

Die Reliktlandschaften des Colorado Plateaus und Grand Canyons

Teil 1: Vorpliozäne Formung des Colorado Plateaus, Suche nach einem Vorläufer des Colorado Rivers

Thomas Herzog, Kulturstraße 17c, 86165 Augsburg

Zusammenfassung: Die Vorstellung von der Beständigkeit der weiten und alten Wüstenlandschaft der Bundesstaaten Utah, Colorado, Arizona und New Mexico im Südwesten der USA löst sich bei Betrachtung der Flußgeschichte des Colorado Rivers in ein kurzes Szenario schneller Erosion auf dem Colorado Plateau und im Grand Canyon auf, begleitet von der Umlagerung gewaltiger Gesteinsmassen. Die Landschaftsgeschichte des Colorado Plateaus sowie des Grand Canyons wird getrennt in zwei Teilen dargestellt.

In Teil 1 werden zunächst Indizien in der Zeit zwischen der Kreide/Tertiär-Grenze und dem Pliozän beleuchtet (Abb. 5). In dieser Periode soll ein bzw. sollen die Vorläufer des Colorado Rivers die morphologische Formung der weiten und alten Wüstenlandschaft geleistet haben, die auf den südlichen Teilplateaus (Abb. 3) des Colorado Plateaus (Abb. 1) in weniger als 15 Millionen Jahren (Ma) (nach radiometrischen Datierungen) zur Abtragung von bis zu 1.600 m Schichtsäule auf mehreren Hundert Quadratkilometern geführt haben soll. Dabei wurde auf eben dieser Fläche überall dasselbe stratigraphische Niveau der permischen Kaibab Kalke freigelegt (Abb. 4).

Anschließend wird im Teil 2 die Etablierung des Entwässerungssystems dargestellt, das wir heute das Colorado River Basin nennen (Abb. 1) und in dem der gewaltig erscheinende Grand Canyon doch nur einen kleinen Abschnitt bildet. Die Erosion des Canyons begann lange nach der Formung der Wüstenlandschaft auf dem präoligozän freigelegten Niveau der Kaibab Kalke. Sonderbarerweise blieb diese mehr als 15 bis 30 mal ältere Oberfläche der südlichen Plateaus (s. Teil 1) von der Erosion und dem Sedimenttransport durch den Grand Canyon unberührt. Dieser entwickelte sein atemberaubendes Talsystem in weniger als 2 Ma. Von dessen erodierten Gesteinsmassen sind flußabwärts nur unbedeutende Reste erhalten. Kurios ist auch die Position des Canyons, der entgegen dem natürlichen Gefälle und entgegen zahlreicher Hindernisse in den Südwestrand des Colorado Plateaus geschnitten wurde.

Trotz einer langen und detaillierten Forschung ist es nicht gelungen, eine befriedigende Antwort im Sinne des *Aktualismus* zur Entwicklung des Colorado Flußsystems vor dem Pliozän zu geben. (Kursiv geschriebene Begriffe sind im Glossar erläutert.) Der springende Punkt ist dabei die *stratiforme* Freilegung der Kaibab Kalke, die durch einen oder mehrere Vorläufer des Colorado Rivers beharrlich fortschreitend erfolgt sein soll und mit einer *Denudation* und *Deflation* einhergegangen sein könnte.

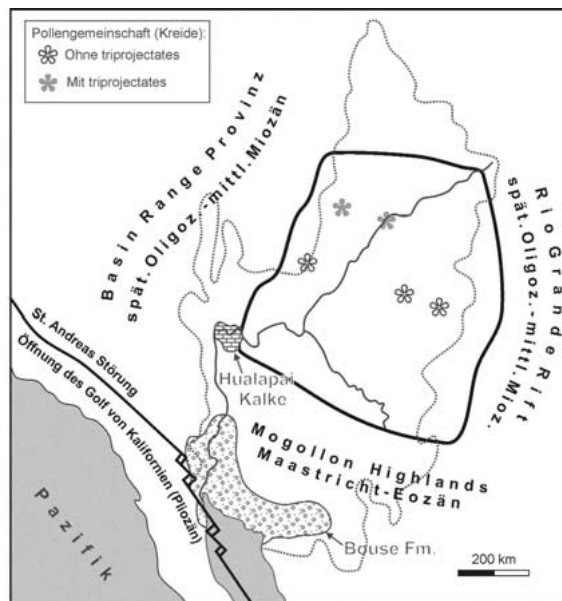
Die in der Literatur zum Colorado Plateau diskutierten heutigen Landschaftsformen und die immer noch fehlenden Beweise für ein beharrlich fortschreitend erodierendes Entwässerungssystem lassen sich nach Ansicht des Autors ebenso als Stillstand nach einem oder mehreren, sehr massiven geologischen Prozessen deuten, z.B. Deutung der *stratiform* freigelegten Plateaus durch großflächige Schichtflächenerosion infolge großer Wassermassen. Die Plateaulandschaften im Südwesten der USA wären damit eine Reliktlandschaft – Relikte von geologischen Katastrophen –, die heute von einem an sich kleinen Fluß entwässert werden, der Colorado River genannt wird.

