

BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

BEMERKUNGEN

ZU NEUEREN CHRONOSTRATIGRAPHISCHEN DATEN ZUM VERHÄLTNIS GLAZIALER UND PLUVIALER KLIMABEDINGUNGEN

Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle

KLAUS HEINE

Summary: Remarks on recent chronostratigraphic data on the relationship between glacial and pluvial climatic conditions

An attempt is made to set up relationships between glacial and pluvial climatic conditions, using as a basis available detailed chronostratigraphies from various parts of the world, especially the tropics and subtropics. Glacial periods in the tropics during the late Pleistocene correspond

to arid and coal climatic conditions in subtropical areas. Pluvial periods in the subtropics were characterised by relatively short but pronounced climatic changes which occurred from about 13,500 years ago. It appears that climatic changes of a thermal character happen with a worldwide \pm synchronisation, but that climatic changes of hygral character happen at different times in different climatic zones. Glacial and pluvial climatic evidence is not therefore suitable for use in stratigraphic correlation.

Geologen, Geomorphologen, Paläobotaniker und Wissenschaftler vieler anderer Disziplinen haben weltweit die Spuren entweder früherer kalter, sog. Eiszeiten oder feuchter, sog. Pluvialzeiten nachgewiesen. Schon lange darf man nicht mehr von der Annahme ausgehen, daß den außertropischen Eiszeiten in den tropisch-subtropischen Breiten Pluvialzeiten entsprechen. Das Problem Glazialzeit – Pluvialzeit ist aber bisher nicht befriedigend gelöst worden (vgl. MESSERLI 1966). Der Grund dafür mag in erster Linie in dem Umstand zu suchen sein, daß es bisher nur selten möglich war, die eiszeitlichen und pluvialzeitlichen Spuren (Moränen, erweiterte Seestände etc.) exakt zu datieren. Außertropische Gletschervorstöße wurden mit subtropischen „Pluvial“-Seen und diese wieder mit tropischen Gletschervorstößen korreliert. Stillschweigend wurde eine Gleichzeitigkeit angenommen. Heute ist es möglich, mit Hilfe der absoluten Altersbestimmungen durch ^{14}C weltweite Vergleiche auf chronostratigraphischer Basis vorzunehmen (vgl. BRAY 1972; DREIMANIS & RAUKAS 1973; DREIMANIS & KARROW 1972; FAIRBRIDGE 1972, 1973; MERCER 1972 a + b; MÖRNER 1972 a + b, 1973 a + b; TAILLEFER 1973 u. a.). Aus diesem Grunde erscheint es angebracht, die Diskussion über das Problem Glazial – Pluvialzeit erneut aufzugeben (vgl. FAIRBRIDGE 1965, 1972). Dies soll anhand der Eindrücke, die ich während des IX. INQUA-Kongresses (International Association for Quaternary Research) in Christchurch/Neuseeland sammeln konnte, geschehen¹⁾; gleichzeitig werden einige wichtige Arbeiten der letzten Jahre hinzugezogen. Bei der Betrachtung sollen in erster Linie die tropischen und subtropischen Gebiete Berücksichtigung finden.

Von den 284 Beiträgen, die in dem „Abstracts“-Band des IX. INQUA-Kongresses aufgenommen sind, befassten sich über 50% mit chronostratigraphischen und/oder paläoklimatischen Fragen. Darunter entfallen nur 17 Beiträge auf den Zeitraum vor ca. 40 000 Jahren v. h.; alle anderen erfassen die Spanne der mit der ^{14}C -Methode möglichen Datierungen, d. h. die Zeit der letzten 40 000 Jahre v. h. Aus dieser Datenfülle nun soll versucht werden, neue Kriterien zum Problem Glazialzeit – Pluvialzeit beizubringen; dabei kommt es weniger auf eine vollständige Auswertung aller Angaben, einschließlich der zur Zeit vorliegenden Literatur an, als vielmehr auf Hinweise auf einige wichtige Ergebnisse der letzten Jahre.

I. Belege aus Lateinamerika

Für Mexiko wird angenommen (HEINE 1973 a + b), daß sich das Klima des Jungquartärs in Abschnitte mit kalt-trockenem, kühl-feuchtem und warm-semiaridem bis semihumidem Charakter unterteilen läßt (vgl. hierzu und für die folgenden Angaben Tabelle 1). Allein daraus geht hervor, daß die Veränderungen der Temperatur und die Veränderungen der Humidität nicht gleichsinnig verlaufen müssen.

Aus dem Bereich des tropisch-subtropischen Mittel- und Südamerika liegen nur wenige Angaben mit abso-

luten Datierungen vor, die verschiedene Klimabschnitte erkennen lassen. Für Nordvenezuela nennt A. L. BRYAN (1973) zwei feuchte Phasen zwischen 9650–10 290 und zwischen 12 580–14 010 Jahren v. h. Die Datierung der Moränen in den venezolanischen Anden durch SCHUBERT (1972, 1973) läßt sich mit den von BRYAN genannten feuchten Phasen in etwa korrelieren. Die von GONZALES, VAN DER HAMMEN & FLINT (1965) aus den kolumbianischen Anden beschriebenen Moränen sollen in diesem Zusammenhang nicht weiter diskutiert werden, da ihre Datierung recht unsicher erscheint. Ohne genaue absolute Altersangabe sind verschiedene Beobachtungen über ein recht trockenes und kühles Klima im nördlichen Südamerika, so von PEETERS (1973) und ROA MORALES (1973) für Venezuela, von ZONNEFELD (1968 a + b) und DAMUTH & FAIRBRIDGE (1970) für Nordsüdamerika und den karibischen Raum, von VAN DER HAMMEN (1968, 1972) für Kolumbien und das Amazonasbecken (vgl. auch VUILLEUMIER (1971)), von KHOBZI et al. (1973) für Kolumbien, GARNER (1959), DOLLFUS (1973), PASKOFF (1971) und HASTENRATH (1971 a + b) geben keine genauen Datierungen für den tropisch-subtropischen Andenraum, die sich in der Tabelle 1 verwenden ließen. Nur CLAPPERTON (1972) nennt einige Daten aus Peru. Aus dem chilenischen außertropischen Bereich legen HEUSSER (1973) aufgrund pollenanalytischer Befunde und LAUGENIE et al. (1973) aufgrund glazialgeologischer Beobachtungen detaillierte Ergebnisse vor, die auch paläoklimatologisch ausdeutbar sind.

