

Die Wertbestimmung der Hydrometeore in der Paläoklimatologie

Von Fritz v. Kerner, Wien

Zusammenfassung. Es wird gezeigt, daß das geologische Klimazeugnis in der Braunkohle des Geiseltales (bei Halle) die periodischen, aperiodischen und episodischen Schwankungen der Luftfeuchtigkeit in der mittleren Eozänzeit feststellen läßt. Das Klima war demzufolge ein schärfst ausgeprägtes hydrometeorisches Wechselklima, wie es auch auf Grund der paläogeographischen Verhältnisse zu erschließen ist. Es zeigt Analogien mit dem scharf entwickelten Mediterranklima an der Südostseite Spaniens.

Die Forschungen über das Klima der Vorzeit betrafen lange nur die Wärmezustände, so daß paläoklimatisch und paläothermal als synonym gewertet wurden. Die Wärme war stets das eindrucksvollste und sinnfälligste meteorologische Element und hatte vor dem Regen schon das voraus, daß sie dauernd

wirksam war. Es spielte da aber noch ein Umstand mit. Man war bestrebt, die Klimaänderungen durch Wechsel des Solarklimas zu erklären. Aus theoretischen Gründen hat man Höchst- und Niedrigstwerte desselben auf bestimmte Zeiten bezogen und da war es von großem Werte, den Ablauf der Temperaturen

festzustellen. Bei Bezugnahme auf den Ablauf der Hydrometeore würde man da viel weniger Anhaltspunkte gefunden haben.

Spät erst wurde man sich der großen Bedeutung, welche die Hydrometeore schon in der Vorzeit besaßen, bewußt. Man sprach jetzt viel von fossilen Wüsten, wobei man besonders die roten Sandsteine als Wahrzeichen solcher Oberflächenformen ansah. Aber auch Wechselklimate wurden schon festgestellt, und besonders Bauxite von mediterranem Typus mit solchen in Beziehung gebracht. Ein Zusammensein von Nässe und Trockenheit wurde aber auch erwogen und der Gedanke entwickelt, daß in trockene Steppengebiete sumpfige feuchte Flußtäler einschnitten.

Sehr viel schwieriger als die bloße Trennung von Nässe und Dürre gestaltete sich naturgemäß die Unterscheidung verschiedener Stufen hydrometeorischer Größen. Als ein erster Vorversuch auf diesem Gebiete ist die von Kirchheimern unternommene Scheidung der fossilen Pflanzen in solche, welche auf eine Regenmenge $R > 200$ cm und in solche, welche auf eine Menge $R < 200$ cm weisen. Bei der Schätzung der Feuchtigkeitswerte, für welche die Pflanzenfossilien Zeugnis ablegen sollen, warf sich die Frage auf, ob die Schätzung auf Grund systematischer Verwandtschaft oder auf Grund ökologischer Übereinstimmung vorzunehmen sei. Es ergab sich, daß wohl die zweite Methode im allgemeinen vorzuziehen sei, daß aber auch diese manchmal mit Schwierigkeiten verknüpft sei und auch nicht immer zu einem Erfolge führe.

Vor einigen Jahren bot sich Gelegenheit, das Problem der Bestimmung der Luftfeuchtigkeit in der Vorzeit in anderer Weise anzuschneiden und bis zu einem gewissen Grade zu lösen. Schon lange war es aufgefallen, daß man in den Braunkohlenlagern viel weniger knöcherne Tierreste auffand, als man nach den Vorstellungen, die man sich über die Bildungsweise dieser Schichten machte (Wälder, in denen viele Wirbeltiere hausten), hätte erwarten sollen. Vor einigen Jahren wurde dieses Rätsels Lösung gefunden. Die Knochenreste lösten sich in den Emulsionen von Humussäuren auf, welche in der Braunkohle zirkulierten.

In der Gegend von Halle traten aber neutralisierende Quellwässer hinzu, welche die Auflösung der Knochen hemmten. In nächster Nähe der Kohlen des Geiseltales sind Kalke anstehend. Die Tierwelt der Eozänzeit wurde so hier erhalten. Diesen Knochenfunden wurde nun eine einzig dastehende bzw. noch nie dagewesene Sorgfalt bei ihrer Bergung zuteil. Die Reste wurden in einer alle Fundumstände aufs genaueste berücksichtigenden Weise von Fachgelehrten gesammelt und untersucht. Naturgemäß mußte da ein weit genaueres Bild der Verhältnisse gewonnen werden, wie wenn — wie das bisher stets der Fall war — der Kohlenabbau nur zwecks Gewinnung des Brennstoffes von Kohlenarbeitern be-

sorgt worden wäre, welche nur beauftragt waren, besonders schöne Skelettstücke zu sammeln, dabei aber nicht im entferntesten auf die genauen Fundumstände Bedacht nahmen. So konnte im Geiseltal ein Bild des Lebens und Treibens in der Vorzeit gewonnen werden, wie es in solcher Bewegtheit und Frische noch nie erhalten worden war.