BEUS und MORALES stellen in ihrem 1990 erschienenen Buch *Grand Canyon Geology* eine Reihe von Artikeln zusammen, die z.T. von Veteranen der geologischen Erforschung des Colorado Plateaus stammen und unser Bild seiner Erdgeschichte geprägt haben. Der vorliegende und der noch fol-



Abb. 1: Geographische Übersicht des Colorado Plateaus. Das Einzugsgebiet des Colorado Rivers beträgt ca. 647.497 km² (Punktlinie). Die Grenzen der US-Bundesstaaten sind mit einer Strich-Punkt-Linie dargestellt. Das Colorado Plateau ist mit einer durchgezogenen Linie und das Gebiet des Grand Canyons mit einer gestrichelten Linie umrissen. (Nach CARRIER, J. & RICHARDSON, J. 1991, 16-17; nach AUSTIN 1994)

Abb. 2: Geologische Übersicht des Colorado Plateaus und seines Umfeldes, Erklärungen im Text. Die Region- und Zeitangaben geben geologisch-tektonische Regionen und deren aktive, zeitliche Periode an. (Rift s. Glossar; nach CARRIER, J. & RICHARDSON, J. 1991, 16-17; nach AUSTIN 1994)



gende Beitrag beziehen sich vorwiegend auf diese Sammlung von Monographien. Im Gegensatz zu BEUS & MORALES (1990) werden hier die geowissenschaftlichen Indizien in ihrer chronologischen, erdgeschichtlichen Reihenfolge verknüpft und nicht nach Disziplinen getrennt (z.B. Paläontologie, Tektonik, Sedimentologie etc.).

Glossar

Aktualismus: Heute verbreiteter Begriff: „Aktuogeologie“. Die aktuell ablaufenden geologischen Prozesse haben danach in der gleichen Intensität in der Erdgeschichte gewirkt, wodurch die Gegenwart zum Schlüssel für die Vergangenheit wird. Väter dieser Sichtweise sind James HUTTON (1726-1797) und Charles LYELL (1797-1875).

Deflation: Durch die aus- und ablassende Tätigkeit des Windes werden je nach Windstärke unterschiedlich feine Bestandteile des Bodens weggeweht. Die Deflation ist bei fehlender Vegetationsdecke besonders wirksam und ist somit in Trockengebieten die dominierende Form der Abtragung.

Denudation: lat. *denudatio* = Entblößung: Eine flächige Abtragung der Erdoberfläche durch exogene Kräfte (Verwitterung, Wasser, Wind o.ä.).

Laramisch: Die Laramische Phase bezeichnet einen Zeitabschnitt an der Wende der Kreide zum Tertiär, in der es regional zu Faltungen, Hebungen etc. kam.

Mäander: Dicht aufeinanderfolgende

de Windungen und Schleifen bestimmen den Verlauf eines Fluß- oder Bachbettes.

Paläotäler: Vorzeitliche, nicht mehr aktive Täler deren Talform oder Flußbett (Kiese, Gerölle) erhalten sind.

Rift: Bezeichnet sehr lange, durch Brüche begrenzte Gräben, z.B. Ostafrikanischer Graben oder Rheintal (s. Rio Grande Rift in Abb. 2).

stratiform: Bezieht sich im Sinne der Stratigraphie (= Beschreibung der Aufeinanderfolge von Gesteinsschichten als Fachgebiet der Geologie) auf geologische Prozesse oder Lagerstätten (Erzkörper), die parallel zu den vorliegenden Schichten stattfinden oder liegen. In der Literatur zum Grand Canyon werden die sanft gewellten Plateauoberflächen als stratiform bezeichnet, weil sie innerhalb eines Schichtgliedes liegen, z. B. im Niveau der Kaibab Kalke.

Tonschluffsteine: Auch irreführend als Schiefertone bezeichnet. Es sind dünnplattig, „schiefrig“ absondernde Sedimentgesteine aus Komponenten mit den Korngrößen von Ton- (< 0,002 mm) bis Feinsand (< 0,2 mm).

Geographische Einführung

Der Grand Canyon bildet einen rund 440 km langen Flußabschnitt des Colorado Rivers durch den südwestlichen Rand des Colorado Plateaus (Abb. 1 und 3). Beschränkt der Zaungast seinen Blick vom Rand des Canyons auf den in der Tiefe fließenden Colorado River und läßt die unzähligen Zweige des Flußsystems außer acht, so steht er vor einem 900 bis 1.800 m tiefen Tal, das sich an der Oberkante aber nur 6,4 bis 28,8 km weit öffnet. Die Oberfläche des Colorado Plateaus liegt im Nordosten am Glen Canyon Damm des Lake Powell bei 1.500 m ü. NN und steigt nach Südwesten auf 2.200 m (Gebiet um Grand Canyon Village) an. Die südliche Kante des Kaibab Plateaus liegt bei 2.400 m ü. NN (Abb. 8). Der Colorado River liegt im Grand Canyon auf rund 720 m ü. NN. Durch den Colorado River wird eine Fläche von 630.000 km² entwässert, das entspricht 1/12 der Fläche der USA oder fast der doppelten Fläche der Bundesrepublik Deutschland (360.000 km²).

Form des Colorado Plateaus und Versiegelung der südlichen Plateaus durch paleo-eozäne Schotter („rim gravels“)

Entsprechend den wechselnden Festigkeiten der Gesteine stehen heute auf dem Colorado Plateau markante Geländestufen an: Flache Hänge bestehen aus *Tonschluffsteinen*, sie wechseln mit steilen Stufen aus härteren Kalken oder Sandsteinen ab (in den amerikanischen Formationsnamen ist häufig von „Quarziten“ die Rede, es handelt sich aber nicht um metamorphe Quarzite, sondern um sedimentäre Sandsteine). DUTTON (1882) gab der Hunderte Quadratkilometer großen, treppenförmigen Landschaft deshalb den Namen „Grand Staircase“ (Abb. 3).

