

Smn 143-32

Kerner-Marilaun F.

Das Klimazeugnis der Gosauformation

Von .

Dr. Fritz Kerner-Marilaun

korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss. .

**Aus den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathem.-naturw. Klasse, Abteilung IIa, 143. Band, 5. und 6. Heft, 1934**

Wien 1934

**Hölder-Pichler-Tempsky, A.-G., Wien und Leipzig
Kommissionsverleger der Akademie der Wissenschaften in Wien**

Druck der Österreichischen Staatsdruckerei

Das Klimazeugnis der Gosauformation

Von

Dr. Fritz Kerner-Marilaun

korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Mai 1934)

Die Gosauformation umfaßt eine Anzahl von Gesteinsbildungen, deren Klimazeugnis einer Wertprüfung standhält. Die Tektonik der ostalpinen Oberkreide ist soweit geklärt, daß sich durch Deckenauswicklung ein unverzerrtes Bild der paläogeographischen Sachlage gewinnen ließ (W. Kockel, 1924). So sind die Vorbedingungen für eine ernst nehmbar paläoklimatologische Studie erfüllt. Den Umständen gemäß soll sie sich möglicher Kürze befleißigen.

Paläometeorologische Beobachtungen.

Lufttemperaturen. Über die Flora von Grünbach liegt eine sehr kurze Notiz F. Krasser's aus dem Jahre 1906 vor.¹ Autor und Erscheinungszeit entheben von der Pflicht, den Bestimmungen gegenüber jene Zurückhaltung zu üben, welche bei älteren paläobotanischen Arbeiten am Platz ist. Die von Krasser im Verein mit E. Rogenhof durchgeführte Untersuchung ergab (die Ziffern bedeuten die Artenzahl, wo keine Ziffer, nur eine Art, zwei Sternchen bedeuten: häufig, ein Sternchen: nicht selten):

Gefäßkryptogamen: *Danaea*, *Marattia* 2*, *Lygodium*, *Matonia*, *Alsophila***, *Coniopteris* und *Cladophlebis* (wahrscheinlich Marattiaceen), *Thiunfeldia* (wahrscheinlich eine Gymnogramme), *Marsilea*, eine Halorrhagidacee vergleichbar mit *Trapa*.

Gymnospermen: *Geinitzia***, *Podocarpus*, *Cordaites*?

Monocotylen: *Pandanus* 3, *Arundo*, *Flabellaria***.

Dicotylen: *Salix* 2**, *Quercus* 2, *Ulmus*, *Grevillea**, *Banksia* 2, *Proteophyllum*, *Pisonia*, *Brasenia**, *Platanus* 2*, *Palaeocassia*, *Sapindus*, *Sapindophyllum***, *Hedera*, *Cussonia*, *Viburnum*, *Juglandites*, *Rhamniphyllum*, *Callicarpiphyllum*.

Von im ganzen 40 Arten entfallen auf Gefäßkryptogamen 10, auf Gymnospermen 3, auf Monocotylen 5, auf Dicotylen 22. Ein Drittel sind ausgestorbene Gattungen. Weil Krasser versichert, daß die von ihm erzielten Sicherstellungen von Gattungen das Ergebnis sehr eingehender, mühevoller und zeitraubender Vergleiche seien, liegt auch kein Grund vor, die Gattungsdiagnosen *Grevillea* und

¹ F. Krasser, Über die fossile Kreideflora von Grünbach in Niederösterreich. Anzeiger d. Akad. d. Wiss., 1906, Nr. 3, Sitzung vom 18. Jänner.

Banksia anzuzweifeln. Dann verlieren aber auch die bekannten Argumente gegen das Vorkommen von Proteaceen im alpinen Paläogen an Kraft.

Heute kommen Mischungen von Gewächsen der gemäßigten Zone mit solchen der Tropen als Seltenheiten vor. Im oft erwähnten Fall des Zusammenseins von *Quercus Tolimensis* mit *Ceroxylon Andicola* und *Oreodoxa frigida* im Quindiugebirge gibt sich ein tropischer Typus (Palmen) mit mäßiger Wärme zufrieden, wogegen bei dem Vorkommen von *Salix Humboldtiana* mit *Cocos butyracea* im Tieflande des Magdalenenstromes ein mesothermer Typus (Weiden) hohe Wärmeansprüche stellt. Bei dem Gedeihen des *Sapindus marginatus* in Georgien¹ liegt auch der Fall des Sichbescheidens eines megathermen Typus mit kühlen Wintern vor, wogegen beim Zusammensein von *Salix Humboldtiana* mit *Sapindus Saponaria* an Flußufern in Zentral- und Südperu² wieder der an zweiter Stelle genannte Sachverhalt sich zeigt.

Im Falle der Mischung von tropischen Gewächsen mit solchen unserer heimatlichen Wälder in einer Vorweltflora bleibt es ungewiß, wie er zu deuten sei. Neumayr³ meinte mit Bezug auf die Oberkreidefloren, »man könnte mit demselben Rechte aus dem Vorkommen der einen auf ein heißes wie aus dem der anderen auf ein gemäßigtes Klima schließen«. Heer war bekanntlich geneigt, die heteroklimatische Pflanzenmischung im Tertiär der Schweiz auf das Gedeihen in einem Übergangsklima zu beziehen, wobei er sich aber nicht auf das Verhalten heutiger Subtropenfloren, sondern auf die zum Teil künstlich geschaffenen Verhältnisse auf Madeira berief. Man könnte im Zweifel sein, ob Heer's Ansicht als goldene Mittelstraße oder als faules Kompromiß auf halbem Wege zu bezeichnen sei.

Das thermoklimatische Zeugnis der Grünbacher Flora erscheint so als ein unbestimmtes und unsicheres und es muß so jener Überprüfung unterzogen werden, welche bei der Altklimaforschung an die Stelle der in der Neoklimatologie vorzunehmenden Fehlergrenzbestimmung zu treten hat (siehe später).

Luftfeuchtigkeit. Die reichliche Vertretung von Baumfarnen in der Grünbacher Flora bezeugt, daß Örtlichkeiten mit ständig hoher Luftfeuchtigkeit vorhanden waren. Wahrscheinlich waren dies nach der Küste zu offene Täler oder Schluchten. Von den zarten Wedelfiedern ist nicht anzunehmen, daß sie aus dem Landinnern in küstennahe Seen geschwemmt wurden. Ein Verharren der Luftfeuchtigkeit bei hohen Werten ist auch dort, wo die Regen ungleich über das Jahr verteilt sind, möglich. Zur Erklärung des Vorkommens der *Dicksonia Culcita* auf den Azoren, wo der Sommer schon regenarm ist (Juli 2·5%, Sommer 11·5% der Jahresmenge), meinte schon

¹ O. Heer, Flora tertiaria Helvetiae, III. Bd., p. 62 und 331.

² A. Hansen, Neubearbeitung von A. Kerner v. Marilaun's Pflanzenleben, III. Bd. (Pflanzengeographie), p. 506.

³ M. Neumayr, Erdgeschichte, II. Bd., p. 346.