Eine vorsichtige zusammenfassende Ausdeutung der Befunde läßt folgenden Trend erkennen: Im außertropischen Südamerika (Chile) werden die maximalen Gletschervorstöße auf ca. 36 000 und ca. 14 500–14 000 Jahre v. h. datiert (LAUGENIE et al. 1973; HEUSSER 1973). Im Bereich der tropischen Anden (Kolumbien) vor ca. 12 000 Jahren v. h. (SCHUBERT 1973; GIEGENCACK et al. 1973), daneben gibt es aber auch dort noch bedeutende jüngere Gletschervorstöße. In Mexiko schließlich stießen die Gletscher vor ca. 34 000–32 000 und vor ca. 12 100 Jahren v. h. vor; jüngere Vorstöße folgen – wie in den Anden – auch in Mexiko (HEINE 1973 a + b). Es stellt sich heraus, daß im außertropischen Südamerika die maximale Eisausdehnung auch fast mit der maximalen Temperaturabsenkung zusammenfällt oder doch zumindest unmittelbar bei der allgemeinen weltweiten Temperaturverbesserung auftritt. Für das Gletscherwachstum waren dort demnach die kalten und sicherlich auch relativ feuchten Klimaverhältnisse verantwortlich. Im tropischen Bereich Südamerikas, wo während des Maximums der letzten Vereisung der Nordhalbkugel ein relativ trockenes und kühles Klima herrschte, rückten die Gletscher sehr wahrscheinlich erst dann am weitesten vor, als mit der weltweiten Erwärmung auch wieder eine Zunahme der Niederschläge erfolgte; diese Verhältnisse traten in den tropischen Anden erst nach der maximalen Eisausdehnung in Chile auf. In den tropisch-subtropischen Trockengebieten, die während des eiszeitlichen thermischen Minimums ein trockenes Klima hatten, konnte eine ausgedehnte Vergletscherung erst einsetzen, als bedeutende Niederschlagszunahmen bei bereits relativ günstigen Temperaturen die Voraussetzungen der Gletscherbildung schufen, d. h. zeitlich etwas später als

¹⁾ Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft für eine Reisebeihilfe, die mir die Kongreßteilnahme ermöglichte.

im tropischen Andenbereich. Bisher liegen aber noch nicht genügend zuverlässige ^{14}C -Daten aus Lateinamerika vor, um diese Hypothese auf chronostratigraphischer Grundlage zu bestätigen. Die Befunde zeigen jedoch auch jetzt schon, daß das Problem Glazialzeit – Pluvialzeit regional sehr differenziert ist und nur gelöst werden kann, wenn genügend Ergebnisse vor allem chronostratigraphischer Art vorliegen. Mit großer Skepsis sind daher vergleichende Betrachtungen beispielsweise über die Schneegrenzdepression der letzten Eiszeit anzusehen, da hierfür oft allein morphologische Befunde herangezogen werden, die – wie man heute weiß – verschiedenen Alters sein können.

II. Belege aus Afrika

Über die jungquartäre Klimaentwicklung im tropischen Afrika liegt eine umfangreiche Literatur vor. An dieser Stelle soll nur auf einige der neu eren Ergebnisse eingegangen werden (vgl. Tabelle 1, ADAMSON et al. 1973; AUMASSIP 1973; BUTZER & HANSEN 1972; BUTZER, ISAAC et al. 1971; FAIRBRIDGE 1965, 1972, 1973; ISAAC et al. 1972; LIVINGSTONE 1973 a + b; MALEY 1973; RICHARDSON 1972; SERVANT et al. 1972, 1973; VAN ZINDEREN BAKKER 1973; VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE 1972; VAN ZINDEREN BAKKER & BUTZER 1973; WILLIAMS, M. A. J. 1973; WILLIAMS et al. 1973). Werden die Ergebnisse zusammengefaßt (vgl. dazu besonders VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE 1972), so lassen sich folgende Feststellungen machen: In der Zeit vor ca. 30 000 bis ca. 37 000 Jahren v. h. gab es in Afrika verschiedene Klimaschwankungen sowohl thermischer als auch hygrischer Art. Verschiedentlich werden kürzere kalte Phasen um 33 350 (VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE 1972), trockene oder feuchte Phasen um 33 000 Jahre v. h. (ebenda) oder mehrere kalte und warme, bzw. feuchte und trockene Abschnitte in dem genannten Zeitraum angegeben.

In diese Zeit fällt die älteste, in Mexiko nachgewiesene Vergletscherung (M I von HEINE 1973), die mit relativ feuchten und auch kühlen Klimaverhältnissen in Verbindung gebracht wird. Daß hier keine allgemeine Übereinstimmung der mit Hilfe der ^{14}C -Bestimmungen gewonnenen Datierungen vorliegt, ist bei Berücksichtigung der möglichen Fehlerquellen dieser Methode nicht verwunderlich. Mit der Datierung einer kühlen und feuchten Klimaphase im mexikanischen Hochland sowie verschiedener thermischer und hygrischer Klimaschwankungen im tropischen und subtropischen Afrika während der genannten Zeit stimmen viele andere paläoklimatische Befunde annähernd überein; so nennt KIND (1972, 1973) für Sibirien um 33 000–31 000 Jahre v. h. eine besonders kalte Phase, KLEIN (1971) für den gleichen Raum diese kalte Phase etwas früher; TERASMAE (1973) findet in Canada um ca. 35 000 v. h. ebenfalls eine kalte Phase, und für Australien weist COSTIN (1972), nach, daß ab 34 000 bis 31 000 Jahre v. h. periglaziale Abtragungsprozesse in den Snowy Mountains weit verbreitet waren. Überregionale Korrelierungen verschiedener Klimakurven zeigen (DREIMANIS & RAKAS 1973; KLEIN 1971; GEYH & ROHDE 1972; MÖRNER 1972), daß der Zeitraum zwischen rund 34 000 und 32 000 Jahren v. h. in der Tat

weltweit eine Abkühlung gebracht hat, die in Europa dem Zeitraum zwischen dem Hengelo- und dem Deneckamp-Interstadial entsprechen könnte.

