

Freiburger Universitätsreden

Veröffentlichungen der Albert-Ludwigs-Universität
und der Wissenschaftlichen Gesellschaft in Freiburg

Neue Folge · Heft 18



Freiburger Rektoratsrede am 15. Mai 1954

MAX PFANNENSTIEL

Die Schwankungen
des Mittelmeerspiegels als Folge
der Eiszeiten

Freiburg im Breisgau 1954

HANS FERDINAND SCHULZ VERLAG

Altem und ehrwürdigem Brauche zufolge hat der antretende Rektor eine akademische Rede zu halten. Er soll aus dem Wissensgebiete seines Faches, noch besser aus dem Felde seiner eigenen Forschung berichten.

Der Sinn der Rektoratsrede ist vielfältiger Art. Form und Inhalt geben der Feierstunde das Gepräge. Die klare Sprache will Freude bereiten und kann durch ihre Wissenschaftlichkeit den Zuhörer bereichern. Die Rektoratsrede eröffnet die akademische Lehre während eines Studienjahres, da sie das Sinnbild aller kommenden Lehrstunden ist. Jedes gesprochene Wort in unsern Hörsälen dient der Erkenntnis. Der Charakter der akademischen Vorlesung ist lautere Wissenschaftlichkeit, ihr Zweck und Ziel ist Klärung der Dinge und heißt Ordnung schaffen in der Vielfältigkeit dessen, was wir gemeinhin „unsere Welt“ nennen. Durch unsere Worte sollen in unsern Studenten Feuer angefacht werden, welche diese jungen Menschen in ihrer Ganzheit ergreifen.

Und noch eines: Die Rektoratsrede stellt den Rektor der Gesamtuniversität vor. Seine öffentliche Rede ist die unmittelbare Begegnung des durch die Wahl herausgestellten Mannes mit seinem Wirkungskreis. Das Wort der Magd zu Petrus gilt täglich für jeden Hochschullehrer, und in dieser Feierstunde jetzt für mich: „Deine Sprache verrät Dich!“

Und so will ich mich in diesem akademischen Sinne nun vorstellen und lade Sie zu einem Kolleg ein über ein interessantes geologisches Problem aus der jüngsten Geschichte der Erde. Fliegen Sie mit mir über das Mittelmeer und das Schwarze Meer während der Eiszeiten, als der Feldberg, die nahen Alpen und Norddeutschland mit Skandinavien einen schweren und dicken Panzer von Gletschereis trugen.

Das geologische Phänomen der diluvialen Vereisungen ist 1837 von dem Mannheimer Naturforscher *Karl Friedrich Schimper* im nördlichen Vorlande der Bayerischen Alpen entdeckt worden. Und schon 5 Jahre nachher stellte der Schottische Geologe *Georges Maclaren* die Frage, woher die riesige

Areale einnehmenden und mächtigen Gletscher das Wasser zu ihrer Bildung beziehen würden? Es gibt nur eine Quelle, die Ozeane nämlich, welche als Eislieferanten für weltweite Gletscher während der diluvialen Eiszeiten in Frage kommen. Folgerichtig muß ein Schmelzen von Eis durch positive Änderungen des Klimas das Wasser, das Jahrtausende lang kristallisiert fest lag, in den Ozean zurückfließen lassen. Der Ozeanspiegel mußte steigen, wie er umgekehrt fiel, als das Wasser zur Gletscherernährung entnommen wurde. Die Schwankungen, das Auf und Ab eines dem Klima unterworfenen Meeresspiegels ist während des Diluviums mehrfach vorgekommen. Die diluviale Eiszeit ist ein Komplex von einzelnen Großvergletscherungen während Kaltzeiten mit eingeschaltetem Gletscherschwund während Warmzeiten. Kaltzeit ist gleich Gletscherzeit, ist gleich Sinken des Meeresspiegels. Eine abwärtige Bewegung des Meeresspiegels läßt den flachen Teil des Meeresbodens zum Kontinent werden. Eine Warmzeit oder Interglazialzeit bewirkt durch das Steigen des Ozeans eine Verlegung der Küsten landeinwärts. Das Meer erobert Land. Der Geologe spricht in diesem Falle von einer Meerestransgression; beim Zurückweichen der Wasser von einer Regression. Wir stellen fest: Glazialzeiten sind Perioden der Regression, Interglazialzeiten solche der Transgression.

Seit 70 Jahren etwa ist das Klima der Erde wärmer geworden. Die Gletscher aller Breiten gingen und gehen noch zurück. Der Meeresspiegel ist seit 1880 um 5—6 cm gestiegen. Im Mittel der Jahre zeigen die marinen Pegel aller Welthäfen einen jährlichen Anstieg des Ozeanspiegels von 1—2,2 mm an. In 70 Jahren ist rund $\frac{1}{1000}$ der 1880 vorhanden gewesenen Eismasse geschmolzen. Ginge der Vorgang im gleichen Tempo und in gleicher Stärke weiter — ich füge hinzu, daß wir dies nicht wissen können — dann gibt es in 50 000 Jahren keinen Gletscher mehr und die Küsten werden besonders bei Flachküsten landeinwärts wandern, und zwar bis zur Höhenlinie von + 55 m. Münster in Westfalen und Koblenz am Rhein würden Hafenstädte und heutige Welthäfen lägen tief unter Wasser. Das vertraute Bild der geographischen Verteilung von Land und Meer wäre verschwunden, und der Globus sähe merklich verändert aus.

