

W. Łoziński

## Niewidzialny czynnik geologiczny (promienie nadfioletowe)

**Ein unsichtbarer geologischer Faktor. (Ultraviolette Strahlen).**

Die karpatische Flyschzone zeichnet sich durch mächtige, einheitliche Sandsteinkomplexe aus, sodass sie auch als „Sandsteinzone“ bezeichnet wird.

In den Ostkarpaten tritt der oberkretazische sog. Jamnasandstein<sup>1)</sup> dank seiner Widerstandsfähigkeit sehr scharf hervor, insbesondere im ostkarpatischen Gorganyzuge und zeigt eine weitgehende mechanische Zertrümmerung in die Blockbildungen der „periglazialen Fazies“<sup>2)</sup>.

In den Westkarpaten weist die Oberkreide ebenfalls mächtige Sandsteinkomplexe auf, die z. T. an Widerstandsfähigkeit dem ostkarpatischen Jamnasandstein augenscheinlich nicht nachstehen, wie der ungefähr altersgleiche Istebnasandstein<sup>3)</sup>. Gleichwohl fällt es auf, dass der westkarpatische Istebnasandstein keine derartigen Blockbildungen zeigt wie der ostkarpatische Jamnasandstein. Neben mürben Bänken ist der Istebnasandstein auch so hart, dass er stattliche Felsengruppen bildet oder unter einer dünnen Schuttdecke von kleineren Brocken hervorlugt, nie aber zerfällt er in Blockbildungen, die jenen der Ostkarpaten vergleichbar wären.

---

<sup>1)</sup> Incl. eozäne, ebenso widerstandsfähige Sandsteine.

<sup>2)</sup> Łoziński, Ueber die mechanische Verwitterung der Sandsteine im gemässigten Klima. Bull. Acad. d. Sc. de Cracovie. Cl. d. sc. math. et natur. 1909. I.

Łoziński, Die periglaziale Fazies der mechanischen Verwitterung. Comptes rendus du XI. Congr. Géol. Internat. Stockholm 1910. Auch Naturwiss. Wochenschrift. N. F. Bd. 10. 1911.

<sup>3)</sup> Bisher zum grossen Teil als mittelkretazischer Godulasandstein irrtümlich kartiert.

Diesen merkwürdigen Unterschied, wie er mir beim Studium der Verwitterung der Sandsteine in den Ost- und Westkarpaten in die Augen sprang, konnte ich zunächst nur auf etwaige petrographische Unterschiede zurückführen. Dadurch war nur ein „Notausgang“, aber keine Erklärung gegeben, wozu einstweilen ein Anhaltspunkt fehlte.

Erst jetzt können wir einen weiteren Schritt machen und verdanken dieses den Untersuchungen, welche über die Sonnenbestrahlung in der ostkarpatischen Gebirgsgruppe der Czarnohora vom Institut für Geophysik und Meteorologie an der Universität in Lwów unter der Leitung von H. Arctowski bearbeitet wurden<sup>1)</sup>. Daraus erfahren wir, dass die ostkarpatische Czarnohoragruppe in viel höherem Grade vom Sonnenschein begünstigt ist als das westkarpatische Tatrymassiv. Der Unterschied zugunsten der Ostkarpaten wird durch die durchschnittlichen Prozentzahlen 49 für Czarnohora und kaum 38 für Tatry (Zakopane) ausgedrückt. Wenn wir die Ergebnisse der Messungen, die bisher nur von diesen beiden Gebirgsgruppen in unserem Karpatengebiet vorliegen, verallgemeinern und danach die Ost- und Westkarpaten miteinander vergleichen, so können wir voraussetzen, dass die Sonnenbestrahlung als Verwitterungsfaktor in den Ostkarpaten viel stärker zur Geltung kommen muss als in den Westkarpaten.

Soweit es auf die rein mechanische Verwitterung ankommt, ist es von besonderer Bedeutung, dass in der ostkarpatischen Czarnohoragruppe das Maximum der Belichtung in den Monat August und jenes der relativen Sonnenscheindauer erst in den Monat Oktober fällt. Dadurch, dass die maximale Belichtung nach den Herbstmonaten sich verschiebt, wo bereits die Nachtlänge in Betracht kommt und in den höheren Karpatenteilen der Nachtfrost eintritt, werden die Temperaturschwankungen und vor allem die Wirkungen des Spaltenfrostes erheblich verschärft. Für die Westkarpaten dagegen dürfte ein solches nicht zutreffen, soweit wir die Beobachtungen vom Tatrymassiv (Zakopane), aus denen ein Junimaximum der Sonnenbestrahlung sich ergibt, auf das ganze westkarpatische Gebiet ausdehnen dürfen.

