

Das Vorhandensein einer Kontaktmetamorphose am Moltkefels, die auch Herr LEPSIUS bekannt war, sucht er als einen besonders begünstigten Fall, durch Einbruch einer Schieferscholle in den Granit zu erklären. Nach neueren Untersuchungen stößt hier aber nur eine Schiefereinslagerung zwischen zwei konkordanten Gneisen diskordant gegen den Granit, und hat genau wie in dem ganz gleichliegenden Falle am sog. Wochenbett am Fuß des Forstkammes eine Kontaktmetamorphose angenommen. In den Nordsudeten finden wir also viele der LEPSIUSschen Annahmen nicht bestätigt.

Die Red Beds.

Ein Beitrag zur Geschichte der bunten Sandsteine.

Von **Karl L. Henning** (Denver Colo.).

(Mit 1 Textfigur.)

Im Hinblick auf das Referat von A. TORNQUIST über die Binnenmeerfacies der Trias (S. 111 ff. d. 3. Bd. der »Rundschau«) und die damit in engem Zusammenhang stehende Frage der Entstehung des Buntsandsteins möchte die nachfolgende Abhandlung als Ergänzung dienen.

Das klassische Land der Buntsandsteine oder der Red Beds (seltener Red Rocks), wie diese Gebilde in den Vereinigten Staaten von Nordamerika treffend bezeichnet werden, ist fast ausschließlich der westliche Teil des Kontinents, vom 104. Meridian bis zur pazifischen Küste.

Von den Zeiten HAYDENS und KINGS bis zur Gegenwart bilden die Red Beds ein Objekt eingehender Untersuchungen der amerikanischen Geologen, und die über diese Gebilde bereits vorliegende Literatur ist derart umfangreich, daß sie, wenn vollständig aufgezählt, einen Druckbogen füllen würde. Ich habe aus diesem Grunde von einer ausführlichen Literaturangabe Abstand genommen und im Text der Abhandlung nur die wichtigste Literatur erwähnt, die ihrerseits weitere Detailangaben in reichster Fülle enthält, so daß diejenigen, die tiefer in die Materie einzudringen wünschen, genügend Material an der Hand haben, um diese geologisch wichtige Bildung in allen Einzelheiten näher kennen zu lernen.

Während der letzten vier Jahre habe ich jeden Sommer mehrere Wochen dazu verwandt, um die Red Beds westlich von Denver zu studieren, da sie gerade hier infolge ihrer mächtigen Entwicklung und ihrer guten Aufschlüsse ein vorzügliches Objekt für das geologische Studium bieten, und weil außerdem ihr Kontakt mit älteren Gesteinen Schlüsse auf ihre Lagerungsverhältnisse und Entstehung gestatten. Ich verband mit diesen Ausflügen noch den besonderen Zweck, die Frage an Ort und Stelle zu lösen, ob diese Gebilde als »Wüstenbildungen« zu erklären sind oder nicht, da mir hauptsächlich das Studium der Arbeiten JOH. WALTHERS eine besondere Anregung gegeben hatte. Auf Grund meiner eigenen Untersuchungen, wie auch auf Grund der vorhandenen Literatur bin ich indessen nicht in der Lage, mich auf die Seite des Hallenser Forschers zu stellen, bzw. die Red Beds als eine typische Wüstenbildung zu erklären. Auch hat bis zum heutigen Tage kein amerikanischer Forscher die Red Beds und die vergesellschaftet mit ihnen auftretenden Gesteine als eine solche bezeichnet; sie stimmen vielmehr alle im wesentlichen darin überein, daß sie ihrer Entstehung nach Sedimentärablagerungen einer Flachsee sind.

Bevor ich des Näheren auf eine Beschreibung der Red Beds und der mit ihnen in Zusammenhang stehenden Probleme eingehe, seien einige einleitende Bemerkungen vorausgeschickt.

Geographische Provinzen der Red Beds.

Die Red Beds treten auf an den Flanken der Black Hills in South Dakota, an den Bighorn Mountains in Wyoming und begleiten in einer Längenausdehnung von mehreren hundert Meilen die Kette der Foothills des Cordilleren Systems, ferner in den bekannten Gebilden des Garden of the Gods bei Manitou, des Perry Parks und des Roxborough Parks (nahe Platte Cañon), dann zwischen Platte Cañon und Morrison, sowie im Park of the Red Rocks bei Morrison und an vielen anderen, nördlich von den genannten Stellen liegenden Territorien bis nach Wyoming hinein, wunderbare landschaftliche Szenerien schaffend, die alljährlich Tausende von Touristen und Naturfreunden in diese »Naturparke« locken. In New Mexico sind die Red Beds nicht minder großartig entwickelt; hier sind sie fast überall im Staate anzutreffen. Auf der Westseite der Rocky Mountains sind sie im Gebiet der San Juan Mountains und weiter nördlich an den Ufern des Grand- und des Green River in einer Mächtigkeit von vielen hundert Fuß aufgeschlossen. Sie verschwinden unter jüngeren Schichten mit dem Beginn der Colorado- und Utah-desert, um westlich von den Wasatch Mountains, in Montana, Idaho und British Nordamerika wieder aufzutreten und in Alaska ihre nördlichste Grenze zu erreichen. In der Humboldt Range und im Großen Becken, sowie in der Plateau Region von British Columbia kommen sie in mächtigen Schichten vor und sind auch in der Sierra Nevada und in der Küsten-Cordillere nachgewiesen.

Bemerkenswert ist bei diesem großen Verbreitungsgebiet der im allgemeinen uniforme Charakter der Red Beds sowohl in bezug auf ihre geologische Stellung, als auch im Hinblick auf ihre lithologische Zusammensetzung und — soweit sie wenigstens fossilienführend sind — auch auf ihren paläontologischen Inhalt.

Erforschungsgeschichte der Red Beds.

Die auf wissenschaftlicher Grundlage geführte Erforschung des westlichen Nordamerikas beginnt mit den von FERD. V. HAYDEN geleiteten Expeditionen, die vom Jahre 1868, mit Unterbrechungen, bis 1872 dauerten. Die Ergebnisse derselben sind in 12 »Reports«, 13 »Monographs« und verschiedenen Bulletins der »Geological and geographical survey of the Territories« niedergelegt. Im unmittelbaren Anschluß an HAYDENS Forschungsreisen folgte dann die »Exploration of the 40th Parallel« unter CLARENCE KING, S. F. EMMONS und ARNOLD HAGUE, deren wichtigste Ergebnisse in einem umfangreichen Sammelwerk (Bd. I. Systematic geology, 1878; Bd. II. Descriptive geology, 1877; Bd. III. Mining industrie 1870 und Bd. VI. Microscopic petrography von FERD. ZIRKEL) niedergelegt sind. An wissenschaftlichem Wert steht die Expedition des 40. Parallel weit über jener von HAYDEN; sie hat die später folgenden Forschungen in hohem Maße beeinflußt. Auch die deutsche Literatur wurde durch KINGS Arbeiten in vieler Beziehung gefördert, und die bekannte »Erdgeschichte« von NEUMAYR steht, insoweit wenigstens die darin behandelte Geologie Nordamerikas in Frage kommt, noch fast ganz auf den Schultern KINGS und seiner Mitarbeiter.

Von 1871—1874 arbeitete dann die zuerst nur topographische, später aber auch geologische Zwecke verfolgende Expedition unter Leutnant G. M. WHEELER, westlich vom 100. Meridian, bei der sich die Geologen G. K. GILBERT, A. R. MARVINE, J. J. STEVENSON, J. C. RUSSELL u. a. beteiligten. Insoweit Geologie und Paläontologie in Betracht kommen, sind von den Veröffentlichungen der Expedi-

tion: Bd. III. Geology, 1875, mit Supplement 1881, und Bd. IV. Palaeontology, 1877, besonders zu erwähnen.

Wie es in der Natur der Sache liegt, haben die drei genannten Expeditionen auch die sich ihnen von selbst aufdrängenden Red Beds (der Name wurde zuerst von F. MEEK 1858 gebraucht!) in den Kreis ihrer Forschungsgebiete eingeschlossen, wiewohl die einzelnen Forscher hinsichtlich der Zuteilung der einzelnen Glieder der Red Beds in die geologische Formationsreihe keineswegs miteinander übereinstimmen. HAYDEN, der im Jahre 1869 die Geologie der Foothill-Kette von Cheyenne, Wyo. bis nach New Mexico studierte, kam dabei zu dem Ergebnis, daß paläozoische Schichten längs der Front Range fehlen. Die Red Beds teilte er der Trias zu mit dem Vorbehalt, daß sie zum Teil jurassischen Alters seien. Allerdings ist er in seinen Ansichten nicht überall konsequent; vielmehr hatte er schon ein Jahr früher (1868) die Vermutung ausgesprochen, daß sie in ihrem unteren Teil dem Carbon angehören, eine Ansicht, die, wie weiter unten ausgeführt werden wird, heute zur Tatsache erhoben ist. Die über den eigentlichen Red Beds lagernden grauen, gelben und schmutzfarbigen Sandsteine setzte er in den Jura.