Im tropischen Afrika ist der Zeitraum zwischen ca. 30 000–27 000 und 13 500 Jahren v. h. relativ kühl und trocken, d. h. im Vergleich zur Gegenwart waren die Temperaturen niedriger und die Niederschläge geringer. Gebiete der Sahelzone waren zeitweise recht trocken und auch kalt (SERVANT et al. 1973). Diese Beobachtungen decken sich mit den aus Mexiko beschriebenen Verhältnissen (HEINE 1973). Nach VAN ZINDEREN BAKKER (1972) verliefen Seespiegeländerungen aller größeren Seen des tropischen Afrikas synchron. Der Anfang pluvialer Bedingungen wird bei ca. 12 500 Jahren v. h. (VAN ZINDEREN BAKKER 1972) bzw. 13 000 (oder 13 500) Jahren v. h. (FAIRBRIDGE 1973) angenommen; für die Sahara (15° – 30° N und 5° W– 30° E) wird spätestens ab 12 500 Jahren v. h. ein feuchteres Klima angenommen (GEYH & JÄKEL 1974). Seespiegelhochstände waren in der Regel erst um 12 000 oder kurz nach 12 000 Jahren v. h. in Afrika erreicht (VAN ZINDEREN BAKKER 1972; SERVANT et al. 1973). Genau in diese Zeit fällt auch eine Vergletscherung (M II) in Mexiko sowie pluviale Seenbildung. Man darf daher annehmen, daß die für Mexiko und für die tropischen Seen Afrikas nachgewiesene Phase mit kühlem und feuchtem Klima um rund 12 000 Jahren v. h. keine regionale Erscheinung ist, sondern charakteristisch für den äquatorwärts gelegenen Bereich der subtropischen Trockengebiete. Aus vielen Einzelbeobachtungen geht hervor (vgl. VAN ZINDEREN BAKKER 1969, 1972, 1973), daß die jungquartären Temperaturschwankungen in Afrika mit denen Europas parallel verliefen. Daraus kann gefolgert werden, daß die pluvialen Phasen in Afrika zwischen der Sahara und dem Äquator und im Hochland von Mexiko in einen Zeitabschnitt fallen, der weltweit den Übergang von kalten Temperaturen der Würm- (Weichsel- bzw. Wisconsin-)Eiszeit zu den wärmeren Temperaturen der (Bölling- und/oder) Alleröd-Zeit repräsentiert; darauf hat KLAUS (1973 a + b) bereits hingewiesen, soweit es Mexiko betrifft. In diesem Zusammenhang spielt der Atlantik sicherlich eine bedeutende Rolle (vgl. FLOHN 1973); die Ergebnisse von RUDDIMAN et al. (1973), die das Zurückweichen kalter polarer Wasser im Nordatlantik in Raum und Zeit während der letzten 17 000 Jahren v. h. aufhellen, lassen sich in zeitlicher Hinsicht mit den Vergletscherungsphasen in Mexiko, bzw. mit pluvialen Phasen in Afrika in Beziehung bringen.

Nach dieser ersten pluvialen Phase folgt ein relativ trockener Klimaabschnitt zwischen rund 10 500 und 9500 Jahren v. h. (VAN ZINDEREN BAKKER 1972; FAIRBRIDGE 1973; SERVANT et al. 1973); zwischen 10 500 und ca. 10 000 Jahren v. h. muß zudem mit kälteren Temperaturen für Afrika gerechnet werden, so daß man geneigt ist, diesen kühleren Klimaabschnitt mit der jüngeren Dryas-Zeit Europas zu parallelisieren (VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE 1972). Für das Gebiet der Sahara wird eine Trockenzeit zwischen 11 700 und 10 500 Jahren v. h. genannt; ab 10 000 Jahren v. h. sollen dort überdurchschnittlich humide Bedingungen geherrscht haben (GEYH & JÄKEL 1974). Diese Feststellungen stimmen mit den Beobachtungen aus Mexiko überein, wo zwischen 11 000 und 10 000

Tabelle 1: Jungquartäre Klimaentwicklung (ausgewählte Beispiele) / Early quaternary climatic development (selected examples)

BAKKER et al. 1972) Ruwenzori		(ADAM- SON 1973) Nil	(LEROI-GOURHAN 1973) Syrien, Libanon	(FAIR- BRIDGE 1973) Afrika	Indien (SINGH 1973)	Australien (WILLI- AMS, G. E. 1973)	Australien (BOWLER) (1973a)	Australien (1973b)	SE- Australien (COSTIN 1972)	Neu- guinea (HOPE 1973)	Neu- guinea (PETER- SON et al. 1973)	^{14}C -Jahre $\times 10^3$ v. h.
?	relativ trocken				relativ feucht trocken feuchter trocken							0
warm	sehr feucht		?	?	feuchter	relativ feucht	trocken		relativ kühl			1
relativ warm	feucht	feucht	relativ feucht	feucht	warm	feucht	relativ feucht					2
Erwärmung	periodi- scher Ab- fluß	feucht	feucht	feucht	trocken	relativ feucht						3
kalt	trocken	trocken	feucht	kalt		feucht	feucht					4
			trocken	warm		feucht	feucht					5
			trocken	kalt		sehr trocken						6
			trocken			feucht						7
			feucht			feucht						8
			trocken			feucht						9
			feucht			feucht						10
			trocken			feucht						11
			feucht			feucht						12
			trocken			feucht						13
			feucht			feucht						14
			trocken			feucht						15
			feucht			feucht						16
			trocken			feucht						17
			feucht			feucht						18
			trocken			feucht						19
			feucht			feucht						20
			trocken			feucht						21
			feucht			feucht						22
			trocken			feucht						23
			feucht			feucht						24
			trocken			feucht						25
			feucht			feucht						26
			trocken			feucht						27
			feucht			feucht						28
			trocken			feucht						29
			feucht			feucht						30
			trocken			feucht						31
			feucht			feucht						32
			trocken			feucht						33
			feucht			feucht						34
			trocken			feucht						35
			feucht			feucht						36
			trocken			feucht						37
			feucht			feucht						38
			trocken			feucht						39
			feucht			feucht						40
			trocken			feucht						41