Durch die Untersuchungen von Włoddek und Strzemieński über die Bodenazidität im Tatrymassiv wurde nachgewiesen, dass

---

<sup>1)</sup> Stenz, Sur la durée de l'insolation dans les monts de Czarnohora. Kosmos. T. 51, Lwów 1926.

der Wasserstoffexponent in den höheren Gebirgstteilen auffallend klein ist. Die Ursache davon haben die genannten Autoren nicht geklärt und nur einige, auch recht herbeigezwungene Möglichkeiten angedeutet<sup>1)</sup>. Demgegenüber wäre zu betonen, dass die Prozesse der Dissoziation und Ionisation durch den ultravioletten Anteil der Sonnenbestrahlung erheblich gefördert werden. Somit ist es geradezu selbstverständlich, dass der kleine Wasserstoffexponent im Tatrymassiv durch die Ungunst des Sonnenscheins bedingt wird, die in der vorstehend angeführten Prozentzahl für Zakopane zum Ausdruck kommt. Die weitere Beobachtung der genannten Autoren<sup>2)</sup>, dass im Bereiche des kristallinen Grundgebirges die Tatrygewässer im Frühjahr einen höheren Wasserstoffexponenten aufweisen als im Spätsommer, hängt meines Erachtens offenbar mit dem erwähnten Junimaximum der Sonnenbestrahlung und somit auch ihres ultravioletten Anteils zusammen.

Die grosse Bedeutung der Sonnenbestrahlung als Verwitterungsfaktor ist erst kürzlich von Harrassowitz erkannt worden. Aus dem umfangreichen Beobachtungsmaterial, auf welches Harrassowitz seine Schlussfolgerungen stützt, ersieht man, inwieweit durch die Sonnenbestrahlung sonstige klimatische Unterschiede ausgeglichen werden<sup>3)</sup>. In der Anwendung auf geologische Probleme muss man die Sonnenbestrahlung in zwei Faktoren zerlegen, d. h. die Insolation mit ihren rein mechanischen Wirkungen und die ultravioletten Strahlen.

Die weitgehende mechanische Verwitterung des Jamnasandsteins haben wir vorstehend durch die Sonnenscheindauer zu erklären versucht, die sich in diesem Falle so stark auswirkt dank dem besonderen Umstände, dass das Maximum in die Herbstmonate fällt, wo bereits Nachtlänge und Nachtfrost in Betracht kommen. Dadurch werden Temperaturschwankungen verschärft und vor allem der Spaltenfrost begünstigt. Im grossen und ganzen konnte die Verwitterung des Jamnasandsteins als rein mechanisch behandelt werden. Tritt am Jamnasandstein die mecha-

---

<sup>1)</sup> Włodek u. Strzemiński, Untersuchung über die Beziehungen zwischen den Pflanzenassoziationen und der Wasserstoff-Ionen-Konzentration in den Böden des Chochołowska-Tales. Bull. Acad. Polon. d. Sc. et des Lettres. Cl. d. sc. math. et natur. 1924 B. S. 793.

<sup>2)</sup> Dass. S. 789.

<sup>3)</sup> Harrassowitz, Studien über mittel- und südeuropäische Verwitterung. Geol. Rundschau. Bd. 17 a. 1926. S. 205 ff.

nische Verwitterung auch in den Vordergrund, so kann man dennoch einen kleinen Anteil der chemischen Verwitterung nicht ausschliessen. Von petrographischer Seite erfahren wir, dass der quarzitische Jamnasandstein, wie er uns äusserlich entgegentritt, erst durch nachträgliche Umbildung eines primär stark kalkhaltigen Sandsteins mit etwas Feldspat usw. entstand. In primärer Form ist der Sandstein dicht, fast undurchlässig und wird erst durch allmähliche Entkalkung porös<sup>1)</sup>. Unter solchen Umständen muss das atmosphärische Wasser, welches in die Klüfte und Schichtfugen eindringt, nicht allein mechanisch durch Spaltenfrost, sondern in gewissem Umfange auch chemisch an der Gesteinslockerung mitwirken. Sobald wir aber neben rein mechanischer Lockerung des Gesteins auch chemische Prozesse an den Klüften und Schichtfugen zugeben, müssen wir die starke mechanische Verwitterung des Jamnasandsteins in den Ostkarpaten nicht allein auf die relativ intensive Sonnenbestrahlung, sondern auch auf die Mitwirkung der ultravioletten Strahlen zurückführen.