Grisebach:¹ in hohen Lagen verdichtet sich der Wasserdampf bei jeder Windrichtung und hüllt auch im Sommer das Gebirge beständig in Nebel und Wolken. Noch mehr muß man solches annehmen, um das Vorkommen der eben genannten *Dicksonia* auf den Kanaren zu begreifen, wo sich die Ausprägung des mediterranen Niederschlagsregimes schon bis zum Regenloswerden eines der Sommermonate zuschärft. Auf den Kanaren erreicht indessen die Luftfeuchtigkeit — auch soweit sie durch die Messungen an den Stationen erfaßt wird — im Sommer ihr Maximum. Auch die Baumfarne, welche im Naturpark von Montserrat bei Cintra ein Sturzbächlein besäumen, bei dessen Anblick man sich in die Tropen versetzt glaubt, wachsen in einem Klima, in welchem die relative Regenmenge des Sommers auf 3·5 herabsinkt. Bei Cintra schafft im Sommer die Berührung eines warmen Ozeans mit einem heißen Lande Gelegenheit zu sehr häufigen dampfreichen Seewinden.

Die Proteaceen der Grünbacher Flora bezeugen, daß auch Freiland, wo Lufttrockenheit herrschte, vorhanden war. Die Windkanter von Gießhübl den Farnabdrücken von Grünbach gegenüberzustellen, um einen Gesamtspielraum für das Hygroklima zu finden, wäre aber nicht statthaft. Die Zeit, für welche diese Kanter ein trockenes Inlandklima bekunden, lag der, für die jene Abdrücke ein feuchtes Küstenklima bezeugen, um Jahrtausende voraus. Doch kommen so verschiedene Klimate gleichzeitig und benachbart jetzt vor. (Das auffälligste Beispiel der Waimeasattel auf Hawaii.)

Jährliche Regenmengen. F. Kirchheimer hat als erster einen Vorversuch gemacht, paläombrometrische Befunde zahlenmäßig zu erfassen.² Auf Grund des Verhaltens von rezenten Vergleichsarten schied er miozäne Spezies aus deutschen Fundorten in solche, welche auf eine jährliche Regenmenge von über 200 *cm* und in solche, welche auf einen Jahresniederschlag beträchtlich unter 200 *cm* weisen. Diese Scheidung bringt das Zusammenvorkommen von tropischen Arten mit solchen der gemäßigten Zone zum Ausdruck, während die bloße Scheidung in >200 und <200 das Zusammentreffen der atmosphärischen Wasseransprüche auf einer mittleren Linie ausdrücken würde. Kirchheimer betont aber: »Damals kamen zusammen Formen vor, die jetzt in Gebieten mit gänzlich verschiedenen Niederschlagsverhältnissen vegetieren.« Denselben Sachverhalt bezeugt die Flora von Grünbach.

Man wird kaum fehlgehen, wenn man das ombrometrische Zeugnis der an die heutige Flora der Mittelmeerländer gemahnenden Formen nach phylломorphologischen Analogien bewertet. Doch liegt kein Zwang vor, aus den tropischen Typen besonders hohe Niederschlagswerte herauszulesen. Viele Blattgestaltungen in der heißen Zone sind »euryhydroklimat«. So verbreitet sich das Fächerpalmenblatt

¹ Grisebach, *Vegetation der Erde*, II. Bd., XXIV. Kap., p. 501.

² F. Kirchheimer, *Zur Biologie des fossilen Laubblattes. Träufelspitzige Regenblätter in einigen Miozänfloren*. Biologisches Zentralblatt, Bd. 49, Heft 10, 1929.

über den ganzen Niederschlagsspielraum zwischen dem tropischen Regenwald und der Wüste.

Als indirekte Wahrzeichen des Niederschlages auf der oberkretazeischen Alpeninsel (zur Ingressionszeit) erkennt man jene Bestandteile des Grundkonglomerats, welche weder als Brandungsgerölle noch als tektonogene Beimengungen zu deuten sind. Man liefe aber Gefahr, die Regenmengen auf Grund der Zahl der potamogenen Einschlüsse des Basalkonglomerats zu unterschätzen, weil — wie sogleich zu besprechen — der Abfluß wahrscheinlich zum größeren Teil unterirdisch geschah. Anzeichen dafür könnten auf örtliche Aussüßung zu beziehende Störungen in der Verbreitung der Litoralfauna sein, insoweit sie sich nicht als durch oberflächlichen Zufluß von Süßwasser (fluviatile Konglomerate) bedingt erweisen würden. Anhaltspunkte für eine Schätzung der Regenmengen gewänne man so aber nicht.

Jährliche Niederschlagsverteilung. Für das Gebiet, in welches das Gosaumeer eindrang, wurde Verkarstung festgestellt. Nach Spengler¹ ist im Brielgraben (Plassengebiet) die Einlagerung transgredierender obersenoner Gosauschichten in Karren des Dachsteinkalkes gut zu sehen. Es lag dort noch zu einer Zeit, als andere Gebiete längst schon überflutet waren, Karstland bloß. Aus zweien Gegenden ist das Vorkommen von Bauxit bekannt. Am Untersberg ist reiner Bauxit in Erosionsrinnen des Dachsteinkalkes eingesenkt und somit an ursprünglicher Lagerstätte von Geyer gefunden. Unreiner Bauxit, als toniges, pisolithisches Eisenerz zu bezeichnen, lagert nach den Untersuchungen des eben Genannten und Ampferer's unter Grundkonglomerat über Hauptdolomit — und sonach als umgeschwemmte Masse — am Breitenberge in der unteren Laussa und im Quellgelände des Reichrammingbaches.²

Die vielverbreitete und öfterwähnte Rotfärbung des Basalkonglomerats, beziehungsweise seines Bindemittels wird auf die bei der Ingression erfolgte Wegspülung ausgedehnter Decken von Karstrotterde zurückgeführt. Auch basale Bänke von Rudistenkalk sind manchmal, so nach Bittner an der Hohen Wand durch eingeschwemmte Terra rossa rot gefärbt. Diese Befunde berechtigen zur Annahme eines mediterranen Niederschlagsregimes, ohne daß sie zum Zugeständnis einer sehr scharfen Ausprägung desselben zwingen.

Das hyetologische Zeugnis der Grünbacher Flora lautet weniger bestimmt. Klar für Winterregen sprechen die Proteaceen. Auch bei den Vorläufern der Gattungen, welche in Südeuropa und im Orient Vertreter haben (*Salix*, *Quercus*, *Platanus*, *Hedera*, *Viburnum*³), kann man vermuten, daß sie an Regen in der kälteren Jahreszeit angepaßt

¹ Spengler, Ein geologischer Querschnitt durch die Kalkalpen des Salzkammergutes. Mitt. d. Geol. Ges. in Wien, XI, 1918, p. 61.

² Geologische Spezialkarte Österreichs. Blatt Admont und Hiefiau, 1933.

³ *Viburnum rugosum* auf den Kanaren.

waren. *Ulmus* deutet wohl auf Sommerregen, doch kann hier die Bemerkung Heer's¹ Platz finden, daß neben Platanen und Silberpappeln auch Ulmen die Alameden der andalusischen Städte zieren. Auch bei den an die Tropen gemahnenden Formen der Grünbacher Flora läßt sich an die Möglichkeit des Gedeihens in einem Klima mit im Sommer nachlassendem Regen denken. Von dem in Krasser's Liste aufscheinenden Nyktagineengenus *Pisonia* wird die Vertretung in der Flora der Sandwichinseln erwähnt, welche bekanntlich — ausgenommen die Westküsten — deutlich ausgeprägte Winterregen haben (Juli 4 bis 5%, Sommer 16% der jährlichen Regenmenge). Das Genus *Cassia* wird zudem auch als Bestandteil des Skrubs erwähnt.²

Daß die von Krasser angeführte *Flabellaria* (wohl artgleich mit der schon viel früher von Unger aus der niederösterreichischen Oberkreide beschriebenen *F. longirhachis*) Sommerdürre ertrug, darf man angesichts ihrer nahen Beziehungen zu *Chamaerops* vermuten.³ Daß auch Baumfarne, sofern nur die Luftfeuchtigkeit dauernd hoch ist, regenarme Sommer zu ertragen vermögen, wird durch das schon erwähnte Vorkommen von *Dicksonia Culcita* auf den Kanaren und Azoren bezeugt.