In unseren Betrachtungen wurde ein geologisches Phänomen nicht berücksichtigt. Nicht nur der Meeresspiegel kann steigen und fallen und damit die Küstenlinie sich verschieben. Auch der Kontinent selbst kann durch hier nicht zu erörternde Ursachen vertikale Bewegungen ausführen. Um die klimatisch

bedingten Schwankungen des Meeresspiegels in ihrer vollen Größe erkennen zu können, müssen Küstenstriche als Studienobjekte gewählt werden, die während der letzten geologischen Vergangenheit, d. h. die während der Eiszeit sich nicht bewegten. Diese Küstengebiete müssen stabile Pegel sein, denn an einem selbst in Bewegung befindlichen Pegel kann ein wechselnder Wasserstand nicht abgelesen werden. Glücklicherweise gibt es am Mittelmeer und am Schwarzen Meere solche unbeweglichen Ufer, an denen mit genügender Sicherheit die klimatisch bedingten Spiegelschwankungen an bestimmten geologischen Dokumenten abgelesen werden können. Es gibt aber auch daneben Küstenstreifen, die gehoben wurden, andere, die sich senkten, die demnach für unsere Betrachtungen auszuschneiden haben. Das geologische Dokument wird vieldeutig, wenn der Meeresspiegel und das Festland zu gleicher Zeit entweder gleichsinnige oder entgegengesetzte Bewegungen ausführten, wenn gar jeder der beiden Partner sich verschieden schnell bewegt. Unsere folgenden Betrachtungen gründen sich auf Beobachtungen an wirklich stabilen Küsten und beziehen sich nur auf klimatisch bedingte Oszillationen des Meeres.

Die Betonung liegt auf klimatisch bedingten Oszillationen, d. h. sie sind letzten Endes von der Sonne gesteuert, je nach dem ein Plus oder Minus an Sonnenstrahlen, an kosmischer Energie, der Erde geschenkt wird. Die Geologie als Geschichte der Erde kennt weit mehr Spiegelschwankungen, die nicht klimatisch bedingt sind. In einzelnen Epochen der Erdgeschichte fanden weltweite Transgressionen des Meeres statt, welche nicht solaren, nicht kosmischen Ursprungs sind, sondern wie wir sagen endogenen, magmatischen Ursprungs. Bei konstant bleibendem Volumen des Meerwassers — was just bei klimatisch bedingten Schwankungen nicht der Fall ist — kann sich das Gefäß, die Hohlform der Ozeane verändern. Wenn der Boden der Tiefsee sich durch magmatische Kräfte hebt, steigt der Spiegel, und es wird gewissermaßen das Wasser über den Rand der Ozeanschüssel, das ist das Ufer, ausgegossen; was wir eine Transgression nennen. Vergrößert sich das Becken der Weltmeere durch konkave Einwölbung, durch tektonische Senkungen großer Areale des Ozeanbodens, dann muß der Spiegel fallen: Wir nennen dies eine Regression. Aber diese Art von Schwankungen müssen in unserer Betrachtung außer Acht bleiben.

Woran ist nun zu erkennen und zu entscheiden, daß einzig und allein ein klimatisch bedingtes Schwingen der Ozeanspiegel vorliegt? Die Antwort

lautet: 1. Am Sediment, das in den verschiedenen Klimaperioden der Eiszeit niedergeschlagen wurde; 2. An den Fossilien. An vielen Sedimentgesteinen sind die klimatische Beeinflussung, die Temperatur, die Regenmenge und andere Faktoren ablesbar. Von vielen Fossilien, also den Überresten einstiger Tiere und Pflanzen innerhalb einer einzigen Schicht sind einige wenige Fossilien Klimazeugen und fungieren als geologische Thermometer. Fossile Korallenriffe in nordischen Breiten verraten tropisch warmes Wasser. Muscheln borealer Meere wie *Cyprina islandica* und *Saxicava norvegica* leben heute nicht mehr im Mittelmeer, bevölkerten aber dieses Gewässer als „nordische Gäste“ während der Eiszeit. Fossile Palmen in Grönland aus dem Tertiär sind unzweifelhafte Wärmeindikatoren und fossile Knochen des großen nordischen Tordalken, von *Alca impennis*, in der Felsengrotte von Romanelli an der Straße von Otranto in Süditalien zeigen eine Eiszeit an. Eine Wärme-gebundene Gesellschaft von Schnecken und Muscheln, deren Heimat heute das Meer vor den Küsten des Senegal ist, wurde fossil gefunden in den eiszeitlichen Strandablagerungen des Mittelmeeres, des Pontus, der Krim, in Varna Bulgarien, in Sinope Türkei, in Tuapse am Kaukasus. Diese Fauna zeigt die warme Temperatur des Wassers in Interglazialzeiten an.

Sediment und darin eingeschlossene Fossilien sind dem Geologen eine Einheit. Die Aussage des sedimentären Beobachtungsbefundes kann, darf und wird nicht der Aussage des paläontologischen Befundes widersprechen. Ein Gestein ist die zu Stein gewordene Zeit. In unserem besonderen Falle: ein marines Schichtenprofil unmittelbar an der Küste des Mittelmeeres wird den Ablauf der Eiszeiten widerspiegeln in einem Gebiete, das weit weg von den Inlandgletschern gelegen ist. Die diluviale Geologie ging aus von den Moränenwällen, den Gletscherschliffen, den norddeutschen Urstromtälern, von den Sand- und Schotterterrassen der bayerischen Alpenflüsse, von dem Formenschatz von Berg und Tal im ehemaligen Vergletscherungsgebiet. Nichts von alledem, was wir klassische Eiszeitgeologie nennen können, ist zu finden an den freundlichen Gestaden des Mittelmeeres.