Soweit wir die rein mechanischen Wirkungen der Sonnenbestrahlung auf das Gestein betrachten, so beschränkt sich das Ergebnis nur darauf, dass wir einen längst und gut bekannten Faktor, d. h. die Temperaturänderungen mit verstärkter Wirksamkeit in Rechnung stellen dürfen. Die ultravioletten Strahlen dagegen sind uns ein neuer geologischer Faktor, unsichtbar und der unmittelbaren Beobachtung nicht zugänglich, aber von der grössten Bedeutung für diejenigen geologischen Prozesse, die auf der äussersten Erdhaut sich abspielen, d. h. für die chemische Verwitterung. Die chemischen Prozesse, die bei der Verwitterung hauptsächlich zur Geltung kommen, werden durch die ultraviolette Strahlung und die Schwankungen ihrer Intensität wesentlich beeinflusst und als solche Prozesse sind zu nennen:

- 1) Dissoziation und Ionisation,
- 2) Ozonisierung und Bildung von Wasserstoffperoxyd,
- 3) kolloidchemische Prozesse, namentlich Dispersionsgrad, Ausflockung usw.

Äusserlich springen die mechanischen Resultate der Sonnenbestrahlung derart in die Augen, dass dadurch die unsichtbare Wirksamkeit der ultravioletten Strahlen verschleiert wird. So galten

---

<sup>1)</sup> Smulikowski, Quelques notes sur l'histoire du grès de Jamna. Kosmos. T. 50. Lwów 1925.

die Wüsten ursprünglich als die eigentliche und sozusagen spezifische Werkstätte der mechanischen Verwitterung und erst später ist man auf die weitgehenden chemischen Prozesse in den asiatischen und ägyptischen Wüstengebieten gekommen<sup>1)</sup>. Es erschien aber kaum begreiflich, wie die chemische Verwitterung in Wüsten bei der Spärlichkeit des atmosphärischen Wassers in solchem Umfange erfolgen kann. Dazu wird die Mitwirkung von allerlei möglichen und unmöglichen Faktoren, vor allem der Salze herangezogen<sup>2)</sup>. Demgegenüber möchte ich in erster Linie auf ultraviolette Strahlen hinweisen, die bei der intensiven Sonnenbestrahlung in Wüsten in ebenso grösserem Verhältnis hier zur Geltung kommen und die chemische Wirksamkeit des spärlichen atmosphärischen Wassers erheblich steigern müssen. A priori kann man die Wüsten als Gebiete der intensivsten Wirksamkeit der ultravioletten Strahlen bezeichnen, höchstens mit der Einschränkung, dass durch Staubstürme bzw. den dabei aufgewirbelten und in der Luft suspendierten Staub die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die überaus empfindlichen ultravioletten Strahlen zeitweise beeinträchtigt wird.

Von jedem geologischen Faktor drängt sich vor allem die Frage auf, wie seine Wirksamkeit in der Vorzeit sich verhielt und eventuell welche Aenderungen sie erfahren konnte. Wenn wir zunächst auf die diluviale Eiszeit zurückgreifen, in welcher die ostkarpatischen Blockbildungen als periglaziale Fazies hauptsächlich entstanden<sup>3)</sup>, so haben wir anzunehmen dass eine bedeutende Depression der Höhenzonen in den Gebirgen erfolgte. Mit anderen Worten war das Ergebnis dasselbe, als wenn unsere Gebirge klimatisch relativ in höhere Regionen hinaufgeragt hätten. Bekanntlich nimmt die Sonnenbestrahlung und damit selbstverständlich die Wirksamkeit der ultravioletten Strahlen mit der Höhe zu<sup>4)</sup>. In der Anwendung auf die blockbedeckten Rücken der Ostkarpaten können wir uns denken, dass zur Diluvialzeit die Wirksamkeit der Sonnenbestrahlung und in der Folge die Verwitterung der Sandsteine viel intensiver waren, als in der Gegenwart. Die Aehn-

---

<sup>1)</sup> Futterer, *Durch Asien*. Bd. 2. Teil I. 1905. 177—186, 283—294.  
Blanck u. Passarge, *Die chem. Verwitterung in der ägyptischen Wüste*.  
Abhandl. d. Hamburg. Univ. Bd. 17. 1925.

<sup>2)</sup> Blanck u. Passarge a. a. O. S. 38, 105.

<sup>3)</sup> Łoziński a. a. O.

<sup>4)</sup> Hann, *Handb. d. Klimatologie*. 3. Aufl. Bd. I. 1908. S. 201 ff.

lichkeit der Blockbildungen in den Ostkarpaten usw. mit der sog. Schutzzone in den Gebirgen der heutigen Trockengebiete<sup>1)</sup> beruht darauf, dass sowohl Höhen- wie Wüstenklima vom Sonnenschein am meisten begünstigt werden.