Hydrologische Verhältnisse. Der durch Karren und Roterde bezeugten Oberflächengestaltung mochte auch die Entwicklung eines Geflechtes von unterirdischen Wasseradern entsprochen haben. Im Bereiche der Kalkzone südlich des Gosaumeeres konnten obertägige Wasserläufe nur da, wo die Erosion schon bis zu den Werfener Schiefeln hinabgedrungen war, und da, wo in einem alumosilikatischen Hinterlande (Grauwackenzone) entsprungene Flüsse in durch Tonschlamm abgedichteten Betten jene Zone querten, Bestand haben. (Einer solchen Abdichtung verdanken die im Schiefelgelände wurzelnden dalmatischen Küstenflüsse die Möglichkeit, ein Bündel von Kalkfalten obertags zu durchbrechen.) Die auf das Karstland der Gosauzeit gefallenen Niederschläge mußten an der Küste in der Mittelhöhe des Meeresspiegels oder untermeerisch austreten.

Die Seltenheit von Flußschottern in den grobklastischen Basalbildungen der Gosauformation weist auf eine spärliche Entwicklung von Küstenflüssen. Sie mochten auf die jeweils noch nicht vom Meere überfluteten Teile der an Talgründe geknüpften Entblößungen von Werfener Schiefeln beschränkt gewesen sein. Daß aber durch die Kalkzone getretene Flüsse nicht fehlten, wird durch die abgerollten Windkanter bezeugt, welche sich im Karstlande nicht hätten bilden können. J. Felix⁴ hat das Fehlen von Hippuriten in einer Gegend im Gosautal auf die durch einen mündenden Quellbach bedingte

¹ O. Heer, *Urwelt der Schweiz*, p. 474.

² A. Hansen, *Pflanzengeographie*, p. 433.

³ Schenk glaubte solche zu den Phoeniceen zu erkennen. (Schimper's Handbuch der Phytopaläontologie, p. 374.) Auch bei diesen gibt es bekannte Anpassungen an Sommerdürre.

⁴ J. Felix, *Über Hippuritenhorizonte in den Gosauschichten der nordöstlichen Alpen*. Zentralbl. f. Min., Geol. u. Pal., 1905, Nr. 3, p. 79.

örtliche Aussüßung des Meerwassers zurückgeführt. Ein Mangel von Hippuriten in den mit dem Brandungskonglomerat vergesellschafteten Kalkbänken konnte wohl auch andere Ursachen haben. Andererseits wäre es unwahrscheinlich, daß die von Felix gegebene Erklärung gerade nur für den von ihm namhaft gemachten Fall in Betracht käme. So sind auch Wahrzeichen einer stattgehabten unterirdischen Entwässerung gegen die Küste zu erkennbar.

Der von sehr geschätzter Seite gehegten Meinung, daß die Anhöhen im Süden des Gosaumeeres — weil sie verkarstet waren — auch kahl gewesen sein müßten, möchte ich nicht beipflichten. In der Wirbeltierfauna der oberen Kreide war das Genus *Homo* noch nicht vertreten.

Winde. Die von Ampferer¹ aus den Basalkonglomeraten der niederösterreichischen Gosau bekanntgemachten Kantengeschiebe weisen auf zeitweise richtungsbeständige Winde und auf für Flugsandbildung günstige klimatische Zustände in einem Hinterlande zu einer der Ingression vorausgegangenen Zeit. Man wäre vorerst versucht, zum Vergleich auf das nächstgelegene neuzeitliche Flugsandgebiet zu blicken. Die verhältnismäßig große jährliche Regenmenge im Alföld — > 500 in den zentralen, > 600 in den randlichen Teilen — läßt den dortigen Flugsand als eine disharmonische Bodenbildung erscheinen. Entweder stammt seine Entblößung aus einer postglazialen Trockenzeit oder er wurde erst im Gefolge allgemeiner Abholzung bloßgelegt. Von den neueren ungarischen Geobotanikern wird allgemein die letztere Ansicht verfochten.² So erscheint es mehr am Platze, die den Bestand von Flugsand in den mittleren Breiten kennzeichnenden Klimawerte aus den ostspanischen Wüstensteppen zu holen. Murcia an der Mündung des Seguratales hat eine jährliche Regenhöhe von 380 mm , eine Regenschwankung von $12\cdot6 - 1\cdot3 = 11\cdot3\%$, eine Jännertemperatur von 10° und eine Julitemperatur von 26° . Die Regenmenge von Murcia wird aber noch bedeutend von jener im nordwestlichen Iberien unterschritten (Salamanca 287 mm), wo Stremme's Bodenkarte aber nicht Flugsand, sondern hellkastanienbraunen Trockenwaldboden und etwas Salzboden angibt.

Als Zeichen starker zyklonaler Winde ist die vorherrschende Entwicklungsart der Basalschichten der Gosauformation zu werten. Eine Transgression an sich vollzieht sich wie ein langsamer Inundationsvorgang und braucht noch kein Zerstörungswerk zu tun. In Dalmatien beginnt die positive Phase des Eozäns mit Miliolidenkalk, der auch da, wo er auf Bauxit liegt, keine Rötung zeigt. Brackwasser breitete sich da über mit Grasfluren dicht bewachsenen Roterdedecken langsam aus. Auch die Gezeiten müßten — sofern es sich nicht um offenen Ozean handelt — noch keine Aufplüfung

¹ O. Ampferer, Über Kantengeschiebe unter den exotischen Geröllen der niederösterreichischen Gosauschichten. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, 1916, Bd 66.

² F. Vierhapper, Anastatische Neuauflage von A. Kerner, Das Pflanzenleben der Donauländer. Ergänzungen des Herausgebers, p. 393—401 (ungarisches Tiefland).

des Bodens bedingen. Die völlige Wegspülung des wahrscheinlich mit Vegetation bedeckten Erdbodens und die Zerschlagung und Aufarbeitung des Felsuntergrundes — wie sie sich in der vorherrschenden Ausbildungsart des Grundkonglomerats kundgibt, mag das Werk eines oft sturmbewegten Meeres gewesen sein. Erwähnung verdienen hier die »blauen Köpfe« der Muttekopfgosau, Kalkblöcke von riesigen Dimensionen, welche nach Ampferer¹ nicht als Schubsplitter, sondern als durch Unterwaschung losgelöste (ihr Liegendes waren weiche Kössener Mergel) und submarin abgeglittene Felsmassen zu deuten sind.

Meerestemperaturen.