Jahren v. h. ebenfalls ein trockenes Klima geherrscht hat.

Die zweite spätglaziale pluviale Phase beginnt im tropischen Afrika um 9500 Jahre v. h. (VAN ZINDEREN BAKKER 1972; VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE 1972; FAIRBRIDGE 1973); für den Tschad-See gibt SERVANT et al. (1973) ca. 9000 Jahre v. h. an. In der Sahara gab es zwischen 10 000 und ca. 8700 Jahren v. h. eine Feuchtphase (GEYH & JÄKEL 1974). Aufgrund der absoluten Datierungen ist nicht sicher, ob man diese Belege einer humiden Phase in Afrika mit der Zeit der Vergletscherung M III in Mexiko (zwischen ca. 10 000 und 9000 Jahren v. h.) parallelisieren darf. Bemerkenswert ist, daß sowohl in Afrika als auch in Mexiko die zuletzt genannten Phasen mit vermehrten Niederschlägen in eine Zeit fallen, in der ein weltweiter allgemeiner Temperaturanstieg zu verzeichnen ist. Vielleicht wurden die pluvialen Seen in der Sahara wie auch die M III-Gletscher in Mexiko etwas früher gebildet, weil das Verhältnis Temperatur/Niederschlag zwischen 10 000 und 9000 Jahren v. h. für die Seen- und Gletscherbildung in den genannten Gebieten günstiger war als während der nachfolgenden Zeit mit zunehmend wärmeren Temperaturen.

Eine dritte jungquartäre pluviale Phase weist SERVANT et al. (1973) für den Tschad-See um ca. 7000 bis 5000 Jahre v. h. nach; diese humide Phase wird auch für viele andere Seen genannt (SERVANT et al. 1973); FAIRBRIDGE (1973) gibt die Zeit zwischen 6000 und 4500 Jahren v. h. an; GEYH & JÄKEL (1974) nennen für die Sahara den Zeitabschnitt zwischen 6000 und 4700 Jahren v. h. Für Ostafrika nennt VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE (1972) die Zeit zwischen 5000 (-4600) bis 3000 Jahren v. h. Aus Tabelle 1 geht hervor, daß diese dritte pluviale Phase nicht von allen Autoren genannt wird; oft werden auch nur alle drei (oder zwei) pluvialen Phasen zusammen dargestellt, da sie sich nicht einzeln aufgrund der vorliegenden Beobachtungen ausgliedern ließen. Diese feuchte Phase konnte bisher in Lateinamerika nicht nachgewiesen werden.

Auch hinsichtlich der Klimaentwicklung der letzten 5000 (-4000) Jahre v. h. für Afrika gehen die Meinungen auseinander. Fest steht nur, daß verschiedene kleinere Schwankungen der Feuchtigkeit wie auch der Temperaturen festzustellen sind, die sich jedoch zeitlich nicht unmittelbar miteinander parallelisieren lassen. Um 2000 Jahre v. h., d. h. zur Zeit der Vergletscherung M IV der mexikanischen Gebirge, gibt es manche Anzeichen für Klimaschwankungen; eine Parallelisierung einzelner Angaben aus Afrika mit den Befunden aus Lateinamerika ist nicht möglich.

In Afrika waren die relativ trockenen und warmen Klimaverhältnisse im Vergleich zu den gegenwärtigen während der letzten zwei Jahrtausende nur geringen Schwankungen unterworfen. Die gleichen Feststellungen konnten für Mexiko gemacht werden, wo auch einerseits eine Niederschlagsabnahme in der genannten Zeit im Vergleich zu den pluvialen Phasen und andererseits eine Temperaturverminderung im Vergleich zum nacheiszeitlichen Klimaoptimum stattfanden.

Die jüngsten Untersuchungen aus Syrien und dem Libanon (LEROI-GOURHAN 1973; FERRAND 1973) ergeben ebenfalls viele Anhaltspunkte dafür, daß die

Zeit zwischen ca. 25 000 und 13 500 Jahren v. h. recht kalt und trocken war; erst zwischen 13 000 und 12 000 Jahren v. h. herrscht ein feucht-kaltes Klima; Seespiegelanstiege bzw. eine Gebirgsvergletscherung dürften aufgrund der Untersuchungen von LEROI-GOURHAN (1973) und FERRAND (1973) auch im Vorderen Orient erst im Spätglazial auftreten. Zu anderen Ergebnissen kommen allerdings KAISER (1973) und KAISER, KEMPF et al. (1973).