An einer anderen Stelle sagt er: »Ich kenne keine andere Gegend im Westen, wo eine solche große Verschiedenheit in geologischer Beziehung herrscht, als wie im Umkreise von 10 Quadratmeilen um Colorado City (zwischen Colorado Springs und Manitou! — Hg.). Fast alle Einzelheiten der Geologie der Rocky Mountains zeigen sich in einziger Art an dieser Stelle. Das gleiche läßt sich, wenn auch in geringerem Grade, vom Tal des Arkansas sagen, wo dieser in der Nähe von Cañon City aus dem Gebirge (der Royal Gorge! — Hg.) heraustritt. Ich bin geneigt anzunehmen, daß nur an diesen Stellen ältere als wie triassische Gesteine oder wie die Red Beds längs der östl. Flanke des Gebirges südl. von Cheyenne auftreten. Ich habe vergebens nach einem einzigen Beispiel des Anstehens gut bestimmter, paläozoischer Schichten vom Big Thompson River bis nach Colorado City, eine Entfernung von über 100 Meilen, gesucht und bin jetzt überzeugt, daß die paläozoischen Schichten im N. oft auf weite Strecken unter anderen verborgen sind, obgleich ich sie gewöhnlich auf der geologischen Karte in Form kontinuierlicher Bänder längs des Gebirges dargestellt habe. Daß sie im östl. Colorado und New Mexico in kontinuierlicher Ausdehnung vorkommen, unterliegt keinem Zweifel, aber nur an diesen besonders begünstigten Stellen erscheinen sie unter den triassischen Red Beds. Sie stehen indessen häufiger im N. an und sind wohl auch dort stärker entwickelt¹⁾.« Wenige Seiten später erwähnt²⁾ aber HAYDEN jurassische Red Beds und paläozoische Sandsteine in Boulder Valley bei Denver. HAYDEN erkennt ihre große Verbreitung an und bezeichnet sie als »eine der weitest verbreiteten des Westens«, sowie daß sie einen steten Begleiter der Rocky Mountains bilden. Während er aber früher der Ansicht war, daß die Auffaltung der Front Range ein plötzliches und verhältnismäßig modernes Ereignis darstellte, äußerte er sich später in dieser Beziehung wie folgt: »Aus der Textur der Red Beds und aus ihrer Position zu den sie unterteufenden granitischen Gesteinen gewinnen wir den Beweis, daß die Front Range während der Trias eine ungeheure Strandlinie darstellte, und daß die Sedimente der Red Beds auf der Basis gegen die Seiten der Granitkette hin abgelagert wurden.« Eine speziellere Klassifikation der Red Beds in mehrere Serien hat HAYDEN nicht unternommen.

KING dagegen unterscheidet drei Serien der Red Beds in Wyoming und im nördlichen Colorado. Die untere Serie besteht auf der Ostseite der Front Range aus roten Kalksteinen und rötlichen Sandsteinen bei einer Mächtigkeit von ungefähr 50 m. Sie ist fossilienfrei und wird, nach ihm, in das Paläozoicum hinsichtlich der Zeit ihrer Bildung verlegt und zu dem »Primordial« der Black Hills in

1) U. S. Geol. Surv. Territ. 3. Ann. Rep. S. 120.

2) loc. cit. S. 133.

Korrelation gesetzt. Über dieser Serie lagert eine hauptsächlich aus blauen, grauen und roten Kalksteinen bestehende Schicht in einer Mächtigkeit von ungefähr 250 m. Die Kalksteine sind kieselig und sandig, und enthalten Zwischenlagerungen von Schichten aus Sandstein und Konglomerat. Infolge der in der Serie enthaltenen Fossilien teilt sie KING dem Pennsylvanian zu. Über dieser Serie lagern die triasischen Red Beds. »Als Ganzes betrachtet¹⁾,« sagt KING, »und mit Ausnahme der gips- und kalksteinführenden Schichten, die innerhalb unseres Beobachtungsgebiets nicht über 15 m Mächtigkeit besitzen, besteht die Schicht hauptsächlich aus Sandsteinen, sandigen Tonen und Schiefen, deren hervorstechendste Farbe backsteinrot für die untere Hälfte der Serie und helleres und gelbliches Rot für die obere Hälfte ist. Während diese Farbenverteilung im allgemeinen gilt, variiert sie oft zwischen backsteinrot und hochroten Lagen nahe den oberen und helleren Farbentönen in der Region der dunkelroten unteren Lagen.« Die Mächtigkeit der Serien gibt KING zu 100—280 m an. Als ein weiteres Charakteristikum der Red Beds hebt KING die scharf ausgeprägte Kreuzschichtung und Wellenfurchenschichtung (flow- and plunge structure) in den oberen Lagen hervor, sie ist dagegen nicht bemerkbar, wo die Red Beds in unmittelbarem Kontakt mit archaischem Gestein sind. Zonen konglomeratischer Schichten sind im allgemeinen auf die unteren Glieder der Serie oder auf jene beschränkt, die nahe dem archaischen Kontakt liegen. Die Geschiebe sind selten von bedeutenderer Größe und fast stets kieselig. KING gibt keine nähere Klassifikation der Red Beds in bezug auf ihren petrographischen Charakter, ebensowenig wie STEVENSON²⁾ (WHEELERS Survey des 100. Meridians), der ihnen nur eine vorübergehende Betrachtung widmet. Wichtig ist aber des letzteren Nachweis, daß das System der Rocky Mountains vier, zeitlich voneinander getrennten Epochen seine heutige Gestalt verdankt; die erste Auffaltung fand am Schlusse des Carbons, die zweite am Schlusse der Trias, die dritte am Schlusse der Kreide und die vierte während des Tertiärs statt. Die erste und dritte Auffaltungsperiode waren hinsichtlich ihrer Wirkungen die bedeutendsten.

Von 1875 bis zu Anfang der neunziger Jahre liegt aus der amerikanisch-geologischen Literatur nichts vor, was über die Red Beds weiteres Licht verbreiten könnte. Erst mit dem Erscheinen des Pike's Peak Folio des Geologic Atlas der U. S. Geological Survey, bearbeitet von WHITMAN CROSS, und mit der 1896 erschienenen, von SAM. F. EMMONS, W. CROSS und G. W. ELDRIDGE bearbeiteten großen Monographie über das Denver-Becken (Monogr. 27 d. Sry.) nimmt die Forschung über die Red Beds wieder ihren Fortgang, indem sie dieselben zugleich in bezug auf ihre geologische Stellung präzisiert und ihre petrographische Beschaffenheit genauer als früher in den Kreis der Betrachtung zieht.

Im Pike's Peak Folio bezeichnet CROSS den grobkörnigen Sandstein der Red Beds als »Fountainformation« (benannt nach Fountain Creek bei Manitou) und reiht ihn in das obere Carbon ein. Der Fountain lagert hier diskordant auf silurischen Schichten, sowohl in »Red ridge« (der Gesamtname für die im Garden of the Gods aufgeschlossenen Red Beds) als auch am oberen Ende des Parks; längs des südl. Endes der Coloradokette ist der Fountain in Kontakt mit dem zum Silur gehörenden Harding-Sandstein. Diese letztere Serie besteht aus feinkörnigem, saccharoidalem Sandstein mit wechsellagernden Bändern von hellgrauer oder hellroter Farbe und ebensolchen Bändern von Schiefertönen. Er hat eine Mächtigkeit von 35 m. Der untere Teil der Serie ist oft kalkhaltig und geht stellenweise in feinkörnigen Dolomit über; er enthält zahlreiche Fischreste und beweist mit den in ihr vorkommenden Resten von Intervertebraten einen engen Zusammenhang mit der unteren Trentonformation von New York. Nach CROSS sind die Fische des Harding-Sandsteins die ältest bekannten und gehören

1) 40th Parallel. Bd. I. Systematic geology. S. 251.

2) Wheeler Survey. Bd. III. Geology. S. 501.

zu Typen, die unterhalb des Devons anderswo nicht gefunden werden. Leider gibt CROSS keine nähere Beschreibung der Fossilreste, die indessen in der mir nicht zugänglichen Abhandlung von CHAS. D. WALCOTT: »Preliminary notes on the discovery of a vertebrate fauna in Silurian Strata (Bulletin Geological Society of America, vol. 3, S. 153—172, 1892) enthalten ist. Der Harding Sandstein tritt auch, als älteste Sedimentärschicht, in 10 m Mächtigkeit in zwei schmalen Lagern westlich von Beulah (südwestlich von Pueblo, Colo.) auf, wo er auf archaischen Schiefen liegt, sowie in den Cañonwänden des nördl. Zweigs des St. Charles River, ist aber, wie GILBERT im Pueblo - Folio ausführt, dort fossilienfrei.