Das Vorkommen riffbildender Korallen in der Gosaufauna spricht für eine hohe Wärme der Küstengewässer, in welchen sie gediehen. Die Hippuriten, für welche sich keine thermischen Analogieschlüsse mit der Gegenwart ziehen lassen, werden wegen ihrer Vergesellschaftung mit den Korallen und wegen ihrer Verbreitung in den Oberkreideschichten des Indischen Ozeans, aus welchem sie in das europäische Südmeer gelangten, als Wahrzeichen hoher Meerwassertemperaturen betrachtet. Bei den Inoceramen, deren thermische Bewertung auch nicht durch einen Vergleich mit heutigen Formen erfolgen kann, muß man den Zirkelschluß meiden, aus ihrem Vorkommen in mehr nördlichen Meeresgebieten (der Oberkreidezeit) auf eine Anpassung an kühleres Wasser zu schließen und daraus für die Kreidezeit eine schon sehr deutlich ausgeprägte zonale Klimagliederung abzuleiten. Eine Berührung warmer mit relativ kalten Wässern und sonach ein Mitvorhandensein solcher in einer Flachsee wird durch die an verschiedenen Orten in oberen Gosauschichten vorkommenden Glaukonitsande bezeugt.

Wertprüfung der geologischen Klimazeugen.

An erster Stelle ist bei dieser Prüfung (Dokimasie), welche dazu berufen ist, in der altklimatologischen Forschung die in der Neoklimatologie so wichtige Fehlergrenzbestimmung zu ersetzen, die Frage anzuschneiden, inwieweit sich die Aussagen jener Zeugen gar nicht auf das Klima beziehen. (In dem von mir² vorgeschlagenen Prüfungsschema Prüfung auf Alloglossie.) Nach Ampferer³ 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

¹ O. Ampferer, Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte Österreichs. Blatt Lechtal, p. 42; Blatt Landeck, p. 24, 1924.

² F. Kerner, Die Grundlagen und Aufgaben der paläoklimatischen Forschung. Mitt. d. Wiener Geol. Ges., 1920, und Paläoklimatologie, Berlin, 1930, p. 152.

³ O. Ampferer, Geologische Untersuchungen über die exotischen Gerölle und die Tektonik niederösterreichischer Gosauablagerungen. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-nat. Kl., 96. Bd., 1919, p. 14.

diese Gerölle als Wahrzeichen einer Verfrachtung aus dem Landinnern durch Flüsse ansähe, die Niederschlagsmengen über der oberkretazeischen Alpeninsel sehr überschätzen. Doch enthält ihr Zeugnis neben der tektonogenen zum Teil wohl auch eine klimatogene Komponente. Die Abrollung der Windkanter beweist, daß auch ein Geschiebetransport auf dem Wasserwege aus dem Landinnern stattfand, somit Niederschläge Platz griffen. In den westlichen Ostalpen scheint ein solcher Transport zu größerer Bedeutung gelangt zu sein und ist so die Gefahr einer großen Überschätzung des hydroklimatischen Zeugnisses der exotischen Gerölle anscheinend geringer.

An zweiter Stelle ist in jenem Schema die Prüfung auf Diglossie (Doppelzüngigkeit) genannt. Der Umstand, daß die praktisch wichtigen Vorkommen von Silikatbauxit im Bereiche des Monsunklimas (oder wenigstens in dem von Sommerregen) liegen, die wirtschaftlich wichtigen von Kalkbauxit aber in den Klimabereich der Etesien fallen, kann dazu Anlaß sein, die klimatischen und lithologischen Bedingungen der Bauxitbildung zu verknüpfen. Es ist aber daran festzuhalten, daß es auch im Mittelmeergebiet krystalline Schiefer und Massengesteine mit lateritischer Verwitterung gibt und daß auch in den Tropen Karstkalke mit Roterdeverwitterung vorkommen. Bei den Bauxiten der Gosauschichten kann aber kein Zweifel darüber sein, daß sie als die Wahrzeichen eines subtropischen Winterregensregimes zu deuten sind.

Eine besondere Überprüfung erheischt wegen seiner anscheinenden Unbestimmtheit das Zeugnis der Pflanzenwelt der Gosau. Das Problem der vorweltlichen Florenmischung wird zunächst unter dem Gesichtswinkel der Anpassung betrachtet. (Im Rahmen meines Schemas Prüfung auf Paraglossie.) Der Ansicht Schenk's,¹ daß die als tropische bestimmten Formen mit geringerer Wärme zufrieden gewesen seien, steht die von Harrassowitz² gegenüber, daß die mit unseren heimischen Holzgewächsen verglichenen Formen höhere Wärmeansprüche gestellt hätten, d. h. tropische Typen seien, die sich erst im Zeitenlaufe dem gemäßigten Klima anpaßten.

Bei der Flora des Quindugebirges (siehe oben) würde man, wenn sie als fossile vorläge und man sie — obschon sie Palmen enthält — für eine mesotherme hielte, das Richtige treffen. Bei der Uferflora des Magdalenenstromes erwies es sich als berechtigt, wenn man sie im fossilen Zustand — obschon in ihr eine Weide vorkommt — als eine tropische ansähe. Es handelt sich da aber um ungewöhnliche Fälle. Als Leitsterne für die thermische Bewertung von Vorzeitfloren wären die sich da aus dem Mitvorkommen von Palmen und von Weiden ergebenden negativen Folgerungen nicht zu empfehlen. Harrassowitz meint allerdings, man könnte die seit der Kreidezeit bekannten und als Elemente des kühlen Klimas

¹ Schenk (Zittel, Handbuch der Paläontologie), II. Abt., Phytopaläontologie, p. 809.

² H. Harrassowitz, Laterit (Fortschr. d. Geol. u. Pal.), Bd. IV, Heft 14, p. 552.

betrachteten arktotertiären Formen mit dem gleichen Rechte auch als tropische Kennzeichen verwerten. Manche werden ihm da nicht beipflichten.

An zweiter Stelle erwägt man bei den vorweltlichen Mischfloren eine Zusammenschwemmung von Resten aus verschiedenen Klimagebieten. (In meinem Schema unter den Begriff der Prüfung auf Heteroglossie fallend.) Die von Unger¹ und Ettingshausen² für die ostalpinen Tertiärfloren gegebene Erklärung (Beimischung von aus Höhen herabgeschwemmten Resten), welche mir die Basis für eine Methode der Höhenschätzung vorweltlicher Gebirge bot,³ dürfte bei der Grünbacher Flora nicht am Platze sein. Weit verbreitete Verkarstung schloß im Berg- oder Hügellande südlich der Gosauküste den Bestand obertägiger Gebirgsbäche wohl aus. Die Örtlichkeiten, wo die Erosion schon die Werfener Schiefer bloßgelegt hatte, waren die Sohlen mancher Täler, in die das Meer eindrang, nicht die Berghänge. Die von Spengler⁴ geschätzte Höhe, 500 bis 1000 m, hätte allerdings ausgereicht, um innerhalb ihres für eine Blätterverfrachtung in Betracht kommenden Teilbetrages schon eine merkliche Änderung des Pflanzenkleides zu bedingen. Eine solche Änderung wäre auch von der Küste gegen das Innere der Alpeninsel hin anzunehmen. Man müßte dann an eine Herbeischwemmung der ekotropischen Typen der Grünbacher Flora auf dem Wege jener Wasserläufe denken, durch welche die Windkanter zur Küste verfrachtet wurden. Um jene Typen als Zeugen einer Flora des Hinterlandes zu deuten, welche, als im Laufe der positiven Phase das Klima feuchter wurde, dort, wo früher der Flugsand sein Spiel trieb, gewachsen wäre, ist aber die Entfernung von der Küste zu groß. Eine Deutung jener Typen als Bestandteile der Uferflora eines der Küste steuend nähergelegenen Teilstückes jener Wasserläufe wäre aber auch unwahrscheinlich, weil sich entlang jener Flußläufe die Küstenflora weiter ins Land hineingezogen haben könnte.

