

Wolf Dieter Blümel

20 000 Jahre Klimawandel und Kulturgeschichte – von der Eiszeit in die Gegenwart





Verunsichert durch Meldungen über zunehmende Sturmtätigkeit, Hochwasserbedrohung oder Dürre bangt die Menschheit einer ‚Klimakatastrophe‘ entgegen. Der Geist ist aus der Flasche, und er ist so schnell nicht wieder hineinzuzwingen: Gemeint sind die noch nicht zu bestimmenden Ausmaße und Folgen eines eskalierenden Einsatzes fossiler Kohlenwasserstoffe (= über lange Zeiträume gespeicherte Sonnenenergie) und eines radikalen Landschaftsverbrauchs in geologisch kürzesten Zeiträumen. Damit verbunden ist eine mögliche Temperaturerhöhung, die in ihrer synergetischen Wirkung auf das globale Klimasystem und seine Dynamik nur schwer zu fassen ist.

Rekonstruktionen des Klimas in immer feinerer zeitlicher Auflösung sollen helfen, Ursache und vor allem Wirkung klimatischer Veränderungen besser zu verstehen und prognostische Vorstellungen zu entwickeln. Aus der Physischen Geographie sowie der Geologie und Paläontologie stammten bereits aus dem 19. Jahrhundert Hinweise auf teils drastische klimatische Veränderungen auch in der jüngsten erdgeschichtlichen Entwicklung, vor allem die Wechselfolge von Eiszeiten und Warmzeiten – anfänglich verbunden mit recht abenteuerlichen Vorstellungen [1]. Inzwischen ist (Paläo-)Klimaforschung zum zentralen Objekt zahlreicher Wissenschaftszweige geworden. Auch am Lehrstuhl für Physische Geographie der Universität Stuttgart werden einschlägige Fragen bearbeitet.

Der folgende grobe Überblick beleuchtet unter anderem eine ungewohnte Facette des Faches Geographie – die Schnittstelle der Paläoklimatologie mit der Kulturgeschichte und der historischen Siedlungsforschung. Der Blick geht zurück in eine Zeit, als die Welt noch nicht so drangvoll eng war (die erste Milliarde Menschen dürfte etwa um das Jahr 1820 erreicht worden sein). Folglich erscheint die Betroffenheit gegenüber Naturkatastrophen geringer, das Risiko stärker im Raum verteilt. Das Maß der Abhängigkeit von physisch-geographi-

schen Determinanten in der Nahrungssicherung war aber weit gewichtiger als in einer Zeit technologisch unterstützter oder gar substituierter Lebensmittelproduktion mit Kunstdünger, Treibhäusern und teils unartgerechter Massentierhaltung.

Die Grenzen der Ökumene, die Wurzeln des heutigen Siedlungsmusters, ‚Völkerwanderungen‘, Hochkulturen usw. stehen meist in kausalem Zusammenhang mit dem Naturpotenzial. Letzteres bestimmt „Gunst-“ und „Ungunstfaktoren“. Diese wiederum stehen in starker Abhängigkeit vom Klima als ökologischem Regelfaktor. Zwar soll hier keine pauschalierende Determinismus-Lehre verfolgt werden, doch auf die unterschätzte Tragweite selbst kleiner klimatischer Fluktuationen verwiesen werden, innerhalb derer klimatische Variabilitäten zusätzliche Stress- oder Gunstsituationen zur Folge haben. Als solche Variabilitäten innerhalb einer Klimaperiode können in Trockengebieten beispielsweise die biblischen „sieben fetten“ oder „mageren Jahre“ betrachtet werden.

Wolf Dieter Blümel ■
20000 Jahre Klimawandel und Kulturgeschichte ■
– von der Eiszeit in die Gegenwart ■

„KLIMA ist die für einen Ort, eine Landschaft oder einen größeren Raum typische Zusammenfassung der erdnahen und die Oberfläche beeinflussenden atmosphärischen Zustände und Witterungsvorgänge während eines längeren Zeitraumes in charakteristischer Verteilung der häufigsten, mittleren und extremen Werte.“ (J. Blüthgen 1966)

Laufende Untersuchungen zur jüngeren und jüngsten Klimageschichte zeigen, dass es immer die wärmeren Phasen waren, in denen es dem Menschen gut ging, seine Lebensumstände angenehmer und seine kulturellen Entwicklungsmöglichkeiten größer waren. (Im Hinblick auf ein anthropogen verstärktes ‚Global Warming‘ und seine Folgen in einer überbevölkerten Welt muss diese positivistische Aussage jedoch in Frage gestellt werden.) Andererseits ist in klimatischen Krisensituationen häufig ein Stimulanz für technologische Innovationen und Anpassungsstrategien erkennbar.

Aufrechter Gang durch Trockenheit?

Das wohl älteste Beispiel für die Interdependenz Mensch – Klima mag in der menschlichen Evolution selber zu sehen sein. Die Umstellung der ostafrikanischen Vor- und Frühmenschen (Ramapithecus; Australopithecus) auf den aufrechten Gang seit ca. 12 Millionen Jahren wird häufig mit der Savannisierung in Verbindung gebracht – der Entstehung von offenen, baumdurchsetzten Graslandschaften, wie sie heute für Teile der trockenen Tropen typisch sind [2]. Diese lösten regional mehr oder minder geschlossene Waldlandschaften ab als Folge der sich seit dem Miozän (ca. 20 Millionen Jahre) vollziehenden allmählichen Abkühlung des gesamten Globus. Ursache der weltweiten Abkühlung ist der Kontinent Antarktika, mit dessen plattentektonischer Drift in eine polare Lage seine Vereisung initiiert wird und nach erfolgter Isolierung von den übrigen Südkontinenten der circum-antarktische Kaltwasserstrom seine

Fernwirkung in die angrenzenden Ozeanbecken ausüben kann. Zu einer Zeit, als Antarktika seinen bis heute persistenten Eispanzer aufbaute, herrschte auf dem gesamten übrigen Globus ein ‚tropoides‘ Warm-Klima mit Waldvegetation – unter anderem Lebensraum der Hominiden-Vorfahren in Afrika. (Noch während des älteren und mittleren Tertiärs wurden auf Spitzbergen aus Sumpfwäldern Kohlelagerstätten gebildet. Heute herrscht hier ein baumloses Polarklima.)

Das Herunterkühlen der Atmosphäre vollzog sich vor allem über Meeresströmungen im Rahmen globaler Konvektionssysteme. Es führte zu einer zunehmenden Aridisierung der Kontinente und damit zur Entstehung ‚offener‘ Landschaften wie Savannen, Steppen oder Wüsten. Die Vor- und Frühmenschen als auf den tropischen Bäumen lebende Primaten mussten zumindest zeitweilig von ihren Nahrungsspendern herabsteigen, um zu den nächsten zu gelangen. Der Weg führte durch hohe Gräser – ein Grund, sich aufzurichten, um den lebenswichtigen Überblick zu erhalten – eine noch umstrittene Hypothese, aber nicht ohne Logik. Die Ausbreitung der Hominiden erfolgte von Afrika aus. Ihre Migration nach Eurasien wurde durch offene Landschaften sicherlich erleichtert.

Klima der Jetztzeit – stabil oder labil?

Eine Retrospektive in die jüngste und bedeutsamste Phase menschlicher Entwicklung beginnt meist 20 000 – 18 000 Jahre vor heute zur Zeit des letzten Hochglazials, dem Höhepunkt der Würm- oder Weichsel-Kaltzeit/-Eiszeit. Daran schließt sich die bis heute anhaltende Warmzeit/Interglazial an, das so genannte Holozän (Beginn 10 200 Jahre vor heute; Abb. 1), in der sich entscheidende kulturelle und siedlungsgeschichtliche Entwicklungen einstellten. Diese Periode von etwa 10 000 Jahren gilt unter Klimaforschern als klimatisch ausgesprochen stabil und von bemerkenswert langer Dauer: Eisbohrkerne und Analysen von Meeressedimenten belegen immer deutlicher, dass das gesamte Eiszeitalter (Beginn vor 2,4 Millionen Jahren) gekennzeichnet war durch häufigen Klimawandel, nicht selten durch rapide ‚Sprünge‘. Zehn Jahrtausende klimatischer Stabilität in einem Interglazial wie der Jetztzeit erscheinen als bemerkenswerte Seltenheit.

Betrachtet man jedoch die Klimaentwicklung in höherer zeitlicher Auflösung und versucht, das Augenmerk auch auf weniger dramatische Fluktuationen mit entprechend kleinerer Amplitude zu len-

ken, so wird eine signifikante ‚Instabilität‘ sichtbar und ihre Auswirkungen auf menschliche Aktivitäten wie die Ausbreitung und Veränderung der Ökumene betont. Die genauere Rekonstruktion solcher Klimafuktuationen, ihre hochauflösende zeitliche Einordnung und die Abschätzung ihrer Wirkung auf die Kultur- und Siedlungsgeschichte oder die Änderung von natürlichen Ökosystemgrenzen (zum Beispiel Wüstengrenzen) ist ein Teil der Forschungen am Institut für Geographie der Universität Stuttgart. Im

| Jahre vor heute | Klima | Zeitalter / Periode |
|-----------------|------------------------|-----------------------|
| 1000 | Jüngeres Subatlantikum | Holozän / Postglazial |
| 2800 | Älteres Subatlantikum | |
| 4800 | Subboreal | |
| | Jüngeres Atlantikum | |
| 6000 | Älteres Atlantikum | |
| 7500 | Boreal | |
| 8800 | Präboreal | Spätglazial |
| 10200 | Jüngeres Dryas | |
| 11000 | Alleröd | |
| 11800 | Ältere Dryas | |
| 12000 | Bölling | |
| 13000 | Älteste Dryas | |
| ca. 15000 ? | Würm - Hochglazial | Hochglazial |

Abb. 1: Zeitskala und kulturgeschichtliche Gliederung des jüngeren Pleistozäns.

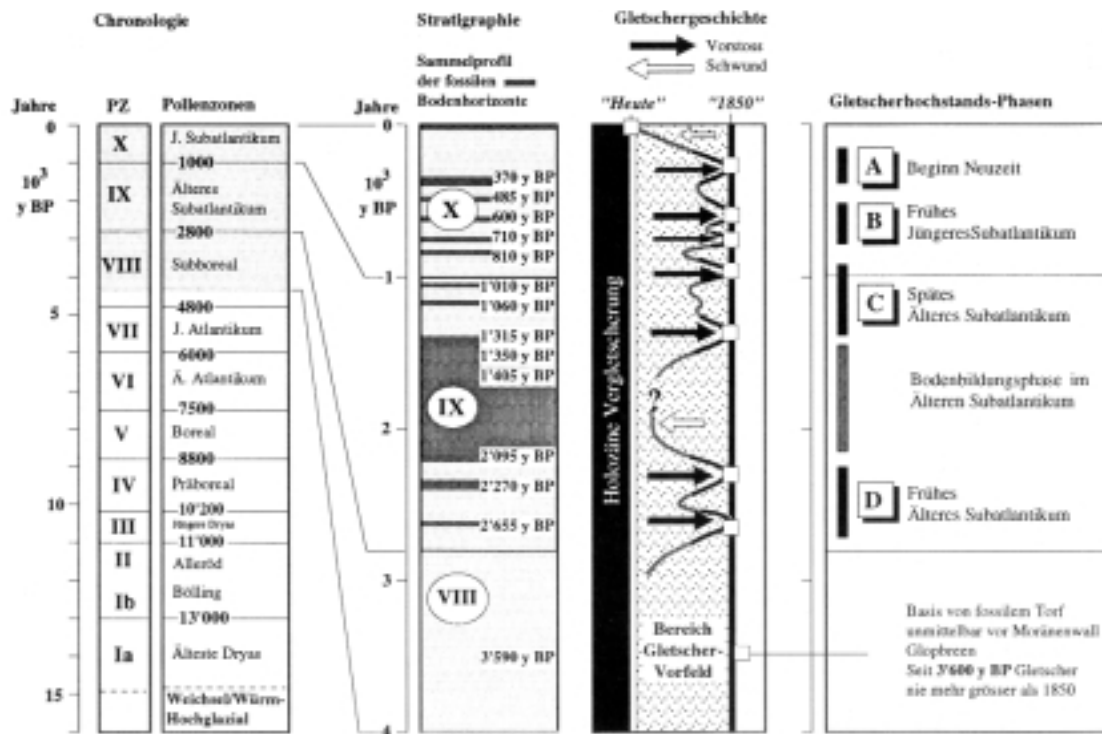


Abb. 2: Absolute Altersdatierungen (¹⁴C) an fossilen Humushorizonten belegen zahlreiche Gletscherschwankungen in der Hohen Arktis Spitzbergs (ca. 80°N) allein im Zeitraum der letzten viertausend Jahre (nach Furrer aus Blümel 1992). Die Pfeile in der dritten Spalte symbolisieren die Zeiten mit Gletschervorstößen in diesem Raum.