Viele Indizien zeigen, daß die Formung der Grand Staircase von Südwesten nach Nordosten fortschritt. Jeweils im Südwesten sind die älteren Plateauoberflächen und Spuren der heutigen Täler zu finden, d.h. die Geländeformen wurden immer weiter nach Nordosten verschoben. Als beispielhaft gilt dafür der alte Lauf des Little Colorado Rivers, der südwestlich des heutigen Tales liegt. Auch auf dem Shivwits Plateau existieren alte, bis zu einige Kilometer breite und weit *mäandrierende Paläotäler*. Sie wurden teilweise während des Mittleren Miozäns von Basalten gefüllt. An der Basis und auf den Basalten liegt noch der Hangschutt, der vermutlich den damaligen begrenzenden Talflanken zugeschrieben werden kann. Durch das kontinuierliche Verschieben der Talflanken nach Nordosten können die Talfüllungen heute auch isoliert vorkommen.

Das geologische Alter der Landoberfläche kann anhand der rim gravels ermittelt werden. „Rim“ bezieht sich auf den Rand des Colorado Plateaus zu den südwestlichen und südlich gelegenen Mogollon Highlands, dem „Mogollon Rim“ (Abb. 2); „gravels“ sind Kiese. Die Mogollon Highlands wurden evtl. in der obersten Kreide (Maastricht) bzw. im Paleozän und Eozän während der *Laramischen Phase* als Gebirge gegenüber dem Gebiet des heutigen Colorado Plateaus gehoben (ELSTON et al. 1989; Abb. 5). Mit den steigenden Mogollon Highlands im Südwesten muß die Schichtfolge des Colorado Plateaus nach Nordosten gekippt sein, denn die Schüttungsrichtungen in den rim gravels zeigen von Südwesten nach Nordosten (FINELL 1962; MCKEE & MCKEE 1972; PEIRCE 1984; PEIRCE et al. 1979; PEIRCE & NATIONS 1986).

Die rim gravels liegen auf dem Südwest- und Südrand des Colorado Plateaus (Abb. 1) und vorwiegend auf dem Hualapai Plateau (Abb. 3) in zahlreichen mäandrierenden Paläotälern. Weitere rim gravels liegen auf der flach gewellten Oberfläche des Kaibab- und des Coconino Plateaus sowie am Little Colorado River. Die rim gravels haben ein paleo-eozänes Alter und ermöglichen so eine Trennung älterer oder jüngerer Abtragungen oder Ablagerungen.

Schnelle, stratiforme Freilegung der gewaltigen Ebenen der südlichen Plateaus im Paleo-Eozän

Das Hualapai Plateau war bereits in einer frühen Periode des Paleozäns bis hinab zum Oberkarbon stratiform freigelegt worden, d.h. mindestens 1.600 m Schichtsäule wurden auf mehreren Hundert-Quadratkilometern (ca. 100 x 50 km) in höchstens 15 Ma abgetragen (MORALES 1990, 247).

Auf der gewaltigen Fläche des Shivwits-, Uinkaret-, Kanab-, Kai-

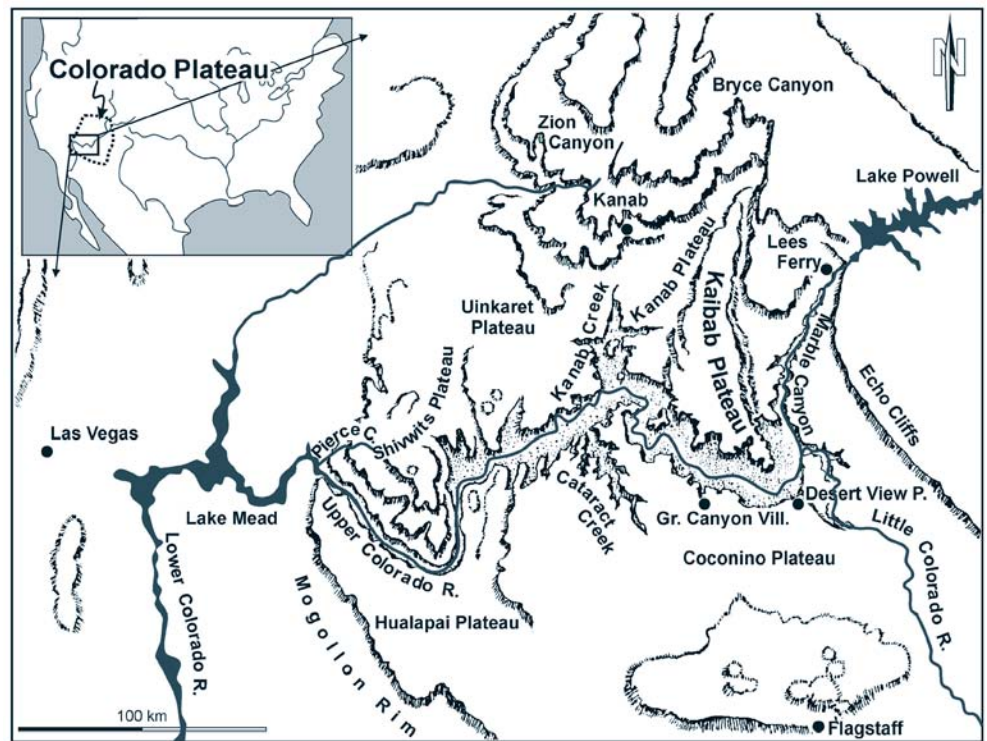


Abb. 3: Geographische Übersicht des Grand Canyon Gebietes mit skizzierter Morphologie. (Nach HUNT 1969; BEUS & MORALES 1990; AUSTIN 1994)