Hier ist nun der Augenblick gekommen, eines Mannes zu gedenken, den die deutsche Geologie in Dankbarkeit als einen Meister der eben skizzierten klassischen Eiszeitgeologie nennt: ich rufe in Ihre Erinnerung meinen Vorgänger auf dem Lehrstuhle der Geologie in Freiburg i. Br.: *Wolfgang Soergel*.

Er brachte nach *Albert Penck* eine exakte zeitliche Ordnung in die Abfolge der geologischen Ereignisse während des Diluviums und gliederte den

Komplex der Vereisung. Sein Studienfeld war Mitteldeutschland mit der Fülle der geologischen Dokumente in einem schmalen eisfreien Gebiet zwischen dem nordischen Inlandeis und dem alpinen Eis. Seine Fragestellung lautete: wie wirkte sich die Eiszeit als klimatisches Phänomen im gletschernahen Gebiet aus? Meine Fragestellung lautet, wie wirkte sich die Eiszeit im eisernen Gebiet aus, am Mittelmeer? Für uns beide war es klar, daß die klassische Eiszeitgeologie und die marine Diluvialgeologie sich nicht widersprechen können, da beide von dem übergeordneten gleichen Ursachenkomplex, dem Klima der Eiszeiten gesteuert wurden.

Und nun folgen Sie mir entlang der mediterranen Küste während einer Exkursion, und erleben Sie zeitgerafft die glücklichen Stunden des Beobachtens, des Entdeckens und des Bedenkens.

Nach einem bayerischen Flusse, der Würm, nennt man die letzte Vereisungsphase die Würmeiszeit. Als die Gletscher der Würmvereisung ihr volumetrisches Maximum erreichten, — das war nach astronomischen Berechnungen gegründet auf den Gesetzen der Himmelsmechanik vor 120 000 Jahren —, da wurde allen Weltozeanen eine Schicht von 89—90 m Wasser entzogen. Der Meeresspiegel fiel um die genannte Meterzahl. Viele Tiefbohrungen im Küstenbereich Palästinas und Ägyptens, an den Dardanellen und am Bosphorus, an den Küsten Italiens haben diese Senkungen des Meeres um 90 m unter den heutigen Spiegel bewiesen. Wenn eine Bohrung auf Wasser direkt an der Küste bis — 90 m Tiefe fast ausschließlich Landsedimente durchstößt mit Landschnecken und Knochen terrestrischer Wirbeltiere, mit vereinzelt Werkzeugen des primitiven Menschen der Altsteinzeit, dann war eben bei der Bildung der Sedimente kein Meer vorhanden, sondern es war Land.

Wir ziehen nun 90 m Wasser an stabilen, unbeweglichen Küsten ab und stellen fest:

Die flache Nordadria war Festland. Der Po mündete im Bereich des sog. Pomotiefes, etwa in der Mitte der Adria gelegen, in das weit nach Süden zurückgezogene Meer. Heute noch ist der submarine Lauf des Po auf dem Meeresboden als Stromrinne erhalten. Der Boden der Nordadria besteht aus den Schottern und Sanden aller Ströme und Flüsse der Südalpen, des dinarischen Küstengebirges und des Apennin. Die heute selbständigen Flüsse wie Etsch, Tagliamento, Piave, Isonzo, Esino, Musone usw. waren Nebenflüsse des Po und mündeten in diesen Hauptstrom. Nur die Narenta Jugoslawiens war ein unabhängiges Gewässer und zog allein ihres Weges in das im Süden gelegene Meer.

Die Insel Elba war dem Festland angegliedert. Korsika und Sardinien waren eine einzige Insel nicht allzuweit vom Kontinent gelegen. Die heutige Gruppe der Baleareninseln war ein zusammenhängender Inselklotz und die heutige Hafenstadt Palma de Mallorca lag mitten im Land. Daneben bestand die einzige Insel von Ibiza, getrennt durch 400 m tiefes Wasser von den Balearen.

Die Insel Sizilien war nicht mit Kalabrien verbunden; die Straße von Messina ist viel zu tief, als daß ihr der Abzug von 90 m Wasser den Charakter eines tiefen Meereskanales nehmen könnte. Der Mensch der Moustierzeit, der Neanderthaler, konnte indessen zu Fuß von Sizilien nach Malta und zur Insel Gozzo. Von Castelvetro am Westende Siziliens konnte man noch etwa 100 km in Richtung Kap Bon in Tunis laufen und sah 60 km im Südwesten den afrikanischen Kontinent und im Nordwesten unzählige Inseln, die heute der Schifffahrt gefährliche Untiefen geworden sind, weil der Würmgletscher wieder abgeschmolzen ist und Wasser in den Ozean zurückkehrte. So nahe war Europa an Afrika herangerückt, daß die Altsteinzeitmenschen der beiden Kontinente fast in Kulturaustausch treten konnten. Fast: sie konnten nicht zusammenkommen, das Wasser der Sizilischen Straße war immer noch zu tief und zu breit, wie auch die Straße von Gibraltar zwar weniger tief war, aber bestehen blieb. Diese veränderten Küstenumrisse hatte zur Folge, daß das Mittelmeer als Biotop keine Einheit mehr war, sondern in zwei Teile zerfiel. Die Engen von Messina und Sizilien genügten nicht, um einen lebhaften Wasseraustausch und damit einen regen Austausch von marinen Tieren zu bewirken. Das Ostmittelmeer war, biologisch betrachtet, eine abgeschnürte Annexe des Westmittelmeeres und hatte mit aus diesem Grunde ganz andere Molluskenarten als der Westen. Wir stehen erst am Anfang der Bestandaufnahme der Mittelmeermollusken in Ost und West während der Würmeiszeit.

