

S o n d e r d r u c k
aus der „Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft“
Band 89, Jahrgang 1937, Heft 3

**Worte anlässlich der 250. Wiederkehr des Geburtsjahres
der Paläoklimatologie**

Von FRITZ KERNER-MARILAUN, Wien.

Im Schlußwort zu meiner 1930 erschienenen Paläoklimatologie (1) nahm ich auf den von SAPPER (2) erwähnten Erstfall Bezug, in welchem — 1688 — aus einem paläontologischen Befunde auf ein vom heutigen abweichendes

Vorzeitklima geschlossen wurde und knüpfte daran eine Reihe von Betrachtungen, welche auch am Platze wären, wenn man jetzt in unserer gedenk-jahrfreudigen Zeit die 250. Wiederkehr des Geburtstahres der Altklimakunde feiern wollte. Indessen möchte ich in dieser Zeit der Knappheit an leicht zugänglicher Stelle schon Gesagtes nicht wiederholen und mich auf das beschränken, was seit 1930 neu zu sagen ist. In unseren rasch nach vorwärts drängenden Tagen soll auch ein Jubiläum nicht die Gelegenheit zu einer weitschweifigen Rückschau geben, sondern zu einer Besinnung über den heute erreichten Stand der Dinge und über das vom Jubilar noch zu Erstrebende Anlaß sein. Wir stehen drei Tatbeständen gegenüber:

1. Eine sachgemäße Beurteilung der Paläoklima ist nur unter Rücksichtnahme auf die geographischen Verhältnisse der Vorzeit möglich.
2. Unseren Erkenntnismöglichkeiten über die Geographie der Vorzeit sind sehr enge Grenzen gesteckt.
3. Für die Behandlung verschiedener Probleme der Geologie ist die Bezugnahme auf paläoklimatische Verhältnisse nötig.

Zu 1. enthalten meine 1934 erschienenen Beiträge zur Paläoklimatologie (3) die Erläuterung. Weil die Sonne — je nachdem sie Land oder Meer bestrahlt — eine verschiedene Erwärmung schafft, würde sich auch jede Änderung ihrer Strahlung im Land- und Seeklima verschieden auswirken. Die Isothermen würden bei einem Wechsel des Solarklimas nicht bloß eine Wertverschiebung erfahren, sondern auch ihren Verlauf und ihre Abstände ändern. Beim Wechsel von Sonnennähe und Sonnenferne würden sich im extremsten Falle die Winter- und Sommertemperaturen in den niedrigen Breiten im reinen Landklima fast zehnmal so viel als im reinen Seeklima ändern. Man kann so in bezug auf die Klimagestaltung in einem Erdgebiet sagen:

Nicht darauf kam es zunächst an, ob die Exzentrizität (und Ekliptik-schiefe) klein oder groß war, ob das Perihel in den Winter oder Sommer fiel, sondern das war das Entscheidende, ob das Gebiet beim Eintritt der extremen Erdstellung vorwiegend land- oder meerbedeckt war. Auch betreffs der durch die Stellungswechsel der Erde bedingten Kalmenverschübe und begleitenden Verrückungen der Passatzenen und Hochdruckgürtel kann man in bezug auf die Klimagestaltung in einem Erdraume sagen: Nicht darauf kam es zunächst an, ob die Kalmen weit in die eine oder andere Halbkugel verschoben waren, sondern das war das Entscheidende, ob der Verlauf der Küsten in den Tropen ein solcher war, daß beide Äquatorialströme in die eine oder in die andere Hemisphäre abgelenkt wurden.

Es verhält sich also nicht so, wie oft gesagt und geglaubt wird, daß bei der Gestaltung der Paläoklima die Land- und Wasserverteilung auch (sic!) von Einfluß gewesen sei, sondern so, daß sie von überragender Bedeutung war, weil es von ihr abhing, in welchem Maße sich Änderungen des Solarklimas thermisch auswirkten.

Eine das Thema von allen Seiten beleuchtende, ausführliche Erläuterung zum Satz 2 ist meine 1934 erschienene Paläogeographie (4). Satz 3 darf nicht so mißverstanden werden, als wenn er die Aufmunterung zur Ziehung wertloser Zirkelschlüsse wäre. Man darf nicht aus bestimmten geologischen

Befunden auf große Polverschübe schließen und durch diese dann jene Befunde erklären wollen. Man muß auf anderer Grundlage erschlossene Solar-klimawechsel zur Erklärung heranziehen. Mit dem, was die Paläoklimatologie zuvor nicht selbst von der Geologie empfangen hat, kann sie dieser Wissenschaft wichtige Behelfe zur weiteren Arbeit liefern. Man bedarf ihrer in der Paläobiologie, in der Lehre von den Vorzeithöden und Gesteinen und in der Lagerstättenlehre (5), insoweit diese auf Diagenese und Verwitterung Bezug nimmt.