Die kurzen Ausführungen über einen Vergleich der Klimaentwicklung im Jungquartär des tropischen Afrika und Lateinamerikas (Mexiko) zeigen deutlich, daß die Klimaentwicklung viele Gemeinsamkeiten aufweist, und zwar hinsichtlich sogenannter Pluvialzeiten, d. h. Phasen, in denen in Gebirgen ein Gletscherwachstum gegeben ist und in Beckenlandschaften größere Seen entstanden sind. Eine günstige Kombination von Temperatur und Niederschlag schuf die Voraussetzungen dafür. Diese mehr oder weniger synchron ablaufenden pluvialen Phasen können für Mexiko und die afrikanischen, äquatorwärts gelegenen Bereiche der Trockengürtel klar aufgezeigt werden. Über das Alter verschiedener Moränenstadien der Gebirge und Vulkane Afrikas gibt es bisher keine zuverlässigen Angaben. Nur vom Ruwenzori ist bekannt, daß das Gletscherabschmelzen nach der maximalen letzteiszeitlichen Ausdehnung bereits vor über 14 700 Jahren v. h. begonnen hat (LIVINGSTONE 1962). Damit zeigt sich auch im tropischen Afrika – wie schon zuvor für das tropi-

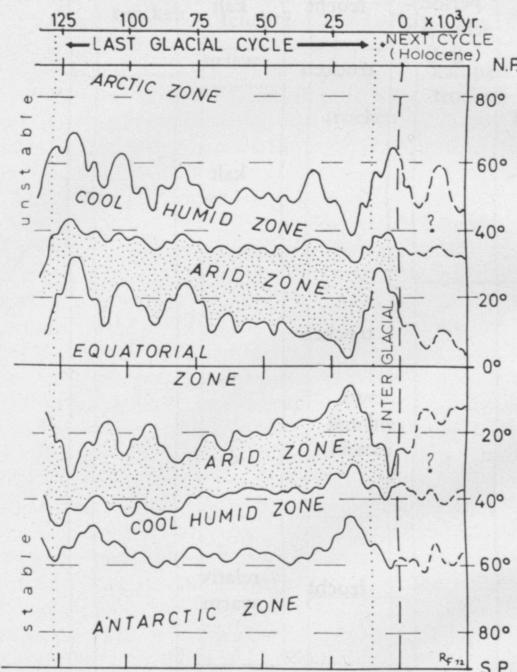


Abb. 1: Die Verschiebung der Haupt-Klimazonen während des letzten glazialen Zyklus, zusammengestellt auf Grund klimatischer, lithologischer und biologischer Indikatoren (nach FAIRBRIDGE 1972)

Shifts in the major climatic zones during the last glacial cycle, constructed from climatic, lithological and biological indicators (after FAIRBRIDGE 1972)

sche Südamerika vermutet – eine scheinbare Diskrepanz zwischen den maximalen Gebirgsvergletscherung und den Hochständen der verschiedenen Seen (Viktoria-See, Rudolf-See u. a.), die erst zwischen 12 000 und 11 000 Jahren v. h. ihre höchsten Seespiegelstände erreichten. Weiterhin ist der Befund interessant, daß im außertropischen Südafrika humide Phasen mit niedrigen Temperaturen und ariden Phasen mit warmen Temperaturen zusammenfallen (VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE 1973; VAN ZINDEREN BAKKER & BUTZER 1973) und sich damit von den Klimaverhältnissen im tropischen Afrika wesentlich unterscheiden, da die kühlen Phasen im südlichen Afrika mit kühlen Phasen im tropischen Afrika mehr oder weniger synchron verlaufen. Daraus ist einerseits ersichtlich, daß sogenannte „pluviale Bedingungen“ nicht für stratigraphische Korrelationen herangezogen werden dürfen (VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE 1973), und andererseits, daß optimale Bedingungen für glaziale und/oder periglaziale Prozesse im südlichen Afrika während des Maximums der letzten Eiszeit geherrscht haben müssen (wie auch in Chile), d. h. also früher als im tropischen Afrika. Weiterhin darf angenommen werden, daß die maximale Vergletscherung der Gebirge Afrikas (und auch Südamerikas) im Bereich der Zone, die auch während der gesamten letzten Eiszeit stets der äquatorialen Zone im Sinne von FAIRBRIDGE (1972) angehörte (Abb. 1), bereits vor rund 14 000 Jahren v. h. (d. h. vor der allgemeinen weltweiten Temperaturzunahme) erfolgte, während die Vergletscherung und Bildung pluvialer Seen im Bereich der Zone, die im Hochglazial der ariden Zone im Sinne von FAIRBRIDGE (1972) angehörte, erst nach ca. 13 000 Jahren v. h. erfolgte.

III. Abschließende Bemerkungen

Das Auftreten der jüngeren Pluvialzeiten muß in Raum und Zeit differenziert werden. In Abbildung 2 ist versucht worden, schematisch das Auftreten pluvialer Bedingungen bzw. klimatisch günstige Voraussetzungen für Vergletscherungen darzustellen. Zuverlässige Chronostratigraphien aus möglichst vielen Regionen der Erde können in Zukunft überprüfen, ob die hier angedeuteten Beziehungen zur Lösung des Problems Glazialzeit – Pluvialzeit beitragen können.

Daß viele regionale Faktoren vor allem den Faktor „Zeit“ modifizieren können, mögen einige Beispiele aufzeigen. So wird für Indien nachgewiesen (SINGH 1973; SINGH et al. 1972), daß nach relativ kühlen und sehr trockenen Klimaverhältnissen erst ab ca. 10 000 Jahre v. h. eine feuchtere Phase einsetzt; hier scheinen sich nacheiszeitliche Bedingungen der atmosphärischen Zirkulation erst rund 2000 Jahre später durchzusetzen als in Afrika und Mittelamerika.

Aus Australien liegen bisher widersprüchliche Angaben über pluviale Phasen vor (vgl. WILLIAMS, G. E. 1973; BOWLER 1973 a + b). Die Beobachtungen von COSTIN (1972) in Südost-Australien ergänzen die von VAN ZINDEREN BAKKER & COETZEE (1973) und VAN ZINDEREN BAKKER & BUTZER (1973) mitgeteilten Befunde aus Südafrika, daß nämlich im außertropischen Bereich die kalten Klimaabschnitte auch relativ feucht gewesen sind. Auch die Angaben aus Neuguinea über das Abschmelzen der Gletscher (PETERSON et al.