Der Küstenumriß der Ägäis zeigte ein anderes als das gewohnte Bild. Die Inseln Thasos, Samothrake, Lemnos, Samos, Mytilene, um nur einige dieser Eilande zu nennen, waren dem balkanischen und dem kleinasiatischen Festlande angegliedert. Die Wildbäche aus den hohen Gebirgen der genannten Inseln, die doch damals kontinentales Festland waren, erfuhren durch die weichende Erosionsbasis des Meeres einen erhöhten Erosionsimpuls und schufen tiefe Täler, deren Unterläufe heute beim wieder angestiegenen Meeresspiegel im Wasser ertrunken sind und Naturhäfen erster Ordnung bilden.

Die Dardanellen waren ein Flußtal, durchzogen von einem Fluß, dessen Quellnische auf der Höhe von Gallipoli lag. Der altsteinzeitliche Mensch der Moustierzeit jagte in dem Dardanellental, wie ein gefundenes Werkzeug beweist. Auf den Schottern des Flusses, auf den Schnecken- und Muschelschalen des Süßwassers siedelten sich nach der Rückkehr der Ägäis marine Tiere an, ein herrlicher Beweis für den stattgehabten Wechsel von Land zu Meer!!

Das Marmarameer war von seinem Stammeeer durch eine breite Landmasse getrennt und ein vollkommen geschlossenes Becken. Denn auch der Bosphorus war ein Tal ähnlich dem Rheintal zwischen Bingen und Bonn, von einem Fluß belebt, dessen letzter Rest die sog. „Süßen Wasser Europas“ sind, die nunmehr in das Goldene Horn münden. Das Bosphorustal war von der Marmara durch die Schwelle von Skutari getrennt; die Admiralkarten lassen eine Bachrinne erkennen, die von dieser Schwelle nach Süden in die Marmara zieht. Überhaupt sind ungezählte ertrunkene Flußläufe auf dem Boden der randlichen Meeresstreifen der Marmara erhalten.

Das Schwarze Meer der Würmeiszeit war ein Süßwassersee größten Ausmaßes, denn es war ja vollkommen getrennt vom Mittelmeer durch die Landbrücke der Dardanellen. Das Asow'sche Meer existierte noch nicht und sein Areal war eine flache Steppe. Der paläolithische Mensch ist trockenen Fußes von Konstanz zur Krim gelaufen und querte auf seiner Wanderung die Stromrinnen von Donau, Dnjepr, Dnjestr, Bug. Die Mündung der Donau lag viele Kilometer östlich von Konstanz. Lößstürme gingen über das flache Land, das heute die Bucht von Odessa bildet. Sinnfällig ist der Lauf des Don. Da kein Asow'sches Meer existierte, sondern dort ein niedriges Gebiet sich dehnte, floß der Don von Rostow ab nach Westen durch die Enge von Perekop in die Bucht von Odessa. Der sog. Tartarengraben ist in Wahrheit ein Stück des Unterlaufes des großen Stromes in der Würmeiszeit. Zum Beweis seiner einstigen Anwesenheit hinterließ der Don auf dem Meeresboden Gerölle aus seinem Quellgebiet, Gesteine, also seine Visitenkarte, die nur er, kein anderer Strom der Ukraine führen kann.

Ein Donaudelta hat es damals nicht gegeben. An Stelle der weiten Wasserflächen dehnte sich eine Lößsteppe, die von Mammuth und wollhaarigem Nashorn bevölkert war.

Gehen wir an das Ostmittelmeer. Die Küsten Palästinas und Syriens lagen 50—60 km westlich der heutigen Strandlinie bei — 90 m. Aus den Tälern der Gebirge Judäas kamen kräftige Ströme und rollten die Gesteine hin-

unter zum Strande. Knochen von Wildpferd und Wildesel sowie Steinwerkzeuge des frühen Menschen der Moustier-Levallois-Zeit hat der Bohrer auf Wassersuche tief unter dem jetzigen Meeresspiegel angetroffen. Über die weite trockenengefallene Strandplatte strich der Wind und häufte Dünen an. Hinter den Dünen waren Sumpf- und Torfmoore gelegen, deren fossiles Holz und deren Süßwassermuscheln wir unter dem jetzigen Meeresspiegel kennen.

Wie es kein Donaudelta, kein Podelta während des Maximums der Würmeiszeit gab, so gab es auch kein Nildelta. Der Vater der Mittelmeerströme, der Nil, zög als ein gewaltiger Strom mit großer Wasserfülle in schnellem Lauf zur Küste, die weit draußen im Norden lag. Er schob als Gerölle die widerstandsfähigen Gesteine des Grundgebirges Arabiens zu Tale, während er heute als ein Epigone seiner selbst nur noch Schlamm als Trübe schwebend ins Delta trägt.

