

Werk

Titel: Der Grosse Cañon des Colorado-Flusses

Autor: Davis, William Morris

Ort: Berlin

Jahr: 1909

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1909 | LOG_0070

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Vorträge und Abhandlungen.

Der Grofse Cañon des Colorado-Flusses.*

Von Professor **William Morris Davis**, Harvard-Universität.

Der grofse Cañon des Colorado-Flusses im nördlichen Arizona hat von drei Gesichtspunkten aus geographische Wichtigkeit: — erstens, und besonders augenfällig, um der Erläuterung willen, die er von dem Werk gewöhnlicher Erosionsvorgänge gewährt, welche in ganz auferordentlichem Mafse an der Hervorbringung seiner gegenwärtigen Form tätig sind; zweitens, weniger augenfällig auf den ersten Blick, am Ende aber nicht weniger nachdrücklich, um des Beweises willen, den er von der grofsen Bedeutung gewöhnlicher Erosionsvorgänge in früheren Stadien der Erdgeschichte gibt; und endlich um des Zeugnisses willen, das er für die mögliche Durchführung des normalen Erosionszyklus ablegt, von dem der tatsächliche Cañon, so riesig er auch ist, doch nur einen guten Anfang bildet.

Erst vor nunmehr 50 Jahren wurde der Colorado-Cañon durch wissenschaftliche Forschung bekannt. Im Jahre 1857 wurden die Plateaus und der Cañon besucht, beschrieben und erklärt von dem Geologen Newberry, der später zum Professor der Geologie an der Columbia-Universität in der Stadt New York ernannt wurde. Zehn Jahre später wurde der Colorado in seinem ganzen Cañon-Laufe von dem Forscher Powell, der nachmals Direktor der United States Geological Survey wurde, im Boote verfolgt. Nach abermals zehn Jahren wurde der Cañon von Dutton geologisch studiert und von Holmes ausgezeichnet bildlich dargestellt. Neuerdings ist der südliche Plateaurand des Cañons selbst für Touristen durch eine Eisenbahn leicht zugänglich geworden, und heute wird dieses Naturwunder jährlich von vielen Tausend Reisenden besucht.

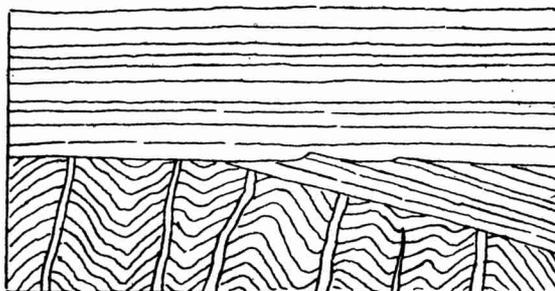
*) Vortrag, gehalten in der Allgemeinen Sitzung vom 5. Dezember 1908.

Der Grofse Cañon ist nicht, wie einige Seitencañons, eine enge Schlucht mit senkrechten Wänden. Bei einer Länge von 150 km und einer Tiefe von 1500 bis fast 2000 m besitzt er eine Breite von 8 bis 20 km. Nichtsdestoweniger gewinnt man, wenn man im Kiefernwalde am Südrande steht und in den Cañon hinuntersieht, eher den Eindruck einer kolossalen Tiefe als einer auffallenden Breite. Darum dient der Cañon vortrefflich als Beispiel eines frühen Stadiums in einem Erosionszyklus, der, wenn sein Ende erreicht ist, die Aufzehrung des Plateaus auf viele Meilen nord- und südwärts und die Verringerung des Gebiets zu einer niedrigen, ausdruckslosen, nicht viel über den Meeresspiegel sich erhebenden Ebene als Ergebnis haben wird. Aber die Aufzehrung des Plateaus ist eine derart ungeheure Aufgabe, dafs, selbst wenn der Beobachter theoretisch die Möglichkeit anzuerkennen bereit ist, er doch noch zögern mag zuzugeben, dafs in der Weltgeschichte ein so grofses Erosionswerk wirklich je stattgefunden habe. Es ist ja in der Tat schwierig genug, sich auszudenken, dafs selbst der Cañon, der nur einen achtungswerten Anfang im Erosionszyklus bedeutet, tatsächlich nur das Werk von Wasser und Wetter ist. Aber gerade wenn Bedenken aufsteigen in Bezug auf die Zulänglichkeit gewöhnlicher, zerstörender Vorgänge für die Durchführung des Weltwerks, ist ein Besuch des Cañon so lohnend: denn da kann der aufmerksame Beobachter sehen, dafs die blofsgelegten Strukturen in den Cañonwänden das Vorkommen zweier vollständiger Erosionszyklen während früherer Perioden der Weltgeschichte, vor Augen führen. Und nimmt man sich Zeit zu einem Ausflug über die nördliche Hochebene, so wird es klar werden, dafs ein dritter Erosionszyklus weit gegen das Greisenalter vorgeschritten war, ehe das Gebiet zur gegenwärtigen Höhe gehoben wurde und die Erosion des heutigen jungen Cañon begann.