Abb. 3: Luftaufnahme des Monaco-Gletschers (Liefde-Fjord/Nordwest-Spitzbergen) aus dem Jahr 1990. Die Kälbungsfrent des größten Fjord-Gletschers Spitzbergs liegt heute ca. acht Kilometer südlich der ‚Lerner-Inseln‘ (oberer Bildrand). Der Beginn des Eisrückgangs konnte auf die Mitte des 19. Jahrhunderts datiert werden. (s. Abb. 2,4)



Abb. 4: Die an eine Mondlandschaft erinnernde Ablagerung am Rand der ‚Lerner-Insel‘ (s. Abb. 3) ist eine Endmoräne des Monaco-Gletschers. Sie markiert den Eisrand etwa um das Jahr 1850 am Ende der ‚Kleinen Eiszeit‘.

der Hohen Arktis seit dem Ende der letzten Eiszeit. Es zeigte sich ein überraschendes Ergebnis: Hier in den nördlichsten Landmassen der Erde erwartete man eigentlich eine recht stabile Klimasituation. Eine intensive geomorphologische Spurensuche und Grabungstätigkeit förderte datierbare Ablagerungen zu Tage, vor allem Humus-Horizonte, die beweisen, dass allein in den letzten 3 600 Jahren die hochpolaren Gletscher Nord-Spitzbergs mindestens siebenmal kräftige Vorstöße und entsprechende Rückschmelzphasen erlebt haben (Abb. 2). Diese Schwankungen blieben innerhalb der Reichweite, die das Rückschmelzen der Gletscher seit dem Jahr 1850 – dem Ende der ‚Kleinen Eiszeit‘ – vollzogen haben (Abb. 4). Hierbei muss es sich

Kontext dieses Überblicks sollen einige ausgewählte globale Beispiele angesprochen werden.

Vor zehn Jahren wurde die von Stuttgart aus organisierte und koordinierte dreijährige ‚Geowissenschaftliche Spitzbergen-Expedition‘ (SPE 90-92) abge-

schlossen. An ihr nahmen insgesamt 150 Wissenschaftler/-innen verschiedener geographischer, geologischer und biowissenschaftlicher Disziplinen teil, die 17 Teilprojekten angehörten [3, 4]. Eines der Teilprojekte widmete sich der Untersuchung von auch gegenwärtig beobachtbaren Gletscherschwankungen in

zwangsläufig um natürlich induzierte Klimaschwankungen handeln. Interessant ist nun die Frage, wie diese Fluktuationen ausgelöst werden und ob es sich hier um nur regional oder um global wirksame Schwankungen handelt.

Zu Fuß von Sibirien nach Amerika

Bevor dieses Thema global wirksamer holozäner Klimafuktuationen weiter verfolgt wird, zunächst einen Schritt zurück in die letzte Eiszeit. Die Bildung gigantischer Eismassen auf dem nordamerikanischen Kontinent (Laurentischer Eisschild), über Nordwest-Europa (Fennoskandischer Eisschild), die Zunahme der antarktischen und grönländischen Vereisung sowie die verstärkte Vergletscherung der Hochgebirge ließen den Weltmeeresspiegel um ca. 130 Meter absinken. Manche Schelfmeere fielen trocken, die damalige Küstenlinie war regional deutlich zurückgewichen, die Festlandsfläche damit größer. Im Hoch- und Spätglazial der Würm-(Weichsel-)Eiszeit (ca. 25 000 – 11 000 Jahre vor heute; Abb. 1) vollzog sich die letzte transkontinentale Einwanderung: Asiatisch-mongolische Stämme kamen über die trockenengefallene Beringstraße von Ost-Sibirien nach Alaska, das damals nur teilweise vergletschert war. Entlang der Rocky Mountains gelangten sie auf das Territorium der heutigen USA, wo sie die Ureinwohnerschaft der beiden amerikanischen Kontinente begründeten – die paläoindianische Urbevölkerung, aus der die Inuits hervorgingen ebenso wie die Indios Südamerikas. Abbildung 5 zeigt die rekonstruierten Einwanderungswege. Gen-Forscher, die mehrere Einwanderungswellen ermittelten, warfen die Frage nach der überraschend schnellen Ausbreitung der Kulturen auf, die ihrerseits durch archäologische Funde belegt und datiert sind [5]: Wie konnten altsteinzeitliche Jäger- und Sammler-Gruppen sich in nur wenigen Jahrtausenden bis nach Chile ausbreiten, wo sie bereits vor 13 000 Jahren vor heute die Monte Verde-Kultur begründeten?

Eine plausible Antwort kann die Paläogeographie geben: Weltweite kühle oder kalte Klimaperioden sind durch einen Rückgang von Waldgesellschaften gekennzeichnet. Im Gegenzug breiten sich

Savannen, Steppen und Wüsten aus. Die Ursache dafür liegt in der kälteren troposphärischen Luft, die weniger Feuchtigkeit aufnehmen kann und damit generell weniger Niederschläge produziert. Änderung in den Strukturen der gesamten atmosphärischen Zirkulation stellten sich ein. (In der letzten Kaltzeit/Eiszeit sank die Globaltemperatur auf 11°C; die der jetzigen Warmzeit liegt bei etwa 15°C.) Die nach Nord-Amerika eingewanderten Völkerschaften trafen also vornehmlich Tundren und Steppen an, in denen sie jagen und ihre Lebensform weit verbreiten konnten. Die im Naturzustand schwer durchdringlichen tropischen Regenwälder Mittelamerikas und Amazoniens waren nur noch in inselartigen Rückzugsgebieten erhalten geblieben (Abb. 6). Dazwischen existierten die erwähnten offenen, gut passierbaren Savannen-Ökosysteme. Stellenweise finden sich unter der aktuellen Regenwalddecke Amazoniens und in Teilen Venezuelas äolische Ablagerungen wie Dünen, Flugsanddecken oder löss-artige Sedimente, die beweisen, dass regional sogar halbwüsten- oder wüstenhafte Verhältnisse während der letzten Kaltzeit herrschten. In der Nacheiszeit breitete sich der heute anthropogen stark reduzierte amazonische Regenwald unter den warmzeitlich-feuchten

Klimabedingungen wieder aus und verdrängte die kaltzeitlich-trockeneren Vegetationsgesellschaften. Ähnlich verlief die Entwicklung im Kongo-Becken und vermutlich auch in Teilen der asiatischen Tropen. Das Beispiel, zeigt, welche Veränderungen an Ökosystemen und Lebensraumgrenzen durch eine nur um vier Kelvin (K) abgesenkte Globaltemperatur nach sich zieht (vgl. auch Abb. 8, 10).

Kälterückfall in der Tundrenzeit

Das so genannte Spätglazial steht für das Abklingen der Würm-/Weichsel-zeitlichen Vereisungsphase. Der Übergang zur nachfolgenden jetzigen Warmzeit (‘Holozän’, Abb. 1) erfolgt un stetig und global nicht völlig synchron. Das nordamerikanische Inlandeis schmilzt ab und erzeugt einen riesigen Schmelzwasserstausee, der die Fläche der kanadischen Provinzen Saskatchewan, Manitoba sowie der amerikanischen Staaten Nord- und Süd-Dakota und Minnesota umfasst (‘Agassiz-Eisstausee’). Ein Ausbruch gewaltiger Wassermassen und Eisbergtrümmer über die heutigen kanadisch-amerikanischen Seen weiter über den St. Lorenz-Strom ergießt sich in den Nordatlantik und unterbricht den wieder angelaufenen Golfstrom. Das

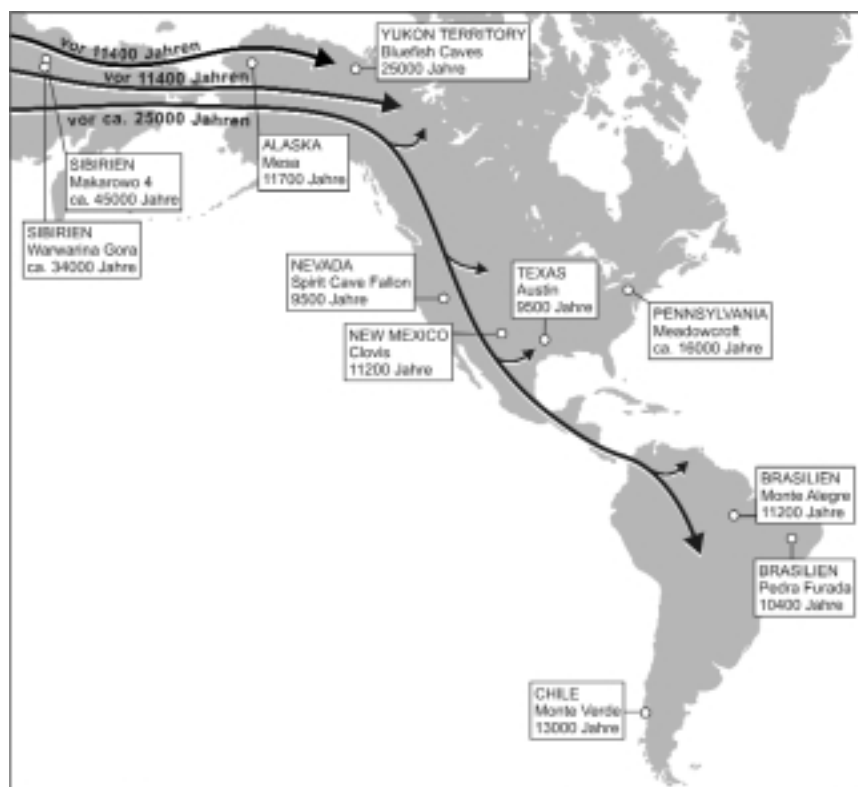


Abb. 5: Rekonstruktion der Einwanderung mongolischer Stämme von Sibirien über die trockenengefallene Bering-Straße nach Nordamerika während des letzten Hoch- und Spätglazials. Markiert sind datierte Kulturen (verändert nach Der Spiegel, 1999).

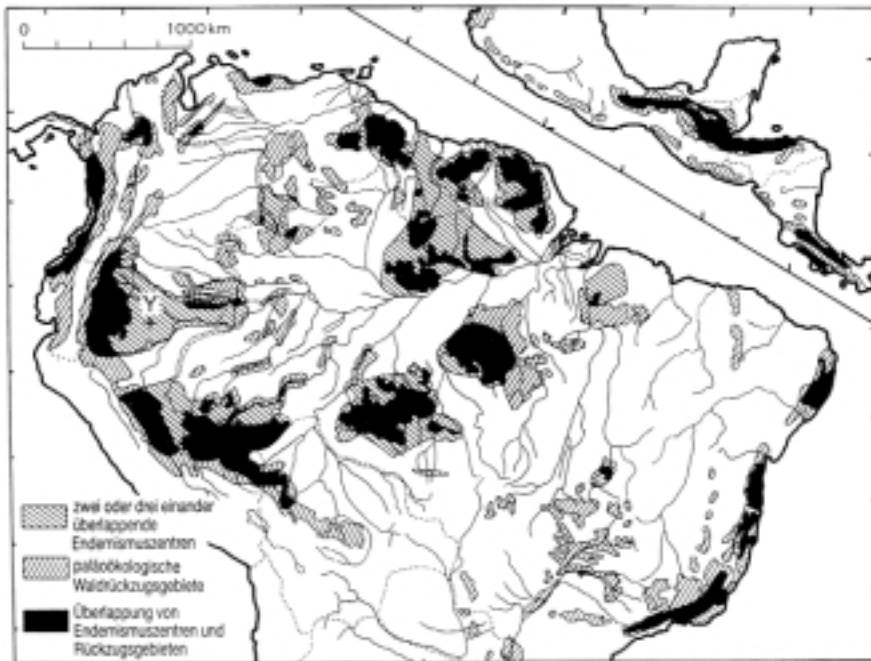


Abb. 6: Die erstaunlich schnelle Ausbreitung der eiszeitlichen/steinzeitlichen Kulturen auf beiden amerikanischen Kontinenten erklärt sich durch die paläogeographische Situation: Das globale ‚Kaltklima‘ der letzten Eiszeit begünstigte offene Landschaften (Savannen, Steppen, Halbwüsten, Wüsten) und damit auch die Migration von Jäger- und Sammler-Kulturen. Der schwer durchdringliche tropische Regenwald Mittel- und Südamerikas konnte nur in kleineren Rückzugsgebieten überdauern, von wo aus er sich in der Nacheiszeit (Holozän) wieder ausbreiten konnte (nach Whitmore 1998(6)).

leichtere Süßwasser vermindert die thermo-haline Zirkulation, das heißt das Absinken besonders salzhaltiger, kalter und damit dichter Wasser Massen. Der zugehörige Nachstrom warmen Tropik-Wassers in den Nord-Atlantik wird blockiert, die ‚Fernwärme‘ bleibt aus: In West- und Nordeuropa zieht für knapp 1 000 Jahre erneut die Eiszeit ein. Die erst junge Wiederbewaldung geht zurück. Permafrost breitet sich wieder im Untergrund aus, Gebirgsgletscher wie auch die restlichen Inlandeismassen über Skandinavien stoßen erneut vor. Die spätglazialen Jäger-Kulturen in Europa müssen sich an neue, restriktive Lebensbedingungen eines Tundren-Klimas anpassen – an die Phase der ‚Jüngeren Tundren-Zeit‘ oder ‚Jüngere Dryas-Zeit‘ zwischen 11 000 und 10 200 Jahren vor heute (Abb. 1). Dieser Vorgang demonstriert eindringlich die Wechselwirkung zwischen Ozean und Festlandklima, wobei dem Energieaustausch über Meeresströmungen eine steuernde Rolle zukommt. Das Szenarium der Jüngeren Tundren-Zeit – mangelnde Kaltwasserreproduktion im Nordatlantik durch vermehrten Zustrom leichten Süßwassers – mag ein lehrreiches Beispiel abgeben für potentielle Folgen von ‚Global Warming‘, wenn zum Beispiel durch starken Eisabbau zukünftig zuviel Süßwasser in das Nordpolarmeer oder den Nordatlantik geliefert wird.