Die submarinen Läufe der großartigen afrikanischen Wasserader sind kilometerlang auf dem Boden des Mittelmeeres erhalten. Sie kriechen gewissermaßen unter dem viel später aufgelagerten Sediment des Deltas ab einer Tiefe von — 60 m heraus und lassen sich bis zur Isobathe — 100 m verfolgen. Keine Bohrung im südlichen Nildelta hat marine Ablagerungen angetroffen. Sie können gar nicht da sein, denn das Mittelmeer jener Zeit war weit im Norden gelegen. Im Stadtgebiet von Kairo gingen Bohrungen nieder auf Suche nach hygienisch einwandfreiem Trinkwasser. Noch in — 60 m blieb in Kairo der Bohrer in Nilsanden stecken. Wir sind gezwungen, die Sohle des würmezeitlichen Niles in dieser großen Tiefe unter der heutigen Sohle zu suchen. Und in der Tat beweisen die Bohrungen längs des Nillaufes eine tief gelegene fossile Stromrinne. Sicher bis Luxor, wenn nicht gar bis zum ersten Katarakt bei Assuan ist die Felsenschale des Nilbettes unter dem Meeresspiegel gelegen: das sind rund 700 km Stromlänge. So weitreichend waren die Folgen eines Absinkens des Ozeanspiegels um 90 m während der Klimakrise der Würmeiszeit.

Wir müssen die Tatsache des Transportes großer Gerölle der würmezeitlichen Ströme in ihrem Umlauf, kurz vor ihrem Erlöschen im Meere, nochmals als sehr wichtig ansehen. Da die Ströme dem tief gefallenem Meeresspiegel sklavisch folgen mußten, erhielten sie am Schlusse ihrer Laufbahn nochmals einen großen Erosionsimpuls, welcher sie befähigte, im Küstenstreifen tiefe Täler auszufurchen. Die zahlreichen Limane der Küsten und

des Binnenlandes Rumäniens und der Ukraine sind solche tiefen Täler, ebenso die Schlauchmündungen anderer Flüsse.

Der Erosionsimpuls ergriff den ganzen Strom und befähigte ihn, mit dem zusätzlichen Gefälle die groben Schotter zum Meer zu schieben. Im Untergrund aller Deltas des Mittelmeeres finden sich die Gerölle. Durch Bohrungen hat der Geologe diese Grobschotterhorizonte verfolgen können und sah, wie sie allmählich landwärts ansteigen, in die Täler der anstoßenden Gebirge einmünden und als Flußterrassen ausgebildet sind. Innerhalb der Terrassenschotter aber liegen eingebettet die Steinwerkzeuge der Altsteinzeitmenschen des Nahen Ostens. Da nun das geologische Alter der fluvialen Schotter durch ihre submarine Lage bekannt ist, ist auch das Alter der eingeschlossenen Artefakte bekannt.

Mit andern Worten: Der Tiefstand des Meeres mit seiner Fülle daraus resultierender geologischer Erscheinungen hilft in einzigartiger Weise, ja in entscheidender Weise, die Chronologie des Eiszeitalters in Gebiete zu tragen, wie den Nahen Osten, die nie vereist waren. Jetzt erst wird es möglich, das Alter der paläolithischen Kulturen im nichtvereisten Gebiet mit den Kulturen im eisnahen Gebiet zu bestimmen und wirklich gleichalte Kulturen miteinander zu vergleichen, festzustellen ob sie gleichwertig sind, vielleicht sogar gleichartig, vor allem gleichzeitig.

Dieses Kapitel sei geschlossen mit dem Hinweis, daß das Abschmelzen der Eismassen der wärmzeitlichen Gletscher einen allmählichen, aber nicht stetigen Anstieg des Ozeanspiegels verursachte. Das Meer transgredierte, und die Geologen kennen die einzelnen Stadien des Meeresspiegelanstieges ganz genau. Das Wärmerwerden des Klimas kann nicht nur in den Sedimenten abgelesen werden. Der Fauneninhalt der Küstensedimente zeigt als geologisches Thermometer den Klimawechsel an. Neben der Fauna ist auch das Florenbild teilweise greifbar durch den erhaltenen Blütenstaub, den Pollen. Am Pollenspektrum, wie der Botaniker sagt, ist es möglich den postglazialen Klimagang im Mittelmeerbereich zu verfolgen.

Sie hörten eben, fast möchte ich sagen, Sie sahen eben den großartigen Wechsel des Küstenumrisses im Mittelmeerbereich während der letzten Eiszeit.

Gehen wir nun einen weiteren Schritt in der geologischen Vergangenheit zurück. Zeitlich vor der Würmvereisung liegt eine Warmzeit. Sie wird das Riß/Würm-Interglazial benannt. Warmzeit heißt im Mittelmeer Anstieg

des Wassers und zwar ein Anstieg um rund 15 m über dem heutigen Stande. Für die Ströme der Mittelmeerumrandung bedingte der Anstieg eine Aufschotterung am Ende ihrer Laufbahn, denn die Wasseradern der Kontinente sind in ihrer geologischen Tätigkeit dem Gesetz des Meeres unterworfen.

Der hochgespannte Meeresspiegel erzeugte längs der Küste die Aufschichtung mariner Sedimente bis zu einer Höhe von + 15 m über dem heutigen Mittelwasser. Oder aber an Steilküsten schlugen die Wogen in die Kliffwände Brandungshöhlen, die auch bis 15 m Höhe mit Brandungsmaterial gefüllt wurden.

Bezeichnenderweise finden sich in den Terrassen der warmen Riß/Würm-Interglazialzeit Muscheln und Schnecken, die heute nicht mehr im Mittelmeer leben, wohl aber in subtropischen atlantischen Gewässern der Kanarischen und Kap Verdischen Inseln. Nach einer schönen Schnecke *Strombus bubonius* nennt man die wärme-liebende marine Tiergesellschaft die *Strombusfauna*.