Man wird da an Pompeji erinnert, wo ja auch dadurch, daß bei den Ausgrabungen Fachleute mit größter Sorgfalt zu Werke gingen, in das Leben der alten Römer viel tiefere Einblicke erzielt werden konnten, als wenn bei den Grabungen nur die Sucht, viel Schmuck, Münzen und Waffen zu finden, leitend gewesen wäre.

Die sehr genaue Durchforschung der Braunkohle des Geiseltales ermöglichte es, ein vollständiges Bild des Ablaufes der Hydrometeore in der mittleren Eozänzeit in Mitteldeutschland zu erhalten. Es ließ sich ein Einblick in die *periodischen*, *aperiodischen* und *episodischen* Schwankungen der Luftfeuchtigkeit gewinnen, wobei es bemerkenswert erscheint, daß diese drei Quantitätsstufen durch drei qualitativ verschiedene Befunde feststellbar sind.

Die *periodischen* Schwankungen der Luftfeuchtigkeit sind aus den Zuwachszonen mancher baumartiger Gewächse zu erschließen. Wo solche Zonen erkennbar sind, zeigen sie sich als ein Alternieren von dicken und dünnen Ringen, bei Einbezug der Zwischenzonen als ein Viererrhythmus. Es kann sich da nur um die Wahrzeichen des Wechsels einer großen und kleinen Regenzeit und dazwischenliegenden Haupt- und Nebentrockenzeit handeln. Aber auch in der Bänderung der Kohle ist ein jährlicher Rhythmus erkennbar. Die helleren und gröberen Zwischenlagen in der Kohle bezeugen, daß jährlich trockenes Laub, Gezweig und Geäst, das während der Trockenzeit das Land bedeckte, durch die ersten Fluten der Herbstregen in Wasserlachen zusammengeschwemmt wurde. Die Wahrzeichen *aperiodischer* Trockenheit sind Kohlenlager aus völlig vertrockneten gelben Blättern, ferner Trockenpilze und Überzüge von Pflanzenteilen durch Wachsschichten, wie sie jetzt manchmal in Steppengebieten als Schutz vor der sengenden, ausdörrenden Sonnenhitze vorkommen.

Besondere Erwähnung verdienen die Wahrzeichen, welche das Geiseltal von den *episodischen* Trockenheitsfällen aufbewahrt hat (1): das Vorkommen mumifizierter Leichenteile in der Nachbarschaft loser Knochen. Häufig kommt es vor, daß ein in einer Wasserlache liegender toter Tierkörper zum Teil im Wasser liegt, zum Teil aus diesem herausragt. Im Wasser verfaulen Fleisch und Sehnen, das Skelett löst sich auf und zerfällt, der herausragende Teil dörft in der heiß-trockenen Luft völlig aus und wird zur Mumie, das Skelett wird da durch die steifen Muskeln fest zusammengehalten. Die Nackenmuskeln und Sehnen pflegen beim Eintrocknen die Halswirbel so zurückzubiegen, daß der Schädel fest an den

Rücken angepreßt wird. Es ist das eine Stellung, welche beim lebenden Tiere unmöglich ist. Findet man sie bei einem Tier in der Kohle, weist dies auf eine stattgehabte Eintrocknung hin.

Ein Vorkommen von Mumienklumpen in der Nachbarschaft lose verstreuter Knochen ist insofern das Wahrzeichen einer in der Vorzeit stattgehabten exzeptionellen Trockenzeit, als es darauf hinweist, daß ein Wassertümpel *halb* ausgetrocknet war. Ein solcher Wasserstand mußte schon einer ungewöhnlichen Lufttrockenheit entsprochen haben. Der Normalzustand entsprechend mittleren Feuchtigkeitsverhältnissen wäre ja ein vollgefülltes Wasserbecken gewesen, in dem sich die Tiere, in unserem Falle vorwiegend Krokodile und Molche, frei umhertummeln konnten. Ein noch höherer Zustand *episodischer* Trocknis wird durch das Vorkommen von Blütenstaub in den Kiemen von Fischen bezeugt. Es beweist dies das vollständige Austrocknen einer Wasserlache.

