

Versuch einer neuen Pleistozän-Gliederung

Von JULIUS HESEMANN, Krefeld

Mit 4 Tabellen

Zusammenfassung. Die Fülle altbekannter und neuerdings gefundener Bildungen sowie physikalischer Messungen des Pleistozäns legt ein integrierendes Gliederungsschema zur wahlweisen Einordnung der Fakten nahe. Es basiert auf einer durch die Kalt- und Warmzeiten repräsentierten Zyklik und ist auf Mitteleuropa bezogen. Die Einwirkung von mindestens 25 Zyklen auf die Tier- und Pflanzenwelt wird diskutiert.

Summary. The abundance of old and new sediments and also physical measurements of the Pleistocene suggest an integrating schema of organization to classify the facts by choice. This schema is based on a cycle represented by the cold and warm periods and refers to Mid-Europe. The influence of at least twenty-five cycles on fauna and flora is discussed.

Die Gliederung des Pleistozäns erscheint in den derzeitigen Aufstellungen unbefriedigend. Unausgefüllt bleibt vor allem die Lücke zwischen der ältesten Kaltzeit und dem Pliozän, deren Schließung durch ungewöhnliche Verlängerungen voraufgegangener Kaltzeiten nicht überzeugen kann. Aber auch das klassische, inzwischen auf sechs (Weichsel-, Saale-, Elster-, Menap-, Eburon-, Brügg-) Kalt- und Warmzeiten erweiterte System wird durch die Auffindung zwischenzeitlicher Boden- und Vegetationsprofile, neuer Terrassen und glaziärer Sequenzen fraglich. Das Unbehagen wird durch die Aufteilung von Kalt- und Warmzeiten auf Grund von Wärmeschwankungen von ungewisser Dauer (Großes Interglazial und Interglazial, Großes Interstadial und Interstadial, Schwankung und Horizont usw.) nicht beseitigt, sondern nur verlängert. Dabei ist der Zug vom Oligo- zum Polyglazialismus unverkennbar, nur vermißt man eine einleuchtende und die neuen Beobachtungen „integrierende“ Pleistozänstratigraphie.

In bisher noch nicht gekannter Vielseitigkeit stehen neue Fakten zur Verfügung: glaziäre Sequenzen, Böden und Diskordanzen, Faunen und Floren, Geschiebe-, Geröll- und Schwermineral-Gesellschaften, physikalische Altersdaten und Paläotemperaturen. Ihre Auswertung und Zusammenfügung wird beeinträchtigt durch

1. die fehlende Unterscheidung großer und kleiner Wärmeschwankungen (um eine Potenz, entweder wenige 100 bis 1000 oder $\pm 10\,000$ Jahre),
2. die Ignorierung jener Kalt- und Warmzeiten, welche keine sichtbaren Äquivalente in Moränen, Terrassen und Hochstränden hinterlassen, weil sie in der Ausdehnung, Eintiefung oder in Hochstränden hinter ihren Vorläufern zurückblieben und sich (wie z. B. in über 40 m hohen Terrassenstufen) nicht abheben,
3. die Unvereinbarkeit der Annahme einer Repräsentation des Pleistozäns durch lediglich etwa 10 Eiszeiten (unter Berücksichtigung von Weichsel I und II, Saale I und II usw.) mit der viel größeren Zahl von Terrassen und Zeitabschnitten ozeanischer Minimal- und Maximal-Temperaturen,
4. das Fehlen eines zeitlichen, übergeordneten Maßstabes in Form einer Periodizität, welche die Wärmeschwankungen reguliert und die Akkumulation wie die Erosion in einen immer wiederkehrenden Ablauf zwingt, den Fauna und Flora ebenfalls widerspiegeln (Zyklik).

Ich halte einen Versuch, alle bekannten Alters- und Paläotemperatur-Messungen sowie alle bekannten pleistozänen Bildungen einschließlich der Fauna und Flora miteinander in Beziehung zu setzen und in ein zeitliches Schema einzuordnen, trotz aller Lückenhaftigkeit als Zwischenergebnis schon jetzt für klärend und anregend. Das pleistozäne Geschehen

entspricht zweifellos einer Periodik. Sie tritt uns in verschiedener Ausbildung entgegen: in der Terrassenbildung (Schotter-Hochflutlehm-Hochflutlehm-Schotter), in den Bodenprofilen (Tundragley-Parabraunerde-Braunerde-Tundragley), in der Waldentwicklung (Kiefern/Birken - Zeit - Eichenmischwald - Birken/Kiefern - Zeit), in der Faunenfolge (Lößschnecken/arktische Wirbeltiere-Steppen- und Waldtiere-Lößfauna) oder in den glaziären Sequenzen (Löß-Vorschüttssande-Moräne-Nachschüttssande-Löß).