Betrachten wir daher jetzt das Hochland selbst und besonders seine innere Stuktur, die so gut in den Cañonwänden zu sehen ist.

Im östlichen Teil des Cañons, wo das Hochland etwas niedriger ist, besteht die ganze Cañonwand aus einer massigen Reihe wagherter Schichten, die wir die Plateauschichten nennen dürfen. Wenn wir aber etwas weiter westlich fahren, wo das Hochland höher steigt und der Cañon daher tiefer wird, nehmen wir wahr, dafs die wagherthen, etwa 1500 m mächtigen Plateauschichten auf einem Fundament kristallinischer Gesteine ruhen. Hier haben wir offenbar zwei wohl getrennte Abschnitte in der Geschichte der Hochlandsbildung. Nun besuchen wir einen Punkt, der zwischen diesen beiden Lokalitäten liegt: dort sehen wir eine Reihe von östlich geneigten Schichten, die

zwischen den wagerechten Plateauschichten und ihrem kristallinen Fundament: sozusagen eingeklebt liegen. Wenn wir die geneigten Schichten näher ansehen, erkennen wir, daß sie an Mächtigkeit die Plateauschichten noch übertreffen: sie tauchen eine nach der andern mit einer östlichen Neigung von etwa 20 Grad unter den Fluß und erreichen im ganzen eine Mächtigkeit von ungefähr 3000 m. Wenn wir sie etwas weiter westlich verfolgen, wo das kristallinische Fundament unten und die Plateauschichten oben zu sehen sind, kommen wir allmählich an ihr spitzes Ende, das sehr gut den gemeinschaftlichen Namen Keilschichten rechtfertigt. Und jetzt erkennen wir, daß die Hochlandsgeschichte drei aufeinanderfolgende getrennte Abschnitte umschließt (Abbild. 20).



Abbild. 20.

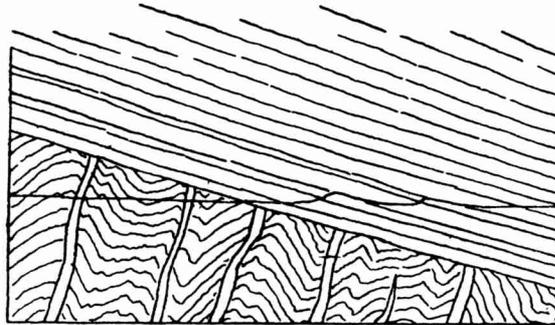
Um die aufeinanderfolgenden Entwicklungsphasen, durch welche die Plateaumasse hindurchgegangen ist, deutlich zu erkennen, vergegenwärtigen wir uns die geographischen Verhältnisse gewisser wichtiger Perioden. Zuerst untersuchen wir die Grundlage, auf der die Plateauschichten abgelagert wurden (Abbild. 21).



Abbild. 21.

Der Durchschnitt der Grundlage in den Cañonwänden ist immer eine fast wagerechte Linie; daher müssen wir schließen, daß die Grundlage eine Ebene war. Die verschiedenen Teile der Grundlage, die man längs des Cañons sehen kann, sind über eine Strecke von mehr als 100 km zu verfolgen; hieraus folgt, daß die Grundlage eine gedehnte Ebene war. Welches war ihr Ursprung?

Es ist offenbar nicht möglich, dafs die Keilschichten, die im ganzen mehr als 3000 m mächtig sind, ursprünglich die gegenwärtige schräge Begrenzungsfläche hatten. Sie müssen früher eine gröfsere Ausdehnung besessen haben. Die schräge Oberfläche der Grundlage mufs nicht durch Ablagerung, sondern durch Abtragung entstanden sein (Abbild. 22). Da die Keilschichten sich noch heute östlich und niederwärts bis unter das Flussniveau fortsetzen, müssen sie sich ehemals westlich und aufwärts fortgesetzt haben, und unter den ausgedehnten Schichten mufs das Fundament gleichfalls seine Ausdehnung nach aufwärts gefunden haben (Abbild. 22). So vermögen wir uns die ursprüngliche Struktur vorzustellen, durch deren Abtragung die ebene Grundlage für die Plateauschichten vorbereitet wurde.