Abb. 7: Flanke einer Längsdüne am Rand der Kalahari (SO-Namibia): Während der Eiszeit war die Kalahari eine Sandwüste. Seit etwa 8 000 Jahren hat sich unter den feuchteren holozänen Klimabedingungen eine Trockensavanne mit Baum- und Graswuchs ausgebreitet und die Dünen weitgehend fixiert.

Nacheiszeitliches Wärmeoptimum: Paradiesische Zustände

Nach dem drastischen Kälterückschlag im Spätglazial folgt beinahe unvermittelt eine globale Wärmezeit – ein neues Interglazial. Man kann davon ausgehen, dass mit dem Datum ‚10 200 Jahre vor heute‘ die letzte Kaltzeit mit dem Zerfall der Gletschermassen definitiv zu Ende war und sich unmittelbar die bisher wärmste nacheiszeitliche Klimaperiode anschloss – das sogenannte ‚Postglaziale Wärmeoptimum‘ (Boreal und Atlantikum, s. Abb. 1). Es dauerte mehrere tausend Jahre und brachte ganz entscheidende kulturgeschichtliche Entwicklungen in Gang. Die Temperaturen dürften 2 – 2,5°C höher gelegen haben als heute.

Der Übergang von kaltzeitlichen zu interglazial-warmzeitlichen Klimabedingungen vollzog sich jedoch nicht völlig synchron. Die atmosphärische Zirkulation und die sie teilweise steuernden ozeanischen Bedingungen mussten sich umstellen und Platz greifen. Selbstverstärkungseffekte brauchten Zeit, sich klimatisch auszuprägen. Die Folge war schließlich ein Globus mit neuen Klima-, Vegetations- und Bodenzonen. Bei unseren Untersuchungen zur Landschaftsentwicklung im südwestlichen Afrika konnte beispielsweise festgestellt werden, dass der Großteil namibischen Territoriums während des letzten Hoch- und Spätglazials deutlich trockener war als heute. Das gesamte Land wurde von Wüsten und Halbwüsten bestimmt. Vorzeitliche Dünenbildungen in der heutigen Dornbusch- oder Trockensavanne konnten auf 16 000 – 8 000 vor heute datiert werden (vgl. Abb. 8). Es gelang, die riesigen Längsdünenfelder der westlichen Kalahari zeitlich einzuordnen: Ihre Dynamik (Aufbau, Verlagerung usw.) endete

vor ca. 9 000 – 8 000 Jahren (Abb. 7)[7a]. Seither ist die Kalahari kein Wüsten-Ökosystem, sondern eine Savanne oder regional allenfalls eine Halbwüste (Abb. 8). Von Norden und Nordosten her hielt das monsunale geprägte randtropische Klima wieder Einzug im südwestlichen Afrika und ließ die Wüsten schrumpfen [7b].

Wechselwirkungen ■ Namib (Abb. 8) wie der Sahara (Abb. 10)
 Jahrbuch 2002 ■ vergleichsweise üppige Lebensmöglich-
 keiten auch für Großwild und seine Jäger [8]. Datierungen geben Hinweis darauf,
 dass seit etwa 8 000 Jahren – in der Zeit
 des Atlantikums – vermehrte Feuchte
 existierte, die von monsunaltropischen
 Niederschlägen stammt. Das südwestli-
 che Afrika war insgesamt feuchter, die
 Wüste Namib deutlich geschrumpft
 (Abb. 8). Große Teile der heutigen Wüste
 Sahara waren ‚grün‘, dürften etwa dem
 Ökosystem einer Trockensavanne mit
 Galeriewäldern entlang der Wadis ent-
 sprochen haben. Elefanten, Giraffen
 und Antilopen fanden gute Lebensmög-
 lichkeiten vor; in Flusskolken oder Seen
 lebten Flusspferde und Krokodile. Die
 Ost-Sahara mit dem Murzuk-Becken
 oder der Serir Calancio waren von zahlreichen
 Seen durchsetzte Landschaften [9]. Zahl-
 reiche Kulturspuren wie Artefakte, Fessel-
 steine oder Keramik sind unter heute ex-
 trem wüstenhaften Bedingungen zu fin-

Das postglaziale Wärmeoptimum mit
 seiner Feuchte veränderte die paläoge-
 ographische Situation vollkommen. Fels-
 malereien und Gravuren, wie man sie in
 heute wieder wüsten- oder halbwüsten-
 haften Landschaften findet (Abb. 9), be-
 legen sowohl für den Bereich der Wüsten

den. Bekannte Felsmalereien wie die
 ‚Schwimmer in der Wüste‘ vom Djebel
 Uweinat (Abb. 9) belegen eindrucksvoll
 die ökologische Gunst durch vermehrte
 Niederschläge in diesem Raum. Im Ver-
 lauf des Postglazialen Klimaoptimums
 war in der Sahara sogar die Domestika-
 tion von Rindern möglich.

Die Erfindung der Sesshaftigkeit

Der Eishaushalt ging im Atlantikum auf
 sein bisheriges Minimum zurück – der zu-
 gehörige Meeresspiegelanstieg ließ zahl-
 reiche Küstenabschnitte untergehen: Die
 sogenannte ‚Flandrische Transgression‘
 erreichte einen Stand etwa einen Meter
 über dem heutigen. Küstenkulturen gin-
 gen unter – eine Interpretationsmöglich-
 keit für die biblische ‚Sintflut‘. Doch die
 Gunstfaktoren dieses Klimaoptimums
 überwiegen: Im Bereich des ‚Fruchtbaren

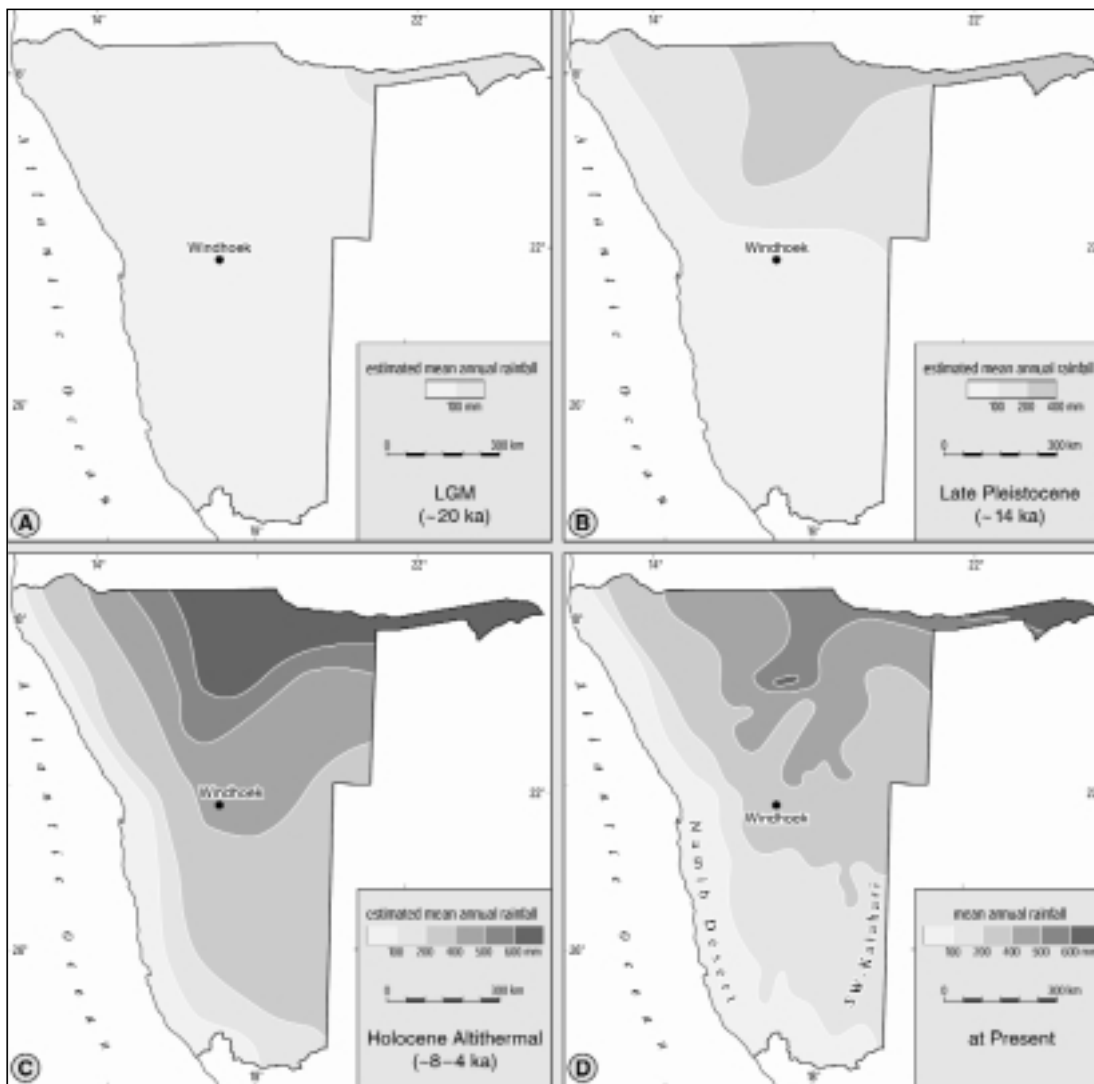


Abb. 8: Mittels eines multi-
 ples Methodenspektrums
 konnte die eiszeitliche und
 nacheiszeitliche Klimaent-
 wicklung im südwestlichen
 Afrika rekonstruiert wer-
 den. Zeitangaben in ka =
 tausend Jahre; LGM = Last
 Glacial Maximum/Letztes
 Hochglazial; Holocene Al-
 tithermal = postglaziales
 Wärmeoptimum). *Oben
 links:* Zur Zeit des LGM vor
 20 000 Jahren war das
 gesamte Areal des heuti-
 gen Namibia Wüste oder
 Halbwüste. *Oben rechts:*
 Im Spätglazial setzt der
 monsunale Einfluss im
 Norden und Nordosten
 des Landes wieder ein
 und bewirkt das Aufkom-
 men von Dornbusch- und
 Trockensavannen, wäh-
 rend im Süden und Südosten
 (Kalahari) noch wüstenhaf-
 te Verhältnisse mit Dünen-
 bildung herrschen. *Unten
 links:* Zur Zeit des Postgl-
 azialen Wärmeoptimums
 (8 000 – 4 000 Jahre vor
 heute) sind alle Landestei-
 le wesentlich feuchter und
 üppiger bewachsen als
 heute (s. Abb. unten rechts).
 Die Wüste Namib ist deut-
 lich schmaler als gegen-
 wärtig. Buschmann-Kultu-
 ren können sich in dieser
 Zeit besonders weitflächig
 ausbreiten. *Unten rechts:*
 Seit etwa vier- bis fünf-
 tausend Jahren ist das Klima
 wieder kühler und damit
 trockener geworden. Der
 Globus geht langsam wie-
 der auf die nächste Eiszeit
 zu (aus Eitel, Blümel & Hüs-
 ser, 2002 (7)).