Kommt so eine Erklärung der Grünbacher Florenmischung durch Zusammenschwemmung von Resten aus verschiedenen Klimagebieten kaum in Betracht, so bezieht sich das allerdings auf die thermischen Verhältnisse im großen. Die Annahme einer Vermengung von Resten aus hydrometeorisch verschiedenen »Kleinklimaten« oder Mikroklimaten ist nicht zu umgehen. Daß Alsophilen und Banksien an einem Seeufer nebeneinander gewachsen wären, ist unmöglich.

Wenn man nun zu den feuchten schattigen Talgründen und den benachbarten sonnigen trockenen Höhen als Standortsverschieden-

¹ F. Unger, Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt. Wien 1852, IV. Abt., p. 75.

² K. Ettingshausen, Die Blattskelette der Dicotyledonen. Einleitung.

³ F. Kerner, Fossile Floren als Höhenmesser vorweltlicher Gebirge. Mitt. d. Wiener Geol. Ges., 1925.

⁴ E. Spengler, Ein geologischer Querschnitt durch die Kalkalpen des Salzkammergutes. Ebenda, 1918, p. 60.

heiten greift, so ist das zunächst eine bloße Umschreibung des Tatbestandes eines Zusammenvorkommens der Reste von Proteusgewächsen und Baumfarnen. Zur Erklärung dürfte ein Blick auf die Vorgänge bei Pflanzenwanderungen verhelfen. Kockel spricht von einer breiten Piedmontfläche, welche sich in der Vorgosauzeit zwischen die meererfüllte alpine Randsenke und den von Tälern zerschnittenen Nordrand des damaligen kalkalpinen Gebirgsrumpfes einschob. Da konnte es wohl sein, daß am Südufer jener Senke unter dem Einflusse des sie erfüllenden Meeres eine milderen und feuchteren Wintern angepaßte Flora gedieh als jenseits der Piedmontfläche am Nordrand der Alpenerhebung. Bei der von Kockel betonten Raschheit der dann stattgehabten Transgression konnte das in ihrem Gefolge geschehene Vordringen der Küstenflora gegen Süden schneller geschehen als der Rückzug der früheren Landflora weiter landeinwärts.

So ließe es sich wohl verstehen, daß am nördlichen Kalkalpenrand in den nun in Küstennähe gerückten Felsschluchten schon Cyatheaceen gediehen, während an benachbarten Hängen noch Proteaceen wuchsen. Wenn die Adria rasch über die norddalmatische Rumpffläche bis zur Dinara vorstieße, würden sich an deren unteren Hängen wohl auch schon *Laurus*, *Myrtus*, *Arbutus* u. dgl. ansiedeln, ehe noch Hopfenbuchen, Mannaeschen und sommergrüne Eichen von dort verdrängt wären.

Jeder Florenwechsel spielt sich in einer Reihe von Phasen ab, deren erste dem Erscheinen von Präkursoren der neuen Flora, deren letzte dem Schwinden der Relikte der alten Flora entspricht. Ein Ausdruck für die Phase, in welcher sich ein Florenwechsel befindet, wäre das Verhältnis der Zahl der Verdränger zu der der Verdrängten.

Ein solches ließe sich aber nur bei einer in bezug auf Arten- und Individuenzahl sehr reichen fossilen Flora ermitteln. Bei einer artenarmen, vorweltlichen Pflanzengesellschaft liegt die Möglichkeit vor, daß sie nur ein verzerrtes Abbild der lebend gewesenen sei. Erkenntnisse in diesem Belange zu gewinnen, was in den Bereich der Prüfung auf Hemiglossie fällt, ist aber sehr schwer, weil es sich da um zum Teil mehrdeutige Sachverhalte handelt. So erwähnte schon Heer, daß Eichen wegen der Bevorzugung trockener Standorte in im Verhältnis zu ihrer Vertretung zu geringer Zahl aufbewahrt werden, Weiden dagegen wegen des Wachstums an Flußufern relativ zu zahlreich zur Überlieferung kommen, bei den Proteaceen aber die Beschränkung auf trockene Plätze ein für ihre Erhaltung sehr ungünstiger, ihre steifledrige Beschaffenheit ein für sie sehr günstiger Umstand sei. So ließe sich eine scharfe Scheidung der Arten der Grünbacher Pflanzengesellschaft in solche der vorgosauischen orts-eigenen Landflora und in solche der beim Untergang ihrer Heimat aus dieser entflohenen Küstenflora vom Südrand der vorgosauischen Randsenke nicht durchführen. Die Erklärung der Grünbacher Flora als Mischung nicht örtlich benachbarter, sondern einander zeitlich gefolgt Floren ist aber statthaft.

Verhältnisse des morphogenen Klimas.

Meeresströmungen. Die Gesamtbeurteilung des morphogenen Klimas am Nordalpenrand zur Gosauzeit stößt auf das Hemmnis, welches in der Verschiedenheit der Rekonstruktionen zum Ausdruck kommt: die Unzulänglichkeit unserer paläogeographischen Erkenntnis. Ein bedeutsamer klimatischer Einfluß war die offene Verbindung des europäischen Inselmeeres mit dem Indischen Ozean. Während im Paläogen Lemurien schon größtenteils niedergebrochen war und antarktischen Bodenwässern ein Zutritt zu diesem Ozean offenstand, mochte ein solcher in der Oberkreide noch durch Reste jenes Brückenkontinents gehemmt worden sein. Während im Paläogen auch ein Zutritt kühler arktischer Wässer zum indischen Weltmeer durch das Obische Meer erfolgte, fand in der Oberkreide ein solcher mangels einer entsprechenden Meeresverbindung nicht statt. (Ortmann's genteilige Ansicht steht vereinzelt da.)

Die Westwindtrift des nordatlantischen Ozeans drang, wenn die westlichen Kerne Europas (Caledonien mit Donegal, Bretagne, Meseta) nicht zusammenhingen (Kossmat) zwischen diesen in das europäische Inselmeer ein. Sie mochte bei der ihr hiebei erwachsenen Bettverengung Beschleunigungen erfahren, welche zu seitlichen Ansaugungen Anlaß gaben. Dem von der heutigen Golftrift westlich von Irland eingeschlagenen Wege nach Norden mochten dann nur randliche Stromfäden gefolgt sein. War die Fortsetzung dieses Weges durch eine nordatlantische Landbrücke geschlossen, so konnte von der Westseite der so zustande gekommenen nordatlantischen Bucht Wasser zur Westwindtrift aspiriert worden sein. Dieser Vorgang wirkte im Sinne einer Abkühlung der nördlichen Stromstriche jener Trift.

Von Süden her war eine Ansaugung von Wässern der längs der Nordküste Afrikas westwärts geflossenen indischen Trift möglich, und zwar um so mehr, je mehr durch Strombeschleunigungen bei der Bewegung der Westwindtrift zwischen den europäischen Inseln hindurch Kompensationsbedürfnisse Platz griffen. Die südlichen Stromstreifen der indischen Trift gerieten aber auch dann in den Aspirationsbereich des damaligen Kanariensromes. Die Ansaugung von Teilen der indischen Trift zur Westwindtrift bedingte für die südlichen Stromstriche dieser letzteren eine Wärmeerhöhung.