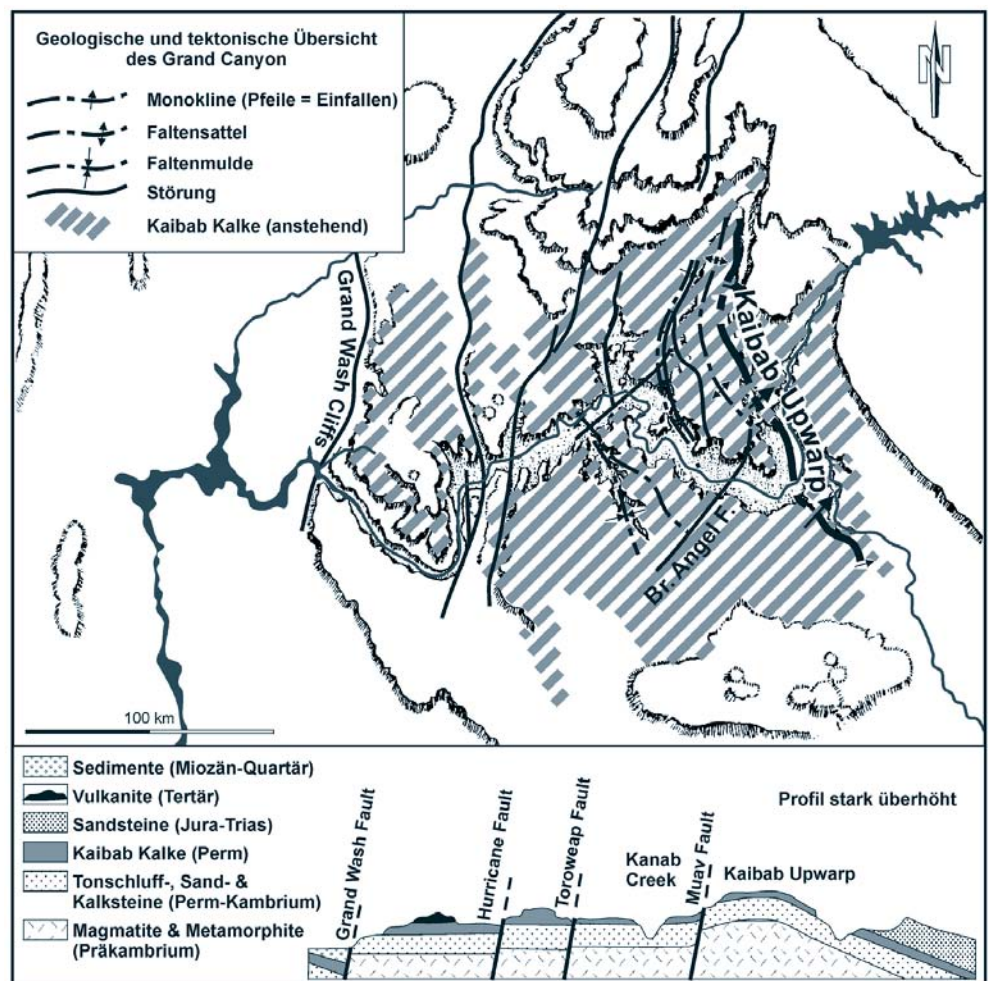


Abb. 4: Geologische Übersicht des Grand Canyon Gebietes. (Nach HUNT 1969; BEUS & MORALES 1990; AUSTIN 1994)

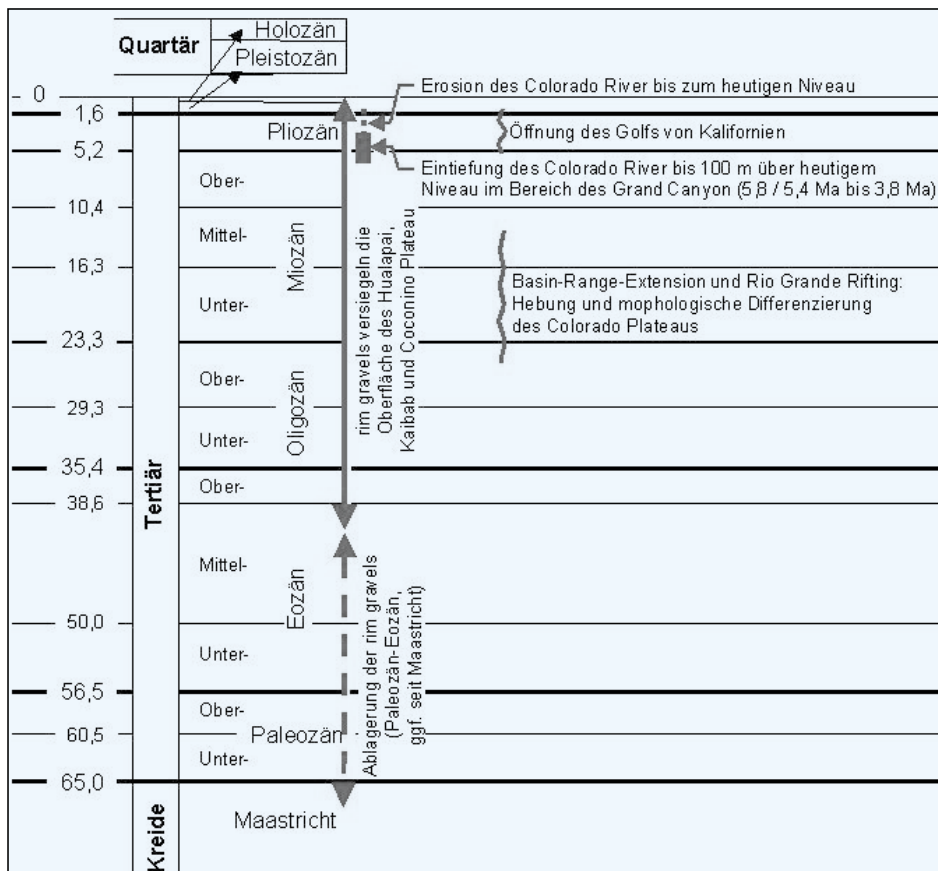


Abb. 5: Stratigraphische Tabelle mit den wichtigsten geologischen Ereignissen. (Nach BEUS & MORALES 1990; Altersangaben nach HARLAND et al. 1990)