Sucht man die Periodik als Phasenfolge zu klassifizieren, so entspricht sie einer Zyklik oder Cyclothemen. Nimmt man als eine der Voraussetzungen zur Bildung von Sedimentations-Zyklen eustatische Meeresspiegelschwankungen an, wie sie dem Gletscherhaushalt, Terrassen und Hochstränden entsprechen, dann hat man den Maßstab für den Ablauf und die Dauer der pleistozänen Kalt- und Warmzeiten gefunden (Tabellen 2 und 3). Setzt man die Cyclotheme in Beziehung zu den ozeanischen Wärmeschwankungen (EMILIANI 1966, MESOLELLA u. a. 1969, für Zentraleuropa ŠEGOTA 1967), zu den Ergebnissen der K/Ar-Methode (FRECHEN & LIPPOLD 1965) und zu den Berechnungen (Tab. 1) von SOERGEL (1937) und ZEUNER (1939), so ergibt sich, soweit überhaupt Bestimmungen vorgenommen wurden, eine gute Übereinstimmung. Differenzen erklären sich aus dem Bildungszeitraum von Terrassen und glaziären Bildungen. Manche Terrassen waren für ZEUNER und SOERGEL nicht erkennbar, so daß die Zuordnung der beobachteten Terrassen oder Kaltzeiten zu den Eiszeiten eine zu frühe Datierung ergeben mußte (Tab. 1). Die Namensgebung ist jedoch eine Sache der Konvention und hat mit der Einordnung der Kalt- und Warmzeiten in den jeweiligen Zyklus nichts zu tun. Wichtig ist aber die Dauer eines Zyklus von rund 40 000 Jahren, eine Zahl, welche sich aus den Altersmessungen ergibt und mit der Dauer der Cyclotheme des flözführenden Oberkarbons (JESSEN 1961) übereinstimmt.

Tabelle 1

Das Alter der Kaltzeiten nach verschiedenen Methoden
und ihre Benennung nach SOERGEL (1937).

Zyklität	Alter in 1000 Jahren nach				
	Kalium/ Argon- Methode FRECHEN & LIPPOLD 1965	Ozeanische Minimal- temperaturen (EMILIANI 1966)	ZEUNER 1939	SOERGEL 1937	Eiszeit (SOERGEL 1937)
20	20	20	25	20	Würm 3
60	60	60	72	70	Würm 2
100	116	110	115	110	Würm 1 (Warthe)
140	140	150	145	140	Riß 3
180	—	—	187	185	Riß 2
220	220	235	230	230	Riß 1
260	—	270	—	—	—
300	300	—	305	305	Präriß
340	340	—	—	—	—
380	—	—	395	395	Mindel 3
420	420	434 (ŠEGOTA 1967)	435	430	Mindel 2
460	—	464 (ŠEGOTA)	476	475	Mindel 1
500	—	—	—	—	—
540	—	—	550	545	Günz 2
580	570	—	590	590	Günz 1

Es hat aber, wie z. B. in der Weichsel-Eiszeit, etliche dicht aufeinander folgende Wärmeschwankungen gegeben, welche nicht durch einen Temperaturanstieg wie bei Interglazialen, sondern durch ihre Häufung und Gesamtdauer eine (wenn auch in unseren Breiten abgeschwächte Zyklizität und) Teilung einer Eiszeit zum Ausdruck bringen.

Für die rückwärtige Verfolgung der Kaltzeiten sind hier drei Kriterien benutzt worden: Rhein-Terrassen, K/Ar-Daten und das Villafranc mit seinen Lößprofilen (BRUNNACKER 1967). Terrassen lassen sich am Mittelrhein (QUITZOW 1962) und an der Ruhr bis zu den Oberen Höhen (Homberg-, Mettmann)-Terrassen¹⁾ verfolgen (Tab. 3). Stellt man die teilweise (bis 60 m) großen Abstände in Rechnung, lassen sich diese Terrassen nach Zyklen bis zum Abschnitt der Eintiefung der Terrassentreppen in die vorhergegangene Trogregion etwa um die Zeit von 0,8 Mio Jahren aufteilen. Veranschlagt man für die Zeit der Eintiefung der Trogregion zum Hochtal um 50 m die Dauer von vier Cyclothem, so gelangt man bis zur Zeitmarke 0,94 Mio Jahre und damit nahe an das älteste physikalisch datierte Glazial (in Kalifornien) vor 0,98 Mio Jahren (Tab. 3).

