spielen eine wichtige Rolle. Isotope sind Atome, deren Kerne zwar dieselbe Anzahl an Protonen besitzen, allerdings eine unterschiedliche Menge an Neutronen. Sauerstoff beispielsweise kann in der Natur sowohl als Sauerstoff-16 als auch in Form von Sauerstoff-18 vorkommen. Beide Isotope haben acht Protonen, ersteres aber nur acht, letzteres zehn Neutronen. Das Mengenverhältnis der beiden Isotope zueinander hängt unter anderem von der Lufttemperatur ab. Auch klimawichtige Treibhausgase werden in den Bläschen konserviert.

### Tropfsteine

Stalagmiten und Stalaktiten bilden sich in Höhlen auf der ganzen Welt. Die Tropfsteine entstehen, wenn beispielsweise Regenwasser im Boden versickert. Dabei nimmt es Kohlendioxid auf, was wiederum im Boden befindlichen Kalk löst. Trifft das Wasser auf einen Hohlraum, bildet es Tropfen. Dabei entweicht das Kohlendioxid, weshalb sich Kalk ablagert. Fällt der Tropfen zu Boden, wiederholt sich der Prozess. Auf diese Weise wachsen Stalagmiten und Stalaktiten Jahr für Jahr, solange die Wasserzufuhr konstant bleibt. Durch die Dicke der Schichten, die sich dabei bilden, können Forscher Rückschlüsse auf die Feuchtigkeit in einer Region zu einer bestimmten Zeit ziehen. Außerdem finden sich auch in den Tropfsteinen Sauerstoffisotope (siehe Infokasten links). Durch geringere Konzentrationen an radioaktivem Uran lässt sich außerdem das Alter der Steine bestimmen.

### Historische Aufzeichnungen

Extreme Wetterereignisse wie lange Winter, trockene Sommer oder Hochwasserereignisse wurden in der Vergangenheit häufig in Tagebüchern oder Berichten festgehalten. Obwohl diese Aufzeichnungen meist nur punktuell und sporadisch verfasst wurden und meist keine konkreten Daten wie Regenmengen enthalten, bieten sie Forschern wichtige Hinweise auf vergangene Klimaschwankungen. Von unschätzbarem Wert sind zudem regelmäßige Aufzeichnungen von Pegelständen. Die Höhe des Nilhochwassers etwa wird seit dem 7. Jahrhundert v. Chr. regelmäßig festgehalten. Auch Berichte und Listen über Getreidepreise oder Weinrenten sind nützliche Indikatoren für frühere Witterungsbedingungen. In der frühen Neuzeit treten dann vermehrt meteorologische Aufzeichnungen auf, die das Wetter detailliert und direkt beschreiben.

### Baumringe

Bei der sogenannten Dendroklimatologie werten Forscher die Jahresringe verschiedener Baumarten aus. Je nach Regenmenge und Temperatur schaffen es die Pflanzen, dickere oder dünnere Jahresringe auszubilden. Durch die spezifische Abfolge der unterschiedlich breiten Ringe entsteht quasi ein einzigartiger Strichcode einer Art in derselben Region. Diese Strichcodes können, solange die Überschneidung groß genug ist, aneinandergereiht werden, sodass Klimaforscher bis zu mehreren Tausend Jahre in die Vergangenheit blicken können. Voraussetzung sind passende fossile Baumstämme. Das Wachstum wird allerdings auch durch Bodenbeschaffenheit, Nährstoffversorgung oder durch Schatten von schneller wachsenden Pflanzen beeinflusst. Deshalb müssen für aussagekräftige Ergebnisse genügend Bäume derselben Art in derselben Region untersucht werden.

### Meeres- und Seesedimente

In den Meeres- und Seesedimenten findet sich alles, was sich im Laufe der Zeit auf dem Boden der Gewässer abgelagert hat. Dazu zählen etwa fossile Kieselalgen, Muschelschalen oder auch Mikroorganismen. Wenn sich die Temperatur des Wassers ändert, passt sich dementsprechend auch die Flora und Fauna an. Neben biologischen Bestandteilen finden sich gerade bei Tiefseebohrungen auch zahlreiche chemische Bestandteile, die für die Klimarekonstruktion wichtig sind. Eine große Rolle spielen hier die Sauerstoffisotope (siehe Infokasten) zu Eisbohrkernen). In den Sedimenten von Seen finden Forscher vor allem Pollen, wodurch die Vegetation der Umgebung rekonstruiert werden kann. Wenn sich Seen aufgrund der Witterungsverhältnisse ausdehnen oder verkleinern, hinterlässt dies ebenfalls Spuren.

### Verschiedenes

Neben den bereits genannten Klimaarchiven und Klimaproxies, also Daten, die indirekt einen Rückschluss auf Witterungsverhältnisse der Vergangenheit ermöglichen, gibt es noch einige andere Datenquellen zur Klimarekonstruktion. Die Ausdehnung von Gletschern gibt Auskunft über Temperaturen und Schneemengen. Das Wachsen oder Schrumpfen von Torfmooren zeigt die Feuchtigkeit an. Auch archäologische Befunde geben manchmal Hinweise, etwa in landwirtschaftlichen Randregionen. Wenn die Besiedlung in Höhenlagen oder am Rande von Wäldern abbricht, könnte das ein Hinweis auf für Ackerbau ungünstige Klimaschwankungen sein. Allerdings sind auch hier alternative Erklärungen möglich. Wie bei den meisten anderen Klimaproxies braucht es daher eine Kombination möglichst verschiedener Daten.