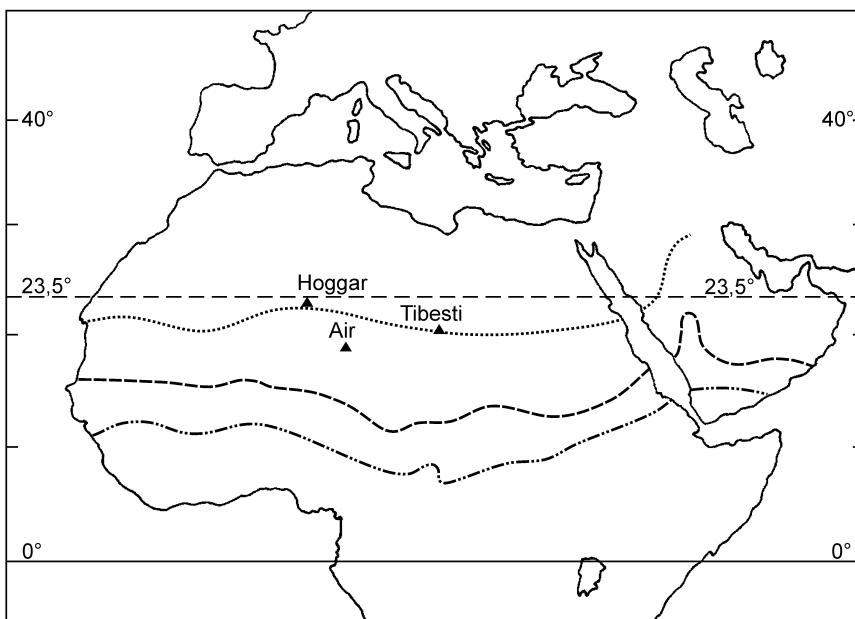


Abb. 9: Links: Steinzeitliche Felsgravuren wie in Twyelffontein (Damara-Land/Namibia) zeigen die ehemalige weite Verbreitung von Savanntentieren auch an Standorten, die heute deutlich trockener und damit lebensfeindlicher sind. – Rechts: ‚Schwimmer in der Wüste‘: Zeichnung einer Felsmalerei im Djebel Uweinat (Ägyptisch-Libysche Wüste), die auf Seen und Flüsse während der Jungsteinzeit im heutigen Extremwüstengebiet der Ost-Sahara hinweist.

Halbmonds‘ (Palästina, Libanon, Syrien, Mesopotamien, Türkei, Persien; s. Abb. 11) vollzieht sich die ‚Neolithische Revolution‘ (ca. 7 000 v. Chr.): Aus nomadisierenden Wildbeuter-Kulturen entwickeln sich sesshafte Ackerbauern-Gesellschaften und Viehzüchter. Jericho wird ge-

gründet, die älteste Stadt der Welt. Ein stationäres Städteleben und -wesen wird möglich, weil geregelte Versorgung aus dem nahen Umland besteht. Die Agrartechnik entwickelt dabei schon unterstützende, die Produktivität steigernde Bewässerungssysteme.

Vom Fruchtbaren Halbmond aus verbreitet sich (seit 8 000 Jahren vor heute) die Lebensform sesshafter Bauern durch Einwanderung oder durch Kontaktdiffusion bis nach Zentraleuropa (Abb. 11). In bestimmten Bereichen wird die Megalithkultur (Großsteingräber) gepflegt – Südost-Spanien, Bretagne, England, Irland, Nordwestdeutschland (Abb. 12, 13). Leistungen, die zum Beispiel beim Aufbau gigantischer Großsteingräber von Antequera/ SO-Spanien oder New-Grange/ Irland, der Steinanlage Stonehenge/England (Abb. 13), aber auch bei den unzähligen kleineren Dolmen und Hügelgräbern nötig waren, werden nicht von ausgemergelten Kräften erbracht. Diese Gesellschaften konnten sich auf eine produktive, überschüssige Landwirtschaft stützen – erklärbar durch eine ausgesprochen günstige Klimasituation mit optimalem Jahreszeitenverlauf und verlässlichen Ernten.



Südgrenze der Sahara / Reichweite des Monsuns (nach Petit-Maire 1991):

- Gegenwart (150 mm Niederschlag)
- - - zur Zeit des letzten Hoch-Glazials (vor ca. 20 000 Jahren)
- während des holozänen Klimaoptimums / postglaziales Wärmeoptimum (ca. 10 000 - 5 000 Jahre vor heute)

Abb. 10: Während des Höchststandes der letzten Eiszeit war die Wüste Sahara deutlich weiter nach Süden ausgedehnt als heute. Zur Zeit des Postglazialen Wärmeoptimums mit seinem wesentlich höheren atmosphärischen Feuchtegehalts war die Wüste fast nicht existent. Der Monsun brachte Niederschläge bis in das heutige Kerngebiet der Wüste Sahara.

Es sind vor allem Bandkeramische Kulturen, die Mitteleuropa besiedeln. Eine der am besten erhaltenen Siedlungen aus der Jungsteinzeit ist bei Vaihingen/Enz freigelegt worden. Sie datiert auf 7 500 vor heute [11]. Dr. S. Hönscheidt (ehemalige Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Geographie) war an der Bearbeitung und Auswertung der Grabung beteiligt, und zwar an der Rekonstruktion der jungsteinzeitlichen Umweltverhältnisse. Aus reliktschen Böden und Sedimenten und ihrer multiplen Analyse lassen sich Aussagen über paläoökologische Verhältnisse treffen und der damals einsetzende anthropogene Landschaftswandel analysiert werden [12]. Auffällig waren die sehr dunklen, teils schwarzen Bodenrelikte im Grabungsfeld, die an Steppenschwarzerden der Ukraine oder amerikanischer Prärien erinnern (Abb. 14, 15). Die Untersuchungen zeigten, dass der neolithischen Besiedlung ein Steppenklima mit Schwarzerdebildung vorausging und sich in abgeschwächter Form in den südwestdeutschen Beckenlandschaften erhielt. Grau- und Braunhuminsäure-reiche Böden und ihren kaltzeitlichen Löss-Beimengungen sind als ein wesentlicher Grund für die weit überdurchschnittliche, nachhaltige Fruchtbarkeit zu sehen, die die Grundlage bildete für eine über Jahrhunderte durchhaltende Besiedlung und Nutzung dieses Raumes. Das milde sommerwarme Klima des Atlantikums mit seinen verlässlichen Witterungsverläufen ist verantwortlich für eine hohe agrarische Produktivität und die erfolgreiche Behauptung der Jungsteinzeitlichen Kulturen in Mitteleuropa.

Im Rahmen eines DFG-Projektes untersuchen Dr. Ursula Maier und Dipl.-Geogr. Richard Vogt in Zusammenarbeit mit dem Landesdenkmalamt Stuttgart siedlungsarchäologische Fragestellungen im Bodensee- und Federsee-Gebiet/Oberschwaben. Auch hier steht das Klima des Neolithikums, die Rekonstruktion der Lebensbedingungen und die anthropogene Landschaftsentwicklung im Vordergrund detaillierter und systematischer Untersuchungen [13].

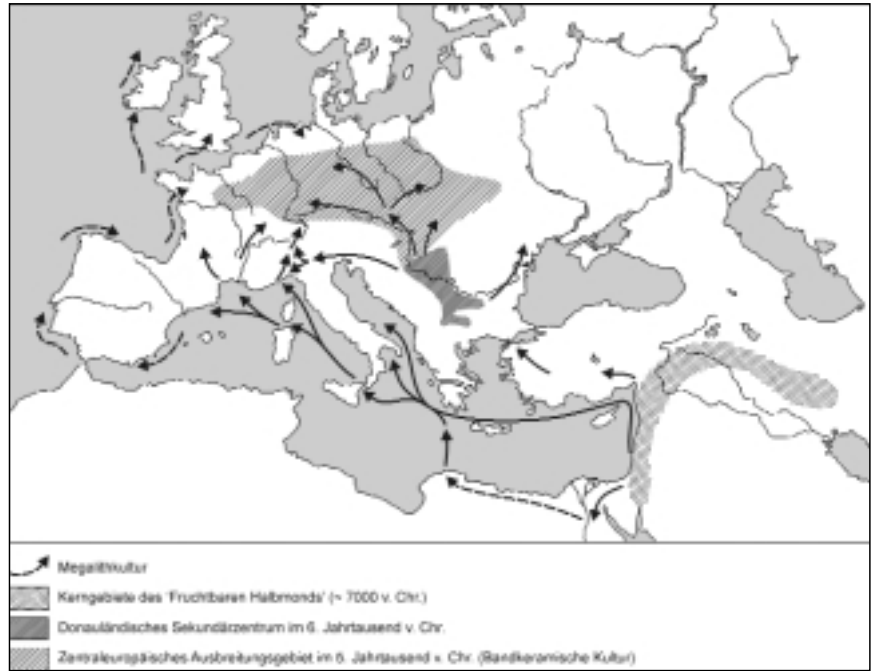


Abb. 11: Entstehungsgebiete bäuerlicher Wirtschaftsformen im Bereich des ‚Fruchtbaren Halbmonds‘ (etwa 7 000 v. Chr.) und Ausbreitung der Bandkeramischen Kultur in Zentraleuropa – 5. Jahrtausend v. Chr. (verändert aus H. Müller-Beck, 1983 (10)).



Abb. 12: Großsteingräber in heutigen Heidelandschaften Niedersachsens sind selten Kultstätten oder ‚Fürstengräber‘, sondern jungsteinzeitliche Bestatungsplätze einer sesshaften Bauernkultur.



Abb. 13: Das von Mythen umrankte Megalith-Kunstwerk von Stonehenge (Süd-England) steht sinnbildlich für die Vitalität seiner Schöpfer: Eine darbenende Agrargesellschaft wird kaum die erforderlichen überschüssigen Kräfte mobilisieren können, den Ferntransport gigantischer Gesteinsblöcke (über mehr als 200 Kilometer) zu leisten. Immerhin waren an Steigungen geschätzt etwa 1 000 Mann nötig, um die Riesensteine auf Schlitten über Steigungen zu ziehen. Das damalige landwirtschaftliche Produktionsklima muss sehr günstig, längerfristig stabil und damit berechenbar gewesen sein. Die Funktion der Steinsetzung ist noch unbekannt. Vielleicht war es ein Kalender zur Bestimmung zum Beispiel optimaler Saatzeiten und zeitgleich Kultstätte zur Beschwörung anhaltender Fruchtbarkeit.



Abb. 14: Freigelegte Palisadengräben markieren die Befestigung der neolithischen Siedlung Vaihingen/Enz (Kreis Ludwigsburg). Auffällig sind die dunkelhumosen Bodenfarben, die an fruchtbare Steppenschwarzerden erinnern.



Abb. 15: Eines von mehr als hundert Skeletten, die im Graben der bandkeramischen Siedlung Vaihingen/Enz gefunden wurden. Die große Zahl deutet auf eine längere Siedlungskontinuität hin.

Eine andere Entwicklung als im südlichen Deutschland nahmen die ebenfalls im Atlantikum besiedelten Gebiete auf den sandigen Gletscherablagerungen Niedersachsens und Schleswig-Holsteins. Die im Klimaoptimum auch optimalen Lebensmöglichkeiten dokumentieren sich in den oben angesprochenen Großsteingräbern, die meist nicht als Kultbauten einzustufen sind, sondern als Bestattungsorte, die eine Siedlungskontinuität in unmittelbarer Nähe dokumentieren (Abb. 12). Zahlreiche Heidestandorte Nordwestdeutschlands entstanden bereits früh als Folge von jungsteinzeitlicher Übernutzung und erntebedingter Auslaugung ehemaliger Laubwaldböden. Aufgrund ihrer quarzreichen, sandig-kiesigen Ausgangssubstrate waren sie weit weniger ‚nachhaltig‘ in ihrer Fruchtbarkeit als die löss-bürtigen Schwarzerden und Parabraunerden südwestdeutscher Becken- und Tallandschaften. Verheidung und Podsolierung (grau-weiße Bleicherde) beendete die landwirtschaftliche Nutzung primär günstiger, leicht zu bearbeitender Sandböden.