bab- und Coconino Plateau stehen flächendeckend die Kaibab Kalke an (Abb. 4 und 6). Auch hier wurden die vormals aufliegenden Schichten genau bis zu einem stratigraphischen Niveau abgetragen (Niveau der Kaibab Kalke). Das Volumen der abgetragenen Schichten kann anhand von Erosionsresten, z.B. nicht erodierten Bergkegeln bestimmt werden, wie dem ca. 200 m hohen Cedar Mountain (Abb. 7) östlich des Desert View Point oder dem ca. 300 m hohen Red Butte (26 km südlich von Grand Canyon Village, Abb. 3). Diese Kegel sind wiederum nur die Reste an der Basis von weiteren 600 m Schichtsäule, die hier vorhanden gewesen sein müssen (AUSTIN 1994, 84). Konservativ geschätzt handelt es sich um ein Volumen von 36.000 km³ Gestein (anstehende Kaibab Kalke von ca. 200 x 200 km und Erosion von ca. 0,9 km Schichtsäule), die ebenfalls in höchstens 15 Ma abgetragen wurden.

Deutung der paleo-eozänen Prozesse

Die Erosion wird mit sich eintiefenden, mäandrierenden Flüssen erklärt (DUTTON 1882; ELSTON et al. 1989; FINELL 1962; MCKEE & MCKEE 1972; PEIRCE 1984; PEIRCE et al. 1979; PEIRCE & NATIONS 1986; LUCCHITTA 1990). Eine Deutung, die nach Meinung des Autors nicht „geo-logisch“ ist. Aktualistisch ist sie in keinem Fall korrelierbar, weil die aktuellen geologischen Prozesse überhaupt nicht vergleich-

bar sind. Hier herrscht ein Erklärungs-Vakuum. Im Gegenteil ist eine solche Abtragungs- und Transportleistung aus aktualistischer Sicht nur mit gewaltigen Wassermassen vorstellbar. Dabei geben die 15 Ma zwar einen maximalen, quasi kontinuierlichen Zeitrahmen vor, in welchem aber einzelne Prozesse während einzelner Perioden (z. B. während tektonischer Hebungen) diese Leistung vollbringen mußten. Weil aber 15 Ma bereits ein sehr enger Zeitrahmen sind, müssen die Einzelereignisse darin entsprechend heftig gewirkt haben.

Keine Flußbildung trotz der großregionalen Tektonik zwischen Oligozän und Pliozän

Geologen verbinden mit großregionalen tektonischen Prozessen, dem Aufsteigen von Plateaus und der Bildung von Becken, bedeutende Veränderungen der Entwässerung, das Auslösen von Erosion sowie Sedimentbildung etc. Für die

Flußgeschichte des Colorado Rivers und der Bildung des Grand Canyons sind speziell die Ereignisse an der Grand Wash Störung entlang den ebenso benannten Grand Wash Cliffs wichtig, denn der Colorado River tritt dort aus der Schlucht des Grand Canyons heraus (Abb. 4). Er kann anhand der Sedimente bezüglich seiner Erosions- und Transportleistung analysiert und zeitlich eingestuft werden.

Im Mittleren Miozän zerbrach die Region westlich des Colorado Plateaus zu Horsten und Gräben, zu der Basin Range Provinz (Abb. 2 und Abb. 5). Zwischen der Basin Range Provinz und dem Colorado Plateau verschob die Grand Wash Störung die zerfallenden Schollen gegen das Plateau horizontal um 4.900 m (LUCCHITTA 1967). Es handelt sich um eine horizontale Blattverschiebung, d.h. eine tektonische Verschiebung von zwei Einheiten in überwiegend horizontaler Richtung entlang steiler oder vertikal stehender Störungen.

Nach HUNTOON (1990, 301-302) fanden die Hauptbewegungen in einzelnen Schüben im Zeitraum zwischen 18 Ma und 8 Ma statt (BOHANNON 1984; BLAIR 1978). Zusätzlich bewegten sich die Schollen vertikal gegeneinander, sodaß am Ende das Colorado Plateau in seinem Umriß definiert war und als Hochgebiet nun selbst der Erosion unterlag.

Folgende Indizien sind aus der Flußgeschichte dieser Zeit bewahrt:

- Am Rand des Colorado Plateaus: Zu den Flüssen, die während der ersten Phase rückschreitend erodierten und große Sedimentfächer an den auf-

steigenden Grand Wash Cliffs bildeten, gehört z.B. der Pierce Canyon (am Westrand des Shivwits Plateaus, s. Abb. 3). Er liegt 2,5 km nördlich des Grand Canyons, seine Sedimente wurden viel später vom pliozänen Colorado River angeschnitten. Hier und anderswo handelt es sich immer nur um kleine, vereinzelte Sedimentfächer aus sedimentologisch eng begrenzten Einzugsgebieten. Mit dem Ausmaß eines Flußsystems ähnlich des Colorado River Basins sind diese Bildungen nicht annähernd vergleichbar.