In der Monographie über das Denver-Becken führt G. H. ELDRIDGE (loc. cit. S. 51ff.) den Namen »Wyomingformation« für die Red Beds in die Wissenschaft ein und unterscheidet zwischen einer »Lower« und »Upper Wyoming« Serie. Zu der ersteren zählt er den Fountain-Sandstein (nach dem Vorgang von CROSS), sowie den »creamy sandstone«, eine Serie weißen bis rahmgelben, fast ausschließlich aus feinen Quarzkörnern bestehenden Sandsteins, der am »Gateway« des Garden of the Gods und in Morrison ein überaus charakteristisches Gebilde der Landschaftsszenerie darstellt. In die »Upper Wyoming«-Serie reiht er die über dem Fountain- und »creamy« Sandstein lagernden Red Beds ein, die (im Denver Becken) aus einer etwa 65 m mächtigen Schicht roter Sandsteine und Schiefer, mit zwischengelagerten, dünnen Kalksteinbändern bestehen, auf denen 100—150 m mächtige Schiefertone aufliegen, die in ihrem oberen Teil von einer Schicht blaßroter und brauner Sandsteine und gipshaltiger Kalksteine gekrönt werden.

Diese Schicht geht in konkordanter Lagerung in die Morrisonformation über, eine Serie grünlicher, schmutzigfarbiger oder grauer Kalksteine von wechselnder Mächtigkeit (bei Morrison — daher der Name der Schicht — erreicht die Serie eine Stärke von 30—80 Meter), zwischen der kalkhaltige Sandsteine wechsellagern¹⁾. Die Morrison ist fossilienreich und hat wegen den in ihr gefundenen Resten zahlreicher Saurier, u. a. Atlantosaurus, Stegosaurus, Ceratops usw. den Namen »Atlantosaurus beds« erhalten²⁾. Früher dem Jura zugeteilt, wird die dem Wealden entsprechende Morrisonformation heute von den amerikanischen Geologen fast übereinstimmend zur Unteren Kreide gerechnet. Auf ihr liegt der schon längst in die Untere Kreide gesetzte Dakota-Sandstein.

Eine noch genauere Klassifikation der Red Beds gibt FENNEMAN in : »Geology of the Boulder Distrikt« (Bull. 265 d. Svy.). Unter Beibehaltung des Namens »Fountainformation« für die untersten Red Beds gibt er dem »Creamy sandstone« den Namen »Lyons sandstone« (nach seinem Vorkommen bei Lyons) und der unter der Morrison lagernden Schicht der Red Beds den Namen »Lykins sandstone« (nach seinem besonders charakteristischen Auftreten in Lykins Gulch, nördlich von Boulder). Wir hätten also die folgende Klassifikation der ganzen Schichtenserie:

¹⁾ Die Darstellung EM. KAYSERS in der 4. Aufl. seiner »Formationskunde«, daß die Morrisonformation (S. 501) eine »bis über 100 m mächtig werdende rote kontinentale Sandsteinschicht« sei, ist irrig. Vgl. meinen Aufsatz: »Morrison und die Morrisonformation«. »Globus«. Bd. 96 Nr. 22.

²⁾ Vgl. den Abschnitt »Palaeontology« in der Monographie über das Denver-Becken von KNOWLTON und MARSH, S. 466ff.

Periode	Name der Serie	Charakter und lithologischer Bestand
Untere Kreide	Dakota-formation	Harter, weißer, quarzitischer, eisenschüssiger Sandstein. Kreuzschichtung und Ripplemarken. Bildet die »Hogbacks« der Foothill-Region und sog. Teufelsmauern. Fossilienführend. 80—125 m mächtig.
	Morrison-formation	Blaugraue, graue, schmutzigfarbige Schiefertone und Mergel, mit zwischengelagerten Schichten von Kalkstein und roten oder weißen Sandsteinen. Fossilienführend (Atlantosaurus beds). 65—80 m mächtig.
	Lykins-formation	Weiche, leicht verwitterbare backsteinrote Sandsteine und Schiefertone, mit gelegentlichem Vorkommen von Gips und geringen Mengen Kalksteins. Ist stellenweise bräunlich. Als charakteristisch für den Lykins ist das Auftreten eines nirgends über 12 m mächtigen Lagers des harten »crinkled« Sandsteins von hellroter oder Purpurfarbe mit blättrigem Habitus. Fossilienfrei. Wechselnde Mächtigkeit, bis 250 m im Maximum.
Trias	Lyons-formation	Quarzitischer Sandstein, zu Bauzwecken gut geeignet. Eisenschüssig und gipshaltig; meist weiß, an einigen Stellen rot. Kreuzschichtig. Enthält vielfach farbige Ringe, Bänder und kleine, rote Knötchen eisenhaltiger Verbindungen (Tongallen), sowie Dendriten. Ist identisch mit dem »creamy sandstone«. — Fossilienfrei. Bis 500 m Mächtigkeit.
	Fountain-formation (möglicherweise permischen Alters in den unteren Teilen)	Grobkörniger, granitischer Sandstein mit großen oder kleinen Feldspatkristallen. Geht stellenweise in Konglomerat, Schiefer oder quarzitischem Sandstein über. Als Baustein vorzüglich verwendbar. Glimmer ist häufig. Eisenschüssig. Sehr schwer verwitterbar. Hoch- bis dunkelrot; wo Quarz vorherrscht, ist die Farbe heller. Kreuzschichtig, stellenweise Wellenfurchungsschichtung. Fossilienfrei in den oberen Lagen, dagegen schwach fossilienführend in den unteren. Von 200 bis über 500 m Mächtigkeit.
Algonkian und Archean		Quarzit des South Boulder Cañon im Kontakt mit den Red Beds der Fountainformation. Granit, Gneis usw. im Kontakt mit den Red Beds der Fountainformation.

Die Entstehung der Red Beds.

Die Frage der Entstehung der Red Beds ist seitens der amerikanischen Geologen im allgemeinen in wesentlich übereinstimmender Weise behandelt worden. Ohne auf die älteren Ansichten an dieser Stelle näher einzugehen, möchte ich nur auf die Arbeiten N. H. DARTONS etwas ausführlicher zu sprechen kommen, der sowohl in den von ihm bearbeiteten Folios des »Geologic Atlas«, als auch in verschiedenen Monographien¹⁾ die Genesis der Red Beds zu lösen versucht hat und zurzeit als eine erste Autorität für Sedimentärbildungen gilt.

Da beide Professional papers schon längere Zeit bei der Survey vergriffen sind, halte ich es für angebracht, seine diesbezüglichen Ausführungen, unter gleichzeitiger Heranziehung dessen, was FENNEMAN in Bull. 265 über den beregten Gegenstand mitgeteilt hat, in kurzen Zügen hier wiederzugeben.

Während des Unteren Cambriums war ein großer Teil der westlich-zentralen Staaten Land. Im Mittleren Cambrium bildete sich ein Binnenmeer mit unregelmäßiger Strandlinie um eine Serie von Inseln, das bis zu den Rocky Mountains reichte. Von den alten kristallinen Gesteinen dieser Inseln trugen Brandungswellen und Ströme Sand und Gerölle ab, die in Gestalt einer weitausgedehnten Decke von Sandstein und Konglomerat teilweise am Meeresufer und teilweise in seichtem Wasser an der Küste oder in Buchten abgelagert wurden. In einigen Gebieten finden sich Aufschlüsse, in denen diese, viel lokales Material enthaltenden Sedimente gegen die unregelmäßige Oberfläche der diese Strandlinie bildenden kristallinen Gesteine anstoßen. So war der zentrale Teil der Black Hills in den früheren Stadien dieser Periode möglicherweise eine Insel und die Laramie Range und Rocky Mountain Front Range während einer langen Periode aus dem Cambrischen Meere emporragende Hochländer. Im nördl. Teil der Provinz sammelten sich mächtige Ablagerungen in dem Maße an, als die Transgression während des Mittleren Cambriums andauerte; es ist aber kein Beweis dafür vorhanden, daß sie sich bis in das östl. Colorado fortsetzte. Die spärlichen Ablagerungen des Oberen Cambriums bei Manitou und Cañon City weisen aber darauf hin, daß die See schließlich die Linie der gegenwärtigen Colorado Front Range erreichte, und da die Ablagerungen in Buchten stattfanden, die möglicherweise mit größeren Arealen offenen Wassers in Verbindung standen, so lag ohne Zweifel ein großes Areal von Ablagerungen des Oberen Cambriums östlich unter Colorado.