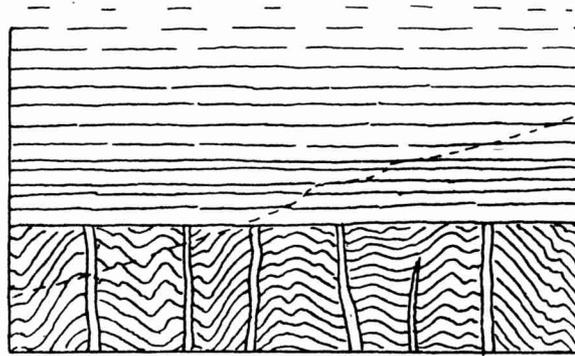


Abbild. 22.

Der geographische Wert dieses Schlusses besteht nicht nur in der Gewifsheit, die er uns über die Wirklichkeit ungeheurer Erosion verleiht, sondern darin, dafs er uns anzuerkennen nötigt, dafs während des Vorganges dieses grofsen Werkes ein vollständiger Erosionszyklus durchlaufen und eine ganze Aufeinanderfolge von Landformen, jung, reif und alt, in gehöriger Ordnung entwickelt wurde. Es ist sehr wohl möglich, dafs zwischen der ersten Schwankung der Keilschichten, ihrer gegenwärtigen, schrägen Lage zu, und der endlichen Entwicklung der ebenen Grundlage, verschiedene Erdkrustenbewegungen stattfanden, deren jede einen vorangegangenen, unvollständigen Erosionszyklus unterbrachen und einen neuen einführten; aber zum Schluß mufs im wesentlichen ein vollständiger Erosionszyklus durchlaufen worden sein, der die monoklinalen Gebirge der Keilschichten zu einer niedrigen, ausdruckslosen Ebene, nur wenig über oder unter dem Meeresspiegel abtrug. Ob die Erosion der Hauptsache nach das Werk kontinentaler oder mariner Vorgänge war, ist für die gegenwärtige Besprechung ohne Belang. In jedem Fall mufs dieser Teil der Erdrinde eine ge-

nügend lange Zeitperiode hindurch stillgestanden haben, um zu sehr kleinem Relief abgetragen werden zu können, und diese Zeitperiode muß viel länger gewesen sein, als nötig war, um den jungen Cañon zu erodieren. Wenn ein paar übrig gebliebene Brocken kleinen Reliefs noch die Aufschlüsse widerstandsfähigster Schichten anzeigen, wie in Abbild. 21, so dient deren Vorhandensein nur dazu, die Flachheit der benachbarten Teile besonders hervorzuheben.

Aber nicht die Grundlage der Plateauschichten allein beweist die Tatsächlichkeit des Erosionszyklus. Einen ganz gleichen Beweis liefert die ebene Flur kristallinischer Felsen, auf der das unterste Glied der Keilschichten ruht. Während die Ablagerung dieser mächtigen Schichten begann, muß ihre Flur eben gewesen sein; ehe die

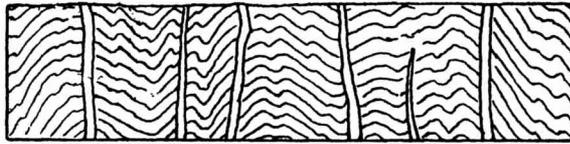


Abbild. 23.

Ablagerung noch begann, muß die Flur eine Ebene von entweder marinem oder kontinentalem Ursprung gewesen sein (Abbild. 23).

Wie ist diese Flur zu erklären? Allen Beobachtungen und Erfahrungen nach können kristallinische Gesteine weder an der Landoberfläche, noch am Seeboden entstehen. Nur in einer beträchtlichen Tiefe gegen das Erdinnere sind die höheren Temperaturen und die gewaltigen Drucke zu finden, die nötig sind, die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften der Mineralien hervorzubringen, welche die kristallinischen Gesteine bilden. Nur in einer solchen Tiefe können die inneren Störungen, welche die Gesteine des Fundaments erlitten haben, erklärt werden. Daher müssen wir annehmen, daß früher das Fundament durch irgend eine Bedeckung tief begraben war, um dann erst durch spätere Erosion der Bedeckung zu einer flachen Rumpfebene abgetragen zu werden (Abbild. 24).