Man hat es hier allerdings nur mit Relativwerten zu tun. Ein kleiner Teich wird früher vollständig versiegen und früher in den Zustand der Halbaustrocknung gelangen, als ein in das Sumpfland eingesenkter See. Auch ist zu bedenken, daß das Geiseltal der Eozänzeit ein Gebiet mit häufig sich ereignenden lokalen Erdsenkungen war [Erdfälle und Trichter infolge der Zerstörung löslicher (salziger) Gesteine im Untergrund]. Es kamen so oft auch rasche Abflüsse von Wasseransammlungen vor. Dann ist es wohl nicht klar, ob ein Wassertiefstand einem solchen Abflusse oder einer starken Verdunstung zuzuschreiben sei. (Typischer Fall von Alloglossie = der Umstand, daß die geologischen Befunde die Ergebnisse klimatischer und nichtklimatischer Einflüsse sind und daß sich beide nicht getrennt erkennen lassen, siehe meine Paläoklimatologie I, 10 B., S. 152.) Die Fehlergrenzbestimmung in der Paläoklimatologie käme aber nur in Betracht, wenn es sich um getrennte Wasserbecken handeln würde. Dies ist im Geiseltale nicht der Fall.

Das durchschnittlich in einem Jahreslauf eintretende (*periodische*) Maximum der Feuchtigkeit wird — wie schon oben erwähnt — durch die Bänder hellerer und gröberer Kohle bezeugt, welche das durch die ersten Herbstregen zusammengeschwemmte, im Laufe des Sommers angehäuften vertrocknete Pflanzenmaterial enthalten. Als Wahrzeichen *aperiodisch* gesteigerter Feuchtigkeit hat man in den Kohlen des Geiseltales Befunde, welche auf das stattgehabte Vorkommen von Regengüssen mit Überschwemmungen weisen. Dahin zählt die Beimengung der Leichen von Landtieren in den von Wassertieren bevölkerten Tümpeln und Teichen. Das Wahrzeichen eines *episodischen* Feuchtigkeitsgrades ist der im Geiseltal gemachte Fund des mit Sand erfüllten Schädels eines Lophiodons (eines tapirähnlichen Säugetieres) inmitten der Braunkohle. Weißer Sand konnte nur

fernab vom Sumpfgelände in den Schädel geraten sein. Er konnte nur durch eine große Überschwemmung aus weiter Ferne herbeigebracht sein. Ein regelmäßig fließender Fluß konnte bei diesem Schädeltransport *keine* Rolle gespielt haben. Weit und breit sind keine Anzeichen von Flußabsätzen in den Kohlenschichten vorhanden.

Es ist das Bild einer gewaltigen Bewegung des atmosphärischen Wasserdampfes, das sich da dem Auge entrollt: von der völligen Austrocknung eines Wasserbeckens, wie es die Fischleichen mit den von Blütenstaub erfüllten Kiemen bezeugen und der vollständigen Überflutung des flachen Landes, wie sie durch den sanderfüllten Lophiodonschädel bezeugt wird.

Nur die im Geiseltal angewandte sorgsame Bergungsmethode konnte zur Erkenntnis dieser verschiedenen Trockenheitsgrade führen. Gewöhnlicher Kohlenabbau hätte das nimmer vermocht. Die Paläoklimatologen sind so den Durchforschern der Geiseltalkohle für die Förderung, welche durch sie die Alt-klimakunde erfuhr, zu großem Danke verpflichtet.

Es bietet viel Interesse, das Klima, welches sich für das Mitteldeutschland der Mitteleozänzeit auf Grund der damaligen geographischen Verhältnisse ergibt, zu vergleichen. Es war zu erwarten, daß der Vergleich das aus den geologischen Verhältnissen erschlossene Bild betreffs der Jahreszeiten, in welche die Höchst- und Tiefstwerte des Hydroklimas fielen, in erwünschter Weise ergänzen würde.

Das Mittelmeer war in der älteren Tertiärzeit ausgedehnter als jetzt. Seine Nordküste verlief durch Mitteldeutschland, seine Südküste durch die Sahara. Vorderasien war vom Meere überflutet. Dieses stellte eine Verbindung des Mittelmeeres mit dem Indischen Ozean her. Im Arktischen Becken war auch im Winter offenes Wasser. Der Labrador war auch im Winter und Frühling ein nicht eisführender Strom. Diese geographischen Veränderungen bedingten für Europa einen großen Wärmezuwachs (2), besonders im Winterhalbjahr. Von Bedeutung war auch, daß die Westküste Europas von einer Golftrift, welche durch einen nicht eisführenden Labradorstrom nur wenig abgekühlt war, gespült wurde. Die Flora der Kohle des Geiseltales weist auf ein sehr warmes Winterklima hin, es ist eine schlechtweg tropische Flora. (Das Mitvorkommen von Zypressen, Magnolien und Lorbeerbäumen hält davon ab, sie als eine „echt“ tropische anzusprechen.) Für $\varphi = 50$, $\lambda = 10 \varepsilon$ berechnete ich für das Mitteleozän bei mittlerer Erdstellung einen Wärmezuwachs von 12° im Winter und von 4° im Sommer (2).