Waren die westeuropäischen Kerne von den Orkneys bis zur Sierra Nevada hinab zu einer aus dem Nordkontinent vorgetretenen Landzunge verschmolzen (Koken), so spaltete sich die nordatlantische Westtrift vor der Außenseite dieser Zunge in einen nordwärts und in einen südwärts ausgewichenen Ast. In der im Westwindgürtel gelegenen Mittelzone des europäischen Inselmeeres verlief dann eine dem Wind gefolgte Strömung, welche aber — erst auf der Ostseite der vorgenannten Landzunge aufsetzend — in der geographischen Länge der Ostalpeninsel noch schwach war. Sie konnte so

Ansaugungen von Wasser aus dem einspringenden Winkel zwischen der genannten Landzunge und dem Nordkontinente nur in geringem Maße bedingen und auch eine Herüberziehung von Stromfäden der indischen Trift fand dann nur in sehr vermindertem Maße statt. Die thermische Wirkung der atlantischen Westtrift war dann nur eine indirekte und als solche eine geringere, indem sie in der Zufuhr ozeanischer Lüfte, welche zuvor die westeuropäische Landzunge überwehen mußten, bestand.

Es ist möglich, daß bei der ersterwogenen geographischen Sachlage im europäischen Inselmeer Küstenformungen walteten, bei welchen von Norden her abgekühlte (linksseitige) und von Süden her übererwärmte (rechtsseitige) Stromstriche der in dieses Meer eingedrungenen Westtrift sich nahe kamen. Es ist möglich, daß das nordwärts von Kokel's Rumunischem Rücken gelegene Flyschmeer von einer unterkühlten, das Gosaumeer südlich von jenem Rücken von einem übererwärmten Teil der West-Ost-Strömung durchflutet war. Eine Ost-West-Strömung im Gosaumeer schloß sich aus. Die von Kockel zur Erklärung mehrerer vorgosauischer Glaukonitvorkommen angenommenen Ost-West-Strömungen können vom ozeanographischen Standpunkte aus nur als litorale Neerströme gedeutet werden. Das Vordringen solcher Meerestiere von Ost nach West, deren Verbreitung durch Meeresströmungen geschieht, konnte nur durch von der weiter südwärts verlaufenen indischen Trift zur Westwindtrift hinübergezogene Stromfäden erfolgen. So fände der thermische Unterschied (Gegensatz ist vielleicht zu viel gesagt) zwischen der Inoceramen- und Rudistenfauna seine geographische Begründung. Hatte der Rumunische Rücken — wie Kokel vermutet — Lücken, so konnte verschiedenorts ein Zusammentreffen von Wässern sehr verschiedener Temperatur stattfinden. Die Glaukonitvorkommen finden dann im Rahmen der von Hummel¹ vertretenen Ansichten ihre Erklärung.

Arlt² erwähnt acht Versuche, das Weltbild der Oberkreide zu entwerfen. Das Streben nach möglichster Kürze war der Anlaß, nur zwei aus ihnen herauszugreifen. Gegen eine selektive Heranziehung verschiedener Entwürfe zwecks Rekonstruktion des morphologischen Klimabildes dürften Bedenken am Platze sein.

Temperaturverhältnisse. Für die alte Rekonstruktion Koken's (Cenoman) kann man — weil sie eine der Weiterleitung des indischen Nordäquatorialstromes nach Westen günstige Lage und Richtung der Nordküste Afrikas zeigt — annehmen, daß die Wärmeabnahme in der Tethys bis zur subtropischen Konvergenz jener in einem Starkstrom im akryogenen Seeklima entsprach. Weil der Antillenstrom (als Typus eines heutigen Starkstromes) in 30° Breite

¹ H. Hummel, Die Entstehung eisenreicher Gesteine durch Halmyrolyse. Geol. Rundschau, XIII, 1922.

² Th. Arlt, Handbuch der Paläogeographie. Bd. I, II. Teil, p. 399.

einen Wärmevorsprung von $3\cdot 2$ vor der Seeklimatemperatur hat, die Temperaturgefälle (von 0 bis 30°) im Zenker'schen und im akryogenen Seeklima sich wie $7\cdot 3:5\cdot 5$ verhalten und die Temperatur im stromlosen akryogenen Seeklima in der Breite der subtropischen Konvergenz $22\cdot 5$ ist, ergibt sich für die Tethys in der Oberkreidezeit als Mittelwärme in dieser Breite $25\cdot 0$. Als Temperaturabnahme polwärts von der Konvergenz ist aber bei Koken's Erdbild (Fehlen einer starken Westwindtrift) die im stromlosen akryogenen Seeklima einzusetzen, so daß man für den 45. Parallel $25-7=18$ erhält.

Durch die Bezugnahme auf diesen Parallel — die Mittelbreite der heutigen Gosauvorkommen ist ungefähr $47\frac{1}{2}^\circ$ — soll der tektonogenen Komponente der Vorzeitklimate prinzipiell Rechnung getragen sein. Die von Spengler¹ für fünf Punkte des Gosautales aus den geologischen Verhältnissen unmittelbar abgeleiteten Minimalbeträge der Verschiebung seit dem Turon sind so gering (9 bis 11 km), daß selbst Mehrfachbeträge derselben klimatologisch noch nicht in Betracht kommen. Mit der einer Verschiebung um ein paar Breitengrade entsprechenden Klimaänderung scheint mir aber in unserem Falle die Wirkungsmöglichkeit der Epeirophorese genügend erfaßt. Mir erschiene es als Fortbestand alter Fehler unter neuer Flagge, wollte man — nach der durch Schweydar und Spitaler erfolgten Ablehnung der großen Polverschiebe — nunmehr jeden Fund von Riffkorallen und von Palmenblättern in gemäßigten Breiten als einen durch Epeirophorese aus den Tropen herbeigeführten betrachten.

Für die Rekonstruktion Kossmat's (Oberkreide) ist — weil da durch die Ostspitze Afrikas die Hälfte des indischen Nordäquatorialstromes in das äthiopische Mittelmeer abgelenkt worden wäre — anzunehmen, daß das Wasser an der subtropischen Konvergenz nur die Hälfte des Wärmeüberschusses eines Starkstromes im akryogenen Seeklima über die Temperatur im stromlosen Seeklima aufwies. Wegen des durch den Einstrom der nordatlantischen Westwindtrift in das europäische Inselmeer begünstigten Abkurvens von Stromfäden der indischen Trift zur atlantischen Westtrift konnte dann aber auch bis zum 45. Parallel ein analoger halber Temperaturüberschuß Platz greifen. Man findet dann als Temperatur am 30. Parallel $23\cdot 7$ und am 45. Parallel $18\cdot 2$, somit in Abrundung denselben Wert wie bei Koken's Erdbild. Diesem entspricht, weil im ozeanischen Klima in den mittleren Breiten bei einer Amplitude von 6° das Jahresmittel um einen halben Grad hinter dem Extrememittel zurückbleibt, eine Mittwintertemperatur von $15\cdot 5$.