Die Frage, ob und inwieweit im Laufe der Erdgeschichte die Wirksamkeit der ultravioletten Strahlen als geologischer Faktor zeitweisen Aenderungen unterworfen war, können wir nur auf spekulativem Wege erwägen. Dabei kommt es auf Aenderungen 1) der gesamten und damit auch ultravioletten Sonnenstrahlung und 2) der Durchlässigkeit der Atmosphäre für ultraviolette Strahlen an.

1. Es ist selbstverständlich, dass die Sonne einen Entwicklungsgang durchmacht und infolgedessen ihre Strahlungsenergie in allmählicher Abnahme begriffen ist. Ob aber die Entwicklung der Sonne in einfach absteigender Weise vom ehemals weissen zum gegenwärtig gelben Stern erfolgte oder etwa der Reihe: Roter Riesenstern-Gelber Zwergstern entsprach, wie neuerdings Dubois auf Grund moderner astrophysikalischer Hypothesen annimmt<sup>2)</sup>, darauf möchte ich hier nicht eingehen. Der schwache Punkt liegt darin, dass Dubois den Entwicklungsgang der Sonne mit dem Lauf der Erdgeschichte parallelisiert, wozu eine sichere Grundlage nicht gegeben erscheint. Als einigermaßen gesichert könnte ich nur soviel voraussetzen, dass die Sonne, gegenwärtig ein gelber Stern, in der geologischen Vergangenheit mehr oder weniger dem Zustande eines weissen Sternes sich näherte. Aus den Ergebnissen der Spektralforschung wissen wir, dass im Spektrum der gelben Sterne das violette Ende gegenüber demjenigen der weissen Sterne zurücktritt. Daraus können wir schliessen, dass in früheren geologischen Perioden die Erde jedenfalls mehr ultraviolette Strahlen von der Sonne empfing, als in der Gegenwart.

2. Hypothesen, dass die prozentuelle Zusammensetzung der Atmosphäre im Laufe der Erdgeschichte nennenswerten Aenderungen unterworfen war, entbehren einer sachlichen Begründung. Im Gegenteil schliesst die Entwicklung der organischen Welt fühlbare Aenderungen der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft aus und selbst ein *Pteranodon* ist nur das Vorbild eines „organischen Aëroplans“, aber keinesfalls ein Argument zugunsten einer ehemals dichteren Atmosphäre. Ganz anders aber stellt sich das

---

<sup>1)</sup> Łoziński (1909) S. 13.

<sup>2)</sup> Dubois, The Palaeothermal Problem. Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam. Proc. of the Sect. of Sc. XXVIII. 2. 1925. S. 587.

Problem dar, wenn wir temporäre Trübungen der Atmosphäre in Betracht ziehen. Da wissen wir, dass die feinsten Aschen von Vulkanausbrüchen sich allmählich über die ganze Erde ausbreiten und die Atmosphäre bis zu einer grossen Höhe durchdringen. Aus Dämmerungserscheinungen konnte eine derartige Ausbreitung der feinsten Aschen in der ganzen Atmosphäre nach den mittelamerikanischen und westindischen Vulkanausbrüchen i. J. 1902 sowie nach der Eruption des Katmai (Alaska) i. J. 1912 nachgewiesen werden. Nach Arctowski wurde dadurch das Klima im allgemeinen kaum beeinflusst<sup>1)</sup>. Dafür aber hat die Sonnenbestrahlung eine bedeutende Abnahme erfahren<sup>2)</sup>. Ein Rückgang der Sonnenbestrahlung im Gefolge von Vulkanausbrüchen muss vor allem die ultravioletten Strahlen betreffen, welche bekanntlich auf allerlei Trübungen der Atmosphäre durch Dunst, Rauch usw. am empfindlichsten sind. Wenn wir nun auf die geologische Vergangenheit schliessen wollen, so gab es Perioden sehr gesteigerter vulkanischer Tätigkeit und abwechselnd relativer Ruhe. In Bezug auf die Trübung der Atmosphäre durch Aschenausbrüche dürften flächenartige Ergüsse basischen, leichtflüssigen aber gasarmen Magmas, wie die nordamerikanischen „Palisades“ oder das Lavaplateau des Deccan keine grössere Bedeutung haben. Explosionsartige Eruptionen, bei denen ungeheure Aschenmassen in die Atmosphäre gelangen, sind hauptsächlich an Ausbrüche sauren, zähflüssigen aber gasreichen Magmas im Zusammenhang mit der Gebirgsbildung gebunden, wie gegenwärtig z. B. im Sundagebiet. Die jungpalaeozoische und mitteltertiäre Phase der herzynischen bzw. alpino-karpatischen Gebirgsbildung kann man mit aller Wahrscheinlichkeit als Perioden bezeichnen, in denen die Atmosphäre durch suspendierte vulkanische Aschen stark getrübt und infolgedessen die Sonnenbestrahlung sozusagen „denaturiert“ war, d. h. der empfindlichste, ultraviolette Anteil der letzteren eine erhebliche Abschwächung erfuhr.