Fazit: Generell lässt sich betonen, dass die klimatische Gunstperiode und in ihrem Gefolge das gesamte paläoökologische Milieu verantwortlich war für die weitreichende Ausbreitung neolithischer Kulturen. Die damalige, rein auf physisch-geographische Parameter (klimatische Gunst und nachhaltig fruchtbare Böden) gestützte agrarische Tragfähigkeit ermöglichte bereits vor mehr als sechstausend Jahren auch die intensive Besiedlung peripherer Räume wie Irland, Schottland und der Hebriden-Inseln. Das postglaziale Wärmeoptimum mit seinen etwa 2°/2,5°C höheren Jahrestemperaturen und regional deutlich höheren Niederschlägen hatte globale Auswirkungen. Die Waldgrenze auf der Nordhalbkugel (Borealer Nadelwaldgürtel Kanadas und Skandaviens/Sibiriens) war um 300 – 400 Kilometer nach Norden verschoben, die asiatischen Steppenareale waren geschrumpft. Die Wüsten der Erde hatten ihre kleinste Ausdehnung, die Hochgebirge ihre geringste Vergletscherung. Dies wird auch durch den sensationellen Fund des ‚Mannes vom Hauslabjoch‘ (‚Ötzi‘, 1991) untermauert: Zu dessen Lebzeiten war Transhumanz praktiziert worden, das heißt in den Sommermonaten wurden vom heutigen Südtirol aus Weidegebiete oberhalb der Waldgrenze genutzt. (Schmalstaler Bauern üben noch heute traditionelle Weiderechte nördlich des Al-



Abb. 16: ‚Ötzi‘, der ‚Mann vom Hauslabjoch‘ (Öztaler Alpen) wurde bei einem sprunghaften Klimawechsel (= Ende des postglazialen Wärmeoptimums) vor 5 300 Jahren in einer Firnschnee-/Firneisdecke eingebettet, sein Körper darin dehydriert und bis zum Jahr 1991 konserviert.

penhauptkammes im Ötztaler Gebiet aus und treiben ihre Schafherden über vereiste Joche.) Auch das alpine Neolithikum zu Zeiten des ‚Ötzi‘ war durch deutlich verringerte Vergletscherung gegenüber heute und eine um 200 – 300 Meter höhere Waldgrenze (bis 2 300 Meter ü. NN) klimatisch zu charakterisieren. Die natürlichen Bedingungen erlaubten somit eine offensichtlich unproblematische saisonale Nutzung der oberen alpinen Höhenstufen. Funde von datierten Brandhorizonten belegen eine Nutzungstätigkeit an der oberen Waldgrenze zur Zeit des neolithischen Wärmeoptimums.

‚Ötzi’s‘ Tod - abruptes Ende der nacheiszeitlichen Klimagunst

Der mit immer neuen Spekulationen kommentierte Tod des ‚Ötzi‘ vor 3 300 Jahren v. Chr. lässt sich als frappierendes Klimazeugnis interpretieren: Entgegen immer wieder kolportierten Berichten, der Mann sei in einen Gletscher gefallen, ist festzuhalten, dass er auf einem Joch starb – einem eisfreien Sattel in der Nähe von Vent /Ötztaler Alpen. Der Tod auf einem Gletscher oder in einer Gletscherspalte hätte den sensationellen Fund einer neolithischen Mumie unmöglich gemacht. Die Leiche wäre längst mit der Gletscherbewegung abtransportiert worden und spätestens in einer Moräne verwest. Der ‚Eismann‘ wurde (geschwächt, gesundheitlich angegriffen, im Kampf verletzt?) möglicherweise Opfer eines Schneesturms, zumindest aber in einer

Schneedecke eingebettet. Sein Tod vor 5 300 Jahren bestätigt einen sprunghaften Klimawechsel, der das postglaziale Wärmemaximum schlagartig beendete. ‚Ötzi‘ wurde in einer wachsenden Schnee- und Firndecke konserviert, sein Körper durch Sublimationsprozesse dehydriert und damit mumifiziert (Abb. 16). Ohne zwischenzeitlich länger wieder aufgedeckt zu werden – dann wäre die Leiche zerfallen –, überdauerte der ‚Eismann‘ mehr als fünf Jahrtausende, bis durch die aktuelle klimatische Erwärmung die abtauernde Firnkappe am Hauslabjoch die Mumie wieder freigab. Paläobotaniker hatten bereits früher auf Grund von Pollenanalysen eine Klimaveränderung (Abkühlung) für den genannten Zeitraum begründet, die so genannte ‚Piora-Schwankung‘. Mit der ¹⁴C-Datierung am ‚Eismann‘ wird das Datum bestätigt. Die angesprochenen Umstände seiner Konservierung belegen, dass hier ein abrupter Klimawechsel eintrat.

gional verursachen Missernten gravierende Versorgungsprobleme. Möglicherweise sind die Folgen der Klimaverschlechterung aber auch ein Stimulanz für technologische Fortschritte in der Bronzezeit.

Vielfältige geographische Untersuchungen und Datierungen vor allem in der Zentral- und Ostsahara belegen ein Ende der Feuchtperiode und damit der ‚Grünen Sahara‘ ebenfalls um die Zeit 5 200 Jahre vor heute – entsprechend der Piora-Schwankung in den Alpen (s. oben). Wüstenhafte Verhältnisse breiten sich auf verschiedenen Kontinenten erneut aus. Es entwickelt sich der ungefähr heutige Stand der Wüstengrenzen (s. Abb. 10). Das nördliche Afrika erlebt in der Folge der Aridisierung das Aufblühen einer Hochkultur vor allem in Ägypten: ‚Wüstenflüchtlinge‘ entdeckten die Möglichkeiten sesshaften Bewässerungs-Ackerbaus in der hydrologisch verlässlichen Nil-Oase. Vielleicht stimulieren die veränderten Klima- und Lebensraumbedingungen auch hier die Innovationsfähigkeit und den technologischen Fortschritt. In der Zeit um 3000 v. Chr. entstehen die ersten Pyramiden – Gigantismus als Ausdruck von Überschuss?

Römerzeitliches Klimaoptimum **(2 300 – 1 600 Jahre vor heute)**

Auffällig ist im weiteren Verlauf der klimatischen Entwicklung ein zyklisches Auf

und Ab der Temperaturkurve im Abstand von einigen hundert Jahren. So lässt sich die Ausdehnung des Römischen Imperiums zumindest teilweise durch eine klimatisch günstige Situation unterstützen: Die Jahresmitteltemperatur in Europa ist 1 – 1,5°C höher als heute. Die Expansion des Imperium Romanum wird erleichtert, indem beispielsweise die Alpenpässe auch im Winter benutzt werden können. (Hannibal überquerte 217 v. Chr. mit 38 000 Mann Fußtruppen, 8 000 Reitern und 40 Elefanten die Alpen.) Die Römer kolonisierten Süd- und Südwestdeutschland. Wie im Neolithikum waren die Beckenlagen und Flussläufe bevorzugte Siedlungsbereiche. Es kam zu Städtetründungen (Trier als älteste Stadt Deutschlands) – ein Hinweis auf eine leistungsfähige Landwirtschaft und eine leistungsfähige Infrastruktur auch in peripheren Lagen (Kontaktachsen mit Rom).

Im Jahr 54 v. Chr. gelang die römische Invasion in Britannien. Die Römer führten den Weinbau in England ein – ein deutliches Signal für ein damals wärmebegünstigtes Klima. Der Handel Nord-Süd florierte ebenso wie der West-Ost-Handel über die Seidenstraße, die dank entsprechender Versorgungsmöglichkeiten (Wasser, Agrarprodukte) bis 400 n. Chr. aktiv war. Klimatisch herrschten berechenbare, stabile Verhältnisse, wenig die Versorgung beeinträchtigende Variabilität (Abb. 17).

Vertreibung aus dem Paradies?

Es liegt nahe, solche paläoklimatischen Befunde mit prähistorischen oder historischen Überlieferungen und Ereignissen abzugleichen. Das postglaziale Wärmeoptimum hat zweifellos der Kulturgeschichte entscheidende Impulse gegeben und völlig neue Entwicklungen in Gang gesetzt. Gern wird deshalb von der ‚Neolithischen Revolution‘ gesprochen, wenn die Erfindung des sesshaften Ackerbaus gemeint ist. Die wahrhaft günstigen Lebensmöglichkeiten, die hier nur exemplarisch angedeutet werden konnten, sind möglicherweise dem biblischen Paradies gleichzusetzen, einer Leichtigkeit des Lebens: Die Mythologie der Antike kennt beispielsweise den Garten Eden, das Elysium oder das ‚Goldene Zeitalter‘. Es ist sicherlich nicht allzu gewagt, hierin eine Übereinstimmung mit dem Klimaoptimum des Holozäns zu sehen, dessen Ursache in erster Linie mit der Konstellation der Erdbahnparameter erklärt werden kann (Sonnenwinkel, Energieeinstrahlung, Selbstverstärkungseffekte). Mit dem Ende dieser paradiesischen Epoche geht der Globus wieder der nächsten Eiszeit entgegen, jedoch nicht geradlinig, sondern auf einer seichten klimatischen Achterbahn mit Temperaturamplituden von nur 1 – 2°C, aber beträchtlichen Folgen. Um im Bild zu bleiben – es ist die ‚Vertreibung aus dem Paradies‘.

Klimapessimismus der Bronzezeit **(3 200 – 2 600 vor heute)**

Auf die nacheiszeitliche Wärmezeit folgt eine ausgeprägte Kaltepoche – zumindest in Europa: die Bronzezeit. Die Jahresmitteltemperatur ist 1–2°C niedriger als heute. Es ist die kälteste Periode seit dem Ende der Würm-Kaltzeit. Verbreitet stoßen die alpinen Gletscher weit vor. Re-



Abb. 17: Das römische Weinschiff von Trier: Ausdruck einer klimatisch begünstigten Überfluss-Gesellschaft, der ‚fun‘ und ‚wellness‘ nicht fremd war.

Zeit der Völkerwanderungen: Klimapessimum (3. – 6. Jahr- hundert n. Chr.)

Die Klimaschaukel neigt sich wieder zur anderen Seite: Anschließend an das römische Optimum zieht ein kühles, stark wechselhaftes Klima in Süd- und Mitteleuropa ein. In den Alpen wachsen die Gletscher; römische Straßen und Goldgruben werden zerstört. Ebenfalls sinkt in Folge der Klimaverschlechterung die Baumgrenze. Europäische Küsten erleben eine Zeit heftiger Sturmfluten und geomorphologischer Veränderungen. Gletscher als sehr sensible Klimaindikatoren signalisieren auch hier mit ihren Vorstößen die klimatische Veränderung.

In Nord- und Nordwesteuropa stellen sich auf Grund von Ernteausfällen gravierende Versorgungsprobleme und Hungersnöte ein. Letztere geben sehr wahrscheinlich den entscheidenden Anstoß für eine Nord-Süd-, West- und Südwest-Wanderung ganzer Volksstämme. Ab 300 n. Chr. bestimmen sinkende Temperaturen und Trockenheit das ‚Pessimum der Völkerwanderungszeit‘. Für 270 n. Chr. werden Abkühlung und Aridisierung auch aus Italien, Arabien und Innerasien berichtet [14]. Zwischen 300 und 400 n. Chr. lassen Dürreperioden den Handel über die Seidenstraße zum Erliegen kommen; sie verfällt [15]. Die zeitgleichen Hunnen-Einfälle in Europa, die häufig (und wohl fälschlich) als Auslöser der Völkerwanderungen gesehen werden, könnten selbst wiederum klimatisch mit verursacht worden sein, und zwar durch die Austrocknung der Weideflächen in Zentralasien. Kunde über üppigere Weidemöglichkeiten im regenreicheren Westen Europas dürfte über die Seidenstraße verbreitet worden sein. In den Hunnen-Ein-



Abb. 19: Die Stadt Rothenburg o.d.T. und der Regensburger Dom stehen für das aufblühende mittelalterliche Städtewesen und das ‚Himmelstreben‘ der gotischen Architektur – Sinnbild einer klimatisch verwöhnten, äußerst produktiven Agrarwirtschaft im Umland der Städte.

fällen ist ein weiterer Dominoeffekt im Prozess der Völkerwanderung zu vermuten, nicht aber die Ursache. Sie liegt in einer klimatisch begründeten physischen und sozialen Krise.

Mittelalterliches Wärmeoptimum (1 000 – ca. 1 230 n. Chr.)

Mit Annäherung an die Gegenwart werden die Zeugnisse für klimatische Fluktuationen und ihre Rekonstruktion verständlicherweise etwas häufiger und präziser. Nach der schwierigen Ära Karls des Großen steigen die mittleren Temperaturen im Vergleich zu heute um 1,5 – 2°C. Die Anbaugrenzen in den deutschen Mittelgebirgen reichen ca. 200 Meter höher als gegenwärtig. Es beginnt damit die ei-

gentliche Erschließung dieser Räume beziehungsweise Höhenstufen. Vom 11. bis zur Mitte des 14. Jahrhunderts erlebt die Kulturlandschaft Deutschlands ihre bisher größte Ausdehnung und höchste Bevölkerungsdichte. Der Flächenanteil des Waldes geht unter 20 Prozent zurück. Ackerflächen und insbesondere das Dauergrünland nehmen entsprechend zu (Abb. 18).

In den Altsiedelgebieten erfolgen vermehrt Städtegründungen. Das mittelalterliche Wärmeoptimum ermöglicht aufgrund idealer und nachhaltiger agrarischer Produktionsbedingungen die Versorgung einer wachsenden städtischen Bevölkerung und damit auch den Ausbau von Handel und Gewerbe. Ausdruck einer leistungsfähigen, Überschuss erzeugenden Gesellschaft sind meines Erachtens Bauweise und Stil der Gotik. Eine himmelstrebende, aufwändige Architektur, ausgeführt mit handwerklicher Perfektion, erscheint sinnbildlich für die physische Gunst und damit für die Vitalität, Kreativität und Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in dieser Zeit (Abb. 19).