Weil an die Stelle der im heutigen Mittelmeer (wegen der Landumringung) erniedrigten winterlichen Lufttemperatur in der Tethys eine erhöhte Wasserwärme trat, kann man auch für dieses Vorweltmeer den in der Mediterraneis geltenden winterlichen Vorsprung der

¹ E. Spengler, Untersuchungen über die tektonische Stellung der Gosauschichten. Diese Sitzungsber., CXXIII, 1914, p. 305—315.

Wassertemperatur vor der Lufttemperatur¹ von 1·5 gelten lassen und als Oberflächenwärme des Gosaumeeres im Winter 17·0 ansetzen.

Als Abkühlung der Golftrift durch den Labradorstrom fand ich² 4·0. Auch die atlantische Westwindtrift der Oberkreidezeit erfuhr (bei Kossmat's Erdbild) keine Mischung mit polbürtigem Wasser. Sie mochte aber wegen der anderen geographischen Verhältnisse eine geringere Ausgangstemperatur als die heutige Golftrift gehabt haben. Ihre Äste mögen so mit um einen Grad geringerer Wärme als die indischen Gewässer in das europäische Inselmeer eingedrungen sein. (Heutige Wintertemperatur der Golftrift am 45. Parallel zwischen 15 und 20° w. v. G. = 12·5.)

Nach Analogie mit den heutigen Zuständen ist zu vermuten, daß auch in der oberen Kreidezeit die Temperaturzunahme in den subarktischen Strömen um ein Mehrfaches hinter der im Seeklima zurückblieb (allerdings nicht so sehr wie in den heutigen eisführenden Strömen). So mochte sich die kühle Strömung auf der Westseite der nordatlantischen Bucht auf dem Wege vom 70. zum 50. Parallel im Winter etwa nur auf 3° erwärmen und wenn solches Wasser in Vermischung mit nicht mehr als etwa der vierfachen Menge von Wasser der Westtrift zwischen die europäischen Inseln eindringen konnte, wären im Flyschmeere nördlich des Rumunischen Rückens um 5° niedrigere Wassertemperaturen als im südlich benachbarten Gosaumeere möglich gewesen.

Bei Koken's Rekonstruktion wäre allen aus dem arktischen in den nordatlantischen Ozean gelangten kalten Gewässern der Zutritt zum europäischen Meere verwehrt gewesen und hätte auch die in diesem Meere ablandig aufsetzende Westwindtrift kein kaltes Tiefenwasser emporbringen können.

Die angeführten Wintertemperaturen entsprechen den heutigen Werten von ϵ , e und Π . Weil nach Spitaler's Berechnungen das Seeklima durch die Erdstellung nur wenig beeinflusst wird und das Perihel dabei die Hauptrolle spielt, erscheinen die heutigen Temperaturwerte von den taxigenen Höchstwerten nur um ein Geringes überholt: Nach Spitaler bei $\epsilon = 20^\circ 34'$, $e = 0\cdot07775$, $\pi = 270$: S_W (Seeklimatemperatur im Winter) in $\varphi = 0^\circ$ $S_W = 25\cdot4$ (jetzt 24·2), in $\varphi = 30^\circ$ $S_W = 16\cdot9$ (jetzt 15·8), in $\varphi = 45^\circ$ $S_W = 7\cdot9$ (jetzt 7·0). Es kommen die positiven Differenzen im Durchschnittsbetrag von ungefähr einem Grad in Betracht, weil Spitaler's berechnete Seeklimawerte (bis zum 30. Parallel) hinter den beobachteten und diese noch hinter denen des akryogenen Seeklimas zurückbleiben. Bei $\epsilon = 27^\circ 48'$, $e = 0\cdot07775$, $\pi = 90$ ist nach Spitaler in $\varphi = 0$ $S_W = 21\cdot7$, in $\varphi = 30$ $S_W = 13\cdot6$, in $\varphi = 45$ $S_W = 5\cdot2$, somit die negativen Differenzen gegen heute im Durchschnitte 2·2.

¹ J. Hann, Luft- und Wassertemperaturen im Mittelmeer. Meteorolog. Zeitschr., 1906, p. 316.

² F. Kerner, Die klimatischen Bildungsbedingungen der deutschen Kaoline und Bauxite. Diese Sitzungsber., 137. Bd., 1928, p. 570 und 571.

Die Annahme einer Ablenkung der Hälfte des indischen Nordäquatorialstromes in das äthiopische Mittelmeer (bei Kossmat's Erdbild) ergibt sich bei Voraussetzung der heutigen Kalmenlage. Bei sehr großer Exzentrizität konnte, wenn das Perihel in den Winter fiel, die »Grundlinie der Kalmen« wohl um 10° vom Gleicher abrüken und der indische Strom zur Gänze in die Tethys eindringen.

Dann mochte gemäß den vorigen Annahmen über die Thermik der Ströme am 30. Parallel eine Mitteltemperatur von 25, am 45. eine solche von $19\cdot5$ herrschen. Wegen der mit der Nordwärtsverschiebung der Passatzzone zugleich erfolgten Nach-Nord-Verrückung der subtropischen Konvergenz kam aber das Abkurven von Stromfäden der indischen Trift zur Westwindtrift — sofern diese den Kalmenverschub in abgeschwächtem Grade mitmachte — in verstärktem Maße zur Geltung. Schätzt man den thermischen Effekt dieses Geschehens auf $0\cdot5$, so hat man als Wintertemperatur $20 - 2\cdot5 = 17\cdot5$. Die vorerwähnte Temperaturerhöhung im Seeklima bei hohen Werten von e und bei $\pi = 270$, hinzugeschlagen, macht $18\cdot5$, entsprechend einer winterlichen Oberflächentemperatur des Meeres von $20\cdot0$. Dieser Wert kommt auch für die obersten Wasserschichten in Betracht. Ihm würde ein etwas größerer Temperaturvorsprung vor dem Flyschmeer als der obengenannte entsprochen haben.

Das Hauptziel der klimatologischen Betrachtung der Gosauschichten, die Aufzeigung der Möglichkeit des Wachstums von Riffrkorallen, erreicht sich so in der Diophante:¹ Stellten die Gosaukorallen den Wärmeanspruch 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.

Vom meteorologischen Standpunkt aus verdienen die Sommertemperaturen eine gleich eingehende Betrachtung wie die Temperaturen des Winters. In der geologischen Klimakunde sind sie minder bedeutsam, denn der Fall, daß, wenn eine Paläotemperatur des Winters als eine absolut hohe gefunden wurde (in unserem Fall 17 und $18\cdot5$) die Sommertemperatur zum Gedeihen immergrüner Gewächse nicht ausgereicht hätte, ist unwahrscheinlich. In den Zeiten eines Winterperihels bei großen Werten von e mochte aber die jährliche Wärmeschwankung so gering geworden sein, daß sie einer Bildung von Kalkbauxiten ungünstig war.