Solche Abtragungs- und Transportleistungen sind aus aktualistischer Sicht nur mit gewaltigen Wassermassen vorstellbar.

● Auf dem Colorado Plateau: Aus den im Miozän (Oligozän?) aktiven Talsystemen auf dem Colorado Plateau entwickelte sich während den Hebungen kein einheitliches Entwässerungsnetz. Auf der enormen Fläche der südwestlichen Plateaus des Colorado Plateaus können überhaupt nur drei Täler als alte, reife Flußtäler angesprochen werden: Der Little Colorado River, der Cataract Creek und der Kanab Creek (LUCCHITTA 1990, 327; Abb. 3 und 8). Diese drei Talsysteme verbanden sich jedoch weder zu einem großen System, noch entwickelten die einzelnen Flüsse eigenständige Verbindungen zum Rand des Plateaus und in das Vorland hinaus, wie wir es heute vorfinden.

Bei manchen Autoren resultiert aus der Beobachtung der aktuell ablaufenden geologischen Prozesse und dem Vergleich mit anderen großen Wüstengebieten der Erde die Theorie bzw. Frage, ob man überhaupt einen alten Colorado River in dieser Region suchen muß bzw. finden kann (LUCCHITTA 1990, 325). Die Region hätte demnach bis zum Oligozän als Tiefebene und wohl auch im Miozän als Colorado Plateau bei wüstenhaftem Klima eine Landschaftsentwicklung als *Denudations-* oder *Deflationsgebiet* (MORALES 1990, 248) erlebt und hätte, gemessen an den aktuell zu beobachtenden geologischen Prozessen in Wüsten, kein kontinuierliches Entwässerungssystem entwickeln müssen. Hingegen beweisen paleo-eozäne kilometerbreite Täler, daß es Flüsse gegeben hat. Außerdem sind bis heute ihre originalen Talfüllungen erhalten, die keine Spuren einer *Denudation* zeigen.



Alte und aktuelle Modelle der paleozänen-miozänen Flußgeschichte

Angesichts des Ausmaßes der Erosion wurden zur Formung des Colorado Plateaus und des Grand Canyons gewaltige Zeiträume postuliert, so daß bis in die 60er Jahre ein *antecedenter* Colorado River diskutiert wurde (LUCCHITTA 1990), der auch mit der Faltung, Hebung und Freilegung des Colorado Plateaus erodierend mithalten konnte und seine Position behauptet haben soll (antecedent bezeichnet ein Tal, das vor der Hebung eines Gebirges angelegt wurde und bei der Landhebung seine Position beibehalten konnte). Nachdem aber zweifelsfrei feststand, daß der Colorado River im Grand Canyon jünger als die Faltungen und Hebungen des Colorado Plateaus ist, wurde dieser Ansatz auf einem öffentlichen Symposium schriftlich abgelehnt (McKEE et al. 1967).

In derselben Publikation von McKEE et al. ist auch das erste mehrphasige Modell zu finden, in dem die Landschafts- und Flußgeschichte aus Indizien auf dem Plateau, im Grand Canyon und am Auslaß in die Basin Range Provinz an den Grand

Abb. 6: Streifender Blick über die seit 30–60 Ma unveränderte laramische Landschaft am Horizont, vom Coconino Plateau zum Kaibab Plateau (Abb. 3). Im Vordergrund liegt der in rund 2 Ma gebildete Grand Canyon.

Abb. 7: Ansicht des Cedar Mountain vom Desert View Point (Abb. 3). Im Canyon hinter dem ca. 200 m hohen Bergkegel verläuft der Little Colorado River.



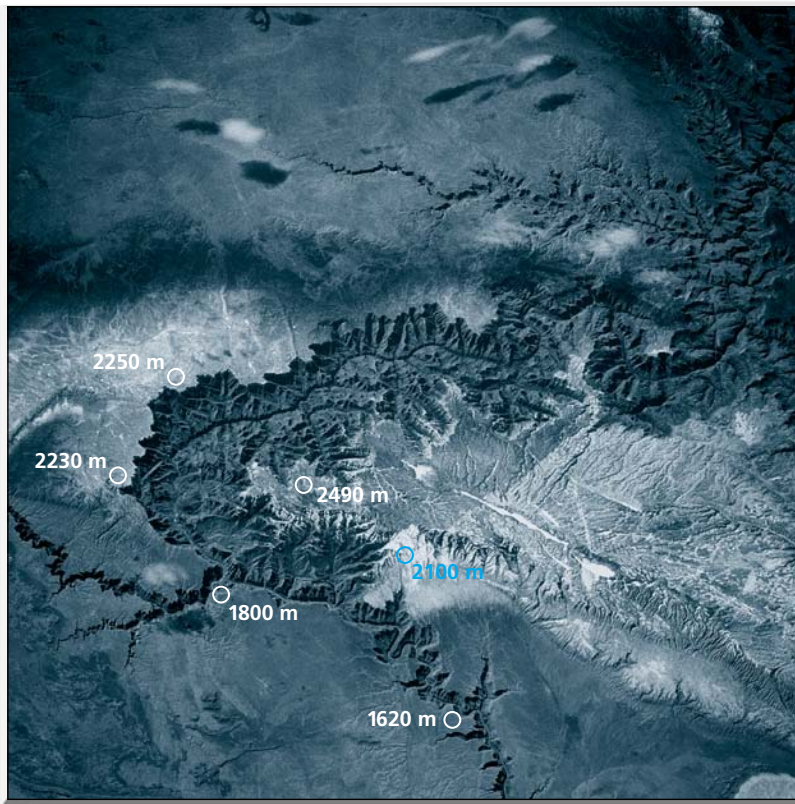


Abb. 8: Satellitenaufnahme mit Blickrichtung nach Südwesten auf die schneebedeckte Kaibab Upwarp, mit dem Kaibab Plateau (rechts vom Canyon) und dem Coconino Plateau (links). Im Vordergrund liegt vor der Öffnung des breiten Grand Canyons der Marble Canyon. Von Südosten (von links) mündet der Little Colorado River ein. Nach dem schneebedeckten Teil des Coconino Plateaus folgt im Südwesten der Canyon des Cataract Creek. (NASA Photo #: STS060-083-005 vom 10. Februar 1994)