Die Transgression hielt auch noch während des Unteren Silurs an, und müssen östlich von den Rocky Mountains ausgedehnte Ablagerungen kalkiger Sedimente stattgefunden haben, die unter dem östlichen Colorado beträchtliche Mächtigkeit erreichen. Mit Ausnahme der Buchten lag die Westküste augenscheinlich östlich von der ausgedehnten Red Beds-Granitauffaltung. Vielleicht erstreckten sich die Ablagerungen ursprünglich auch weiter westlich längs der Gehänge der Rockies und wurden durch später einsetzende Erosion an den steileren Küsten abgesetzt.

Vom Schlusse des Unteren Silurs bis zur Unteren Kreide bietet die Auffaltung längs der Westgrenze der Great Plains Region keine Stützpunkte für die geologische Zeitenfolge. Oberes Silur und Devon fehlen durchaus; vielleicht deshalb, weil nur eine Flachsee oder niedriges Land da war, die keine bemerkenswerten Spuren der Erosion hinterlassen konnten.

Im Unteren Carbon fand eine ausgesprochene Senkung statt, die Tiefseeverhältnisse über die ganze Region schuf. In dieser Periode bemerken wir eine Ablagerung kalkiger Sedimente, die uns heute in Schichten reinen Kalksteins von mehreren hundert Meter Mächtigkeit in den Black Hills, den Bighorn Mountains, dem Hartville Uplift und, wenn auch weniger mächtig, in isolierten Distrikten Colo-

¹⁾ Preliminary report on the geology and underground water resources of the central Great Plains (Prof. pap. 32 d. Svy.); Geology and underground waters of the Arkansas valley in eastern Colorado (Prof. pap. 52 d. Svy.).

rados entgegentreten. Der das Untere Carbon repräsentierende Millsap-Kalkstein erscheint nur an einigen Stellen der Rocky Mountain Front in Colorado, augenscheinlich in angeschwemmtem Land, das sich westlich von einer jetzt unter Sedimenten des Oberen Carbons begrabenen, allgemeinen Strandlinie erstreckte. Im späteren Untercarbon fand Auffaltung statt, die die Bildung seichter Seebecken nach sich zog, mit Bildung kalkiger und sandiger Sedimente in einigen Teilen der Region im Nordwesten, während längs der Front Range in Colorado ein Zurückweichen der Strandlinie von unbekannter Ausdehnung ostwärts stattfand, ein Verhältnis, das durch eine ausgesprochene Diskordanz der obersten Schicht des Millsap-Kalksteins bestätigt wird.

Während des Mittleren oder Oberen Carbons dehnte sich die Strandlinie längs der heutigen Rocky Mountain Front Range aus, und die grobkörnigen roten Sedimente der Red Beds (Fountainformation) wurden zum Teil auf Granit abgelagert. Starke Strömungen und langsam fließende Gewässer müssen damals Buchtenbildungen erzeugt haben, und ein seichtes Meer erstreckte sich weit nach Osten und Südosten. Schließlich aber nahm die Tiefe des Meeres in gedachten Richtungen zu, und die grobkörnigen Ablagerungen wichen zum Teil solchen von Kalksteinen und Schiefen. Kalksteine treten auch im Norden, in Wyoming, und im Süden, in New Mexico, auf, so daß das Hauptgebiet der Ausscheidung der grobkörnigen Sedimente zwischen dem Huerfano River und der Wyoming-Staatsgrenze gelegen haben muß. Im Perm bildete sich ein seichtes Meer, das sich über den westlichen Teil der Region der Central Plains und weit nach Nordwesten erstreckte. In diesem Becken wurde die große Masse der roten Schiefer-tone der Chugwaterformation¹⁾, oder die oberen Red Beds mit ihren ausgedehnten, zwischengelagerten Schichten von Gips ausgeschieden, die vielleicht Produkte eines ariden Klimas sind. Der sandige Ton dieser Bildung sammelte sich in dünnen Lagen bis zu einer Mächtigkeit von 200—350 m in Wyoming und den Black Hills, ist aber beträchtlich geringer in Colorado. Hinsichtlich der tiefroten Färbung der Red Beds betont DARTON ihre große Gleichförmigkeit; rot sei demnach die ursprüngliche Farbe des Gesteins gewesen, und diese Farbe bleibe sich nicht nur überall im Ausgehenden gleich, sondern zeige sich auch innerhalb der ganzen Mächtigkeit der Formation, wie aus Tiefbohrungen hervorgehe. Sie sei also nicht auf spätere oder auf Oberflächenoxydation zurückzuführen. Diese Ausscheidung roten Schlammes wurde zeitweise durch chemischen Niederschlag verhältnismäßig reinen Gipses unterbrochen, der in Mächtigkeit von wenigen Zoll bis 10 m variiert und oft frei von jeder Beimischung mechanischer Sedimente ist. Diese Gipsschichten sind ohne Zweifel das Produkt der Evaporation, während mechanische Sedimentbildung zeitweilig aufgehoben war: Verhältnisse, die auf einen verminderten Regenfall hinweisen. Anders kann man wohl sonst kaum ihre fast allgemeine Reinheit verstehen. Die größte Menge der roten Sedimente wurde in seichtem Wasser abgeschieden, so daß Senkung und Absatz während der meisten Zeit gleichen Schritt hielten.

Im Südosten, in Kansas und Oklahoma, wurden gleichzeitig mit den gips-haltigen Red Beds dunkle Schiefertone abgesetzt, in die jene übergehen. Diese Schiefer, permischen Alters, enthalten Salzlager und Gipsschichten in wechselnden Horizonten. Auch im Südosten sind einige der untersten Red Beds durch Kalksteine in den Schichten des Unteren Perms als Produkte der Tiefsee vertreten. Ob der Absatz der Red Beds bis in die Trias oder während dieser in der Region der Central Plains andauerte, läßt sich (nach DARTON) nicht entscheiden; jedenfalls aber kam der Absatz der Red Beds durch Auffaltung, die die ganze Region über den Seespiegel erhob, zum Abschluß. Wahrscheinlich dauerten diese Verhältnisse während des späteren Teils, wenn nicht der ganzen Trias und des Jura fort, während welcher Zeit keine Absätze mehr, aber wahrscheinlich geringe

¹⁾ Die Chugwater Formation ist identisch mit der Lykins.

Erosion stattfand. Südlich von der Wyoming Staatsgrenze ist dieses Intervall durch den Hiatus zwischen den oberen Red Beds und der auf ihnen lagernden Morrisonformation gekennzeichnet.

So weit die summarischen Ausführungen DARTONS, aus denen ersichtlich ist, daß er nicht wie FENNEMAN drei, sondern nur eine Serie der Red Beds unterscheidet, bzw. nur von »unteren« und »oberen« Red Beds spricht und für die Zuteilung dieser Bildung zur Trias nur ein »Wahrscheinlich« übrig hat. Im übrigen decken sich die Ausführungen FENNEMANS im wesentlichen mit jenen von DARTON, nur legt er ein größeres Gewicht auf die morphologischen Veränderungen, die während der verschiedenen Transgressionen stattgefunden haben.

Die Red Beds südlich und westlich der Rocky Mountains.

Wenn man mit der Atchison, Topeka und Santa Fé-Eisenbahn die kontinentale Wasserscheide bei dem durch seine Kohlenlager wichtigen Platze Raton (spr. Ratuhn) in 2135 m Meereshöhe überschritten hat, bemerkt man westl. vom Bahnbett gewaltige Züge der Red Beds, die auch noch bis über Las Vegas hinaus bis nach Albuquerque und westl. davon die landschaftliche Szenerie durch ihren Formenreichtum beleben. Leider sind die Red Beds hier noch verhältnismäßig wenig erforscht, da der fast vollständige Mangel an Wasser in diesen geologisch interessanten Gegenden nur einer wohlausgerüsteten Expedition es möglich machen würde, in diesen Wüstengegenden auf längere Zeit Aufenthalt zu nehmen.

In New Mexico sind bisher nur die Red Beds im zentralen Teile des Staates, vom Galisteo Creek am südl. Ende der Rocky Mountains bis zum Orte Rincon, 200 Meilen südlich davon, sowie in der Nähe von Elephant Butte am Rio Grande, ein Ort, der die Fra Cristobal Range im Norden und die Sierra de los Caballos im Süden hat, näher untersucht.

Nach den Untersuchungen von WILLIS T. LEE¹⁾ lassen die Red Beds von Galisteo bis Rincon gleich den Red Beds östl. der Rockies ebenfalls drei wohl voneinander zu unterscheidende Abteilungen erkennen. Die unterste, aus massivem, dunkelrotem Sandstein bestehend, hat eine Mächtigkeit von 250 m im Maximum. Die mittlere Schicht besteht aus hellroten und weißen Schiefertonen, mit zwischengelagerten Bändern von Kalkstein. Wichtig ist das Auftreten von Gipslagern in dieser Schicht, die stellenweise 45 m mächtig sind; wo Gips ansteht, fehlt Kalkstein. Die obere Abteilung der Red Beds besteht aus wechsellagernden Schichten von gelbem, hellrotem und weißem Sandstein und Schiefertone, bei einer Mächtigkeit von einigen hundert Meter; sie ist gipsfrei.