Die angeführten Umgestaltungen des Erdbildes formten aber auch die barische Sachlage um. Da die mittlere Temperatur einer Luftsäule über Wasserflächen höher ist, waren in der Eozänzeit auch die Flächen gleichen Druckes südwärts von Europa höher gelegen als heute und senkten sich erst weiter nord-

wärts auf die Erdkugel nieder. Der Gürtel der Roßbreiten war etwas weiter nordwärts verschoben. Im Sommer fehlte ganz ein Luftdruckgewölbe über der Arktis, über der Subarktis lag tiefer Druck (Nordmeer und Osteuropa = Paläarktis). So konnte sich die Luft hemmungslos gegen Nord ausbreiten. Der First des Hochdruckgewölbes, welcher jetzt durch das Mittelmeer streicht, verlief damals durch Mitteldeutschland.

Das Azorenhoch pflegt manchmal weit über seine mittleren sommerlichen Dimensionen hinauszuwachsen. Es tritt dann in Westeuropa eine Luftdruckverteilung ein, welche jener in der älteren Tertiärzeit ähnlich wird. Im Sommer 1911 dehnte sich der von den Azoren ausgehende Hochdruck weit über seine normalen Grenzen aus. Die 760 mm Juliisobare drang damals um zwölf Breitengrade weiter nordwärts, um fünfzehn Breitengrade weiter ostwärts vor als im Durchschnitt. Diesem Gebietszuwachs entsprechende größere Ausweitungen zeigten die höheren Isobaren. Ein mittlerer Barometerstand des Juli, wie er durchschnittlich unter der Kuppel des Azorengewölbes herrscht, wurde damals im Dreieck Brüssel—Bamberg—Paris erreicht (3). Ganz Mitteleuropa hatte damals einen sehr regenarmen Sommer, wie man ihn im südlichen Mittelmeergebiet trifft. Allerdings wurde damals erkannt, daß die Regenverteilung als ein durch das Zusammenspiel verschiedener Kräfte erzeugtes Phänomen durchaus nicht stets der Luftdruckverteilung entsprach, daß Regenfall manchmal auch dort ausblieb, wo man ihn nach der Wetterkarte erwartet hätte (4). In ihrer Gesamtheit wurde die hier aufgezeigte Beziehung zwischen Hochdruck und Regenfall aber nicht gestört. Sie mußte auch schon in der Vorzeit in fallweise scharfer Ausprägung bestehen.

Im Winter zog sich der Hochdruckgürtel etwas südwärts zurück. Das Azorenhoch war über dem Meere an Stelle Vorderasiens ostwärts verlängert und verband sich mit einem zweiten ozeanischen Hoch über dem nordindischen Weltmeere (5). Über dem paläarktischen Festland entwickelte sich im Winter ein Dauerantizyklon. Zwischen ihm und dem eben genannten Walle lag eine barische Mulde, welche den sich nach Ost bewegenden Wirbeln den Weg wies und sich so zu einem Winterregengebiet gestaltete. Stärkste Regen mochten am Nordsaum des östlichen Mittelmeeres auftreten, wo aus dem paläarktischen Festland gekommene Kaltluft und vom Indischen Ozean gebrachte Warmluft zusammenstießen. Die höchste Temperatur im indischen Meere trat wohl erst im September ein, in der Paläarktis (Osteuropa) kam es aber schon früh im Jahre zu nächtlicher Erkaltung. So mochten die stärksten Regen in Deutschland schon in der ersten Hälfte des Herbstes fallen.

Das Klima, welches in der mittleren Eozänzeit im Geiseltal herrschte, war auf Grund der morpholo-

gischen Analyse — im vollen Einklang mit dem geologischen Zeugnis — ein schärfst ausgeprägtes hydro-meteorisches Wechselklima mit Herbstregen und sommerlicher Trockenzeit, von denen erstere manchmal zu einer Nässeperiode mit verheerenden Überschwemmungen ausarteten, letztere sich zuweilen zu einer verhängnisvollen Dürreperiode steigerte.