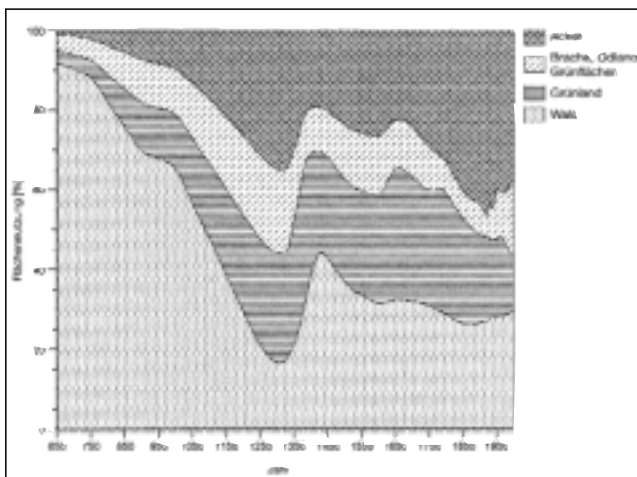


Abb. 18: Wandel der Landnutzung in Deutschland seit der Zeit der Völkerwanderung. Bemerkenswert ist die drastische Entwaldung zu Gunsten von Acker, Weideland und Energiegewinnung vor allem im Mittelalter. In Folge der ‚Kleinen Eiszeit‘ und den damit verbundenen Hungersnöten, Pestepidemien führen die Bevölkerungsverluste zu Siedlungsaufgaben, Rückgang der Ackerflächen und einer Regeneration der Waldgebiete (aus Bork et al. 1998(16)).

Es stellt sich die grundsätzliche Frage, der wir an unserem Institut in einigen Projekten nachgehen, ob solche in ihrer thermischen Amplitude kleinen Klimafluktuationen auch globale Reichweiten haben. Als Exkurs sei auf zwei Befunde aus unseren Arbeitsgebieten in Namibia und in der Antarktis hingewiesen. Abbildung 20 zeigt einen noch gefrorenen See an der Nordspitze der Antarktischen Halbinsel. In der Südsommerzeit taut er bis zu zwei Meter Tiefe auf. Darunter liegt eine ca. sechs Meter dicke Eisschicht. Eine Bohrung im Jahr 1987 lieferte organisches Material von der Basis des Eises, also vom ehemaligen Seeboden. Eine ^{14}C -Datierung ergab ein Alter von etwa 1 000 Jahren vor heute. Dies bedeutet, dass zur mittelalterlichen Ablagerungszeit der organischen Sedimente der See im Sommer bis zur Sohle aufgetaut gewesen sein muss, das damalige (Sommer-)Klima bei ca. 63° südlicher Breite also deutlich wärmer war. Auch in der Hohen Arktis Spitzbergens schmelzen die Gletscher in diesem Zeitraum zurück (s.

Abb. 2) – ein Hinweis auf die mögliche globale Ausdehnung der mittelalterlichen Wärmeperiode.

Wärmegunst auch in hohen Breiten

Dieser mittelalterliche Temperaturanstieg erlaubte Weinbau nun auch in klimatisch bisher ungeeigneten Lagen Ostpreußens, Pommerns oder Südschottlands. In Norwegen war zu dieser Zeit Getreideanbau bis in 65° nördlicher Breite möglich. Periphere Ungunstgebiete hoher Breite wie Island und Grönland (nomen est omen!) wurden jetzt durch die Wikinger besiedelt. Auf dem randpolaren Island wuchsen damals Wälder. Das neue Klimaoptimum gestattete dort neben der Schafzucht auch Getreideanbau.



Abb. 20: Blick aus dem Hubschrauber auf die Nordspitze der Antarktischen Halbinsel, ca. 1 300 Kilometer Luftlinie von Feuerland (Südamerika) entfernt. Oberhalb der argentinischen Station Esperanza ist ein gefrorener See erkennbar (s. Pfeil; Aufnahme Okt. 1987).

Mittelalter: Regen in der Namib?

Ein weiteres Beispiel für eine mittelalterliche Klimaschwankung stammt ebenfalls von der Südhalbkugel, und zwar aus der Skelettküsten-Wüste Namibias. Bei unseren geomorphologisch-paläoökologischen Untersuchungen in einem der extremsten Abschnitte der Namib fielen zahlreiche – wohl mehrere hundert – unterschiedlich gut erhaltene Steinsetzungen auf (Abb. 21). Es sind Siedlungsspuren aus groben Geröllen oder Blockwerk auf einem vorzeitlichen Schwemmfächer eines ehemals geröll- und wasserreichen Flusses. Die runden Steinsetzungen von $< 2,0$ bis $> 3,0$ Meter Durchmesser sind Begrenzungssteine kuppelförmiger oder spitzer Schutzhütten, die von Wildbeutern aus dünnen Stämmen oder dem Geäst von Sträuchern errichtet und mit Fellen oder Buschwerk bedeckt wurden. Die nomadisierenden Buschleute in diesem gegenwärtig äußerst lebensfeindlichen Raum hatten sich gegen den scharfen, kühlen Südwestwind vom kalten Bequela-Strom zu schützen. Zu jeder Hütte gehörte eine kleine Feuerstelle. Die bisher einzige ^{14}C -Datierung an Holzasche und Knochen erbrachte ein Alter von knapp 1 000 Jahren vor heute. Das entspricht der Zeit des hochmittelalterlichen Klimaoptimums in Europa [18]. Die Beobachtung vergangenen Lebens in gegenwärtig fast steriler Umgebung ohne Bäume, Sträucher und Gräser wirft die Frage auf, ob dieser Raum damals unter geänderten Klimabedingungen üppigeres Pflanzenleben für Tier und Mensch zu bieten hatte. Es ist kaum vorstellbar, dass die Jäger und Sammler das Holz für ihre Hütten über weite Strecken mit sich führten. Selbst wenn die Wildbeuter hier in Atlantiknähe vor allem Muscheln gesam-

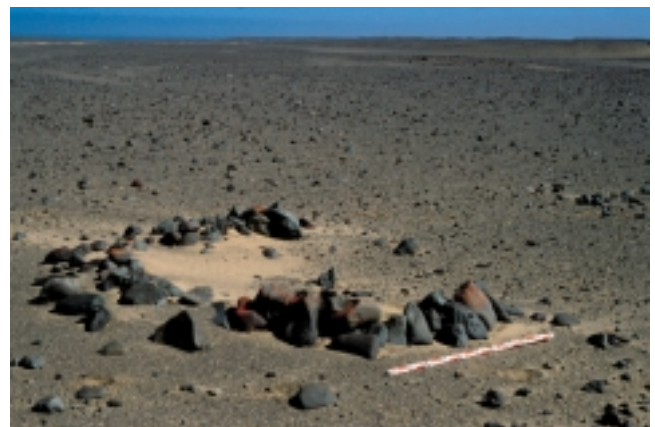


Abb. 21: Reste früherer Buschmann-Hütten in der heutigen Vollwüste (Skelettküste/Namibia). Der beigelegte Maßstab ist zwei Meter lang. Der Wuchs großer roter Flechten deutet ein hohes Alter der Steinsetzung an (Aufnahme 1999).

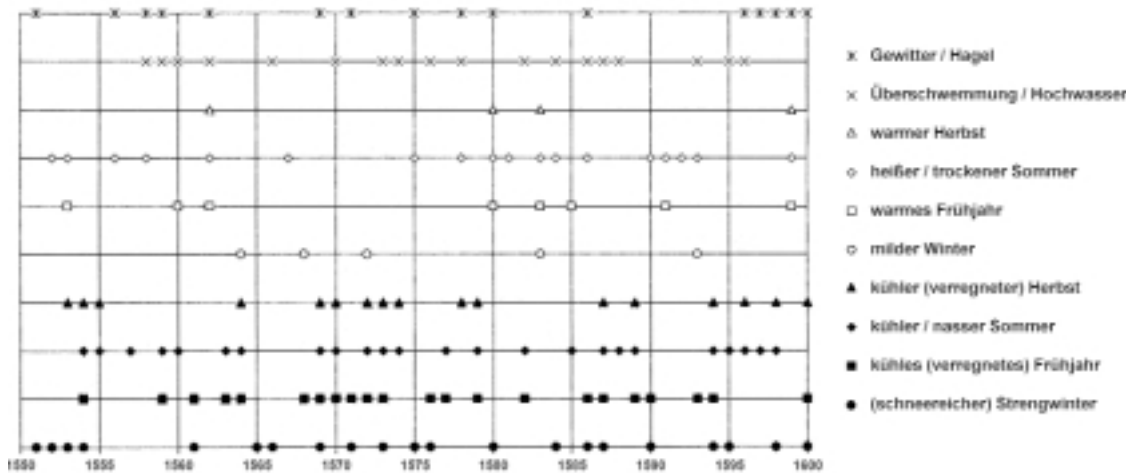


Abb. 22: Die Rekonstruktion von Witterungsereignissen im 16. Jahrhundert zeigt, dass Deutschland in der ‚Kleinen Eiszeit‘ immer wieder von mehrjährigen Phasen besonders schlechter Witterungsabläufe heimgesucht wurde. Hungersnöte führten vermehrt zu Auswanderungen. (aus B. Hummler, 1993(17)).

melt, vereinzelt Robben geschlagen und von Seevögeln gelebt haben – es muss zumindest Buschwerk vorhanden gewesen sein zum Hüttenbau.

Im vergangenen Jahr entdeckten wir beiläufig in einem riesigen Sanddünengebiet mit zehn bis 25 Meter hohen Dünen, ca. acht Kilometer vom Atlantik entfernt, eine wiederaufgedeckte Feuerstelle mit Knochenresten, Holzkohle, Keramikscherven und Straußeneierschalen. Die Bestimmung der Knochenreste durch Dr. D. Mörke (Staatliches Museum für Naturkunde, Stuttgart) zeigte, dass hier Antilopen verzehrt wurden (Springbock und Oryx-Antilope) – keine Meerestiere, wie zunächst vermutet. Die Altersbestimmung an diesem Fund ist noch nicht abgeschlossen. Der Befund stützt die genannte Hypothese einer ehemaligen savannenartigen Vegetation in diesem Raum, zumindest in der Nähe der Gerinnebetten. Das bedeutet entsprechend hohe Niederschläge zumindest im Einzugsgebiet des Uniab-Flusses, der als Fremdlingsfluss sicherlich regelmäßiger durch das Wüstengebiet geflossen ist als heute, so dass sich eine Galeriewaldartige Begleitvegetation mit Graswuchs eingestellt hat. Möglicherweise fielen auch flächenhaft innerhalb der heutigen Extremwüste, wo gegenwärtig im Jahresmittel weniger als 20 Millimeter Regen fallen, ausreichend hohe Niederschläge für eine Strauch- oder Trockensavanne.

Die aufgeführten Einzelbefunde sind noch kein Beweis für eine weltweit wirkende Klimafluktuation, sondern nur ein Hinweis. Es wird vielleicht deutlich, wie diffizil sich eine paläoklimatische ‚Spuren-sicherung‘ gestaltet, da ein Klimatyp sich

nicht unmittelbar in eindeutigen Relikten dokumentiert, sondern indirekt erschlossen werden muss.

Neuzeitliches Klimapessimismus: Die ‚Kleine Eiszeit‘ (ab 1330; vor allem 1550 – 1850 n. Chr.)

Bereits Anfang des 14. Jahrhunderts kann man den Beginn der sogenannten ‚Kleinen Eiszeit‘ ansetzen – einen erneuten Klimawandel zu kaltem, wechselhaftem Klima mit entsprechend negativen Auswirkungen auf den wirtschaftenden Menschen. 1313 bis 1319 stellten sich Extremereignisse mit Überschwemmungen ein. 1342 kam es zu einer ungeheuren Hochwasserkatastrophe in Mitteleuropa, verbunden mit einer beträchtlichen Umgestaltung der Kulturlandschaft durch Bodenerosion [16]. Während einer außergewöhnlichen Wetterlage generiert sich aus einem mehrtägigen wolkenbruchartigen Dauerregen eine ‚Jahrtausendflut‘. Der Bodenabtrag auf den Nutzflächen ist gewaltig. Man schätzt, dass auf dieses eine Ereignis die Hälfte des gesamten Bodenverlustes der letzten 2 000 Jahre entfällt. Im Gefolge dieser Entwicklung treten Pestepidemien (zwischen 1347 und 1352) auf – die Bevölkerung ist auf Grund der Mangelversorgung durch die Klimakrise geschwächt und für Seuchen disponiert. Zusammen mit den Opfern der Hungersnöte reduziert sich die Bevölkerung um mehr als 40 Prozent. Mitteleuropa erlebt einen zivilisatorischen Rückfall mit Aberglauben und Hexenverfolgung.