Nur in Kürze sei angemerkt, daß es wegen der sogleich zu erwähnenden barischen Sachlage im indischen Ozean im Sommer nicht zu einer Umkehr der Stromrichtung und nur zu einem starken Abflauen der Nordostpassatströmung kommen konnte, daß die nord-

¹ Über die Diophanten, siehe meine Paläoklimatologie, p. 461—464.

atlantische Passattrift und sonach auch die nordatlantische Westwindtrift — weil sie nicht (wie heute) zum Teil von südhemisphärischer Herkunft war — im Sommer eine Abschwächung erfahren haben dürfte und so bei der Gestaltung der Sommertemperaturen im europäischen Inselmeere die autochthone (breitenbedingte) Erwärmung zu größerer Geltung kam. Kraft der Erdstellung hätten die Sommertemperaturen um ungefähr $1\frac{1}{2}^\circ$ im positiven und negativen Sinn von den mittleren abweichen können. Die extremen Sommertemperaturen im Seeklima (S_S) sind nach Spitaler: Bei $\epsilon = 20^\circ 34'$, $e = 0.07775$ und $\pi = 90$: in $\varphi = 0$ $S_S = 25.4$, in $\varphi = 30$ $S_S = 19.8$, in $\varphi = 45$ $S_S = 12.1$; bei $\epsilon = 27^\circ 48'$, $e = 0.07775$, $\pi = 270$: in $\varphi = 0$ $S_S = 21.7$ (jetzt 23.7), in $\varphi = 30$ $S_S = 16.7$ (jetzt 18.3), in $\varphi = 45$ $S_S = 9.6$ (jetzt 10.8).

Bei einem Sommerperihel bei großer Exzentrizität hätte sich der Kalmengürtel auf die südliche Halbkugel verschoben und es wäre dann weder bei Koken's noch bei Kossmat's Erdbild Wasser des dem Äquator näher gerückten indischen Nordäquatorialstromes in die europäische Tethys gelangt. Es wären dann am Nordalpenrand die Temperaturen im stromlosen akryogenen Seeklima zur Entwicklung gelangt, auch bei Kossmat's Erdbild, weil dann die atlantische Westwindtrift nach Süden verschoben, nicht zwischen den westeuropäischen Inseln, sondern südwärts von diesen in die Tethys geströmt wäre und eher Wasser von Norden her angesaugt als solches nordwärts abgegeben hätte.

Die von C. E. P. Brooks¹ für die obere Kreidezeit geschätzte vulkanische Staubführung der Atmosphäre würde die Temperaturen um 1° vermindert haben. (6 Einheiten, heute 2, jede Einheit entsprechend — 0.5 F.)

Luftdruckverhältnisse. Als allgemeine barische Sachlage am Nordalpenrand zur Gosauzeit ergibt sich ein jahreszeitlicher Lagewechsel zwischen der Westwindzone im Winter und dem Hochdruckgürtel in der Sommerszeit. Die Verhältnisse im Westen mochten den heutigen insoweit ähnlich sein, daß man schon von einem Azorenhoch in der Oberkreide sprechen kann. Im Osten war aber da, wo sich heute zur Zeit des nördlichsten Sonnenstandes das iranische Tief ausbildet, Meer. Ein kontinentales Sommertief konnte sich erst viel weiter nordwärts entwickeln, wo es nicht die Intensität des heutigen zu erreichen vermochte. Es konnte sich auch nicht mit der äquatorialen Druckfurche verbinden und blieb von dieser durch ein ozeanisches Hoch getrennt. Die oberkretazeische Tethys war daher im Sommer nicht von Etesien überweht und unterlag dann den Windverhältnissen im nördlichen Randgebiete des Hochdruckgürtels. Dies bedeutet, daß der Sommer nur mäßig regenarm, keinesfalls regenlos sein konnte. Die winterlichen Regenverhältnisse unterschieden sich von denen im heutigen Mittelmeere dadurch, daß zur

¹ C. E. P. Brooks, *Climate through the ages*. London 1926, p. 223.

Ausbildung der für das letztere so bezeichnenden tiefen Minima in landumringten Teilbecken die morphologischen Voraussetzungen fehlten. Es kam so wie im Sommer, so auch im Winter im allgemeinen nicht zu einer scharfen Ausprägung des mediterranen Niederschlagsregimes.

Für das hier besprochene Gebiet waren aber etwas abweichende Bedingungen gegeben. Die Nachbarschaft der vom winterkühlen Flyschmeer umspülten süddeutschen Platte und böhmischen Masse im Norden und die Begleitung durch die Alpeninsel im Süden schufen für das lauwarmer Gosausee die Eignung als bevorzugte Durchzugsstraße für vom Westen herangerückte Luftwirbel zu dienen. Sicherlich zogen aber auch jenseits der Alpeninsel und im Meere längs der Südküste des Nordkontinents Winterzyklonen durch. Das Gosausee dürfte so im Winter und Frühling zeitweise sehr stürmisch gewesen sein. So erscheint die Entwicklung der Basalkonglomerate als Wirkung starker Brandungen an der Südküste des Ingressionsmeeres verständlich. Im Gefolge der durch dieses Meer gewanderten Minima traten in den Tälern im Süden Föhnwinde auf. Ihre erwärmende und austrocknende Wirkung konnte aber bei der geringen Kammerhöhe der damaligen Kalkalpen nicht bedeutend sein.

Zur Erklärung der Windkanter möchte man annehmen, daß in einer Phase der vorgosauischen Gebirgsbildung der Abtrag mit dem Emporhub nicht gleichen Schritt hielt und so in einem Zeitabschnitt der Mittelkreide die Alpen höher aufragten als zur Zeit der Gosau-transgression. Angesichts heutiger Vorkommnisse wäre dann das Auftreten eines Trockenklimas im durch Bergketten gespendeten Schatten regenbringender Winde verständlich. Heute hat Salamanca in nur 254 *km* Abstand von der atlantischen Küste nur 287 *mm* Regenfall, obschon der West- und Nordwestrand des altkastilischen Beckens durchschnittlich nicht viel über 1000 *m* aufragt.

Die hier versuchte Rekonstruktion der Grundzüge eines Paläoklimas ist ein Beispiel dafür, daß ein solcher Versuch nur im Sinne von Woeikof und Semper als ein bedingungsweiser gemacht werden kann. Die Meeresströmungen sind und waren die großen Regulatoren des Klimas und wenn die paläogeographische Erkenntnis noch so unzulänglich ist, daß sich Erwägungen über frühere Stromgestaltung in einem großen Spielraum bewegen, schließen sich eindeutige Problemlösungen aus. Zugleich ist der betrachtete Vorzeitfall ein Beispiel dafür, wie irreführend das Bestreben, die geologischen Klimazeugen zu Breitendiagnosen zu verwerten, sein kann. Die Baumfarne würden — dem Schema entsprechend — das Bildungsgebiet der Gosauschichten in die Tropen verlegen, die Windkanter in den Wüstengürtel, die Bauxite in die warm gemäßigte, die Weidenblätter in die kühl gemäßigte Zone. Heute trifft man am 45. Parallel Terra-rossa und immergrüne Gewächse im südlichen Istrien, sommergrüne Bäume im slawonisch-bosnischen Grenzgebiet und Flugsand am Südrand der Theißniederung.

Bei höheren Temperaturen finden sich heute zwischen 38 und 39° Breite Baumfarne verwildert in Cintra, Salzböden im unteren Seguratale, Roterden und Podsolböden im Inneren Iberiens. So konnten auch in der Vorzeit in den mittleren Breiten verschiedene Klimate einander benachbart herrschen.

Dann drängt die angestellte Betrachtung zur Erkenntnis, daß, wenn wegen der morphologischen Verhältnisse aus den mit den Perihelumläufen erfolgten periodischen Verschiebungen der Kalmen und Passatgürtel Richtungswechsel der Meeresströmungen erwachsen, in Zeiten großer Exzentrizität maritime Paläoklimate in — geologisch gesprochen — kurzen Zeitabschnitten wechseln konnten.