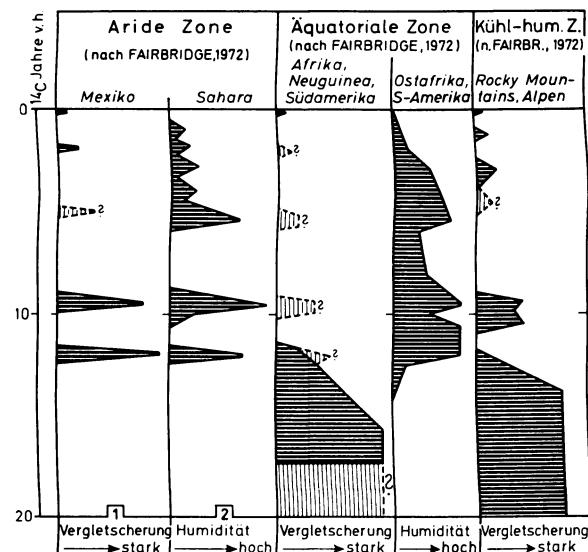


Abb. 2: Schematische Korrelation von „Glazialzeiten“ und „Pluvialzeiten“ in verschiedenen Klimazonen der Erde. Die Darstellung ist teilweise stark hypothetisch.

Schematic correlation of “glacial periods” and “pluvial periods” in different climatic zones of the earth. The presentation is, in places, strongly hypothetical.

1973; HOPE 1973; vgl. auch WALKER 1973) fügt sich gut in das für das tropische Afrika und Südamerika gezeichnete Bild ein; HOPE (1973) vermerkt, daß schon vor ca. 14 000 Jahren v. h. das Abschmelzen der Gletscher beginnt.

Die Beobachtungen zur jungquartären Vergletscherung der hohen Vulkane auf Hawaii (PORTER 1973 a + b) sind in chronostratigraphischer Hinsicht noch nicht exakt genug ausgearbeitet, so daß dieses interessante Gebiet in der vorliegenden Betrachtung nicht berücksichtigt werden kann.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß aufgrund der heute bereits vorliegenden detaillierten Chronostratigraphien aus verschiedenen Gebieten der Erde, vor allem aber der Tropen, aufgezeigt werden kann, wie das Problem Glazialzeit – Pluvialzeit i. w. S. einer Lösung nähergebracht werden kann.

Literatur

- ADAMSON, D. A. & WILLIAMS, M. A. J.: Late Quaternary prehistoric environments along the Blue and White Nile, Central Sudan. – IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 2, Christchurch New Zealand 1973.
- AUMASSIP, G.: Climatic evolution in Lower Sahara during the Quaternary. – IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 7, Christchurch New Zealand 1973.
- BOWLER, J. M.: Late Pleistocene environments in the southern hemisphere: Evidence from playa lakes in Southern Australia. – IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 37–38, Christchurch New Zealand 1973a.