In der in Rede stehenden Region lagern die Red Beds diskordant auf Kalksteinschichten des Oberen Carbons. An der Basis der roten Schichten lagert ein Kalksteinkonglomerat, dessen Geschiebe Fossilien enthalten, die identisch mit jenen sind, auf denen die Konglomerate aufsetzen. Diese Tatsache konstatiert LEE besonders von den Höhenzügen östlich von Socorro, im Abo Cañon östlich von Belen und am nördl. Ende der Sandia Mountains. Mehrere Kalksteinserien der mittleren Abteilung der Red Beds enthalten ebenfalls Fossilien, die obere Abteilung dagegen nur wenige.

In der südl. Hälfte der Region kommt eine mehrere hundert Fuß mächtige Kalksteinserie vor, die auf der vorigen auflagert und sehr fossilienreich ist. Wie LEE ausführt, hat GIRTY die Fauna der Red Beds zum Oberen Carbon gezählt; er erwähnt ferner, daß die Fauna des auf den Red Beds folgenden Kalksteins ebenfalls in das Carbon gehört und möglicherweise älter ist, als die Guadalupian Fauna²⁾, oder mit anderen Worten, daß die gesamten, 700 m mächtigen

¹⁾ The Red Beds of the Rio Grande Region in Central New Mexico. Journal of Geology. Vol. 15. 1907. S. 52ff.

²⁾ Vgl. GIRTY, The Guadalupian Fauna. Prof. paper 58 d. Survey. 1908. 651 S. 31 Taf.

Red Beds der Rio Grande Region dem Carbon angehören und wahrscheinlich älter sind, als das Guadalupian oder das sogen. Perm des westlichen Texas.

Keine roten Sedimente wurden unmittelbar über den obersten Kalksteinlagern des Carbons beobachtet.

Da nun die Red Beds östl. und westl. der Rio Grande Region bisher wenigstens zum Teil als zur Trias gehörig bezeichnet wurden, so muß es in der Tat befremdlich erscheinen, daß die ganze Serie der 700 m mächtigen Red Beds der beschriebenen Region älter als permisch sein soll. LEE meint aber, daß für den Fall, daß triassische und permische Schichten jemals in der betr. Region abgelagert wurden, diese vor der Ablagerung der zur Oberen Kreide gehörenden Sedimente abradiert wurden. Weiteren Untersuchungen dürfte es vorbehalten sein, in dieser Sache endgültige Klarheit zu schaffen.

Eine zweite oder jüngere Red Beds-Serie beschreibt LEE in seinem Bericht westl. von Engle, nahe Elephant Butte. Sie besteht aus Schiefertönen, Sandstein und Konglomerat von lebhaften Farbentönen und ist im Mittel einige hundert Meter mächtig. Die Schicht ist nur da gut aufgeschlossen, wo der Rio Grande und seine Nebenflüsse sie erodiert haben, besonders zwischen den Caballos- und Fra Cristobal Mountains. Die Schicht stellt das oberste Glied kohleführender Sandsteine dar und enthält neben fossilen Pflanzenresten Knochen von Dinosauriern (*Triceratops*). GIDLEY vom National Museum in Washington hat diese Red Beds als »late cretaceous« bezeichnet. Eine ähnliche Serie findet sich nördl. der genannten Region.

In einer späteren Publikation¹⁾ teilt LEE die Red Beds-Serien des Oberen Carbons des zentralen New Mexico in eine untere (Magdalena group) und in eine obere (Manzano group) Gruppe. Die Manzano stellt die eigentlichen Red Beds des Carbons dar. Die Magdalena teilt er dann weiter in die 150—250 m mächtige Sandiaformation, die den unteren Teil der Magdalena darstellt, während er den oberen Teil als Madero - Kalkstein klassifiziert. Unterhalb der Manzano lagert die Yesoformation, die von dem Abo-Sandstein gefolgt wird.

Auch in den Zuni Mountains wurden von DUTTON schon früher bis zu 550 m mächtige Red Beds-Schichten des Oberen Carbons und Perms, die direkt auf präcambrischem Gestein auflagern, nachgewiesen²⁾.

Sehr wichtig ist auch das Vorkommen von Erzlagerstätten in den Red Beds New Mexicos, in denen, vergesellschaftet mit Kupfer, Calcit, Baryt, Pyrit, Eisen und Kohle auftreten. Die Erzvorkommen bilden die direkte Fortsetzung des sich vom nördlich zentralen Utah südöstlich durch den südwestlichen Teil von Colorado und den nordwestlichen Teil New Mexicos bis nach Texas erstreckenden Gürtels erzhaltiger Zonen³⁾.

Hinsichtlich der Genesis der Red Beds ist LEE der Ansicht⁴⁾, daß in der Rio Grande-Region Beweise für Auffaltung und Erosion im mittleren Obercarbon vorhanden seien, welche Veränderungen in der Topographie des Gebiets unmittelbar vor der Ablagerung der Manzoschichten stattfanden. »Diese Auffaltung kann möglicherweise frühe genug eingetreten sein, um die Ablagerung der unteren (Magdalena) Red Beds zu verhindern, während ihr Nichtvorkommen im Rio Grande Valley sich besser als ein Resultat der Erosion erklären läßt. Wegen der Unsicher-

1) LEE u. GIRTY, The Manzano Group of the Rio Grande Valley, New Mexico, Bull. 389 d. Svy.

2) CL. E. DUTTON, Mount Taylor and the Zuni Plateau. 6th Ann. Rep. d. Svy. S. 105.

3) W. LINDGREN, L. C. GRATON u. CHAS. H. GORDON, The ore deposits of New Mexico. Prof. paper 68 d. Svy. 1910. — S. F. EMMONS, The copper in the Red Beds of the Colorado Plateau region. In Bull. 260 d. Svy.

4) Bull. 389. S. 39.

heit der Altersbestimmung der Schichten oberhalb des basalen Konglomerats bei Bernal, Rowe und im Apache Cañon läßt es sich nicht sagen, ob diese Auffaltung mit jener gleichalterig ist, die in der späteren Magdalenazeit stattfand, oder ob sie mit jener Auffaltung zusammenfällt, die eine ausgedehntere Erosion nach sich zog, derzufolge eine stärkere Diskordanz an der Basis der Red Beds im Apache Cañon, der man ein permisches oder triassisches Alter zuschreibt, nachweisbar ist. «

Von den Red Beds New Mexicos wenden wir uns nordwärts in das Gebiet der San Juan Mountains¹⁾.

Diese gewaltige Gebirgsgruppe besteht in der Hauptsache aus tertiären Eruptivgesteinen, die auf paläozoischen und jüngeren Sedimenten ruhen, die ihrerseits wieder in diskordanter Lagerung präcambrische Gebirgsglieder bedecken. Wichtig ist dabei die Tatsache, daß sämtliche Gebirgsglieder vom Paläozoicum aufwärts von einem Punkt im westlich zentralen Teil der ganzen Kette südlich, westlich oder nördlich fallen.

Über die geologische Stellung der Sedimentärschichten, ihre lithologische Zusammensetzung und Korrelation gibt die nachfolgende tabellarische Übersicht Auskunft.

Schichtenfolge der Sedimentärablagerungen im Gebiet der San Juan Mountains.

(Bearbeitet nach dem Ouray Folio des Geologic Atlas.)

Periode	Name der Serie	Charakter und lithologischer Bestand
Kreide	Mesaverde-formation	Serie grauer oder gelblicher, quarzitischer Sandsteine und sandiger Mergelschiefer. Massiv und kreuzschichtig im unteren Teil; Kohlenflöze im oberen Teil. Zahlreiche Fossilien von Invertebraten. 100 m mächtig.
	Mancos-shale	Weiche, dunkelgraue bis schwarze, kohlehaltige Tonschiefer mit Linsen unreinen Kalksteins. Fossilienführend. 400 m mächtig.
	Dakota sandstone	Grauer oder rostbrauner Sandstein mit wechselnden Mengen von Konglomerat, mit Einschlüssen von Hornstein an der Basis. Schwach fossilienführend. 35—70 m mächtig.
Jura	Mc Elmoformation (syn. Morrissonformation, Como beds u. Flaming gorge group).	Serie wechsellagernder, leicht zerreiblicher, feinkörniger, gelblicher oder gräulicher Sandsteine, Schiefertone und Kalksteine. Die Schiefertone sind grün, hell- oder dunkelrot bis schokoladenbraun. Fossilienfrei. 170—270 m mächtig.