Auf diese Weise ergibt sich ein mindestens 25 Eiszeiten umfassender Polyglazialismus. Es bleibt nur übrig, diese theoretisch gefolgerten Kaltzeiten auch durch Sedimente zu belegen. Einen Weg dazu hat BRUNNACKER mit seinen Schülern durch die planmäßige Bestandsaufnahme weit zurückreichender Quartärprofile am Mittelrhein mit Kärlich (BRUNNACKER, STREIT & SCHIRMER 1969) und am Niederrhein mit Brüggem (BOENIGK 1969) und Frechen (KOWALZIK 1970) beschritten. Dabei sind mehrere Löß- und Terrassensysteme oberhalb der Hauptterrasse aufgefunden worden, welche die große Lücke zwischen Villafranc und Tegelen ausfüllen können und über ein einziges „Prätiglium“ hinausgehen dürften. Versucht man das Villafranc von St. Vallier als Basis des Pleistozäns mit seinen drei Bodenprofilen und dem liegenden Periglazialschotter von Chambaran an die älteren Rheinterrassen anzuschließen, gelangt man für das hier fixierte älteste Glazial ebenfalls zu einem Alter von 0,9 Mio Jahren. Eine Diskordanz trennt das Villafranc von St. Vallier von ariden Liegendschottern, welche wohl ohne Bedenken dem Pliozän zugeordnet werden können (Tab. 3). Die Basis des Villafranc ist altersmäßig mit rund 1,6 Mio Jahren bestimmt. Es bleibt also eine Lücke von 0,6 Mio Jahren von der Basis des Villafranc bis zum ersten belegten Glazial. Ein solcher Zeitraum dürfte für die Ablösung der plioleisztönen Wirbeltier-Mischfauna von Beginn bis Ende des Villafranc nötig sein. Die ersten Terrassentreppen (Höhenterrassen) bedeuten nicht nur morphogenetisch eine Wende, sondern dürften auch unschwer eine Tieferlegung der Erosionsbasis durch das jetzt auf Norddeutschland übergreifende Inlandeis anzeigen. Fortan gab es enge Wechselwirkungen zwischen Terrassen-Einschneidung und Lage der Nordseeküste, zwischen zeitweiliger Blockierung der Nordsee und Aufschotterung.

Die Tierwelt reagierte auf den mindestens 25maligen Wechsel von Warm- und Kaltzeiten schließlich (von der Gegenwart her betrachtet) mit dem Verschwinden wärmeliebender Elemente (Elefant, Nashorn, Antilope, Flußpferd, Wasserbüffel, Löwe, Panther, Hyäne usw.). Lediglich die Vögel kehrten dank ihrer größeren Beweglichkeit jahreszeitlich als Zugvögel zurück. Für das Verhalten der übrigen Fauna leuchtet die Vorstellung (KRETZOI 1961 nach TOEPFER 1963) ein, daß in günstigen Zeiten neue Formen in Wellen oder „Fronten“ in Mitteleuropa einwanderten, sich in den Warm- (mediterrane Steppen und Wälder) und Kaltzeiten (Lößsteppen und Tundra-Gebiete) mit verschiedenem Erfolg (bei der Nichtumkehrbarkeit des Evolutionsgeschehens) anpaßten und in Warmzeiten durch neue Faunenwellen verdrängt wurden. Die einzelnen Zyklen waren indessen für die Setzung umfassender Zäsuren in der Veränderung der Tierwelt zu kurz. Abgesehen von

1) Die Zuordnung der Höhen (Mettmann-, Hösel-, Drüfel)-Terrassen zum Pliozän, der ich noch kürzlich (HESEMANN 1969) gefolgt war, ist demnach durch die Verweisung ins Altpleistozän zu berichtigen.

Tabelle 2

Gliederungsschema des Pleistozäns

Zyklen- Alter in cirka 1000 Jahren	Kalium-Argon-Alter (FRECHEN & LIPPOLD 1965) in 1000 Jahren	Alter der ozeanischen Maximal (Ma-) und Minimal (Mi-)Temperaturen (EMILIANI 1966)	Terrassenhöhen am Mittelrhein (QUITZOW 1962) in m über Rhein-Mittel- wasser
20	20	20 Mi, 28 Mi	6
		48 Ma, 55 Ma	
60	60	65 Mi	10
		80 Ma	
100	116	115 Mi	30
		135 Ma	
140	143	150 Mi	
		170 Ma	
180		180 Mi	60
		210 Ma	
220	220	235 Mi	
		250 Ma	
260		270 Mi	80
		290 Ma (MESOLELLA 1969)	
300	300		
	320	325 Ma (MESOLELLA)	
340	340		100
380			120
		395 Ma (MESOLELLA)	
420	420	434 Mi (ŠEGOTA 1967)	
460		464 Mi (ŠEGOTA)	140
		485 Ma (MESOLELLA)	
500			170
540			
580	570		200
620			