Während wir über Änderungen der Strahlungsenergie der Sonne in der geologischen Vergangenheit nur auf Spekulationen ange-

---

<sup>1)</sup> Arctowski, Volcanic Dust Veils and Climatic Variations. Annals of the New York Acad. of Sc. Vol. 26. 1915. Durch den Ausbruch des Krakatoa (1883) dagegen wurde auch die Temperatur beeinflusst.

<sup>2)</sup> Gorczyński, Sur les dépressions en 1912 et 1903 dans les valeurs de l'intensité du rayonnement solaire. Comptes rendus de la Soc. d. Sc. de Varsovie. VIII. 1914.

wiesen sind, können wir aus vulkanischen Tuffablagerungen einigermaßen beurteilen, inwieweit die Atmosphäre eine Trübung und im Zusammenhange damit die Intensität der Sonnenbestrahlung eine Abnahme erfahren konnte.

Vorstehend haben wir die Rolle der ultravioletten Strahlen als Verwitterungsfaktor, somit in der anorganischen Entwicklung eher erst anzudeuten als darzustellen versucht. Wenn man aber bedenkt, was die Quarzlampe in der medizinischen Wissenschaft bedeutet, so dürfte den ultravioletten Strahlen eine weit grössere Bedeutung auf dem Gebiete der organischen Entwicklung, insbesondere in palaeophysiologischer Beziehung zukommen. Beispielsweise möchte ich aus der organischen Entwicklung zwei Probleme herausgreifen, welche in der geologischen Vergangenheit am meisten auffallen und zwar 1) die Kohlenbildung und 2) das körperliche Aufblühen und fast plötzliche Aussterben der Dinosaurier in jungmesozoischer Zeit.

1. Während die Kohlenforschung sich immer mehr nach der rein chemischen Seite verschiebt, werden andere Gesichtspunkte vernachlässigt. Insbesondere ist es zu bedauern, dass die Untersuchungen von Renault<sup>1)</sup> über Bakterien in Steinkohlen fast vergessen wurden. Mag man über die wahre Natur der von Renault in Steinkohlen entdeckten Gebilde, wie überhaupt über die Erhaltungsmöglichkeit von Bakterien auch streiten, so müssen wir mit D. White<sup>2)</sup> unbedingt daran festhalten, dass die Zersetzung der organischen Substanz, durch welche die Kohlenbildung eingeleitet wird, a priori ohne Mitwirkung von Mikroorganismen undenkbar ist.

Der Geologe muss mit der Tatsache rechnen, dass die Kohlenbildung einen höchst auffälligen Zusammenhang mit Perioden der intensivsten vulkanischen Tätigkeit aufweist. Die permokarbone und die mitteltertiäre Kohlenbildung fallen mit der intensivsten Vulkantätigkeit auf der Innenseite der sich bildenden Gebirgsbögen zusammen, wobei grosse Massen von feinsten Aschen in die Atmosphäre gelangten. Es liegt der Gedanke nahe, dass infolge dieser Ausbruchstätigkeit, die über einen längeren Zeitraum sich erstreckte, die Atmosphäre eine kontinuierliche Trübung durch die

---

<sup>1)</sup> Congrès Géol. Internat. Compte-rendu de la VIII Session. Paris 1900.