¹⁾ Vgl. Geologic Atlas, Folio 57 (Telluride), 120 (Silverton), 130 (Rico), 131 (Needle Mountains), 153 (Ouray), 171 (Engineer Mountain). — CROSS u. HOWE, Red Beds of south-eastern Colorado. Bull. Geolog. Society of Am. 1905. Vol. 15. S. 447.

Periode	Name der Serie	Charakter und lithologischen Bestand
Jura	La Plata sandstone (syn. Whyte cliff sandstone)	Zwei massive Schichtenstöße zerreiblicher, weißer, kreuzschichtiger, quarzitischer Sandsteine mit zwischengelagertem, schmalem Band eines dunklen Kalksteins oder kalkhaltigen Schiefers, der teilweise in Breccie übergeht. Fossilienfrei. 35 m mächtig.
	—Diskordanz—	
Trias	Doloresformation (syn. Shinarump- u. Vermilion Cliff format. d. Plateau Region)	Sandige Mergel und feinkörnige Sandsteine und Tonschiefer von grellroter Farbe, mit feinem Kalksteinkonglomerat nahe der Basis, in dem Zähne und Muscheln von Gasteropoden vorkommen, die auf triassisches Alter hinweisen. 35 m mächtig.
	—Diskordanz—	
Perm	Cutlerformation (syn. Fountainformation der Red Beds)	Serie grellroter Sandsteine und hellroter »grits« und Konglomerat, wechsellagernd mit sandigen Schiefen und erdigen oder sandigen Kalksteinen von verschiedenen Farbenabstufungen in Rot. 750 m und mehr mächtig. Eisenschüssig.
Oberes Carbon	Hermosaformation (syn. Aubreyformation von Utah und Arizona)	Serie von »grits«, Sandsteinen, Schiefen und Kalksteinen in variierender Verteilung. »Grits« und Sandsteine herrschen in den mittleren und unteren Teilen in massiger Lagerung vor, während der unterste Teil aus dünnschichtigen Sandsteinen, Schiefertönen und Kalksteinen besteht. Fossilien von Invertebraten kommen im Schiefer und Kalkstein vor. 400—700 m mächtig.
Mittleres und Unt. Carbon	Molasformation (syn. Lykinsformation der Red Beds)	Rote, kalkhaltige Schiefer und Sandsteine mit Einschlüssen von Quarzit, Hornstein und Kalkstein, die Fossilien des Unteren Carbons (Mississippian) und dünne Kalksteinlinsen, die solche des Oberen Carbons (Pennsylvanian) enthalten. Bis 20 m mächtig.

Aus der vorstehenden tabellarischen Übersicht geht hervor, daß die Lagerung der einzelnen Red Beds-Serien nicht genau mit jener östlich der Rocky Mountains übereinstimmt. Die Molasformation ist die älteste der roten Sedimentärbildungen und ruht ihrerseits diskordant auf dem bis zu 60 m mächtigen, der Devonformation zugehörigen, fossilienführenden Ouraykalkstein auf. Die mit der Morrison identische Mc Elmoformation wird hier dem Jura (statt Untere Kreide) zugeteilt.

Eine allen wissenschaftlichen Ansprüchen genügende Erklärung der Genesis der Red Beds des San Juan-Distrikts, selbst auf Grund des vorliegenden Materials zu geben, ist heute noch unmöglich, da einerseits das ganze Gebiet noch nicht in

allen Einzelheiten genügend erforscht ist, und weil weiter die während der Tertiärzeit gerade in den San Juan Mountains überaus heftig wirkenden dynamischen Kräfte durch Auffaltungen, Verwerfungen und vulkanische Ausbrüche den Bau des Gebirgssystems derart veränderten, daß nur sehr schwer ein ursprüngliches Bild der Ablagerung der zweifellos einen fluviatilen Ursprung aufweisenden Red Beds gewonnen werden kann. Auch ist es nicht möglich, festzustellen, inwieweit das Kreidemeer die San Juan Mountains bedeckte, da Tuffe und Laven eine nähere Prüfung darunterliegender Schichten ausschließen. Die gegenwärtige Erhebung der ganzen Region über den Meeresspiegel muß als das Resultat zahlreicher oszillatorischer Bewegungen in der Gestalt von Auffaltungen und Einsenkungen betrachtet werden, die mit dem Schlusse der Kreide stattfanden.

Ohne weiter auf die anderen Vorkommen der Red Beds im W. des Kontinents näher einzugehen, da ein solches Unternehmen nur ein weiteres Fortspinnen des bereits Gesagten mit gleichzeitiger Hinzufügung von etwa einem Dutzend oder mehr Namen für eine und dieselbe Sache bedeuten würde, sei nur noch des Vorkommens mächtiger Red Beds-Ablagerungen triassischen Alters im nördlichen Washington gedacht, wo sie in den das Methow Valley, nahe dem Orte Ventura, begrenzenden Gebirgszügen, vergesellschaftet mit Sandsteinen, Schiefen und Kalksteinen der Similkameenformation im Westen und dem Winthropsandstein im Osten, beide der Kreide zugehörig, auftreten. Die Venturabildung streicht nord-südlich bei steilem östlichen Fallen¹⁾.

Morphologie der Red Beds.

Über die allgemeine Morphologie der Red Beds gibt Fig. 1 näheren Aufschluß.

Als besonders in die Augen springende Eigentümlichkeit sämtlicher Gebilde, abgesehen von den bizarren Formen, ist das meist sehr steile Fallen ($75-45^\circ$) gegen die Ebene. An jenen Stellen wo die Red Beds im Kontakt sind mit den archaischen Gesteinen, ragen sie senkrecht oder nahezu senkrecht aus der Ebene empor; hier sind sie auch am gewaltigsten entwickelt und erreichen (z. B. bei Eldorado Springs) eine Höhe von 500—600 m über der Talsohle. Bei dem genannten Ort hat vor einigen Jahren die Denver, Northwestern and Pacific Railway (Moffat Road) mehrere Tunnels durch sie hindurchgetrieben, die über 250 m über der Talsohle liegen.

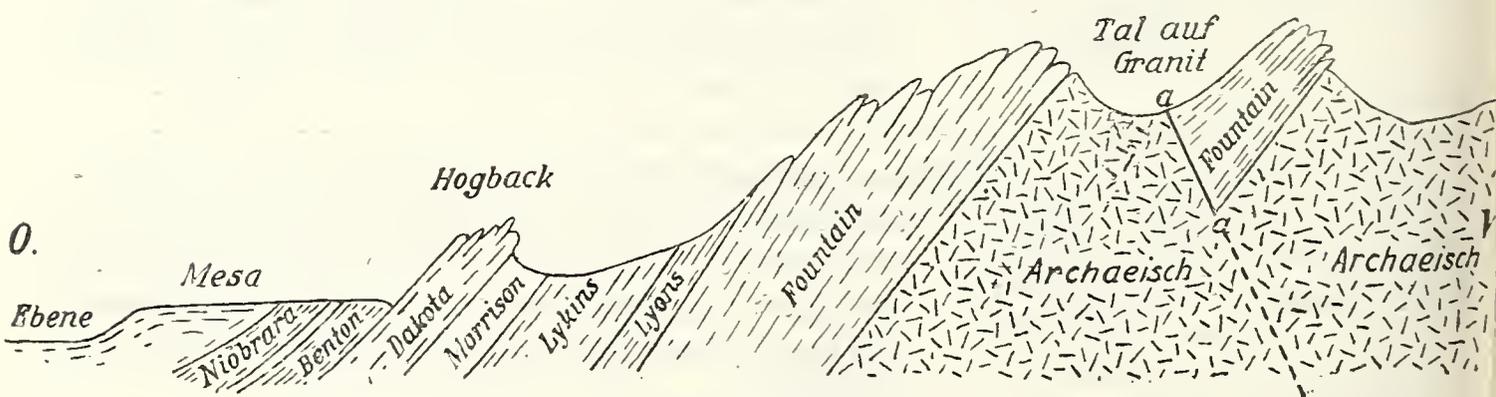


Fig. 1. Profil der Lagerung der Red Beds an den Foothills, westl. von Denver Colo. (nach FENNEMANN, U.S. Geol. Soy) a-a Verwerfung.

An jenen Stellen wo die Red Beds nicht mehr im Kontakt mit den eigentlichen Foothills sind, wie z. B. bei Morrison und von da südlich bis zum Garden of the Gods, liegt zwischen ihnen und den Foothills ein Tal von etwa 2—3 Meilen Breite, in dem die Red Beds die östliche Grenz wand bilden. Gerade an diesen

¹⁾ J. C. RUSSELL, A preliminary paper on the geology of the Cascade Mountains in northern Washington. 20. Ann. Rep. d. Svy. Part II. S. 83—210.