Krise und Auswanderung

Vor allem vom 16. bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts lassen sich kräftige Gletschervorstöße in den Alpen registrieren (s. Abb. 26). Die Waldgrenze sinkt wieder spürbar ab. Der Höhepunkt der Entwicklung wird in Mitteleuropa um 1640 erreicht, zur Zeit des 30-jährigen Krieges. Vor allem Süd- und Südwestdeutschland leidet unter häufigen Missernten durch nasskalte Sommer und extreme Jahreszeitenausprägungen (Abb.22). Das Getreide reift nicht mehr aus, die Ernte verfault, Mehltau- oder anderer Pilzbefall beeinträchtigt das Erntergebnis, Teile der Bevölkerung werden durch Mutterkornvergiftungen betroffen.

Unmittelbare Folgen der Agrarkrise sind Wüstungen in Mittelgebirgen; die Höhenlandwirtschaft wird aufgegeben. Mit der Abwanderung der Bevölkerung in die Städte verschärft sich dort, wie auch auf dem Lande, die Versorgungslage (Mangelernährung, Hygiene-Probleme). Getreide wird sehr knapp und damit teuer [17, 20]. Mitteleuropa erlebt einen weiten drastischen Bevölkerungsrückgang um 30 – 40 Prozent und Auswanderungswellen in die Neue Welt.

Im nördlichen Europa erreicht die so genannte Kleine Eiszeit ihren absoluten Höhepunkt um 1680 – 1700 mit schlechten Getreideernten in Schottland, Irland, Skandinavien und dem Baltikum. Während der Renaissance werden in Italien zum Teil die Loggien verbaut. Im Nordatlantik nimmt die saisonale Eisbedeckung wieder zu. Grönland wird vom Mutterland abgeschnitten. Die Inuits verdrängen die Wikinger, übernehmen deren Siedlungen. Island wird zunehmend vom Packeisgürtel blockiert (Abb. 23).



Abb. 23: Die Apokalyptischen Reiter von A. Dürer stehen sinnbildlich für die neuzeitliche Klima- und Lebenskrise der ‚Kleinen Eiszeit‘: Hungersnot, Pest, Krieg, Tod.

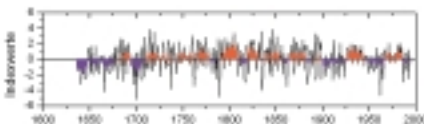


Abb. 24: Rekonstruktion der Temperaturen von August und September für Ost-Tibet anhand der maximalen Spätholzdichte von Fichten. (Die beprobten Bäume wachsen in über 4 400 Meter Höhe nahe der Waldgrenze.) Gefüllte Kurven stellen das fünfjährige Mittel dar. Blaue Bereiche sind kühler, rote Bereiche wärmer als das langjährige Mittel. (Entwurf A. Bräuning, 2002)

Innerhalb der ‚Kleinen Eiszeit‘ (1550 – 1850) treten auch mildere Abschnitte und sogar sehr warme Einzeljahre auf. Klimatisch ist die Phase durch eine große Variabilität und damit durch ein großes Produktivitätsrisiko gekennzeichnet. Variabilität bedeutet damit (gegenüber stabilen, ‚berechenbaren‘ Klimasituationen, s. oben) Lebensbedrohung und Zukunftsangst. Spontane wie auch prophylaktische Auswanderungswellen in die ‚Neue Welt‘ sind die verständliche Folge. In das Klimapessimum der Kleinen Eiszeit fallen zusätzliche Extremereignisse, die die Versorgungssituation verschärfen, zum Beispiel Vulkanausbrüche 1812–1817 in Indonesien. 1815 explodierte der Vulkan Tambora. Der um den Globus ziehende gewaltige Aschenauswurf bescherte Teilen der Welt ein ‚Jahr ohne Sommer‘.

Hochasien – Jahresringe als Klimazeiger

Ein weitere Ergänzung der ‚klimatischen Spurensuche‘ für eine global wirksame Klimaverschlechterung der Neuzeit findet sich auch in Teilen Hochasiens. Die Dendrochronologie und -ökologie wird hier als Methode zur Klimarekonstruktion eingesetzt. Dr. Achim Bräuning, wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Physische Geographie in Stuttgart, versucht, über die Analyse von maximalen Spätholzdichten an Bäumen (insbesondere Fichten und Wacholder) die Sommertemperaturen vergangener Jahrhunderte/Jahrtausende in Tibet zu rekonstruieren (Abb. 24). Es zeigt sich, dass die Zeiträume mit den kältesten Sommern während der letzten knapp 400 Jahre in der Mitte des 17. Jahrhunderts und um 1700 auftraten. Jedoch kommen auch um 1780–1790, 1810–1820, 1860–1870, 1905–1920 und 1950–1970 Perioden mit einer erhöhten Häufigkeit kalter Sommer vor. (Es ist denkbar, dass solche kurzen Schwankungen innerhalb einer längeren kühlen Klimaperiode auf Sonnenfleckentätigkeit zurückgeführt werden können.)

Der Beginn der ‚Kleinen Eiszeit‘ lässt sich in Tibet anhand über 1 000 Jahre alter Wacholderchronologien auf etwa 1420 datieren und führte auch in Tibet zu einem verbreiteten Vorstoß der Gebirgsgletscher. Dies dürfte überwiegend auf verminderte sommerliche Abschmelzraten der im Sommerhalbjahr fallenden monsonalen Niederschläge zurückzu-

führen sein. Jedoch stellt sich dieser Zeitabschnitt nicht als in sich einheitliche Periode unterdurchschnittlicher Temperaturen dar, sondern wurde immer wieder durch kurze Phasen erhöhter Temperaturen, wie etwa um 1680–1690 oder 1790–1810, unterbrochen (Abb. 24).

Verschütteter Galeriewald in der Wüste

In unserem südwestafrikanischen Arbeitsgebiet verfolgen wir Fragen zum Phänomen der unstillen Wüstengrenzen und Ökosystemveränderungen in der jüngeren Erdgeschichte im Rahmen internationaler Forschungsprogramme (IGCP: International Geological Correlation Program. Unter dem Leitthema ‚Shifting Desert Margins and Palaeomonsoons‘ laufen entsprechende Untersuchungen auf verschiedenen Kontinenten.) Noch unklar ist, ob das nachfolgende bisher singuläre Beispiel repräsentativ ist und tatsächlich die Reaktion eines Trockengebiets auf eine noch trockenere Klimasituation belegt: Von Vogel und Rust [19] wurde ein ‚in der Kleinen Eiszeit verschütteter Wald‘ am Hoanib-Rivier in NW-Namibia beschrieben. In geschichteten Fluss-Sedimenten gefundene Hölzer erbrachten Alter, die auf eine Verschüttung in der Zeit 1640 – 1720 n. Chr. schließen lassen. Spätestens im 18. Jahrhundert war die Akkumulationsperiode zu Ende. Damit fällt das Ereignis voll in die Zeitscheibe des neuzeitlichen Klimapessimums. Kritiker vermuteten, die datierten Hölzer seien nicht in situ, sondern vom Fluss verlagert – es handele sich wohl nicht um einen am Ort verschütteten Galeriewald. Die paläoklimatische Interpretation der Autoren – eine deutlich verschärfte Trockenheit dieses Raumes während der Kleinen Eiszeit – sei damit nicht zu belegen. Im vergangenen Jahr hat unsere kollegiale Arbeitsgruppe, zu der die Professoren Dr. B. Eitel (Heidelberg) und Dr. K. Hüser (Bayreuth) gehören, diesen schwer zugänglichen Wüstenraum systematisch untersucht. Gefunden wurden fossile Bäume, die heute durch die aktuelle Erosion des episodisch fließenden Flusses exhumiert werden (Abb. 25). Sie waren tatsächlich in situ (stehend an Ort und Stelle ihres Wachstums) von deutlich geschichteten, bis über zehn Meter mächtigen feinkörnigen Flussablagerungen verschüttet worden. Eine erste neue Altersbestimmung an den Hölzern ergab ein Alter von 154+/- 18 Jahre (vor



Abb. 25: Der episodische Hoanib-Fluss in NW-Namibia erodiert gegenwärtig einen Teil seiner eigenen Sand- und Schlammflutablagerungen. Dabei werden Bäume, die vor wenigen Jahrhunderten während der ‚Kleinen Eiszeit‘ in Lebensstellung verschüttet wurden, heute wieder exhumiert. Vorne rechts ist erkennbar, wie ein Ast des Baumes noch in den Sedimentkörper hineinragt (Aufnahme Sept. 2001).

1950) und fällt damit in die letzte Phase der ‚Kleinen Eiszeit‘. Die Sedimente mit ihrer differenzierten Schichtung zeigen, dass hier nicht eine einzige katastrophale Schlammflut diesen fluss-begleitenden Wald verschüttete hat, sondern zahlreiche Einzelereignisse. Der Hoanib hat eine Zeit lang seine schlammigen Sedimente auf seinem Lauf durch die Wüste zum Atlantik absetzen müssen, da sein Wasseraufkommen zum Weitertransport nicht mehr ausreichte. Größere Gerölle fehlen im Sediment, ein Hinweis auf die stark verminderte Schleppkraft. Der Fluss, der heutzutage im Abstand von einigen Jahren zum Atlantik durchbrechen kann, blieb förmlich im Inland Namibias stecken und verschüttete die Landschaft – ein Hinweis auf die Ausweitung von trockenen, wüstenhaften Verhältnissen in kühleren Zeiten.

Neuzeitliches Wärmeoptimum (seit 1850)

Mit dem Jahr 1850 geht die krisengeschüttelte ‚Kleine Eiszeit‘ zu Ende. Zuletzt zwingt die Kartoffelfäule in Irland und Schottland zahllose Menschen zur Auswanderung nach Übersee. Nun lässt nach mehreren Jahrhunderten ein neuer, natürlich bedingter Temperaturanstieg die Gletscher weltweit und deutlich sichtbar abnehmen (Abb. 3, 26). In fast allen Hochgebirgen markieren Endmoränenwälle den Maximalstand des Eisvorstoßes und den Beginn der jüngsten Klimafluktuations (Abb. 26). Für diesen Prozess der Erwärmung und des Eisrückgangs kommt nur schwerlich eine unmittelbar anthro-

Abb. 26: Der Tschierva-Gletscher (Graubünden/Schweiz) zeigt mit seinen Seitenmoränen eindrucksvoll den Stand des Vorstoßes während der Kleinen Eiszeit. Seit etwa 1850 schmilzt der Gletscher, wie die meisten alpinen Tal- und Kargletscher, kräftig zurück.



pogene Verursachung in Betracht. Zwar ist die Entwaldung speziell in Europa im Laufe der vergangenen Jahrhunderte kräftig vorangeschritten, die Folgen der Industrialisierung verbunden mit dem eskalierenden Verbrauch fossiler Brennstoffe und der landschaftsschädigenden, emissionsfördernden Bevölkerungsexplosion dürften aber zu diesem Zeitpunkt noch kein klimasteuerndes Ausmaß erreicht haben. Verantwortlich für das Auftreten der neuen Wärmephase ist wiederum wohl eine der hier beschriebenen klimatischen Wellen, deren Ursachen noch weitgehend unbekannt sind. Weder Sonnenfleckenzyklen noch Vulkanereignisse lassen hier eine überzeugende kausale Verknüpfung erkennen. Eine Steuerungsgröße für derartige klimatische Fluktuationen in den angedeuteten Wellenzyklen könnte in Interaktionen von Meeresströmungen mit arktischen und antarktischen Meereisbedeckungen beziehungsweise Kaltwässern zu suchen sein. Möglicherweise stellt sich eine phasenhafte Ausdehnung respektive Verminderung der saisonalen polaren Meereisdecke ein und

damit eine Abschwächung oder Verstärkung der ozeanischen Zirkulation. Abnehmende Kaltwasserproduktion schwächt den Nachstrom wärmeren Wassers und umgekehrt (Abb. 27). Die Atmosphäre reagiert(e) entsprechend in Form mehr oder minder zyklischer Fluktuationen, die sich in den hier beschriebenen Auswirkungen auf die Kultur- und Siedlungsgeschichte dokumentieren.

trieb des Golfstroms mangels ausreichender Kaltwasserproduktion abgeschwächt werden oder gar zu Erliegen kommen: West- und Nord-Europa könnte seine ‚Fernwärmeheizung‘ einbüßen [21,22]. Dann dürften deutlich kältere und unwirtliche Lebensbedingungen drohen als zu den schlechtesten Phasen der Nacheiszeit – mehr als nur eine ‚Kleine Eiszeit‘.