<sup>2)</sup> Potonié R., Einführung in die allgem. Kohlenpetrographie. Berlin 1924. S. 228—229.



feinsten Aschen erfuhr und ihre Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen erheblich zurückgieng. Damit müsste selbstverständlich die Intensität und die bakterizide Wirksamkeit der ultravioletten Strahlen stark eingeschränkt werden. So könnte man annehmen, dass in der permokarbonen und mitteltertiären Zeit der Kohlenbildung und Vulkanausbrüche die Bakterien dank der Abnahme der ultravioletten Strahlung überaus günstige Existenzbedingungen fanden und an der Vorbereitung der absterbenden Pflanzensubstanz für Kohlenbildung wesentlich mitwirkten. Unter Bezugnahme auf die erwähnten Ergebnisse von Arctowski ist aber mit Nachdruck zu betonen, dass eine Trübung der Atmosphäre und damit zusammenhängende Abnahme der ultravioletten Strahlung noch nicht zum Schlusse berechtigt, es hätte gleichzeitig auch eine Temperaturerniedrigung stattfinden müssen. Im Gegenteil kann während der Kohlenbildung ein warmes, aber nur an ultravioletten Strahlen armes Klima geherrscht haben und so wäre die massenhafte Produktion und zugleich das massenhafte Absterben der vegetabilischen Substanz vielleicht kein Rätsel mehr.

2. Alle Anzeichen sprechen dafür, dass im Abschnitt der Erdgeschichte vom Jura bis einschl. der Mittelkreide, d. h. zwischen einer wahrscheinlichen Abkühlung an der Rhät-Liasgrenze und in der Oberkreide, ein relativ sehr günstiges Klima herrschte. Zugleich und vielleicht im Zusammenhange damit erreichte die Tierwelt ihren rekordartigen Höhepunkt der rein körperlichen Entwicklung in riesenhaften Dinosauriern von einem Körpergewicht bis 40 Tonnen. Vor allem fällt es auf, dass kaltblütige Tiere zu den grössten Riesen herauswuchsen und dass dieser sonst in der Erdgeschichte beispiellose Aufschwung der Körpergrösse einseitig, gewissermassen rein physikalisch war<sup>1)</sup>, wie aus dem Miverhältnis des erstaunlich kleinen Gehirns einleuchtet. Man muss in der damaligen Umwelt gewisse Reize voraussetzen, die das übermässige Körperwachstum derart förderten, dass die Entwicklung des Gehirns weit zurückblieb. Wenn wir aber nach dieser Umwelt fragen, in welcher die Dinosaurier zu Riesen sich entwickelten, so ist auch der Umstand zu beachten, dass in diesem Abschnitt der Erdgeschichte die Vulkantätigkeit vielleicht bis

---

<sup>1)</sup> In der trefflichen Charakteristik von W. D. Matthew wird *Brontosaurus* als „a vast storehouse of organized matter“ bezeichnet. Matthew W. D., *Dinosaurs*. Amer. Mus. of Nat. Hist. Handbook Series Nr. 5. New York 1915. S. 70.

auf ein Minimum zurückging. Fällt auch das Alter des deccanischen und eventuell anderer Lavaplateaus z. T. in das jüngere Mesozoikum, so waren es Ergüsse eines basaltischen Magmas, von denen ein explosiver Charakter und damit verbundene Aschenausbrüche nicht anzunehmen sind, wodurch die Durchlässigkeit der Atmosphäre für ultraviolette Strahlen beeinträchtigt wäre. Somit können wir vom Klima der Jura-Kreidezeit (bis zur oberkretazischen Abkühlung), welches mit allgemeinen Worten als relativ günstig bezeichnet wird, insbesondere den Umstand betonen, dass die Sonnenbestrahlung und dabei auch ihr ultravioletter Anteil damals sehr intensiv waren oder sogar ein Maximum erreichten.

Im Allgemeinen muss die Intensität der ultravioletten Strahlung von grosser oder sogar entscheidender Bedeutung für die Entwicklung der landbewohnenden Tierwelt sein. Zunächst kommt die bakterizide Wirkung der ultravioletten Strahlen in Betracht, die somit den besten Schutz vor Mikroorganismen gewähren. Andererseits kann die Vermehrungsfähigkeit durch ultraviolette Strahlen beeinflusst werden<sup>1)</sup>. In unserem Falle der kaltblütigen Dinosaurier ist auch zu berücksichtigen, wie stark die ultravioletten Strahlen auf die Haut bis zum sog. Sonnenbrand einwirken. Es ist bemerkenswert, dass gerade die allergrössten Sauropoden, wie *Brontosaurus*, *Diplodocus*, *Brachiosaurus* u. a. mit aller Wahrscheinlichkeit amphibiotisch waren und hauptsächlich im Seichtwasser lebten, als wenn sie nach Schutz gegen übermässige Bestrahlung der Haut gesucht hätten. Allerdings aber sprechen gewisse Erfahrungen dafür, dass eine kalte Haut auf ultraviolette Strahlen weniger empfindlich ist, als eine warme Haut<sup>2)</sup>. Wenn wir für die jungmesozoische Zeit eine relativ intensive Wirksamkeit der Sonnenbestrahlung bzw. der ultravioletten Strahlen annehmen, so könnten wir vielleicht erklären, warum in diesem Abschnitt der Erdgeschichte kaltblütige Dinosaurier plötzlich zu Riesen emporstreben, wogegen warmblütige Säuger nur auf kleinwüchsige und überhaupt spärliche Vertreter beschränkt bleiben, als wenn die Entwicklung der letzteren durch irgendeinen äusseren Einfluss gehemmt wäre.