Stellen läßt sich am besten ihre petrographische Zusammensetzung studieren. Die Kette der Red Beds ist indessen nicht kontinuierlich; ihre direkte Fortsetzung wird oft auf Meilen unterbrochen, und nur hier und da ragen einzelne Gebilde in die Lüfte.

Die steile Aufrichtung der Red Beds fällt in das Tertiär. Während dieser Periode, in der die Hochgebirgskette der Colorado Front Range in die Erscheinung trat, bzw. durch sukzessive dynamische und vulkanische Kräfte aus großer Tiefe langsam emporgepreßt wurde, fand eine Teilung der ursprünglich horizontal abgelagerten Red Beds-Schichten in eine östliche und westliche Hälfte in der Weise statt, daß die von unten gehobenen granitischen Massen die über ihnen lagernden Red Beds durchbrachen, sie gewissermaßen beiseite schiebend, um dann, da kein weiteres Hindernis mehr im Wege war, allmählich bis zu einer Meereshöhe von 3500 m sich zu erheben. Seit dem Tertiär hat eine weitere Hebung der Front Range nicht mehr stattgefunden.

Die mit diesem Hebungsprozeß Hand in Hand gehende orogenetische Bewegung ließ auch gleichzeitig die große Zahl der W.-O. streichenden Cañons entstehen (u. a. Clear Creek-, Bear Creek, Turkey Creek-, Platte Cañon usw.), die den von der Front Range herabströmenden Gewässern einen natürlichen Weg wiesen. Während der Eiszeit, die bekanntlich auch die Front Range betraf, wurde das erodierende und ausfeilende Werk des Wassers in erhöhtem Maße fortgesetzt und griff in gleicher Weise auch die Red Beds mächtig an, riß sie von den Ausgängen der Cañons weg oder trug sie an anderen Stellen völlig ab und schuf zugleich jene bizarren Gebilde, die heute die Bewunderung aller erregen, die sie zum ersten Male geschaut haben.

Mit der Hebung der Front Range ging gleichzeitig ein Einsinken der Osthälfte der Foothill-Region Hand in Hand, demzufolge die Red Beds heute nicht mehr bis zu jener Meereshöhe anstehen, in der wir sie erwarten sollten. Cretaceische und jüngere Schichten bedecken sie heute bis zur Mississippi-Talebene, und nur die steil aufgerichteten, gegen die archaischen Foothills anstoßenden Red Beds sind als letztes Überbleibsel dieser großartigen, gebirgsbildenden Vorgänge stehen geblieben.

Auf der W.-Seite der Front Range fand ein Einsinken des Landes nicht statt, weshalb denn auch die Red Beds dort im allgemeinen nicht jene Konfiguration zeigen wie auf der Ostseite. Sie sind dort im großen und ganzen noch in ihrer ursprünglichen Lage geschichtet, teilweise zwischen älteren und jüngeren Gebirgsgliedern eingeklemt, teilweise auch völlig frei gelegt, wie beispielsweise in den Tälern des Grand- und Green River oder in New Mexico und Arizona.

Eine andere Eigentümlichkeit der steil fallenden Red Beds ist die, ich möchte sagen, dachschieferförmige Anordnung der einzelnen Schichtungsebenen, die dem Gestein das Aussehen mehrerer übereinander lagernder Platten verleihen. Offenbar ist diese Erscheinung eine Phase des »Gesteinsfließens«, indem das nach abwärts strömende, über die Red Beds fließende Wasser den Sandstein zu einer breiartigen Masse löste, die, dem Gesetz der Schwere folgend, in trägem Abwärtsgleiten diese Gesteinslappen erzeugt hat. Die später einsetzende Erhärtung des Gesteins hat dann die weichen Massen permanent verfertigt.

Daß die einzelnen Serien der Red Beds verschiedene Härtegrade aufweisen und vom (untersten) fast granitharten Fountain-Sandstein bis zum (obersten) zwischen den Fingern zerreiblichen Lykins-Sandstein alle Stufen der Härteskala aufweisen, ist als eine direkte Wirkung des Gebirgsdruckes zu erklären.

Sind die Red Beds eine Wüstenbildung?

Die Frage, ob die Red Beds eine Wüstenbildung darstellen oder als eine Wirkung äolischer Kräfte zu erklären sind, ist von den amerikanischen Gelehrten niemals gestellt worden; erst in der neuesten Zeit hat BARRELL¹⁾ unter Bezug-

¹⁾ Journal of Geology. Vol. 16 (1908). S. 285—293. — Vgl. auch HUNTINGTON in Bull. Geol. Soc. of Am. Vol. 18 (1907). S. 379—382.

nahme auf die von den Anhängern dieser Theorie als Hauptbeweisgrund ins Feld geführte rote Farbe der Sandsteine sie aufgegriffen, aber im ablehnenden Sinne beantwortet.

Es erscheint untunlich, an dieser Stelle nochmals die eine Wüstenbildung der Red Beds befürwortenden Gründe aufzuführen; sie können als genügend bekannt vorausgesetzt werden, und sei dieserhalb einfach auf das verwiesen, was EM. KAYSER und JOHANNES WALTHER u. a. in beregter Sache hierfür ins Feld geführt haben.

Was nun die gegenteiligen Gründe anbetrifft, so dürfte zunächst die physische Unmöglichkeit der Ansammlung von mehreren tausend Meter mächtigen Bildungen, wie es die Red Beds im W. Nordamerikas nun einmal sind, durch äolische Kräfte in Betracht zu ziehen sein. Wären sie wirklich äolischen Ursprungs, dann müßten diese Kräfte vom Ausgang der Carbonzeit, während des Perms und bis in die Trias hinein in ununterbrochener Tätigkeit gewesen sein und hätten durch keine anderen Agenzien ein Störung erfahren dürfen, auch selbst wenn man annehmen wollte, daß die Wüstenlandschaften, in denen sie sich ablagerten, zeitweise der Schauplatz hereinbrechender Meeresüberflutungen gewesen wären. Aber auch angenommen, daß die äolischen Kräfte während dieser ungeheuren Zeiträume gewirkt hätten, dann müßten diese roten Sandsteinmassen von anderswoher an ihren jetzigen Ort der Ablagerung gebracht worden sein, und es würde sich sofort eine andere vorwitzige Frage stellen lassen: Wo lagen diese, die Red Beds liefernden Festländer, und wie haben sie sich dort gebildet? Man hat allerdings die »Nordatlantis« in neuester Zeit als Lieferanten für so viele, bisher unerklärlich gebliebene geologisch-paläogeographische Fragen in die Diskussion gezogen und die Red Beds als Produkte der Abtragung von diesem Kontinent bezeichnet, allein es liegt nicht der geringste Grund vor, »in die Ferne zu schweifen«, wo das »Gute so nahe liegt«.

Meiner Meinung nach müssen wir die Bildung der Red Beds an denselben Stellen, wo sie sich finden, zu erklären versuchen, und es ist auch in der Tat genug Material zur Hand, was für eine Erklärung hinsichtlich ihrer Bildung in loco selbst spricht.

Während das Obere Carbon in Nordamerika bekanntlich heute als eine vorwiegend terrestrische Bildung dargestellt wird, ist das Perm eine pelagische Bildung, und wir haben keinen Grund, für die Bildung der Red Beds andere Ursachen heranzuziehen, als jene, die die pelagischen Ablagerungen des Perms überhaupt zuwege brachten. Weiter wissen wir (s. oben), daß während des Mittleren und Oberen Carbons bereits die Bildung der Red Beds einsetzte, ein Prozeß, der jedenfalls durch eine Transgression vom pazifischen Ozean her eingeleitet wurde, und bei dem die Gneise, Granite, Syenite usw. jener Perioden ihr Gesteinsmaterial zur Bildung der Sandsteine abgaben. »Noch in der Gegenwart« sagt ZIRKEL¹⁾, »bilden sich an den Meeresküsten, insbesondere wärmerer Regionen Sandsteine da, wo die Gewässer zusammengeschwemmte lose Sandkörner durch ein Bindemittel verkitten, zu welchem vorzugsweise der von Muschelschalen herrührende kohlen-saure Kalk dient.«

Nun ist aber der bisher allerdings nur in den Tropen gefundene Laterit, jenes durch FERD. VON RICHTHOFENS Untersuchungen näher bekannte, eisenschüssige Eluvialgebilde eine Sedimentablagerung, die, vermischt mit sandigem und tonigem Material, ihre rote Farbe dem Meeresschlamm mitteilt. Wäre es da nicht möglich, ja vielleicht wahrscheinlich, daß die Red Beds, von denen einige Serien gleichfalls eisenschüssig sind, mit der Bildung des Laterits in jenen erdgeschichtlichen Perioden in Zusammenhang stünden? Gerade der Eisenoxydgehalt der roten Sandsteine würde zugunsten einer solchen Annahme sprechen, zumal wenn wir die klimatischen Verhältnisse des Carbons und Perms in Rechnung ziehen, die jeden-