Die Paläoklimatologie erscheint so wegen der Unzulänglichkeit der Paläogeographie selbst nicht Entwicklungsfähig und ist doch wieder für die Geologie so wichtig, daß sie als Wissenschaft geschaffen werden müßte, wenn sie nicht schon bestünde. Wie soll man einer so verwirrten Sachlage Herr werden?

Derart, daß man sich zur Erkenntnis durchringt, daß ein Teil der Probleme in der Tat unlösbar ist und die anderen nur unter gewissen Voraussetzungen und Bedingungen lösbar sind. Es mag eine solche Einschränkung unliebsam empfunden werden, sie ist aber nicht zu vermeiden. Wenn man über die frühere Gestaltung der jetzt vom Weltmeer überfluteten Erdräume — und so auch über ihr früheres Klima — nichts in Erfahrung bringen kann, so schalten sich solche Räume von jeder Untersuchung von selbst aus. Wenn auch über die Paläogeographie der jetzt einer geologischen Erforschung zugänglichen Landgebiete große Unsicherheit herrscht, so muß man sich begnügen, bestbegründete Rekonstruktionsversuche als bloße Möglichkeiten zu betrachten und auf sie zu gründende klimatische Schlüsse nur als an die Zulässigkeit solcher Rekonstruktionen geknüpfte anzusehen. Ebenso sind alle altklimatischen Schlüsse nur bedingte, insoweit sie auf der Voraussetzung der Richtigkeit der Annahmen über die klimatischen Bedürfnisse der Vorweltorganismen beruhen.

Die in den Worten „teilweise“ und „bedingungsweise“ sich ausdrückende Beschränkung bedeutet keineswegs In-Fesseln-Legung der Forschung; es verbleibt ihr noch ein weites Arbeitsfeld.

Die Zeiten sind vorüber, in denen man glaubte, die Paläogeographie erschöpfe sich darin, daß man die Fundstätten einer Meeresfauna mit Rotstift unterstreicht, die Flächen, wo die sie bergenden Schichten unter anderen verborgen liegen, blau, die Flächen, wo sie schon abgetragen sind, schwarz schraffiert und das so gewonnene Dreifarbenbild mit einer schwungsgeschwungenen Linie umfährt. Man hat die Vorzeitmeere als dreidimensionale Gebilde zu erforschen gelernt. Die Unterscheidung von Schwellen- und Beckenfazies und die Bedachtnahme auf Schichtenmächtigkeiten und Sedimentationszyklen boten Anhaltspunkte, um die Reliefverhältnisse der alten Meere in ihren Hauptzügen zu erfassen. Auch das Studium der Oszillationen und allmäßlichen Veränderungen der Vorzeitmeere trat gegenüber der Be- trachtung ihrer durchschnittlichen Verhältnisse in einzelnen Zeitabschnitten in den Vordergrund. Von besonderer Bedeutung war der von KOCKEL unternommene Versuch, tektonisch ausgewickelte Kärtchen zu entwerfen. Wie schwierig ein solches Unternehmen ist, mag man daran ermessen, daß selbst erste Alpengeologen nur bis zur Zeichnung ausgewickelter Profile schreiten. Doch handelt es sich, wie KOCKELS Leistung zeigt, nicht um Unmögliches.

So zeigt es sich, daß die Paläogeographie doch noch Entwicklungsfähig ist und sich die Schroffheit, mit der sich Satz 1 und 2 in der vorigen Aufstellung gegenüberstehen, doch einigermaßen mildern läßt. Es lohnt sich, an Einzelprobleme des Vorzeiklimas heranzutreten, für deren Behandlung die Umstände möglichst günstige sind. Ein Beispiel (6):