- : Pleistocene landscape of Western New South Wales. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 39, Christchurch New Zealand 1973b.
- BRAY, J. R.: Cyclic temperature oscillations from 0-20,300 yr. B.P. - Nature, 237 (5353), S. 277-279, 1972.
- BRYAN, A. L.: Paleoenvironments and Cultural Diversity in Late Pleistocene South America. - Quaternary Research, 3, S. 237-256, New York - London 1973.
- BUTZER, K. W. & HANSEN, C. L.: Late Pleistocene Stratigraphy of the Kom Ombo Plain, Upper Egypt; Comparison with other Recent Studies near Esna-Edfu. - ASEQUA, Bulletin de Liaison, No. 35-36, S. 5-14, 1972.
- , ISAAC, G. L., RICHARDSON, J. L. & WASHBOURN-KAMAU, C.: Radiocarbon dating of East African lake levels. - Science, 175, S. 1069-1076, 1971.
- CLAPPERTON, C. M.: The Pleistocene moraine stages of west-central Peru. - Journ. Glaciology, 11, S. 255-264, Cambridge 1972.
- COSTIN, A. B.: Carbon-14 Dates from the Snowy Mountains Area, Southeastern Australia, and Their Interpretation. - Quaternary Research, 2, S. 579-590, New York - London 1972.
- DAMUTH, F. J. & FAIRBRIDGE, R. W.: Equatorial Atlantic deep-sea arkosic sands and ice-age aridity in tropical South America. - Geol. Soc. Amer. Bull., 81, S. 189-206, Washington 1970.
- DOLLFUS, O.: La cordillère des Andes, présentation des problèmes géomorphologiques. - Rev. Géogr. phys. Géol. dyn., XV, S. 157-176, Paris 1973.
- DREIMANIS, A. & KARROW, P. F.: Glacial History of the Great Lakes-St. Lawrence Region, the Classification of the Wisconsin (an) Stage, and its Correlatives. - 24th Intern. Geol. Cong., Montreal, Sect. 12, S. 5-15, 1972.
- & RAUKAS, A.: Did Middle Wisconsin, Middle Weichselian, and Their Equivalents Represent an Interglacial, or an Interstadial Complex in Northern Hemisphere. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 84-85, Christchurch New Zealand 1973.
- FAIRBRIDGE, R. W.: Eiszeitklima in Nordafrika. - Geol. Rdsch., 54, S. 399-414, Stuttgart 1965.
- : Climatology of a Glacial Cycle. - Quaternary Research, 2, S. 283-302, New York - London 1972.
- : The Pleistocene/Holocene Boundary. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 90-91, Christchurch New Zealand 1973.
- FERRAND, W. R.: Paleo-Environment of Prehistoric Man in the Eastern Mediterranean. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 92, Christchurch New Zealand 1973.
- FLOHN, H.: Antarktis, Arktis und globale Klimaschwankungen. - Beitr. z. Klimatologie, Meteorologie u. Klimamorphologie. Arb. Geogr. Inst. Univ. Salzburg, Bd. 3, S. 27-35, Salzburg 1973.
- GARNER, H. F.: Stratigraphic-sedimentary significance of contemporary climate and relief in four regions of the Andes Mountains. - Geol. Soc. Amer. Bull., 70, S. 1327-1368, Washington 1959.
- GEYH, M. A. & JÄKEL, D.: Spätpleistozäne und holozäne Klimageschichte der Sahara aufgrund zugänglicher ¹⁴C-Daten. - Z. Geomorph. N. F., 18, S. 82-98, Berlin - Stuttgart 1974.
- & ROHDE, P.: Weichselian chronostratigraphy, C14 dating and statistics. - Proc. 24th Intern. Geol. Cong., Montreal, Sect. 12, S. 27-36, 1972.
- GIEGENACK, R. & GRAUCH, R. I.: Glacial Stratigraphy in the Andes of Venezuela. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 120, Christchurch New Zealand 1973.
- GONZALEZ, E. T., VAN DER HAMMEN, T. & FLINT, R. F.: Late Quaternary glacial and vegetational sequence in Valle de Lagunillas, Sierra Nevada del Cocuy, Colombia. - Leidse Geol. Meded., 32, S. 157-182, Leiden 1965.
- HASTENRATH, S.: On the Pleistocene snow-line depression in the arid regions of the South American Andes. - Journ. Glaciology, 10, S. 255-267, Cambridge 1971a.
- : On snow-line depression and atmospheric circulation in the tropical Americas during the Pleistocene. - South African Geogr. Journ., 53, S. 53-69, Johannesburg 1971b.
- HEINE, K.: Zur Glazialmorphologie und präkeramischen Archäologie des mexikanischen Hochlandes während des Spätglazials (Wisconsin) und Holozäns. - Erdkde., XXVII, S. 161-180, Bonn 1973a.
- : Studies of glacial morphology and tephrochronology on the volcanoes of the Central Mexican Highland. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 144-145, Christchurch New Zealand 1973b.
- HEUSSER, C. J.: Climatic Records of the Last Ice Age for Pacific Mid-Latitudes in the Americas. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 150-151, Christchurch New Zealand 1973.
- HOPE, G. S.: Vegetation History of the High New Guinea Mountains. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 154, Christchurch New Zealand 1973.
- ISAAC, G. L., MERRICK, H. V. & NELSON, C. M.: Stratigraphy and archaeological studies in the Lake Nakuru basin, Kenya. - Palaeoecology of Africa, 6, S. 225-232, Cape Town 1972.
- KAISER, K. H.: Quaternary of the Damascus Basin, Syria. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 179, Christchurch New Zealand 1973.
- , KEMPF, E. K., LEROI-GOURHAN, A. & SCHÜTT, H.: Quartärstratigraphische Untersuchungen aus dem Damaskus-Becken und seiner Umgebung. - Z. Geomorph., N. F., 17, S. 263-353, Berlin - Stuttgart 1973.
- KHOBZI, J. & USSELMANN, P.: Problèmes de géomorphologie en Colombie. - Rev. Géogr. phys. Géol. dyn., XV, S. 193-206, Paris 1973.
- KIND, N. V.: Late Quaternary climatic changes and glacial events in the old and new world - radiocarbon chronology. - 24th Intern. Geol. Cong., Montreal, Sect. 12, S. 55-61, 1972.
- : Radiocarbon Chronology of the Glacial and Marine Pleistocene of North Siberia and its Intercontinental Correlation. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 188, Christchurch New Zealand 1973.
- KLAUS, D.: Las Fluctuaciones del clima en el valle de Puebla-Tlaxcala. - Comunicaciones, 7, S. 59-62, Puebla, Pue. (Mexiko), 1973a.
- : Die eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Klimaschwankungen im zentralmexikanischen Hochland und ihre Ursachen. - Erdkde., XXVII, S. 180-192, Bonn 1973b.
- KLEIN, R. G.: The Pleistocene Prehistory of Siberia. - Quaternary Research, 1, S. 133-161, New York - London 1971.