1) Lehrbuch der Petrographie. 2. Aufl. Bd. 3. S. 732.

falls einer Lateritbildung günstig waren. Schon NEUMAYR¹⁾ sagt: »Es ist vielleicht kein Zufall, daß sich die größten Anhäufungen rotgefärbter Sedimente in den so oft transgredierend auftretenden Schichten des »Rotliegenden« (Permformation) vorfinden, diesen aber der Zeit nach die Steinkohlenformation voranging, in der weithin kontinentale Verhältnisse geherrscht haben, also nach Analogie mit der Gegenwart auch eine Zersetzung des Festlandes und Entstehung einer roten Verwitterungskruste stattgefunden haben muß. Was sich in dieser Periode an roten Verwitterungsprodukten gebildet hat, wurde bei der Transgression der Permformation in deren neu abgelagerte Gesteine aufgenommen. In derselben Weise erklärt man auch die rote Farbe der triassischen Sandsteine an der atlantischen Küste von Neuschottland bis Südcarolina.« Und RUSSELL²⁾ sagt mit Bezug auf die rote Farbe der Newark-Sandsteine: »Es folgt, daß die aus dem äolischen Zerfall der kristallinen Gesteine resultierenden eisenschüssigen Sande das Material für die roten Sandsteine und Schiefer liefern, wenn diese in Wasser enthaltenden Becken ausgeschieden werden. Ausnahmen mögen vorkommen, wenn die Trümmergesteine genügender Zerreibung ausgesetzt werden, so daß die Eisenoxydinkrustationen abgetragen werden, oder wenn sie der Wirkung chemischer Agenzien, die eine auflösende Kraft besitzen, ausgesetzt sind . . . Das Material, das die geschichteten Gesteine des Newark-Systems zusammensetzt, erhält seine rote Farbe während der Desintegration der Gesteine, aus denen es sich bildete. Sollte diese Hypothese durch künftige Untersuchungen gestützt werden, dann würde folgen, daß die jene Gesteine zusammensetzenden Brocken in Seen oder Buchten abgesetzt wurden, wo sie nicht einer lange andauernden Abspülung durch die Wellen ausgesetzt waren, oder der Wirkung jener natürlichen Agenzien, die eine ablösende Kraft besaßen.« RUSSELL ist der Ansicht, daß die roten Sandsteine des Newark-Systems und auch der Rocky Mountains aus den Trümmern von Landmeeren gebildet wurden, die der Wirkung einer warmen, feuchten Atmosphäre ausgesetzt waren. Allerdings spricht er nicht von Transgressionen, die bei der Bildung des Newark-Systems auch nicht in Frage kommen.

Auch der fast überall einen stetigen Begleiter der Red Beds bildende Dakota-Sandstein, an dessen mariner Bildung in der Unteren Kreide wohl niemals ein Zweifel geherrscht hat, verdankt seine stellenweise blutrote Färbung der Desintegration von Eisenoxyd- und Manganperoxyden. Infolge seines höheren Kieselsäuregehalts härter wie die weicheren Serien der Red Beds, ist er im allgemeinen weiß, mit einem leichten Stich ins Gelbliche, oder Gräuliche, zeigt Kreuzschichtung und weist Ripplemarken auf. An mehreren Stellen seines Vorkommens zeigen die obersten Lagen eine ausgeprägt säulenförmige Absonderung, so daß das Gestein, aus der Ferne gesehen, den Eindruck von Basaltsäulen macht. Eine besondere Eigentümlichkeit des Dakota ist sein Verhalten der Verwitterung gegenüber. Unter der vereinten Wirkung von Wasser und Luft zeigt die Oberfläche des Gesteins massenhaft Stellen, die einem von Bohrwürmern angefressenen Baumstamm gleichen. Besonders schön konnte ich derartige gesteinszerstörende Wirkungen an dem bei Leyden (unweit Denver) auftretenden Dakota beobachten.

Was endlich die Fossilienfreiheit der mittleren und oberen Red Bedsserien anbelangt (daß die unterste Serie Fossilien enthält, hat man in deutschen geologischen Kreisen bisher nicht beachtet), welche Tatsache man als einen der Hauptgründe für die äolische Bildung der Serien ins Feld führte, so dürfte sich jene dadurch erklären lassen, daß während der lange andauernden Perioden der Red Bedsbildung es zu einer Entwicklung irgendwelcher Faunen in dem roten Schlamm überhaupt nicht kommen konnte, und daß der rote Sandbrei dem Weiterleben

1) Erdgeschichte. 2. Aufl. 1. Bd. S. 454.

2) J. C. RUSSELL, Subaerial decay of rocks and origin of the red color of certain formations. 1889. Bulletin 52 d. Svy.

der noch aus dem Oberen Carbon und Perm sich in die untersten Schichten der Red Beds fortsetzenden Fossilien ein Ziel setzte.

Fassen wir nach dem Vorgetragenen die Entstehungsgeschichte der dem deutschen Buntsandstein im Wesentlichen entsprechenden Red Beds zusammen, so lassen sich etwa folgende Hauptsätze aufstellen:

Die über einen großen Teil des westlichen Nordamerika verbreiteten Red Beds sind bedeutend mächtiger entwickelt als wie die ihnen ähnliche Facies in Deutschland. Sie liegen teils auf archaischen, teils auf silurischen Schichten in konkordanter Lagerung auf. Ihre Bildung fällt in das Obere Carbon und Perm und erreicht nach Ansicht einiger amerikanischer Geologen in letztgenannter Periode ihren Abschluß, während andere die Weiterentwicklung der Red Beds auch noch in der Trias stattfinden, bzw. dort zum Abschluß kommen lassen. Ich neige mich der letzteren Annahme zu. Sie sind Sedimentärlagerungen einer Flachsee, die während des Oberen Carbons vom pazifischen Ozean her die Landmassen überflutet und haben ihr Material den unterlagernden Gneisen, Graniten, Syeniten usw. entnommen. Ihre rote Farbe ist zum Teil auf ihren Gehalt an Eisenoxyd zurückzuführen, zum Teil ist sie auch das Produkt von Oberflächenverwitterung und Erosion.

Über das Photographieren in unterirdischen Räumen.

Von **Bruno Baumgärtel** (Clausthal.)

(Nach einem im berg- und hüttenmännischen Verein »Maja« zu Clausthal gehaltenen Vortrage.)

(Mit 2 Textfiguren.)

Der Bergmann schafft bei seiner Arbeit im Schoße der Erde oft geologische Aufschlüsse von großer Schönheit. Freilich muß er selbst sehr schnell an ihnen, meist schon durch den fortschreitenden Betrieb des nächsten Tages, wieder zum Zerstörer werden. A. BERGEAT hat deshalb Mineral- und Erzlagerstätten einmal bezeichnet als »Naturdenkmäler«, für die es keinen Schutz gibt¹⁾. Aus diesem Grunde sollte man bemüht sein, gerade von ihnen objektive bildliche Darstellungen, also »Natururkunden« zu erlangen, welche zusammen mit aufbewahrten Mineral- und Gesteinsproben eine Lagerstätte noch zu studieren gestatten, wenn sie längst abgebaut, ja vielleicht nicht einmal mehr zugänglich ist. Aber auch in natürlichen Aufschlüssen unterhalb der Erdoberfläche, in Grotten und Höhlen, können sich interessante, durch die Photographie darstellenswerte geologische Objekte vorfinden. Weiter kommt auch der Bergingenieur in die Lage, unter Tage photographieren zu müssen, wenn sich um die Darlegung besonderer bergbautechnischer Verhältnisse und Anlagen handelt. Insbesondere vermag bei Tatbestandsaufnahmen nach Unfällen in der Grube die photographische Camera unter Umständen sehr wichtige Dienste zu leisten.

Es haben also der wissenschaftlich arbeitende Geologe wie der im praktischen Betriebe stehende Bergbeamte in gleicher Weise Interesse an in unterirdischen Räumen angefertigten photographischen Aufnahmen.

Ich hatte Gelegenheit, in großer Anzahl Bilder der beiden geschilderten Kategorien herzustellen, von denen ein Teil in verschiedenen Arbeiten veröffentlicht worden ist²⁾. Vielleicht ist einem oder dem anderen Fachgenossen damit gedient,

1) Zentralblatt für Min., Geol. und Pal., 1907, 550.

2) Siehe BRUNO BAUMGÄRTEL, Oberharzer Gangbilder. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig 1907. 2) Derselbe, Bilder von Blei- und Zinkerzgängen des rheinischen Schiefergebirges. Als Anlage zugehörig zu W. BORNHARDT, Über die

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Henning Charles L.

Artikel/Article: [Die Red Beds. Ein Beitrag zur Geschichte der bunten Sandsteine 228-244](#)