Die Gosauförmatiōn umfaßt eine Anzahl von Gesteinsbildungen, deren Klimazeugnis einer Wertprüfung standhält. Man gewinnt Aufschlüsse über die Luft- und Meeres-Temperaturen, die Luftfeuchtigkeit, die Regenmenge und jährliche Regenverteilung und über die Windverhältnisse. Eine besondere Überprüfung erheischt wegen seiner anscheinenden Unbestimmtheit (Mischung subtropischer und subborealer Typen) das thermische Klimazeugnis der Gosauförlora. Die für die ostalpinen Tertiärfloren gegebene Erklärung (Beimischung von aus den Höhen herabgeschwemmten Resten) kommt bei der Grünbacher Flora kaum in Frage, weil weitverbreitete Verkarstung (7) im Berg- und Hügellande südlich von der Gosaufküste den Bestand obertägiger Gebirgsbäche wohl ausschloß. Die Bloßlegungen der Werfener Schiefer beschränkten sich auf die Talgründe. Um die sommergrünen Elemente der Grünbacher Flora durch Herbeischwemmung auf den Wasserläufen zu erklären, durch welche die Windkanter aus dem Hinterlande zur Küste verfrachtet wurden, war die Entfernung zu groß.

KOCKEL (8) spricht von einer breiten Piedmontfläche, welche sich in der Vorgosauzeit zwischen die meererfüllte alpine Randsenke und den Nordrand des damaligen kalkalpinen Gebirgsrumpfes einschob und dann sehr rasch überflutet wurde. Da konnte es sein, daß die einem sehr mildfeuchten Küstenklima angepaßte immergrüne Flora bis zum Alpenrande vorstieß und an günstigen Stellen dort Wurzel faßte, ehe noch die widerstandsfähigeren Bestandteile der früheren sommergrünen Inlandflora erloschen waren.

Von den Bauxiten der Gosauschichten sind jene, welche aus Eruptivgesteinen hervorgingen, den Produkten der lateritischen Verwitterung in den krystallinen Gebieten des Mittelmeeres zu vergleichen, während die in Klüfte des Dachsteinkalkes eingesenkten Bauxiten der mediterranen Karstländer entsprechen. Eine Wertänderung erfährt bei seiner Überprüfung das Zeugnis der Regenmengen. Nach AMPFERER (9) stammen die exotischen Gerölle in den Gosauschichten der östlichen Ostalpen vorzugsweise von den zur Ingressionszeit durch frühere tiefgreifende Erosion schon bloßgelegten exotischen Klippen an der Basis der vorgosauischen tektonischen Elemente der Kalkalpen. Man würde, wenn man diese Gerölle als Wahrzeichen einer Verfrachtung aus einem sehr regenreichen Landinnern durch Flüsse ansähe, die Niederschlagsmengen über der Alpeninsel der oberen Kreidezeit sehr überschätzen.

Zur Beurteilung des morphogenen Klimas am Nordalpensaume war KOCKELS ausgewickeltes Kärtchen der Turonzeit verfügbar; der klimatische Einfluß der weiteren Umgebung mußte nach älteren Karten seine Abschätzung erfahren. Sorgfältige, zum Teil auf Rechnungen gestützte Erwägungen über die Meeresströmungen und Luftdruckverhältnisse, welche dem vorgelegenen Kartenbilde (bei nicht geänderter Pollage) entsprechen würden — wobei auch auf die Stellungswchsel der Erde und die durch sie bedingten Kalmenverschübe Bezug genommen wurde — ergaben eine Viel-

gestaltigkeit der klimatischen Zustände, welche die Mannigfaltigkeit des Klimazeugnisses der Gosauschichten verstehen lehrt. Der große Temperaturunterschied, welcher nach den Faunen zu schließen — einerseits Korallen und Rudisten, andererseits Inoceramen — zwischen dem Meere am Nordsaum der Alpeninsel und dem weiter nordwärts gelegenen Flyschmeer bestehen mußte, läßt sich ozeanographisch begründen. Das Zusammentreffen sehr verschieden temperierter Wässer in Lücken der Landbarre, welche das Gosaumeer vom Flyschmeer schied, wirft auf die Entstehung der Glaukonite der Gosauschichten ein Licht. Das Gosaumeer mußte eine bevorzugte Straße für winterliche Luftwirbel, also zeitweise sehr stürmisch sein. Dies macht die Mächtigkeit der Strandkonglomerate verständlich. Die bei einer klimatologischen Betrachtung der Gosauzeit zu stellende Hauptfrage beantwortet sich in der von MAX SEMPER (10) begründeten doppelt bedingten Ausdrucksform wie folgt: Stellten die Gosaukorallen die Wärmeansprüche ihrer heutigen Nachfahren, so konnten sie unter günstigen geographischen Verhältnissen bei großer Exzentrizität im Winterperihel im Meere am Nordalpenrande gedeihen. Waren die geographischen Verhältnisse minder günstig, so mußte entweder der Wärmeanspruch der Gosaukorallen ein geringerer oder das Sonnenklima ein günstigeres sein.