seit 0,6 Mio Jahren nach Zyklen

Rheinterrassen, () vermutlich in der gleichen Terrassenstufe enthalten	Kalt- u. Warmzeiten, () theoretisch	Mögliche Einordnung	(Eu) Homininen (HEBELER & KURTH 1966)
Untere Niederterrasse	Kaltzeit 1	Weichsel 2	Homo sapiens sapiens
	Warmzeit	Moershoofd / Poperinge-Torfe	
Obere Niederterrasse	Kaltzeit 2	Weichsel 1	H. sapiens neanderthalensis
	Warmzeit	Eem	H. sapiens praeneanderthalensis
Unt.Mittelterr.,Krefeld,Mittelterr.	Kaltzeit 3	Warthe	
	Warmzeit	Ohe ?	
Untere Mittelterr. (Talweg-Terr.)	Kaltzeit 4	Drenthe	
	Warmzeit	Holstein	H. sapiens praesapiens
Mittl. Mittelterr. (Rinnenschotter)	Kaltzeit 5		
	Warmzeit		
(Oberer Mittl. Mittelterrasse)	Kaltzeit 6		Homo erectus heidelbergensis
	Warmzeit		
Obere Mittelterrasse	Kaltzeit 7	Elster	
	Warmzeit		
Oberste Mittelterrasse	Kaltzeit 8		
	Warmzeit		
Untere jüng. Hauptterrasse	Kaltzeit 9		Homo erectus
	Warmzeit	Cromer 2	
Obere jüng. Hauptterrasse	Kaltzeit 10		
	Warmzeit	Cromer 1	
(Ob. jüng. Hauptterrasse)	Kaltzeit 11	Menap	
	Warmzeit	Waal	
Mittlere Hauptterrasse	Kaltzeit 12	Eburon	
	Warmzeit	Tegelen 2	
Obere Hauptterrasse	Kaltzeit 13		
	Warmzeit	Tegelen 1	
(Obere Hauptterrasse)	Kaltzeit 14	Brüggen	
	Warmzeit		
Untere (Drüfel) Höhenterrasse	Kaltzeit 15		
	Warmzeit		
Untere (Hösel) Höhenterrasse	Kaltzeit 16		

Tabelle 3
Gliederungsschema des Pleistozäns
vom Pliozän bis vor 0,6 Mio Jahren nach Zyklen

Zyklen- Alter in ca. 1000 Jahren	Kalt- und Warmzeiten	Mögliche Zuordnung von Terrassen am Mittelrhein (QUITZOW 1962) Villafranc-Profil (BRUNNACKER 1967)	Einschnitte in Morphologie, Fauna und Flora
	Warmzeit		
660	Kaltzeit 17	(Obere Höhenterrasse 1) (260 m üb. Rhein-Mittelwass.)	
	Warmzeit		
700	Kaltzeit 18	Obere Höhenterrasse (2) (Homburg-, Mettmann-T.)	0,7 Mio Jahre: Erscheinen insta- biler Schwerminerale
	Warmzeit		
740	Kaltzeit 19	(Obere Höhenterrasse 3)	
	Warmzeit		
780	Kaltzeit 20	(Obere Höhenterrasse 4)	
	Warmzeit		
820	Kaltzeit 21	Villafranc: Löß 3	0,8 — 1 Mio Jahre: Eintiefung der Trogregion am Mittel- rhein um 50 m zum Hochtal (310—260 m über Rhein- Mittelwasser)
	Bodenprofil		
860	Kaltzeit 22	Villafranc: Löß 2	
	Bodenprofil		
900	Kaltzeit 23	Villafranc: Löß 1	
	10 m mächtiges Bodenprofil		
940	Kaltzeit 24	Villafranc: Periglaziale Schotter von Chambaran	Hipparion, Antilopen und die meisten altweltlichen Affen ver- schwunden (DIETRICH 1953)
980	Älteste datierte Kaltzeit	D i s k o r d a n z	Tertiäre Floren-Elemente unter 10%
1400	Villafranc		„Neue Wirbeltier-Gattungen in altertümlichen Assoziationen“ (KAHLKE 1968)
1600	Früh-Villafranc		Australopithecus (älteste humane Hominiden)
	Pliozän	Liegendschotter ariden Charak- ters mit roten Einlagerungen	Tertiäre Floren-Elemente bis 32%

Dauerformen (z. B. *Dicerorhinus etruscus*, *D. kirchbergensis*) lösen (besonders unter den Kleinsäugetern, TOEFFER 1963) einzelne Gattungen einander ab oder (bei den Großsäugetern) Stammreihen entwickeln sich. Die Lebensdauer von Arten und Gattungen liegt dabei vielfach zwischen 0,1—0,3 Mio Jahren.