Vertreter der Strombusfauna wurden an vielen Orten des Mittelmeeres in der + 15-m-Terrasse gefunden, aber auch im Schwarzen Meere bei Varna, an der Krim und in Sinope am pontischen Gebirge.

Wie sah damals vor rund 160 000 Jahren der mediterrane Küstenumriß aus? Nun — mit einem Meeresanstieg von 15 m war nicht viel verändert.

Dennoch stellen wir fest: Das Mittelmeer versuchte durch den Isthmus von Suez mit dem Roten Meer, also mit den Wassern des Indischen Ozeans zusammenzuzießen. Es war ein Versuch. Indessen ein wahrer „Deus ex machina“ trat dazwischen. Der Nil nämlich floß in dieser Zeit von Kairo ab nach Osten, und seine Mündung lag mitten Weges zwischen Port Said und Suez. Bei der Ausbaggerung des Kanales — es mußte ja nur die + 15 m hohe *Strombus-bubonius-Terrasse* ausgebaggert werden — sah der Geologe in einmaliger Anschaulichkeit, wie im Zentrum der alten Nilmündung die Nilsedimente die nilotische Fauna führten. Nach Süden wurden die Sedimente mehr marin, enthielten Formen des Brackwassers und wurden dann eine rein marine Fauna des Indischen Ozeans. Nach Norden aber ging der Übergang über Brackwassertiere zu rein mediterranen marinen Faunen. Die verschiedenen Tiergesellschaften beider Meere konnten sich nicht mischen, weil der damals gewaltige Nilstrom sich mit seiner enormen Wasserfülle dazwischen warf.

Im Marmarameer drang das Wasser bei dem + 15-m-Stand in die Täler der südlichen Küstenketten ein und breitete sich dahinter zu weiten stillen

Meeresbuchten aus. Die herrlichen Seen von Manyas und Apolyont führen als Zeugen des einst vorhandenen Meeres in den Sedimenten die fossilen Molluskenschalen der Mediterranis; die heute wieder ausgesüßten Seen enthalten eine ganze Anzahl von Mittelmeerfischen, die sich an das Süßwasser anpaßten. Die Fische sind also Relikte der Riß/Würm-Interglazialzeit.

Die Donau der damaligen Zeit mündete 8 km südlich von Konstanz. Das Tal des Kara-Su-Baches, eines jetzt kümmerlichen Rinnsales in einem Bett für den breiten Donaustrom am Ende seines Laufes, enthält genügend geologische Dokumente zum Beweise des anderen Laufes.

Die Mittelmeerwasser drangen nicht über den heutigen Bosphorus in das Schwarze Meer, sondern durch den Golf von Izmid nach Adapazari in das Tal des Sakaria. Wieder leiten den Geologen die marinen Terrassen und die Relikte der heutigen Fischfauna des Sapanca-Sees. Diese alte Meeresstraße, heute Festland, gerade etwas über dem Meere gelegen, ist so auffallend, daß Plinius der Jüngere als Statthalter Bithyniens seinem kaiserlichen Herrn Trajan vorschlug, einen Kanal zu schaffen, der — ein zweiter Bosphorus — das Schwarze Meer mit der Marmara verbinden sollte.

Gewaltig waren die Veränderungen bei einem Anstieg um nur 15 m in den Küstenniederungen der Ukraine. Die Mittelmeerwasser strömten über Rostow am Don in die Manytschsenke im nördlichen Vorland des Kaukasus und kamen in das Kaspische Meer. Darum gibt es im jetzigen Kaspi eine ganze Anzahl von Mittelmeermollusken als Immigranten, denen der Rückweg in das Stamm-Meer abgeschnitten war, als der Meeresspiegel wieder fiel. Indessen drang das Mittelmeer noch über die Ostküste des Kaspi weiter nach Osten vor zum Aralsee, und die Ströme Amu Darija und Syr Darija, deren Quellgebiete der Hindukusch und der Tien-Schan sind, ergossen sich in das so weit nach Osten vorgedrungene Mittelmeer. Fürwahr: kleine Ursachen, eine Steigung des Meeresniveaus um nur 15 m genügte, um die Kartographie des Nahen Ostens vollständig umzuwandeln.

Versuchen wir nun die geologische Geschichte des Mittelmeeres in einer noch entfernteren Eiszeitperiode aufzuhellen, nämlich die Geschehnisse während einer der größten Eiszeiten, der Mindel-Vereisung. Die Mindel-Vereisung liegt sehr lange vor der Riß/Würm-Interglazialzeit mit ihrem Meeresstand von + 15 m, zeitlich gesprochen rund 450 000 Jahre vor Christus.

Der Geologe ist nunmehr in die Rolle eines Epigraphikers versetzt, der aus Bruchstücken einer Inschrift den Inhalt derselben, auch den Schreiber

erkennen soll und schließlich die Geschichte des untergegangenen Volkes. Geologisch gesprochen will dies besagen, daß die Dokumente, die Ablagerungen der Mindel-Vereisungszeit im Mittelmeer ungenügend sind. Die stets arbeitende Erosion des Wassers als Meer und auf dem Land haben die Urkunden hinweggenommen. Aber es kommt noch ein Neues hinzu: die kräftigen Bewegungen der Erdkruste selbst. Die tektonischen Vorgänge verstellten die Ablagerungen und, um beim vorigen Vergleich des Schriftbildes zu bleiben, zerrissen die Schriftzüge, verwischten sie und vernichteten sie.