Winterregengebiete gibt es vier auf der Erde. Auf jeder Halbkugel je eines auf der Westseite der Kontinente. Wenn das betrachtete Paläoklima in der Nachbarschaft eines heutigen Winterregengebietes liegt, liegt es nahe, ein solches zum Vergleich heranzuziehen. Bemerkenswert durch seine Episodismen ist da das Klima des Seguratales an der Südostseite Spaniens. Willkomm sagt darüber: „Das eigentliche regenarme Gebiet der Litoralsteppe ist der zu beiden Seiten des Seguratales gelegene Distrikt des Königreiches von Murcia. Hier vergehen oft drei, vier und mehr Jahre, ohne daß es ein einziges Mal anhaltend regnete. Nebel verhüllen dort das Himmelsgewölbe niemals, Wolken selten.“ Dann heißt es aber auch: „Die verheerenden Überschwemmungen, unter denen namentlich die gutangebauten Gegenden von Valencia, Murcia, Madrid, Granada, Malaga, Sevilla periodisch zu leiden haben, werden zumeist durch Regengüsse von längerer Dauer verursacht (6).“

Vom Geiseltal heißt es: „Ebenso todbringend waren manche Regenzeiten. Das Hochwasser stieg und überschwemmte weite Teile des Landes. Aus dem weiten Einzugsgebiet führte es Holzstämme, Äste und Leichen von ertrunkenen Tieren mit sich, die dann dort, wo das Wasser zum Stillstand kam, abgelagert wurden (7).“ Das Höchstmaß episodischer Lufttrockenheit, welches im Geiseltale erreicht wurde, wird uns durch folgenden Satz kundgetan: „Eines Jahres trocknete eine besonders lange Dürreperiode den ganzen See mit seinen Krokodilen, Fischen, Fröschen und Molchen aus. Ein erbitterter Kampf aller gegen alle setzte ein, und doch war schließlich der Tod das Schicksal aller (7).“

Auch zu dieser Katastrophe liefert die jüngste Klimageschichte des Seguratales ein vollständiges Analogon. Im Sommer 1931 erschien unter der Aufschrift „Ein Land, in dem es seit sieben Jahren nicht mehr regnet“ eine Zeitungsnotiz, welche lautete: „In diesem regenreichen Sommer unseres Mißvergnügens muß das Kuriosum vermerkt werden, daß in einem Teile Spaniens seit sieben Jahren kein Regentropfen gefallen ist. Es handelt sich um den Bezirk Lorca in der Provinz Murcia im Südosten Spaniens. Die Bewässerungskanäle des Landes sind längst ausgetrocknet, und die Flüsse, die das Land durchströmen, sind, wie der Cyastril und Guardal, zu dünnen Rinnsalen geworden. Seit drei Jahren hat der Boden des Landes keinen Ernteertrag mehr ge-

liefert, so daß bereits 30 000 Personen den Bezirk verlassen haben und 25 000 Familien der bittersten Not anheimgefallen sind. Vor dem Rathaus in Lorca versammelten sich kürzlich über 3000 Personen, die stürmisch eine Hilfsaktion der Regierung forderten.“ Wir erkennen hier *mutatis mutandis* die Katastrophe vom Geiseltal wieder. Diese Klimakatastrophe (unter Annahme einer großen Polverschiebung) als ein Geschehnis in einer Haupttrockenzeit der äquatorialen Zone aufzufassen, empfiehlt sich *nicht*. Es mangeln dann alle Anhaltspunkte zur Beurteilung der morphogenen Komponente des Klimas, während im anderen Falle — wie sich zeigte — die Morphogenie des Klimas klar vor Augen tritt.

Schrifttum :

- 1) J. Bettenstädt, Tropenwelt im Geiseltal. Die große und die kleine Regenzeit. Veröffentl. d. Ver. z. Förderung d. Museums f. mitteldeutsche Erdgeschichte zu Halle a. d. S.
- 2) F. v. Kerner, Die klimatischen Bildungsbedingungen der deutschen Kaoline und Bauxite. S.-B. d. Akad. d. Wiss. in Wien I. Bd. 137, Heft 8, 1928.
- 3) C. Heß, Die beiden Juli 1910 und 1911. Met. Z. 1911, Heft 10.
- 4) S h a w und D i n e s, Über das Wetter 1911. Met. Z. 1912, Heft 1.
- 5) F. v. Kerner, Bauxite und Braunkohlen als Wertmesser der Tertiärklimate in Dalmatien. S.-B. d. Akad. d. Wiss. in Wien I. Bd. 130, Heft 1—3, S. 58, 1921.
- 6) J. H a n n, Klimatologie I. Iberische Halbinsel. S. 115.
- 7) J. B e t t e n s t ä d t, l. c. S. 41.