Man hat deshalb die Glieder der Elefanten- oder Pferde-Stammreihen als Maßstäbe für die Pleistozän-Gliederung genommen und so Alt-, (vorher auch noch Ältest)-, Mittel- und Jungpleistozän unterschieden, ohne aber die Ungleichheit der Zeitabschnitte zu betonen. Von den (im Verhältnis zur theoretischen Vielzahl) überlieferten wenigen Faunen zeichnen sich jedoch einige dadurch aus, daß besonders viele alte Formen erloschen sind und besonders viele neue Formen erscheinen. Sechsmal fällt ein solcher Wechsel auf:

1. Am Ende des Früh-Villafranc, vor etwa 1,4 Mio Jahren.
Nicht mehr vorhanden: *Zyglodon borsoni*, *Ursus etruscus*,
neu: *Desmana vebringi*, *Mimomys pliocaenicus*, *Sus arvernensis*, *Leptobos elatus*,
Hystrix refossa.
2. Am Ende des Villafranc, vor 1 Mio Jahren.
Nicht mehr vorhanden: *Soriculus*, *Prospalax*,
neu: *Equus stenonis*, *Allohippus robustus*, *Dicerorhinus etruscus*, *Dic. kirchbergensis*,
Archidiskon meridionalis, *Elephas planifrons*, *Crocota perrieri*.
3. Am Ende der Tegelen-Warmzeit, vor 0,5 Mio Jahren.
Nicht mehr vorhanden: *Leptobos elatus*, *Macaca florentina*, *Talpa präglacialis*,
Ursus etruscus,
neu: *Desmana tegelensis*, *Sus strocci*, *Desmana tegelensis*, *Hystrix etrusca*, *Dolomys milleri*,
Trogontherium cuvieri.
4. Am Ende der Cromer-Warmzeit, vor 0,32 Mio Jahren.
Nicht mehr vorhanden: *Equus stenonis*, *Archidiskon meridionalis*, *Trogontherium*,
neu: *Ursus spelaeus*, *Sorex*, *Discrostonyx* *Microtus*, *Desmana moschata mosbachensis*,
Ovibos, *Bison schoetensacki*, *Caprea*, *Megaloceras*, *Orthogonoceras*, *Capreolus*,
Rangifer, *Palaeoxolon antiquus*, *Mammontheus trogontherium*, *Hippopotamos*,
Machairodus, *Equus süssenbornensis*, *E. mosbachensis*, *Sus scrofa*.
(Ersatz von *Leptobos* durch *Bos* und *Bison*, der „Quaggas“ durch caballische Pferde
und von *Archidiskon meridionalis* durch *Mammontheus trogontheri*, DIETRICH 1953).
5. Am Ende der Elster-Kaltzeit vor 0,18 Mio Jahren.
Nicht mehr vorhanden: *Archidiskon meridionalis*, *Hystrix refossa*, *Orthogonoceras*,
Dolichodoryceras, *Hippopotamus*, *Equus mosbachensis*,
neu: *Ursus arctos*, *Gulo*.
6. Am Ende der Eem-Warmzeit, vor etwa 0,08 Mio Jahren.
Nicht mehr vorhanden: *Megaloceras*, *Bison priscus*, *Equus caballus*, *Dicerorhinus etruscus*,
Dic. kirchbergensis, *Bos primigenius*, *Buffelus*, *Saiga tatarica*, *Palaeoxolon antiquus*,
neu: *Mammontheus primigenius*, *Equus caballus*, *E. germanicus*, *Coelodonta antiquitatis*,
Buffelus, *Saiga tatarica*.

Aus der allmählich dichteren Aufeinanderfolge (wohl kein Trugschluß wegen der zunächst dürftigeren Belege) der „Faunenwellen“ ergibt sich für das Altpleistozän ein langsames, für das Jungpleistozän ein sich steigendes Tempo der Evolution. Aber so wenig der vorgeschichtliche Mensch durch die Jagd die Wirbeltierwelt dezimiert hat (SOERGEL 1922), so gewiß ist dem *Homo sapiens sapiens* die derzeitige Verarmung der Wirbeltierwelt zur Last zu legen.

Auch in der Entwicklung der *Hominiden* scheinen Haupteinschnitte an der Grenze Plio/Pleistozän und um die Cromer-Warmzeit zu liegen. Die Plio-Pleistozän-Grenze bedeutet das Übergangsfeld von der „subhumanen Phase“ der Hominiden über das Tier hinaus zur humanen Phase in Gestalt der Australopithecinen, welche als „pygmoide klein-hirnige Aufrechtgänger mit typischen Standfüßen und grundsätzlich menschlichem Gebiß“ (HEBERER) sich schon mancher Werkzeuge und Geräte bedienten. Ihnen folgten die Frühmenschen mit (*Pithecanthropus*) *Homo erectus* (heidelbergensis als ältester Fund in der Elster-Kaltzeit) und diesen verhältnismäßig rasch aufeinander die Alt- (*Homo sapiens neanderthalensis*) und Jetztmenschen (*Homo sapiens praesapiens* u. *H. sapiens sapiens*) in der letzten Warm- und Kaltzeit (HEBERER & KURTH 1966). Also anscheinend wie bei den Wirbeltieren allgemein eine beschleunigte Evolution.