Doch eines stellt sich immer deutlicher heraus: die Mindeleiszeit bedingte ein Sinken des Meeresspiegels um rund 200 m. Die Tektonik andererseits arbeitete als Gegenspieler und hob den Boden des Mittelmeeres oder versenkte ihn. Als Beispiel sei die Straße von Gibraltar angeführt: 200 m Wasser fehlen durch Gletscherbildung und gleichzeitig steigt der Boden der Enge von Gibraltar. Der Endeffekt war, daß die Straße von Gibraltar trocken fiel. Eine etwa 14 km breite Landbrücke verband Europa mit Afrika. Das Mittelmeer war kurze Zeit ein Binnenmeer ohne Verbindung mit dem Atlantischen Ozean. Der frühe Mensch der afrikanischen, der marokkanischen Faustkeilkultur wanderte zu Fuß hinüber nach Spanien.

Dieselben Vorgänge in derselben Zeit, nämlich Tieflegung des Spiegels und Aufwärtsbewegungen des Bodens schweißten die Inseln Sizilien, Malta, Kreta und ^{Kyprus} Cyprus an den europäischen Kontinent. Während dies geschah, floh die Fauna Europas vor dem Gletscher nach Süden. Der große Waldelefant, *Elephas antiquus*, Hirsche, Hasen, Nilpferde, Bären und Füchse wanderten in diese Landstriche, die heute wieder Inseln geworden sind.

Indessen erlitten diese Säugetiere ein merkwürdiges Schicksal. Als die Europa randlich angegliederten Bezirke wieder in Meeresinseln zerfielen, war diese Fauna isoliert von ihrer europäischen Stammfauna. Die Tiergesellschaft auf den Inseln degenerierte und wurde eine Zwergengesellschaft. Aus dem 4 m hohen Waldelephanten wurden Zwergelochphanten, Pygmäen von der Größe eines Kalbes und dann eines Bernhardinerhundes. Alle genannten Tiere wurden durch noch nicht aufgeklärte Faktoren kleinwüchsig. Die Paläontologen kennen die lückenlose Generationsfolge dieser Säuger vom Riesen zum Zwergen.

Das Erregende in der dramatischen Abfolge der Ereignisse ist darin zu sehen, daß der Mensch, der echte homo sapiens dies alles erlebt hat. Er war Zeuge des großartigen Kommens und Gehens, des Auf- und Abschwingens

des Ozeanspiegels. Vielleicht ist anzunehmen, daß die Flutsagen, deren Ursprungsgebiete die Länder der Mediterranis sind, auf diese geschilderten geologischen Ereignisse zurückgehen. Kein Geringerer als A l e x a n d e r v o n H u m b o l d t schon dachte an geologische Ereignisse, die uns in dichterischer Form als Flutsagen überliefert sind. Der Sündflutbericht N o a h s aus dem Alten Testament, die deukalionische und die ogygische Flutsage der Griechen, die platonische Sage des Unterganges von Atlantis und orphische Gebete der pelagischen Zeit Samothrakes sind als mündliche Überlieferungen zu werten eines in der Tat gewaltigen geologischen Geschehens.

Unsere Beobachtungen und daraus gefolgerten Schlüsse betrafen bis jetzt nur die unmittelbaren Küsten des Mittelmeeres. Sehen wir nun noch, welchen Einfluß der fallende Meeresspiegel während einer Eiszeit auf die Wasserführung des Landes ausüben mußte.

Der Flußspiegel eines in das Meer mündenden Stromes steigt und fällt mit dem Meeresspiegel. Nun steht aber weiterhin der Flußspiegel mit dem Grundwasserspiegel im Lande in gesetzmäßiger Verbindung. Fällt das Meer, dann fällt der Fluß, dann fällt der Grundwasserspiegel. Es ist eine geologische Kettenreaktion ausgelöst.

Die Gebirge Istriens und Dalmatiens bestehen aus Kalksteinen, in welchen alle oberflächlichen Gewässer verfallen und auf ihrem Wege nach unten den Kalkstein rechts und links der Klüfte auflösen, so daß unterirdische Höhlen und Grotten entstehen, wie z. B. die Adelsberger Grotte. Den ganzen Erscheinungskomplex der versinkenden und der kalksteinauflösenden Gewässer bezeichnen wir als Karst. Das in die Tiefe eilende Wasser wird auf undurchlässigen Tonlagen gestaut. In dem System der offenen Klüfte und Spalten sammelt sich das Wasser, und es bildet nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren einen zusammenhängenden Karstwasserkörper. Und dieser Karstwasserkörper hat wiederum seinen Karstwasserspiegel.

In den Landschaften Istrien, Krain und Dalmatien steht heute der Karstwasserspiegel in Küstennähe genau in der Höhe des Spiegels der Adria.

Da während der Würmvereisung der Meeresspiegel auf — 90 m fiel, mußte auch der Grundwasserspiegel folgen, d. h. der Karstwasserspiegel fiel auch bis maximal — 90 m. Die bis jetzt mit Süßwasser gefüllten Spalten leerten sich, und die Tagwässer konnten noch tiefer verfallen, und, was nun wichtig ist, der Kalkstein konnte in großen Tiefen unter dem heutigen Meeresspiegel aufgelöst werden. Es entstanden Höhlen bis — 90 m, und so entwickelte sich ein noch gewaltigeres Karstreservoir als vorher bestand.