Kein Zweifel, daß man ähnliche Untersuchungen über viele Teilprobleme des Vorzeitklimas anstellen könnte. Durch Zusammenlegung der Ergebnisse derselben würde man betreffs des Solarklimas der Vorzeit zu Erfahrungen von weiterreichender Geltung und schließlich zu solchen von allgemeiner Bedeutung gelangen. Der von den Gelehrten begangene Weg ist der umgekehrte. Sie fassen eine solarklimatische Größe als Hauptklimabildner ins Auge und versuchen es dann, alle Klimazeugnisse dem aufgestellten Wirkungsschema einzuordnen. Auch in einem anderen Belange könnte man von einer Wegumkehrung sprechen. Es wurden Serien von Weltkärtchen hergestellt, wobei jede Unterformation vertreten sein sollte. Da ein Vorzeitgeograph nicht in allen Formationen Spezialist sein kann, mußten da vielfach fremde, einer Überprüfung unzugängliche Angaben zur Stütze dienen und es drohte die Gefahr daß, wenn Kenntnislücken klafften, diese willkürlich überbrückt wurden, weil der Verzicht auf ein Glied der Kette unternlich schien.

Bei C. DIENER (11) erstand dagegen der Gedanke zum Entwurf einer Karte der norischen Stufe erst im Gefolge der durch viele Fundortsbereisungen, Museumsbesuche und Bearbeitungen zugesandter Fossilsuiten gewonnenen umfassendsten eigenen Kenntnis aller bekannt gewordenen Cephalopodenfaunen der Trias. DIENERS Karte ist so von besonderem Werte und kam an erster Stelle in Betracht, wenn es galt zu untersuchen, inwieweit und unter welchen Einschränkungen doch auch nicht ausgewickelte (also eingerollte) Karten als Grundlagen für paläoklimatische Studien in Frage kommen können; andernfalls wäre ja die Altklimaforschung in der Tat bald lahmgelegt. DIENERS Bild der mediterranen Tethys kann dem Klimaforscher als Grundlage dienen, insoweit es ein in den nördlichen Subtropen verlaufenes Gürtelmeer darstellt, dessen Verzerrungen sich nicht derart summieren, daß man annehmen müßte, das mediterrane Norikum habe sich fern von seiner heutigen Fundstätte abgesetzt.

Mit diesem Vorbehalt wurden von mir (12) für dieses Gürtelmeer die winterlichen Meeresströmungen und Temperaturverhältnisse rekonstruiert.

Es zeigte sich, daß Einzelheiten des gewonnenen Strombildes sich in stratigraphischen Befunden widerspiegeln. Das typisch alpine Gepräge der Hallstädter Entwicklung von der *Trinodosus*- bis zur *Aonoides*-zone in der hellenischen Trias ist durch eine direkte Stromverbindung zu verstehen. Der nicht durch eine Landbarre erklärbare große Faziesunterschied zwischen der sizilischen und mauretanischen Trias findet sich darin begründet, daß erstere im Hauptstrich einer Strömung, letztere abseits derselben zum Absatze kam. Die zeitweise Durchschneidung des Gebietes mit Lagunarfazies durch eine bis zur Straße von Gibraltar verfolgbare hochmarine Entwicklung (im Ladin *Protrachyceras* auf den Balearen, im Norikum *Megalodus* auf der Südseite der Sierra Nevada) entspricht dem Strombilde, das sich bei großer Exzentrizität im Winterperihel zeigte.

Wenn die Altklimaforschung sich auf Alterkunde stützend, doch nicht auf Schwimmsand baut und so ihr Bau nicht stets Gefahr läuft, Risse und Sprünge zu bekommen, lohnt es sich, sich um ihre Ausgestaltung und Einrichtung zu bemühen. Die von mir (13) teils schon erörterten, teils ange deuteten Methoden, wie die Wertprüfung der geologischen Klimazeugen, die Betrachtung der Paläoklima im Lichte der heutigen extremen Witterungsanomalien, die Ausdehnung der Betrachtung auf die Jahreszeiten, wären anzuwenden, insbesondere wäre die klimatogeographische Analysis zu pflegen, welche sich die Aufgabe stellt, die aus Umgestaltungen des Erdbildes erwachsenden Klimaänderungen möglichst zu erfassen. Auch die wissenschaftliche Erkenntnis wäre zu vertiefen. Die Übereinanderlagerung von Wellenscheiteln, der Eintritt optimaler Werte, die Überschreitung von Schwellenwerten wären hinsichtlich der Folgen, die ihr vereintes Wirken zeitigen könnte, eifrig zu erforschen.