Bei den marinen Mollusken zeichnen sich der Einbruch der Kaltzeiten und der seitdem waltende Zyklus von Kalt-Warmzeiten mit der Mischung und Ablösung lusitanischer durch boreale Formen ab (vgl. Verzeichnis der Schnecken und Muscheln bei VAN DER KLERK & FLORSCHÜTZ 1953). Mit dem Aufhören besonders vieler alter und dem Erscheinen neuer Arten hebt sich die Cromer-Warmzeit als Wende ab, während Holstein-See und Eem-See sich durch das Ausscheiden weniger Formen (*Corbula fluminalis*, *Vivipara diluviana*, *Valvata naticina*) voneinander unterscheiden.

Eine gegensätzliche Entwicklung lehrt die Geschichte der pleistozänen Vegetation (so weit bei der Verschiedenheit pflanzlicher und tierischer Baupläne überhaupt ein Vergleich möglich ist). Nachdem bereits im Unteroligozän Mitteleuropas die ersten „arktotertiären“ Floren-Elemente erschienen waren (AHRENS u. a. 1968), kommen sie in der Folgezeit in einem oftmaligen Wechsel zum Ausdruck. Im Pliozän aber kam es zu erheblichen Schwankungen in der Beteiligung typischer Tertiärformen (Tab. 4). Noch bleiben einschneidende Absenkungen der Temperatur aus, aber im Reuver-Abschnitt partizipieren als Vorboten einer erheblichen Abkühlung *Betula* und *Pinus silvestris* zeitweilig mit 50 % an der Zusammensetzung der Baumpollen, während die tertiären Formen auf den bis dahin noch nicht erreichten Tiefstand von wenig über 10 % zurückgehen (Tab. 4). Diese Tendenz setzt sich fort, bis in der Cromer-Warmzeit der Umbau der tertiären Waldvegetation in die pleistozäne warmzeitliche Waldvegetation vollzogen ist (FRENZEL 1968). Von nun an läuft in jeder Warmzeit eine schnelle Folge scharf getrennter Waldtypen (Birke/Kiefer, Kiefer/Birke/Fichte/Ulme, Eichenmischwald, Hainbuchen/Tanne oder *Carpinus*/Fichte, Kiefer/Fichte/Birke/Kiefer) ab, nur in der Holstein-Warmzeit durch eine starke Vorherrschaft von Nadelhölzern verschleiert.

Es bedurfte mithin der Einwirkung von Kalt- und Warmzeiten über 1,3 Mio Jahre hindurch, um die tertiären Baumpollen in Mitteleuropa auszuschalten. Aber während die Wirbeltiere auf diese periodischen Impulse einer veränderten Umwelt mit der Schöpfung ganzer Ketten von Stammesreihen reagierten, verhielten sich die Pflanzensippen physiologisch konservativ und wenig variabel. Abgesehen von der fortschreitenden Verarmung an tertiären Elementen konsolidierte sich die pleistozäne Vegetation in der Bildung zweier Standardtypen, die sich als Siedlungsgemeinschaften von Kältesteppe mit nur (für Mitteleuropa) kurzzeitig und schwach ausgeprägter Tundra und als Eichenmischwald mit einer Nadelwald-Phase am Anfang und am Ende präsentierten. Beide besetzten immer wieder je Kalt- oder Warmzeit die gleichen Areale (FRENZEL 1968), wobei sie sich aus den Refugien des Mittelmeerraumes oder den nordeuropäischen Tundren ergänzten. Dabei erwiesen sich Sumpf- und Wasserpflanzen als besonders konservativ. Die großen Einschnitte in der Entwicklung während des Pleistozäns liegen — wie bei den Wirbeltieren — im Früh-Abschnitt des Villafranc und in der Cromer-Warmzeit, so daß eine Wechselwirkung naheliegt. Wie die Evolution der Tierwelt verlangt auch die Vegetationsgeschichte des Pleistozäns die 1,3 Mio Jahre als Frist für die Reifung. Diese große und entscheidende Zeit

Tabelle 4

Der Anteil typischer Baumpollen an der Vegetation von Oberpliozän und Pleistozän (im wesentlichen nach ZAGWIJN aus FRENZEL 1968) in NW-Europa