Wash Cliffs (Abb. 4) während den verschiedenen Perioden der Erdgeschichte zusammengesetzt wird. Das Modell ist die „Mutter“ aller folgenden Modelle, es wurde modifiziert und wird durch jede weitere abgeschlossene Geländearbeit nur aufs neue beleuchtet (LUCCHITTA 1990). Es wird in Teil 2 detailliert erläutert.

Die Gruppe von Forschern um McKEE (McKee et al. 1967) vertritt folgende Theorie: Bevor der Colorado den Grand Canyon im Osten erreicht, existieren Flußablagerungen aus dem Miozän und nur unsicher eingeordnete ältere Sedimente (Oligozän?; HUNT 1969). Der Upper Colorado River ist also älter als der Lower Colorado River. Sie diskutieren, daß der Upper Colorado River über den ebenfalls alten Little Colorado River nach Südosten entwässert hat. Der Little Colorado soll dabei entgegengesetzt zu seiner heutigen Richtung benutzt worden sein und hätte erst nach der Erosion des Grand Canyon seine heutige Richtung erhalten. Bereits mit der Umgestaltung der Verhältnisse beim Aufsteigen des Colorado Plateaus im Miozän soll der Transport der rim gravels von Südwesten nach Nordosten geendet haben (PEIRCE et al. 1979; YOUNG 1966; YOUNG & BRENNAN 1974; LUCCHITTA 1967, 1979).

LUCCHITTA (1990, 329) geht dagegen von einer konstant nord-gerichteten Entwässerung während und nach der *Laramischen Hebung* (Wende Kreide/Tertär) bis zum Beginn der Erosion des Grand Canyon durch den Colorado River (oberstes Miozän/frühes Pliozän) aus.

Beide Schulen um LUCCHITTA und McKEE stoßen auf zwei Probleme:

- Beide Modelle verteilen die Geländebefunde auf einen durch die stratigraphische Tabelle (Abb. 5) vorgegebenen Zeitrahmen von mehr als 55 Ma, in dem die Plateauoberfläche exakt bis zum Niveau der Kaibab Kalke nivelliert wurde bzw. war und dann trotz aller Witterungseinflüsse und aller vorhandenen Flüsse (*Paläotäler*) unverändert bestehen blieb. 55 Ma sind ein maximaler Zeitrahmen. Verschiedene Teile des Plateaus wurden am Beginn oder Ende dieses Rahmens geformt, trotzdem wird insgesamt eine kontinuierliche Entwicklung aufgrund des Zeitrahmens und der aktualistischen Beobachtungen vorausgesetzt.

- Beide Modelle argumentieren mit Indizien, d.h. mit Schottern und Paläotälern auf dem Colorado Plateau. Im Zu- und Abstrom des Colorado Plateaus müßten ebenso solche Spuren zu finden sein. Nach bisherigem Kenntnisstand fehlen diese jedoch, d.h. es gibt keine Verlängerung der Flußläufe oberhalb und unterhalb des Colorado Plateaus. LUCCHITTA (1990, 317) schreibt auf diese Frage in seiner Zusammenfassung der Indizien, der Colorado River habe das Colorado Plateau nach Nordosten „to an as yet unknown destination“ gequert. Aber nicht nur im Nordosten fehlen die Sedimente: Im Südosten, und für das McKEE-Modell notwendig, fehlen die Gerölle eines alten Colorado Rivers ebenfalls (COLLIER 1980; LUCCHITTA 1988)!

Diskussion

Einerseits ist die allgemein angestrebte Argumentation mit einer *Denudation* und *Deflation* vor dem Pliozän zur Bildung der Grand Staircase unbefriedigend, nämlich angesichts der deutlich vorhandenen Paläotäler (also kontinuierlich fließendes Wasser), anstatt von typischen Wadis (charakteristische Talformen und -füllungen durch periodische Regenereignisse, wie wir sie von den heutigen Wüsten kennen).

Nicht Wind und Wetter,
sondern Wassermassen haben
die Landschaft flächig freigespült.

Daß kurzfristig gewaltige Sedimentmassen erodiert und transportiert wurden, ist klar, sonst wären das Colorado Plateau und der Grand Canyon nicht da. Der daraus ableitbare bzw. erforderliche geologische Prozeß muß gewaltig gewesen sein: Nicht Wind und Wetter, sondern Wassermassen haben die Landschaft flächig freigespült.

Schließlich gab es auch kein regionales vorpliozänes Colorado River-System, wie es bei Betrachtung der geographischen und geologischen Verhältnisse zu erwarten wäre. Die vorhandenen Paläotäler beschränken sich ausschließlich auf das Colorado Plateau und reichen nicht darüber hinaus. Bleibt man also der bestehenden Deutung treu, daß die vielen Tausend Kubikkilometer Erosionsreste von der Formung der Grand Staircase in Flüssen transportiert wurden, kann die erforderliche Antwort bezüglich dem Verbleib der Erosionsreste nicht gegeben werden.