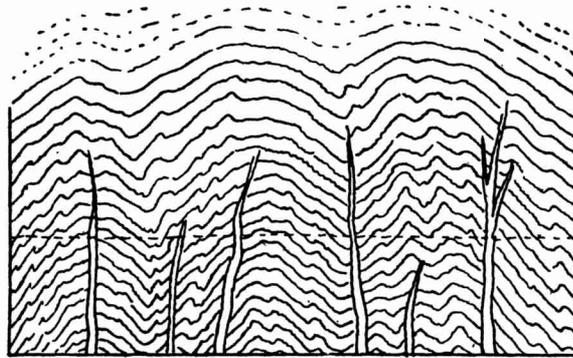
Wenn wir die Struktur des Fundaments näher prüfen, entdecken wir, dafs seine flache Flur sowohl die Schieferung seiner Gesteine, als auch seine reichlichen Gänge durchschneidet. Dadurch wird es höchst wahrscheinlich, dafs seine frühere Bedeckung aus einem emporgerichteten Teile seiner eigenen Masse entstand, und es ist ganz vernünftig anzunehmen, dafs die Ausdehnung dieser Masse bis zu einer gebirgs-



Abbild. 24.

artigen Höhe reichte (Abbild. 25), um die nötigen Bedingungen betreffs Temperatur und Druck in dem damals tief begrabenen Teil des Fundaments zu erzeugen.

Die alten Gebirge, die sich über das Fundament vormals erhoben, wurden durch unendlich lang andauernde Erosion verzehrt und in eine ungefähr im Meeresniveau liegende Tieflandflur umgewandelt. Die



Abbild. 25.

Flachheit dieser Flur ist so vollkommen, dafs sie nicht übertrieben werden kann. Sie ist nicht nur, in ihrer gegenwärtigen geneigten Stellung, in einem Teil des Cañons zu sehen; sie ist durch Verwerfungen so gestellt worden, dafs sie zu wiederholten Malen in verschiedenen Punkten längs des Cañons durchschnitten worden ist: daher war die Flur keine blofs lokale Erscheinung, sondern eine weit ausge-

dehnte Oberfläche. Überall, wo die Flur sichtbar wird, ist sie sehr eben; man kann sich kaum ein besseres Beispiel eines völlig geebneten Gebirgsrumpfes vorstellen.

Auf diese Weise enthüllen uns die Cañonwände ein zweites Beispiel eines vollendeten Erosionszyklus, dessen endliches Ergebnis die folgerichtige Erlangung einer Reihe jugendlicher, reifer und alter Formen ist.

Die Kraft der Erosion beweist sich jedoch nicht nur durch das Zerstörungswerk, das in den beiden ehemaligen Abtragungsebenen enthüllt wird. Die Ablagerung der mächtigen Folge von Keilschichten und Plateauschichten bedeutet eine übereinstimmend mächtige Erosion in irgend welchen Nachbargebieten, die langsam abgetragen worden sein müssen, während diese Schichten sich anhäufte. Und nicht ehe alle diese Erosionen und Ablagerungen vollendet waren, deren jede eine viel längere Zeitperiode beanspruchte als die, welche zur Erosion des heutigen Cañon nötig war, bildete sich das Plateau, in das der Cañon erodiert worden ist.

Mit der Plateaureihe beginnt die wohlbegründete geologische Chronologie. Die Keilschichten entbehren Versteinerungen, aber die untersten Schichten der Plateaureihe, zumeist aus Sandstein bestehend, enthalten Trilobiten aus der kambrischen Zeit. Die Schiefer in der mittleren Reihenfolge enthalten Versteinerungen aus der devonischen Zeit, und die obersten Schichten, aus Kalk und Sandstein bestehend, weisen eine karbonische Fauna marinen Ursprungs auf.