Zeit-Abschnitte	Typische Tertiärformen	Zeitweiliger maximaler Anteil an			
		Eichenmischwald	<i>Pinus silvestris</i>	<i>Betula</i>	<i>Picea</i>
in Prozenten					
Eem-Warmzeit	0	80	90	90	12
Holstein-Warmzeit	0	10	70	10	20
Cromer-Warmzeit	1—0	80	85	70	15
Waal-Warmzeit	4	45			
Tegelen-Warmzeit	8	12	80	6	55
Prätegelen	2	3			
Reuver (Asti)	12—38	40	50	35	4
Brunssumian C	20—70				
„ B	20—72				
„ A	30—70				
(Piacentin)					
Susterian (Pont)	20—30				

zwischen Pliozän und Cromer-Warmzeit ist geologisch und biologisch (Gleichsetzung von Villafranc und Tegelen, Annahme nur weniger Kaltzeiten vor der Tegelen-Warmzeit) nicht genügend gewürdigt. In den großen Einschnitten der Lebewelt vor 1,6 und 0,3 Mio Jahren darf man außer einer Verzahnung biologischer Zeitenwenden (DIETRICH 1953) auch eine, im großen gesehen ständige, noch nicht beendete Abkühlung seit dem Pliozän erblicken. Das wäre auch insofern nicht unwahrscheinlich, als die Gegenwart erst beim 25. Zyklus der Kaltzeiten angelangt ist und (wie im Permokarbon) ein Vielfaches noch bevorsteht.

Überblickt man die Entwicklung von Fauna und Flora im Quartär, die Dokumentierung von Kalt- und Warmzeiten durch Moränen, Löss, Terrassen und Strandstände einerseits und das Ergebnis verschiedener Untersuchungsmethoden zu ihrer zeitlichen, räumlichen und klimatischen Erfassung andererseits, so ergibt sich ein im großen gerichteter und zyklisch gearteter Ablauf. Die jeweils fixierte organische und anorganische Materie entspricht dabei in ihrer Ausbildung sozusagen Variationen zum gleichen Thema, nämlich dem Arrangieren mit den durch Kalt- und Warmzeiten gebotenen Verhältnissen. Diese begrenzte Variabilität innerhalb der Zyklizität ist durch den komplexen Charakter der steuernden Faktoren (Paläotopographie, sinkende Temperaturen, weichende Nordsee, extratellurische Ursachen usw.) begründlich.

Die Bildungen des Pleistozäns müssen sich jedesmal ihren Raum und ihre Substanz größtenteils auf Kosten vorangegangener Ablagerungen selbst schaffen. Infolgedessen sind Moränen, Terrassen und Löss wegen ihrer lockeren Beschaffenheit und exponierten Lage häufig verschwunden oder aber nach Morphologie und Zusammensetzung oft nicht von ihren Vorgängern zu unterscheiden. Die geologische Diagnose steht deshalb vor einer schwierigen Aufgabe. Sie kann sich aber der mannigfachen (von der Bodenkunde, Paläontologie, Petrographie, Morphologie, den physikalischen Alters- und Temperatur-Bestimmungen gebotenen) Indizien in gemeinsamer Abstimmung bedienen. Sie bleiben jedoch so lange erdgeschichtlich beziehungslos, bis für ihre Einordnung die spezifisch plei-

stozäne zyklische Periodik zur Verfügung steht. Daß diese einer Zyklik entspricht, bedarf angesichts der kalt-warmzeitlichen, durch Fauna und Flora widergespiegelten und durch physikalische Daten zeitlich bestätigten Sedimentations-Folge keiner weiteren Beweisführung, wenn auch die letzten Ursachen dafür unbekannt sind. Auf der Grundlage der Zyklik ist die vorstehende Gliederung des Pleistozäns entworfen, eine in sich konsequente Aufteilung, zwar immer noch unvollkommen, aber mit weniger Lücken als bisher, in einer natürlichen Ordnung und mit der Möglichkeit, alte sowie neue Beobachtungen und Daten erdgeschichtlich einzuordnen.

Mag man diesen Versuch als weitere Variation der bereits vorhandenen zahlreichen Hypothesen skeptisch aufnehmen und als verfrüht ansehen, so kann er gleichwohl bei der Reformbedürftigkeit des klassischen Eiszeiten-Systems wegen seines unleugbaren Zerfalls in mehrteilige Kalt- und Warmzeiten als Lückenbüsser dienen. Das Verharren im Oligoglazialismus engt den Blick für stratigraphische Vergleiche sowie für die Geschichte der Tier- und Pflanzenwelt angesichts der vermehrten Fakten ein. Das hier über die bisherigen Aufteilungen hinausgehende Schema soll lediglich eine Möglichkeit zur wahlfreien Einordnung alter und neuer Pleistozän-Bildungen bieten und für die Beurteilung der tierischen und pflanzlichen Entwicklung mehr Stationen, vor allem im Altpleistozän, zur Verfügung stellen. Was bei dieser Gelegenheit über Evolution gesagt ist, hat mehr die Bedeutung einer Fragestellung zur Wechselwirkung von geologischem und biologischem Geschehen als einer abschließenden Feststellung, weil die Kausalzusammenhänge zwischen Evolution und Umweltänderungen noch nicht geklärt sind.