Jene, welche glauben, daß man die Lösung der Altklimarätsel nicht mühevoll erarbeiten müsse, sondern durch geniale Hypothesenschöpfung kurzerhand erreichen könne, sind sich dessen nicht bewußt, daß sie ihren Genossen im Ringen um Naturerkenntnis nicht als kühne Vorkämpfer, sondern als Nachzügler erscheinen, denn in andern Wissenszweigen gilt die Aufstellung geistvoller Hypothesen ohne vorausgegangene intensive Detailforschung als längst überholter Standpunkt. Auch heute sind die Möglichkeiten für die Schmiedung neuer Klimahypothesen nicht erschöpft. Vielleicht könnte man das schwere Wasser — als Index für das Alter von Gletschereis könnte es erwogen werden — oder die kosmische Strahlung mit dem Vorweltklima in Beziehung bringen. Auch solche Hypothesen würden dem Schicksal der am wissenschaftlichen Sternenhimmel hell auf leuchtenden Meteore nicht entrinnen (14). Zum ersten Mal erscholl mein Ruf „Detailarbeit ist es, was not tut“ vor 17 Jahren (15). Er hat wenig Widerhall gefunden. Auch Kreise, von denen man es nicht glauben würde, sind manchmal von zähem Konservativismus bedrängt. Dennoch möchte ich wünschen und hoffen, der Eintritt der Altklimakunde in das zweite Viertel des ersten Milleniums ihres Bestandes möge der Anlaß sein, daß sich in ihr die Erkenntnis der Wichtigkeit der Detailforschung in den Arbeitsweisen und Zielsetzungen durchringe.

Angeführte Schriften:

1. KERNER-MARILAUN, F.: Paläoklimatologie, Berlin 1930.
2. SAPPER, K.: Die Erforschung der Erdrinde in „Weltall und Menschheit“, herausgegeben von H. Krämer, I. Bd., S. 158.

3. KERNER-MARILAUN, F.: Beiträge zur Paläoklimatologie. Mitteil. Geol. Ges. in Wien, **27**, 1934.
4. —: Paläogeographie mit besonderer Rücksicht auf die Fehlerquellen. Berlin 1934.
5. —: Paläoklimatologie und Lagerstättenkunde. „Bergbau und Hütte“, **6**. Wien 1920.
6. —: Das Klimazeugnis der Gosauformation. Sitzber. d. math. nat. Kl. d. Akad. d. Wiss. Wien, II. a, **143**, 1934.
7. SPENGLER, E.: Ein geologischer Querschnitt durch die Kalkalpen des Salzkammergutes. Mitteilg. Geol. Ges. in Wien, **11**, 1918.
8. KOCKEL, C. W.: Die nördlichen Ostalpen zur Kreidezeit. Mitteilg. Geol. Ges. in Wien, **15**, 1922.
9. AMPFERER, O.: Geologische Untersuchungen über die exotischen Gerölle und die Tektonik niederösterreichischer Gosauablagerungen. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. in Wien math. nat. Kl., **96**, 1919.
10. SEMPER, M.: Das paläothermale Problem. Z. deutsch. Geol. Ges., **48**, 1896.
11. DIENER, C.: Die marinen Reiche der Triasperiode. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. in Wien math. nat. Kl., **92**, 1915.
12. KERNER-MARILAUN, F.: Studien über die Wintertemperaturen im alpinen Gürtelmeer der Keuperzeit. Sitzber. d. math. nat. Kl. d. Akad. d. Wiss. in Wien, II a., **144**, 1935.
13. —: Paläoklimatologie I. c.
14. —: A. Wegeners Stellungswechsel zur Frage der Paläoklimate. Z. deutsch. Geol. Ges., **86**, 1934.
15. —: Die Grundlagen und Aufgaben der paläoklimatischen Forschung. Mitteil. Geol. Ges. in Wien, **13**, 1920.

(Urschrift eingegangen am 9. 2. 1937.)