- : The Late Quaternary Mammalian Fauna of Nelson Bay Cave (Cape Province, South Africa): Its Implications for Megafaunal Extinctions and Environmental and Cultural Change. - *Quaternary Research*, 2, S. 135–142, New York – London 1972.
- LAUGENIE, C. A. & MERCER, J. H.: Southern Chile: Chronology of the Last Glaciation. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 202–203, Christchurch New Zealand 1973.
- LEROI-GOURHAN, A.: Upper Quaternary Climate and Chronology in Lebanon and Syria. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 209, Christchurch New Zealand 1973.
- IRVINGSTONE, D. A.: Age of Deglaciation in the Ruwenzori Range, Uganda. - *Nature*, 194, S. 859–860, London 1962.
- : A Critique of the Pollen-Analytic Approach to Tropical African Vegetation, with Speculations on the Climatic Causes and Geochemical Consequences of Quaternary Vegetational Change. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 212–213, Christchurch New Zealand 1973a.
- : The Lacustrine Record of Environmental Change in Tropical East Africa. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 214–215, Christchurch New Zealand 1973b.
- MALEY, J.: Les variations climatiques dans le Bassin du Tchad durant le dernier millénaire: Nouvelles données palynologiques et paléoclimatiques. - „Le Quaternaire“, Suppl. Bull. de l'Association Franç. pour l'Etude du Quaternaire, no. 36, S. 175–181, Paris 1973.
- MERCER, J. H.: Chilean glacial chronology 20,000 to 11,000 Carbon-14-years ago: some global comparisons. - *Science*, 176 (4039), S. 1118–1120, 1972a.
- : The Lower Boundary of the Holocene. - *Quaternary Research*, 2, S. 15–24, New York – London 1972b.
- MESSERLI, B.: Die Schneegrenzhöhen in den ariden Zonen und das Problem Glazialzeit – Pluvialzeit. - *Mitt. Naturforsch. Ges. Bern*, 23, S. 117–145, Bern 1966.
- MÖRNER, N.-A.: World Climate During the Last 130,000 Years. - 24th Intern. Geol. Cong., Montreal, Sect. 12, S. 72–79, 1972a.
- : When Will the Present Interglacial End? - *Quaternary Research*, 2, S. 341–349, New York – London 1972b.
- : Climatic changes during the last 35,000 years as indicated by land, sea, and air data. - *Boreas*, 2, S. 33–53, 1973a.
- : Climatic fluctuations and inter-regional correlations. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 253–254, Christchurch New Zealand 1973b.
- PASKOFF, R.: État résumé des acquisitions récentes sur le Quaternaire Chilien. - *Cahiers de Géographie de Québec*, 35, S. 289–314, 1971.
- PEETERS, L.: Quaternary Climatic Changes in Northern Venezuela. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 284, Christchurch New Zealand 1973.
- PETERSON, J. A. & DERBYSHIRE, E.: Cirques, Climatic Gradients and Diachrony in Australia and New Guinea. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 285–286, Christchurch New Zealand 1973.
- PORTR, S. C.: Late Quaternary Glaciations and Tephrochronology of Mauna Kea, Hawaii. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 295, Christchurch New Zealand 1973a.
- : Subglacial Volcanism in Hawaii. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 296, Christchurch New Zealand 1973b.
- RICHARDSON, J. L.: Palaeolimnological records from Rift lakes in central Kenya. - *Palaeoecology of Africa*, 6, S. 131–136, Cape Town 1972.
- ROA MORALES, P.: Genesis of the Dunes of the Central Plains of Venezuela. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 248–249, Christchurch New Zealand 1973.
- RUDDIMAN, W. F. & MCINTYRE, A.: Time-Transgressive Deglacial Retreat of Polar Waters from the North Atlantic. - *Quaternary Research*, 3, S. 117–130, New York – London 1973.
- SCHUBERT, C.: Late glacial chronology in the northeastern Venezuelan Andes. - 24th Intern. Geol. Cong., Montreal, Sect. 12, S. 103–109, 1972.
- : Mérida Glaciation, Venezuelan Andes: Geologic definition. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 315–316, Christchurch New Zealand 1973.
- SERVANT, M. & SERVANT-VILDARY, S.: Nouvelles données pour une interpretation paléoclimatique de séries continentales du Bassin Tchadien (Pleistocene Recent, Holocene). - *Palaeoecology of Africa*, 6, S. 87–92, Cape Town 1972.
- & - : Le Plio-Quaternaire du Bassin du Tchad. - „Le Quaternaire“, Suppl. Bull. de l'Association Franç. pour l'Etude du Quaternaire, no. 36, S. 169–175, Paris 1973.
- SINGH, G.: Late Quaternary Changes in Vegetation and Climate in the Arid Tropics of India. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 332, Christchurch New Zealand 1973.
- , JOSHI, R. D. & SINGH, A. B.: Stratigraphic and Radiocarbon Evidence for the Age and Development of Three Salt Lake Deposits in Rajasthan, India. - *Quaternary Research*, 2, S. 496–505, New York – London 1972.
- TAILLEFER, F.: Neoglaciation: Interregional Correlations. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 358, Christchurch New Zealand 1973.
- TERASMAE, J.: Notes on Late Wisconsin and Early Holocene History of Vegetation in Canada. - *Arctic & Alpine Research*, 5, S. 201–222, Boulder 1973.
- VAN DER HAMMEN, T.: Climatic and vegetational succession in the equatorial Andes of Colombia. - *Coll. Geogr.*, 9, S. 187–194, Bonn 1968.
- : Changes in the vegetation and climate in the Amazon Basin and surrounding areas during the Pleistocene. - *Geol. en Mijnbouw*, 51, S. 641–643, Leiden 1968.
- VAN ZINDEREN BAKKER, E. M.: Quaternary Pollen Analytical Studies in the Southern Hemisphere with Special Reference to the Sub-Antarctic. - *Palaeoecology of Africa*, 5, S. 175–212, Cape Town 1969.
- : Late Quaternary lacustrine phases in the southern Sahara and East Africa. - *Palaeoecology of Africa*, 6, S. 15–27, Cape Town 1972.
- & BUTZER, K. W.: Quaternary Environmental Changes in Southern Africa. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 384, Christchurch New Zealand 1973.
- & COETZEE, J. A.: A re-appraisal of late-Quaternary climate: evidence from tropical Africa. - *Palaeoecology of Africa*, 7, S. 151–181, Cape Town 1972.
- & - : Global Temperature Changes and the African Quaternary Environment. - IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 385, Christchurch New Zealand 1973.
- VUILLEMIER, B. S.: Pleistocene changes in the fauna and flora of South America. - *Science*, 173, S. 771–780, 1971.

- WALKER, D.: Late Quaternary Vegetation of Upland New Guinea. – IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 391, Christchurch New Zealand 1973.
- WILLIAMS, G. E.: Late Quaternary piedmont sedimentation, soil formation and paleoclimates in arid South Australia. – Z. Geomorph., N. F., 17, S. 102–125, Berlin – Stuttgart 1973.
- WILLIAMS, M. A. J.: Pattern of Upper Quaternary Sedimentation at Adar Bous and Northern Air, Central Sahara. – IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 404, Christchurch New Zealand 1973.
- & ADAMSON, D. A.: Quaternary Palaeochannels of the Australian Riverine Plain and the Sudan Gezira. – IX. INQUA-Cong. Abstracts, S. 405, Christchurch New Zealand 1973.
- ZONNEFELD, J. I. S.: The Evolution of the Coastal Area of Suriname (South America). – “Means of Correlation of Quaternary Successions”, 8, Proc. VII, INQUA, S. 577–589, Univ. of Utah Press, 1968a.
- : Quaternary climatic changes in the Caribbean and N-South-America. – Eiszeitalter u. Gegenwart, 19, S. 203–208, Öhringen 1968b.