Literaturhinweise

- AHRENS, H. u. a.: Zur Plio/Pleistozän-Grenze in der Deutschen Demokratischen Republik. — 23. intern. geol. Congress, **10**, 65—77, 5 Abb., Prag 1968.
- BOENICK, W.: Zur Kenntnis des Altquartärs bei Brüggem (westlicher Niederrhein). — Sonderveröff. geol. Inst. Köln, **17**, 138 S., 20 Abb., 7 Tab., 3 Taf., Köln 1969.
- BRUNNACKER, K.: Der Villafranchium-Löß bei St. Vallier. — N. Jb. Geol. Paläont., Jg. 1967, 257—267, 1 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1967.
- BRUNNACKER, K., STREIT, R. & SCHIRMER, W.: Der Aufbau des Quartär-Profiles von Kärlich/Neuwieder Becken (Mittelrhein). — Mz. naturw. Arch., **8**, 102—133, 8 Abb., 3 Tab., 1 Taf., Mainz 1969.
- DIETRICH, W. O.: Neue Funde des etruskischen Nashorns in Deutschland und die Frage der Villafranchium-Faunen. — Z. Geol., **2**, 417—430, 1 Abb., Berlin 1953.
- EMILIANI, C.: Palaeotemperature Analysis of Core 280 and pleistocene Correlations. — Journ. of Geol., **66**, 265—275, 5 Abb., 3 Tab., Chicago 1958.
- FRECHEN, J. & LIPPOLT, H. J.: Kalium-Argon-Daten zum Alter des Laacher Vulkanismus, der Rheinterrassen und der Eiszeiten. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **16**, 5—30, 8 Abb., Ohringen 1965.
- FRENZEL, B.: Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Eurasiens. — Erdwiss. Forsch., **1**, 326 S., 17 Taf., 67 Abb., Wiesbaden 1968.
- HEBERER, G. & KURTH, G.: Die (Eu)Hominiden vom Mittelpleistozän bis ins mittlere Jungpleistozän. — Handbuch der Urgeschichte, I, 209—233, 1 Taf., 5 Abb., 1 Tab., Bern 1966.
- HESEMANN, J.: Das Münsterland als pliozäne Erosionslandschaft. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., Jg. 1969, 530—534, 3 Tab., Stuttgart 1969.
- JESSEN, W.: Zur Sedimentologie des Karbons. — 4. Congr. Avancement Etudes Strat. Géol. Carbonifères, C. R., 307—322, Maastricht 1961.
- KAHLKE, H.-D.: Vertebratenstratigraphie zur Plio/Pleistozän-Grenze. — Report 23. Intern. geol. Congress, Section 10, 27—39, Prag 1968.
- KRETZOI, M.: Stratigraphie und Chronologie. Czwartorzec europy Srodkowej Wschodniej. — Inqua, 1961, 313—329, Łódź 1964.
- MESOLELLA, K. M., MATTHEWS, R., BROECKER, W. S. & THURBER, D. L.: The astronomic Theory of climatic Change.: Barbados Data. — J. Geol., **77**, 250—274, 13 Abb., Chicago 1969.
- QUITZOW, H. W.: Mittelrhein und Niederrhein. — Beitr. z. Rheinkde., **13**, 27—39, 4 Abb., Koblenz 1962.
- ŠEGOTA, T.: Paläotemperature Changes in the Upper and Middle Pleistocene. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **18**, 127—141, 3 Abb., Ohringen 1967.

- SOERGEL, W.: Die Jagd der Vorzeit. — 149 S., 28 Abb., 1 Tab., Jena 1922.
— : Die Vereisungskurve. — 87 S., 1 Taf., 3 Tab., Berlin 1937.
TOEPFER, V.: Tierwelt des Eiszeitalters. — 46 Abb., 20 Taf., 2 Tab., Leipzig 1963.
VLERK, I. M. VAN DER & FLORSCHÜTZ, F.: The palaeontological Base of the Subdivision of the Pleistocene in the Netherlands. — Verhandl. Koninkl. nederl. Akad. van Wetensch. afd. Natuurkunde, **1**, reeks, 20, Nr. 2, 58 S., 29 Tab., 4 Taf., Amsterdam 1953.
ZEUNER, F. E.: Schwankungen der Sonnenstrahlung und des Klimas im Mittelmeergebiet während des Quartärs. — Geol. Rdsch., **30**, 650—656, 1 Tab., Stuttgart 1939.

Manusk. eingeg. 13. 7. 1970.

Anschrift des Verf.: Prof. Dr. J. Hesemann, 415 Krefeld, Von-Steuben-Straße 17.