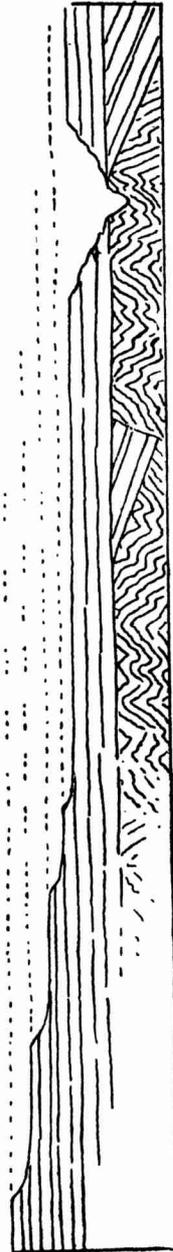
Betrachten wir nun die ebene Himmelslinie des Hochlandes, die aus der obersten Plateauschicht gebildet ist, so scheint uns, daß die Erhebung des Hochlandes und die Erosion des Cañon alle die Perioden von der Karbonzeit bis zur Gegenwart in Anspruch genommen haben dürfte. Dieses ist aber keineswegs der Fall gewesen.

Machen wir einen Ausflug in nördlicher Richtung über das Hochland! In einer Entfernung von etwa 80 km vom Cañon treffen wir auf eine Steilwand, gebildet aus dem vorstehenden Rand widerstandsfähigen Permsandsteins. Eine weitere, noch höhere Steilwand folgt auf dem öden Hochland einige Kilometer weiter nach Norden; ihre Felsen bestehen aus rotem Sandstein, augenscheinlich aus der Triaszeit. Das Verhältnis dieser Steilwände zum Hochland und zum Cañon läßt sich in einem nord-südlichen Querschnitt darstellen (Abbild. 26). Hieraus geht hervor, daß die mächtige Reihe der mesozoischen Schichten, allmählich sich nach Norden senkend, auf den Karbonschichten, welche den oberen Rand des Cañon bilden, in regelmäßiger Ordnung aufliegt. Heutigentags ziehen sich die Steilwände

durch Verwitterung nach Norden zurück, früher aber erstreckten sich ihre Schichten weiter gegen Süden, und man hat guten Grund anzunehmen, dafs die mächtige mesozoische Reihe sich dereinst weit über die Gegend erstreckte, in welche der Cañon heute eingegraben ist. Die mesozoische Reihe besteht aus grofsartigen Bildungen. Der zweiten oder triassischen, aus rotem Sandstein bestehenden Steilwand folgend, findet sich eine zerrissene Steilwand aus weifsem jurassischen Sandstein, wahrscheinlich die Ablagerung des vom Winde getragenen Sandes einer früheren Wüste. Darüber finden sich weniger mächtige Kreideschichten marinen Ursprungs und dann eine grofse Masse kontinentaler Eozän-schichten, im ganzen mindestens 1500 m mächtig.

Die Ablagerung dieser grofsen Schichtenreihe erforderte einen langen Zeitzyklus und seine Abtragung vom grofsen nach Süden liegenden Gebiete einen anderen Zyklus, deren beider Dauer viel länger war als der Zeitraum der Cañon-Erosion. Angesichts der Tatsache, dafs frühe Tertiärschichten die oberste Steilwand der Reihe bilden, bleibt nur die mittlere und spätere Tertiärzeit für die weit verbreitete Niederschaffung dieser mächtigen Reihe vom Hochland, dessen blofsgelegte Oberfläche damals Tiefland gewesen sein mufs, und nur die spätere Tertiär- und Posttertiärzeit für die Erhebung des blofsgelegten Gebietes und die Erosion des Cañon.

Die Lehre, welche der Geograph aus dieser Offenbarung der vergangenen Geschichte der Erde ziehen soll, ist einfach die, dafs die bestehenden Formen der Länder das Ergebnis langsamer, lange tätiger Vorgänge von Krustenbewegungen, Erosion und Ablagerung sind, die in mannigfachen Verbindungen sich betätigten. Ist diese Lehre aber gut verstanden, so tritt noch eine andere hinzu, nämlich dafs geographische Beschreibungen bestehender Landformen Bericht von deren Ursprung geben müssen, nicht notgedrungen eine vollständige geologische Geschichte aller vergangenen Ereignisse, aber ganz gewifs so-



Abbild. 26.

viel von diesen, als uns zum Verständnis gegenwärtiger Formen verhilft: in einem Wort, daß die altmodische, empirische Beschreibung von Landformen durch eine erklärende, genetische, rationelle Beschreibung zu ersetzen ist. Die Entwicklung einer systematischen Methode erklärender Beschreibung ist ein der Arbeit eines Geographen würdiger Gegenstand.