Wie heute musste auch damals die Sonnenbestrahlung, die wir als relativ stark voraussetzen, lokalen Unterschieden der Intensität unterliegen. Nach Analogie mit der Gegenwart kommt der Gegensatz eines kontinentalen Klimas mit starkem Sonnenschein

---

<sup>1)</sup> Hill, The Biological Action of Light. Nature. Vol. 115. 1925. S. 645.

<sup>2)</sup> Dass. S. 643.

und eines ozeanischen, nebel- und wolkenreichen Klimas in Betracht. Es ist bemerkenswert, dass die Dinosaurier sich zu Riesen, wie *Brontosaurus*, *Brachiosaurus*, *Gigantosaurus*, *Diplodocus* usw., in der Umrandung von alten, kontinentalen Massen (Nordamerika, Südafrika) entwickelten, somit unter dem Einfluss mehr kontinentalen Klimas mit entsprechend intensiver Sonnenbestrahlung. Die europäischen Dinosaurier dagegen sind relativ kleinwüchsig geblieben. Nopcsa hat es durch insulare Isolation zu begründen versucht<sup>1)</sup>. Meines Erachtens aber könnte man es mit grösserer Wahrscheinlichkeit auf ein ozeanisches Klima mit starker Trübung durch Nebel und Wolken zurückführen.

Die prinzipielle Bedingung des Riesenwuchses ist ein entsprechender Skelettbau. In dieser Beziehung erreicht der Skelettbau der jungmesozoischen Dinosaurier den höchsten Grad von Vollkommenheit und Zweckmässigkeit. Das Skelett eines *Brontosaurus* kann mit der technisch vollkommensten Brückenkonstruktion verglichen werden<sup>2)</sup>. Nun wissen wir, wie die Entwicklung der Knochensubstanz durch Licht bzw. ultraviolette Strahlen geregelt wird. Aus den Erfahrungen der Medizin über Rachitis, ihren Zusammenhang mit dem Mangel an Sonnenlicht und die Behandlung mit der Quarzlampe ersehen wir, dass das normale Knochenwachstum und somit die Entwicklung eines starken Skeletts nur bei entsprechender Intensität der ultravioletten Strahlen möglich ist. Ein Skelettbau, welcher den Riesenkörper eines *Brontosaurus*, *Brachiosaurus* usw. tragen oder einem aufgerichteten *Tyrannosaurus* als Stützorgan dienen sollte, setzt günstige Bedingungen des Knochenwachstums voraus, vor allem einen weitgehenden Einfluss der ultravioletten Strahlen. Dabei können wir auch einen indirekten Einfluss der ultravioletten Strahlen annehmen, welcher durch pflanzliche Nahrung vermittelt wird, insofern aus Erfahrungen an Rachitis bekannt ist, dass gewisse Pflanzenöle nur dann als antirachitisches Mittel sich erwiesen, wenn sie vorher der Einwirkung von ultravioletten Strahlen ausgesetzt waren<sup>3)</sup>. Während

---

<sup>1)</sup> Nopcsa, Die Dinosaurier der Siebenbürg. Landesteile. Mitt. a. d. Jahrb. d. Ung. Geol. Reichsanst. Bd. 23. H. 1. Budapest 1915. S. 19.

<sup>2)</sup> Schuchert, Historical Geology. (A Text-Book of Geology II). 2. Ed. New York 1924. S. 484.

<sup>3)</sup> Hess, The Newer Knowledge of the Physiological Action of Ultra-Violet Rays. Proc. of the Amer. Philosoph. Soc. Vol. 65. Philadelphia 1926. S. 204—206. — Hill a. a. O. S. 644.