Das Meer kehrte beim Abschmelzen der Gletschermassen zurück und stieg an. Es fand im Küstenbereich ein erweitertes, offenes Spaltensystem vor, und das Meerwasser konnte unterirdisch in den Kontinent eindringen. Kilometerweit wird salziges Wasser unterirdisch in das Land geführt und kommt heute an tief gelegenen Stellen als Meerquellen zutage. Dieses interessante Phänomen nennen wir Meermühlen. Ebbe und Flut machen sich auch im subterranean marinen Karstwasser bemerkbar. Der Flutstrom läuft landeinwärts, der Ebbestrom meerwärts und somit fällt und steigt rhythmisch mit den Gezeiten der Wasserspiegel der Meermühlen. Der Gezeitenstrom treibt Mühlenräder, und deshalb ist das Wort „Meermühle“ berechtigt.

Ohne einen tiefgefallenen Meeresspiegel während der letzten Eiszeit wäre das ganze Karstsystem nicht unter den heutigen Meeresspiegel gefallen, und damit könnte das ganze Phänomen nicht stattfinden.

Wie nun das Meer in das Land eindringen kann, so kann auch umgekehrt das Süßwasser der Kontinente auf dem Meeresboden austreten. Es gibt zahllose Süßwasserquellen auf dem Meeresboden vor den Kalksteinküsten Dalmatiens und Süditaliens. Haben die verfallenen Flußwässer nur genügenden hydrostatischen Druck, dann dringen sie als Springquellen auf, und über der Meeresoberfläche wölbt sich eine breite flache Kuppel eines Süßwasserberges. Vor Tarent, dem süditalienischen Hafen, sah ich ein solches, faszinierendes Schauspiel mitten im Meer: eine riesige Quelle von Süßwasser umrahmt vom gewaltigen Ozean. Solche Stellen sind ein Eldorado für den Zoologen: ein reiches Süßwasserbiotop inmitten der marinen Lebewelt.

Ein letztes nicht minder interessantes Beispiel. Der Grundwasserspiegel Ägyptens liegt an der Küste dieses Landes rund 200 m unter dem Meeresspiegel. Ganz allmählich steigt der Grundwasserspiegel nach Süden zu an, und erst einige hundert Kilometer im Wüsteninnern steht das Grundwasser über dem heutigen Meeresspiegel. Der Tiefstand des Grundwassers in Ägypten war bisher schwer zu erklären. Nun hilft uns die folgende Theorie. Der Grundwasserspiegel Ägyptens sank mit dem Fallen des Meeresspiegels während der Eiszeiten. Das Meer konnte sich rascher wieder auffüllen als die Eiszeitgletscher abschmolzen. Der Grundwasserkörper Ägyptens aber konnte sich nicht so rasch füllen. Es fiel, und es fällt zu wenig Regen. Der Grundwasserkörper ist durch das aride Wüstenklima unterernährt geblieben. Sein Spiegel steht heute noch auf dem eiszeitlichen Tiefstand, und das

Grundwasser der Wüste Ägyptens ist größtenteils fossiles eiszeitliches Grundwasser.

Alle geologischen Ereignisse haben ihre Konsequenzen. So auch hier: Weil das Grundwasser so tief steht, konnte und kann der Wind als formengestaltender Faktor der Wüste an vielen Stellen Ägyptens tiefe und weite Kessel in dem Gestein ausblasen. Mitten in der fast horizontal gelagerten Schichten-
tafel Ägyptens entstanden Hohlformen mit steil abfallenden Wänden zu dem Boden der Oasen. Die große Oase Fayum, die Depressionen von Dakla, Kargeh, die Kattara-Senke bis — 154 m Meereshöhe, und das Wadi Natrun, um nur einige zu nennen, sind Zeugen der enormen Winderosion und Winddeflation. Aber die Wirkung des Windes nimmt ein Ende, wenn der Grundwasserspiegel erreicht ist. Und die Lage des Grundwasserspiegels ist eine Folge des Standes des Mittelmeerspiegels in den Eiszeiten.

Ich bin am Ende meiner Darlegungen angelangt. Nur kurz, nur im Fluge konnte dies und jenes gestreift werden. Die Einzelheiten, die lokalen Beweise, die kritischen Einwände konnten nicht erwähnt werden. Indessen hoffe ich, daß Sie alle miterleben konnten, wie ein weltweites, klimatisch bedingtes Auf- und Abschwingen des Ozeanspiegels eine Unzahl von geologischen Erscheinungen zu erklären vermag.

Sie haben nun auch erlebt, was Geologie als Wissenschaft ist? Geologie ist die Geschichte der natürlichen Veränderungen, welche unser Planet im Laufe der Zeit erfahren hat. Kleine Veränderungen, etwas mehr, etwas weniger Wasser, lösen eine Fülle von gesetzmäßig ablaufenden geologischen Reaktionen aus. Das ist der tiefe Sinn der geologischen Wissenschaft: „Das Seiende ist aber im Begreifen der Natur nicht von dem Werden absolut zu unterscheiden. Denn nicht nur das Organische allein ist ununterbrochen im Werden und Untergehen begriffen. Die ganze Erde mahnt in jedem Stadium ihrer Existenz an früher durchlaufene Zustände.“ So sagt A l e x - a n d e r v o n H u m b o l d t. Und A d a l b e r t v o n C h a m i s s o, Dichter, Zoologe, Botaniker und Geologe läßt gewissermaßen die Erde selbst zu uns sprechen, da er dichtet:

„Ich bin schon alt, es mahnt der Zeiten Lauf
Mich oft an längst geschehene Geschichten,
Und die erzähl ich, hörrcht nur einer drauf.“