Zur Zeit untersucht die Stuttgarter Doktorandin Silke Sander im Rahmen eines DFG-Projekts, ob die in West-Spitzbergen bereits sichtbaren geomorphodynamischen Veränderungen - zum Beispiel verstärkte Massenbewegungen an Hängen, Thermoerosion durch Degradierung des Permafrostes - als signifikante Indikatoren für ‚Global Warming‘ in diesem Teil der Arktis zu bewerten sind. Noch fraglich ist, ob die natürliche Erwärmung durch die anthropogenen Einflüsse tatsächlich einen Verstärkungsimpuls erhält oder ob die beobachtbaren Phänomene noch im Rahmen der klimatischen Variabilität liegen.

Keine Rückkehr in die Goldene Zeit

In historischen und prähistorischen Zeiten geringer Bevölkerungsdichte waren wärmere Klimaperioden stets auch Gunstzeiten für die Bevölkerung. Großräumige Veränderungen an der Naturlandschaft (Rodung, Flächenverbrauch, Versiegelung usw.), wie sie vor allem mit der Bevölkerungsexplosion seit Beginn der Industrialisierung in Gang gekommen sind, bringen jedoch für menschliche Lebensräume zwangsläufig eine verstärkte Anfälligkeit gegenüber Naturgefahren mit sich.

Mit dem zusätzlichen anthropogenem Dreh an der Klimaschraube greift der Mensch in ein System ein, dessen Wirkungsweisen und Synergien er noch nicht ausreichend kennt. Was er damit ergänzend bewirkt, ist noch umstritten und spekulativ. Zunächst muss sich jedoch die Menschheit sicherheitshalber auf einen verstärkten Gegensatz zwischen polarer Kaltluft und (noch) wärmerer Mittelbreiten- und Tropikluft einstellen. Das bedeutet für Europa heftigere Stürme, häufigere Starkregen und Überflutungen, zunehmende Massenbewegungen an Tal- und Berghängen und vieles mehr. Die Goldenen Zeiten des Atlantikums kommen nicht wieder: In einer überbevölkerten Welt verkehrt sich zusätzliche Erwärmung in erhöhtes Risiko. Es leben heute zu viele Menschen in gefährdeten Regionen wie in Tiefländern, an eingedämmten Flussläufen, an Küsten, in versiegelten Ballungsgebieten, in engen Gebirgsräumen, großflächig entwaldeten Flachlandschaften usw. – die Betroffenheit gegenüber klimatischen Extremen wächst exponentiell. Es gilt, eine Klimafolgenforschung schneller zu entwickeln und verstärkt geowissenschaftliche Risikoanalyse zu betreiben, um im Verbund mit Ingenieur- wie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften zu wirkungsvollen Vorsorgekonzepten zu finden.

Literatur

- / 1 / J. Imbrie & K. Palmer: Die Eiszeiten. Naturgewalten verändern unsere Welt. – Econ Verlag, Düsseldorf 1981
- / 2 / E. Steitz: Die Evolution des Menschen: Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1993
- / 3 / W. D. Blümel (Hrsg.): Geowissenschaftliche Spitzbergen-Expedition 1990 und 1991 „Stofftrans-

Viel zu wenig Beachtung fand in der Vergangenheit die klimatische Wechselwirkung Ozean-Troposphäre. Der Hauptwärmetransport und globale Energieaustausch geschieht über die ozeanischen Wassermassen und Strömungen. Angetrieben wird ein gigantisches weltweites Konvektionssystem („global conveyor belt“) maßgeblich von der thermo-halinen Zirkulation [22]: Die in den polaren Breiten erzeugten dichten (besonders salzhaltigen und kalten) Wassermassen sinken in tiefere Bereiche des Ozeans ab und müssen durch nachströmende wärmere Oberflächenwässer ersetzt werden. Ein gutes Beispiel dafür ist der eingangs erwähnte Golf-Strom, dessen Ausläufer bis in das Nordpolarmeer reichen, wo auch die Abkühlung des Wassers mit Hilfe der Meereisbildung und Luftmassen erfolgt (Abb. 27). So wird auch heute mit den Szenarien zu ‚Global Change‘ oder ‚Global Warming‘ zunehmend und sicherlich begründet auch die Reaktion des Golfstroms auf eine mögliche, kräftige Erwärmung der Atmosphäre diskutiert.

Sollte die zur Zeit laufende natürliche Klimaerwärmung durch anthropogene Verstärkung (Emissionen, Waldvernichtung usw.) die natürliche Steuerung des Klimasystems abwandeln, könnte der An-

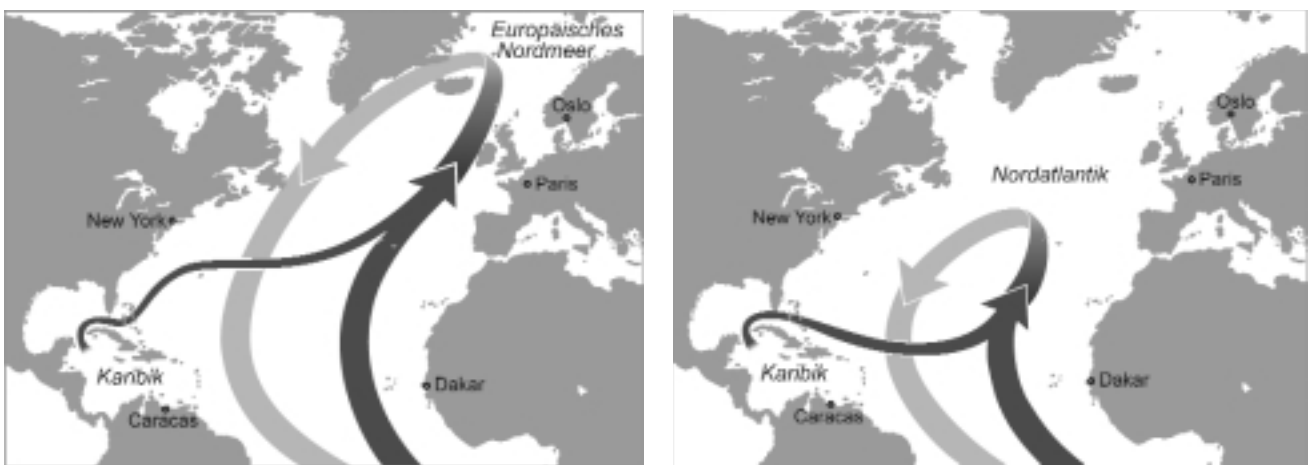


Abb. 27: Der Golfstrom heute (links) und in einer Kaltzeit (rechts): Er ist Teil eines weltumspannenden Konvektionssystems („global conveyor belt“) und sorgt gegenwärtig bis in hohe Breiten für ein relativ mildes Klima. Während der Kaltzeiten endete der Golfstrom wesentlich weiter südlich.

porte Land – Meer in polaren Geosystemen“. – Stuttgarter Geographische Studien, Bd. 117, Stuttgart 1992

/ 4 / W. D. Blümel (Hrsg.): Geowissenschaftliche Spitzbergen-Expedition 1990 – 1992 (SPE 90 – 92) – Liefde-, Wood- und Bockfjord / NW-Spitzbergen. – Zeitschr. F. Geomorphologie N. F., Suppl.-Bd. 97, Stuttgart 1994

/ 5 / Der Spiegel 1999

/ 6 / T. C. Whitmore: Tropische Regenwälder – Eine Einführung. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1993

/ 7a/W. D. Blümel, B. Eitel & A. Lang: Dunes in south-eastern Namibia: evidence for Holocene environmental changes in the southwestern Kalahari based on thermoluminescence data. – In: Palaeo 138, 1998, S. 139-149

/7b/ B. Eitel, W. D. Blümel & K. Hüser: Environmental transition between 22 ka and 8 ka in monsoonally influenced Namibia – A preliminary chronology. – Z. Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd. 126, Berlin/Stuttgart 2002

/ 8 / S. Kröpelin: Zur Rekonstruktion der spätquartären Umwelt am Unteren Wadi Howar (Südöstliche Sahara / NW-Sudan). – Berliner Geographische Abhandlungen, H. 54, Berlin 1993

/ 9 / H.-J. Pachur: Vergessene Flüsse und Seen in der Ostsahara. – In: Geowissenschaften. Jg. 5, H. 2, 1987, S. 55-64

/10/ H. Müller-Beck (Hrsg.): Urgeschichte in Baden-Württemberg. – Theiss-Verlag, Stuttgart 1983

/11/ R. Krause: Die bandkeramischen Siedlungen bei Vaihingen an der Enz, Kreis Ludwigsburg (Baden-Württemberg), Verlag P. v. Zabern, Mainz 1998

/12/ S. Hönscheidt: Holozäne Bodenbildung, Bodenabtrag und Akkumulation am Beispiel bandkeramischer Siedlungsreste bei Vaihingen / Enz (nordwestlich von Stuttgart) – Stuttgarter Geographische Studien, Heft 132, Stuttgart 2002

/13/ U. Maier & R. Vogt: Siedlungsarchäologie im Alpenvorland VI. Botanische und pedologische Untersuchungen zur Ufersiedlung Hornstaad-Hörnle IA. – K. Theiss Verlag, Stuttgart 2001

/14/ U. Dolecek: Völkerwanderungen – Folge klimatischer Veränderungen? (unveröff. Staatsexamensarbeit, Stuttgart 1999)

/15/ H. H. Lamb: Klima und Kulturgeschichte. Rowohlt Verlag, Reinbeck b. Hamburg, 1989

/16/ H.-R. Bork, H. Bork, C. Dalchow, B. Faust, H.-P. Piorr, T. Schatz: Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. – Klett-Perthes Verlag, Gotha / Stuttgart 1998

/17/ B. Hummler: Zusammenhänge zwischen Witterung und Kulturgeschichte am Beispiel Bietigheim im Zeitraum 1550 bis 1900 – Eine historisch-geographische Untersuchung. – Unveröffentl. Diplomarbeit, Institut für Geographie, Universität Stuttgart, 1994

/18/ W. D. Blümel, K. Hüser & B. Eitel: Landschaftsveränderungen in der Namib.- Geographische Rundschau 52, Westermann Verlag, Braunschweig 2000

/19/ J. C. Vogel & U. Rust: Ein in der Kleinen Eiszeit (Little Ice Age) begrabener Wald in der nördlichen Namib. – Berliner Geogr. Studien 30, Berlin 1990

/20/ R. Glaser: Klimageschichte Mitteleuropas – 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. – Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 2001

/21/ Geoskop: Rhythmische Klimaschwankung. – Geo, Heft 6, 2002

/22/ Rahmstorf, S.: The Thermohaline Ocean Circulation: A System with Dangerous Thresholds. – In: Climatic Change 46, 2000, S. 247 - 256



Prof. Dr. rer. nat. Wolf Dieter Blümel

wurde am 12. Mai 1943 in Langbielau (Schlesien) geboren. Er studierte von 1963 bis 1969 Geographie, Geologie, Volkswirtschaft sowie Vor- und Frühgeschichte an den Universitäten Münster und Würzburg mit dem Abschluss als Diplomgeograph. Als Wissenschaftlicher Assistent promovierte er 1972 in Karlsruhe und habilitierte sich dort 1980 mit einer bodenkundlich-geomorphologischen Arbeit über Südwestafrika und Südostspanien. 1981 erhielt er einen Ruf auf eine Professur für Geomorphologie und Geoökologie in Karlsruhe, 1986 einen Ruf an die Universität Köln. Seit 1987 ist er o. Professor und Direktor des Instituts für Geographie der Universität Stuttgart. Von 1989 bis 1991 war er Dekan der Fakultät für Geo- und Biowissenschaften. Wolf Dieter Blümel ist derzeit Fachgutachter der DFG und Stellvertretender Vorsitzender des VGDH (Verband der Geographen an Deutschen Hochschulen). Er gehört verschiedenen wissenschaftlichen Gesellschaften und Forschergruppen an. 2002 wurde er zum Mitglied der Kommission für Geomorphologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gewählt. Darüber hinaus ist er als Mitherausgeber einer Fachzeitschrift und mehrerer wissenschaftlicher Reihen tätig. Die Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Tätig-

keit liegen in der Trockengebiets- und Polarforschung, der Geomorphologie und Landschaftsgeschichte, der Paläoklimatologie und Paläoökologie sowie in aktuellen Umweltfragen. Forschungsreisen und Expeditionen führten Prof. Blümel in verschiedene semiaride Gebiete und Wüsten der Subtropen und Tropen sowie in beide Polarregionen: 1984 und 1987 in die Antarktis; 1969 und 1989 bis 1992 in die Arktis als Koordinator und Leiter der interdisziplinären ‚Geowissenschaftlichen Spitzbergen-Expedition‘ (SPE 1990-1992), die von Stuttgart aus organisiert wurde und an der insgesamt 150 Wissenschaftler/-innen teilnahmen.