die Entwicklung der Sauropoden nach einer Riesengrösse des Körpers gerichtet war, kommt bei den „bewaffneten“ Orthopoden eine übermässige Produktion der Knochensubstanz in Platten (*Stegosaurus*, *Nodosaurus*) oder Stacheln (*Polacanthus*) zum Ausdruck und erreicht ihren Höhepunkt im vollständig gepanzerten *Ankylosaurus*<sup>1)</sup>. Das übermässige Knochewachstum tritt auch bei anderen Gruppen der Orthopoden im Schädelbau hervor (*Ceratopsia*, *Corythosaurus*), als wenn wir mit einer mehr allgemeinen, Erscheinung zu tun hätten, die nicht von phylogenetischen Beziehungen, sondern eher von den äusseren Existenzbedingungen abhängig gewesen wäre. Wollte man aber auf letztere eingehen so dürfte vielleicht an erster Stelle der Umstand betont werden, dass wir für die jungmesozoische Zeit eine starke Wirksamkeit der Sonnenbestrahlung und ihres ultravioletten Anteils voraussetzen können, wodurch eine derartige Produktion der Knochensubstanz angeregt oder wenigstens begünstigt wäre. In der obersten Kreide sind bereits an Dinosaurierknochen krankhafte Veränderungen beobachtet worden<sup>2)</sup>, die im Sinne vorstehender Ausführungen auf eine Intensitätsabnahme der Sonnenbestrahlung hinweisen dürften.

Wenn vom geradezu plötzlichen Aussterben der Dinosaurier gegen Ende der Kreidezeit die Rede ist, kommt man auf die physikogeographischen Wandlungen<sup>3)</sup> und darunter auch auf die Klimaabkühlung während der obersten Kreide zurück. Es ist aber fraglich, ob eine Klimaabkühlung ein so jähes Aussterben eines bis dahin die Landgebiete beherrschenden Tierstammes herbeiführen könnte. Eine Abkühlung des Klimas muss selbstverständlich allmählich und langsam erfolgen, vor allem die höheren geographischen Breiten betreffen und gegen den Aequator zu immer mehr sich abschwächen. Dadurch wird den landbewohnenden Tieren die Möglichkeit eröffnet, durch Wanderungen nach den niedrigeren geographischen Breiten bis zu einem gewissen Grade der Klimaabkühlung auszuweichen. Von den sauropoden Dinosauriern könnte man noch annehmen, dass sie durch Riesenwuchs an Beweglichkeit und Wanderungsfähigkeit verloren hätten. Die grössten Sauropoden, wie *Brontosaurus*, *Camarasaurus*, *Barosaurus* usw. gehen

---

<sup>1)</sup> In der amerikanischen Literatur „the most ponderous animated citadel“ genannt. Matthew W. D. a. a. O. S. 105.

<sup>2)</sup> Nopcsa a. a. O. S. 19—20.

<sup>3)</sup> Nopcsa a. a. O. S. 20 ff. — Schuchert a. a. O. S. 497.

über die Unterkreide nicht hinauf, als wenn ihr Riesenkörper ni-  
thermischer Beziehung so empfindlich wäre, dass sie als erste die  
leisesten Anzeichen der herannahenden oberkretazischen Klima-  
verschlechterung herausföhlten. Im Allgemeinen aber setzt das in  
geologischem Sinne plötzliche Aussterben eines so verzweigten  
und vielseitig spezialisierten Tierstammes, wie die jungmesozoischen  
Dinosaurier, einen äusseren Faktor voraus, welcher die ganze Erde  
ungefähr gleichzeitig und recht unvermittelt betroffen hätte. Als  
einen solchen Faktor könnte man eine Intensitätsabnahme der  
Sonnenbestrahlung in Betracht ziehen, da wir aus diesbezüglichen  
Beobachtungen wissen, wie schnell die feinsten vulkanischen Aschen  
sich in der ganzen Atmosphäre ausbreiten und sofort die Inten-  
sität der Sonnenbestrahlung bedeutend herabdrücken. An der Kreide-  
Eozängrenze beginnt die allmählich zunehmende vulkanische Tä-  
tigkeit von explosivem Charakter, wie wir aus Tuffablagerungen  
des Eozän beurteilen können. Infolgedessen musste die Atmosphäre  
eine Trübung durch vulkanische Aschen und zugleich die Inten-  
sität der Sonnenbestrahlung bzw. ihres ultravioletten Anteils eine  
erhebliche Abnahme erfahren, womit wir jedenfalls zu rechnen  
haben, wenn wir über das schnelle Aussterben der kaltblütigen  
Dinosaurier und das ebenso schnelle Aufkommen der warmblü-  
tigen, bis dahin in der Entwicklung zurückgehaltenen Säugetiere<sup>1)</sup>  
zu Ende der Kreidezeit nachdenken.

---

<sup>1)</sup> Man beachte das Zusammenvorkommen der massenhaften Reste von  
Säugetieren mit Dinosauriern in der obersten Kreide von Wyoming. Lull,  
The Mammals and Horned Dinosaurs of the Lance Formation. Amer. Journ.  
of Science. Vol. 190. 1915.

---