Danksagung: Der Autor dankt Prof. Siegfried SCHERER (Freising) für die inhaltliche und tatsächliche Hinführung zum Grand Canyon, die durch die Studiengemeinschaft Wort und Wissen vorfinanziert wurde. Für die freundschaftliche Begleitung und fachliche Anleitung im Grand Canyon danke ich Dr. Andrew SNELLING (Brisbane, Australien; in Zusammenarbeit mit dem Institute for Creation Research, Santee, Kalifornien). Klaus NEUHAUS (Freising) und Laurence LOEWE (Freising) begleiteten als Biologen auf mutige Weise die frühe Entwicklung dieses geologischen Manuskripts.

Vor allen bedanke ich mich ganz besonders bei Dipl.-Geol. Achim ZIMMERMANN (Karlsruhe) und Dr. Reinhard JUNKER (Baiersbrunn) für die Mitgestaltung der vorliegenden Arbeit sowie ganz herzlich bei meiner Frau Claudia für die verfügbar gemachte Zeit. PTL

Literatur

- AUSTIN SA (1994) Grand Canyon – Monument to catastrophe. Santee, California: Institute for Creation Research, pp. 1-110.
- BEUS SS & MORALES M (1990) Grand Canyon Geology. New York, Oxford: Oxford University Press.
- BLAIR WN (1978) Gulf of California in Lake Mead Area of Arizona and Nevada during Late Miocene time. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin 62, pp. 1159-1170.
- BOHANNON RG (1984) Nonmarine sedimentary rocks of Tertiary age in the Lake Mead Region, Southeastern Nevada and Northwestern Arizona. U.S. Geological Survey Professional Paper 1259, 72 pp.
- COLLIER M (1980) An introduction to Grand Canyon Geology. Grand Canyon, Arizona: Grand Canyon Natural History Association, Museum of Northern Arizona.
- DUTTON CE (1882) Tertiary history of the Grand Canyon District. U.S. Geological Survey Monograph 2, 264 pp.
- ELSTON DP, YOUNG RA, MCKEE EH & DENNIS ML (1989) Paleontology, clast ages, and paleomagnetism of Upper Paleocene and Eocene gravel and limestone deposits, Colorado Plateau and Transition Zone, Northern and Central Arizona. In: ELSTON DP BILLINGSLEY GH & YOUNG RA (eds) Geology of Grand Canyon, Northern Arizona. Washington: American Geophysical Union, pp. 155-173.
- HARLAND WB, ARMSTRONG RL, COX AV, CRAIG LE, SMITH AG & SMITH DG (1990) A geologic time scale. Cambridge: Cambridge University Press.
- HUNT CB (1969) Geological history of the Colorado River. In: The Colorado River Region and John Wesley Powell. U.S. Geological Survey Professional Paper 669, 145 pp.
- HUNTOON PW (1990) Phanerozoic structural geology of the Grand Canyon. In: BEUS SS & MORALES M (eds) Grand Canyon Geology. New York, Oxford: Oxford University Press, pp. 261-309.
- LUCCHITTA I (1967) Cenozoic geology of the Upper Lake Mead Area adjacent to the Grand Wash Cliffs, Arizona. Ph.D. dissertation, Pennsylvania State University, 218 pp.
- LUCCHITTA I (1979) Late Cenozoic uplift of the Southwestern Colorado River Region. Tectonophysics 61, 63-95.
- LUCCHITTA I (1988) Canyon marker: A geological history of the Colorado River. Plateau, 59.
- LUCCHITTA I (1990) History of the Grand Canyon and of the Colorado River in Arizona. In: BEUS SS & MORALES M (eds) Grand Canyon Geology. New York, Oxford: Oxford University Press, pp. 311-332.
- MCKEE ED, WILSON RF, BREED WJ & BREED CS (1967) Evolution of the Colorado River in Arizona. Museum of Northern Arizona Bulletin 44, 67 pp.
- MCKEE ED & MCKEE EH (1972) Pliocene uplift of the Grand Canyon Region: Time of drainage adjustment. Geological Survey of America Bulletin 83, pp. 1923-1932.
- MORALES M (1990) Mesozoic and Cenozoic strata of the Colorado Plateau near the Grand Canyon. In: BEUS SS & MORALES M (eds) Grand Canyon Geology. New York, Oxford: Oxford University Press, pp. 247-260.
- PEIRCE HW (1984) The Mogollon Escarpment. Arizona Bureau of Geology and Mineral Technology Fieldnotes, vol. 14, 8-11.
- PEIRCE HW, SHAFIQUILLAH M & DAMON PE (1979) An Oligocene (?) Colorado Plateau Edge in Arizona. Tectonophysics 61, 1-24.
- PEIRCE HW & NATIONS JD (1986) Tectonic and paleogeographic significance of Tertiary rocks of the Southern Colorado Plateau and Transition Zone. In: NATIONS JD, CONWAY CM & SWANN GA (eds) Geology of Central and Northern Arizona. Geological Society of America, Rocky Mountain Section, Field Trip Guidebook, pp. 159-176.
- YOUNG RA (1966) Cenozoic geology along the edge of the Colorado Plateau in Northwestern Arizona. Ph.D. dissertation, Washington University, Washington, 167 pp.
- YOUNG RA (1970) Geomorphological Implications of Pre-Colorado and Colorado tributary drainage in the Western Grand Canyon Region. Plateau, Vol. 42, pp. 107-117.
- YOUNG RA & BRENNAN WJ (1974) Peach Springs Tuff, its bearing on structural evolution of the Colorado Plateau and development of Cenozoic drainage in Mohave County, Arizona. Geological Society of America Bulletin, Vol. 85, pp. 83-90.