Schichtstufenhänge auf dem Colorado-Plateau

- Autor: Johannes Gerlinger <joejoe@gmx.net> -
Universität Stuttgart – Institut für Geographie

Grundlagen

Das Colorado Plateau befindet sich im Süd-Westen der USA und beinhaltet Teile der Staaten Arizona, New Mexico, Utah und Colorado. Über 90% des Gebiets wird über den Colorado River und seine Zuflüsse entwässert. Bei der Morphogenese der Strukturformen des Colorado Plateaus geht man von einer vorher durch Abtragung nicht überprägten Aufschüttungsoberfläche aus. Diese Aufschüttungsoberfläche wurde von vorwiegend marinen sowie auch einigen terrestrischen Sedimenten bis zur Obertreide und den alttertiären vorwiegend limnischen Beckensedimenten gebildet, die in den größten Mächtigkeiten auf die Beckenzonen konzentriert sind. Mit dem Rückzug des Meeres in der Oberkreide und dem Aussetzen der vorwiegend limnischen Sedimentation in den Beckenzonen des Alttertiärs wurde das gesamte Colorado Plateau Abtragungsgebiet.
Mit der Heraushebung des Colorado Plateaus begann dessen Zerschneidung, gesteuert durch die von den Gebirgen in der Umgebung ausgehenden allogenen Gewässer, die als Vorläufer von Colorado, Green River, San Juan River usw. angesehen werden können.

Das in den Hauptzügen strukturunangepasste Gewässernetz verdankt sein heutiges Bild einer komplexen Reihe von Umstrukturierungen, bei denen Prozesse wie Antezendenz, Epigenese und Anzapfungen eine bedeutende Rolle spielten. Durch die initiale Zerschneidung wurden die jüngsten Glieder der mächtigen Sedimentserien von der Abtragung erfasst. Sie bildeten zunächst Talflanken aus, die sich nach dem Durchschneiden einer resistenten Schicht und dem Erreichen eines tiefer liegenden, geringresistenten Sockelgesteins zu Schichtstufen verselbstständigen konnten.

Schichtstufenentwicklung

Die weitere Entwicklung vollzieht sich unabhängig vom Talnetz. Ist dieser Initialzerschneidungsimpuls einmal gegeben, geschieht die folgende Reliefentwicklung nach dem Prinzip der an den Stufenhängen orientierten lateral gerichteten Denudation in Form von Stufenrückwanderung.
Im Gegensatz zu einer Rumpfflächen-landschaft, wo die Landoberfläche durch Flächenspülung in vertikaler Richtung parallel zu sich selbst tiefer geschaltet wird, erfolgt die Abtragung in Trockengebiets-schichtstufenlandschaften durch erosiv-denudative Prozesse am Stufenhang. Auf dem Weg der Relieftieferschaltung durch Stufenrückverlegung sind vom Colorado Plateau bereits mächtige Decken von Sedimentgestein abgeschält worden. Nach HUNT sind 80% der Fläche des Colorado Plateaus frei von Schichten, die jünger als die mittlere Oberkreide (Mesaverde Gruppe) sind. Er hält einen durchschnittlichen Abräumbetrag von mehr als 3000 m für wahrscheinlich.
Voraussetzung für die Kontinuität der Schichtstufendynamik ist eine fortlaufende Eintiefungstendenz der Fließgewässer. Wenn dies nicht der Fall ist, ertrinken die Schichtstufen in Abtragungsschutt oder sie

werden bei arideren Bedingungen mit Dominanz äolischer Formung durch Lockermaterial verschüttet, wie es paläoklimatisch mindestens einmal in der Reliefentwicklung des Colorado Plateaus der Fall gewesen ist. Erfolgt die Eintiefung der Gewässer dagegen sehr rasch und wird dabei eine Fülle von Stufenbildnern in kurzer Zeit durchschnitten, dann kommt es zur Ausbildung von steilen Stufenhängen, die Teil eines tief eingeschnittenen Canyons werden. Das Verhalten der Erosionsbasis ist hierbei eng an die Heraushebung des Colorado Plateaus gekoppelt. Für eine Datierung dieser Heraushebung liegen einige Indizien vor. Nach dem Rückzug des Meeres in der Oberkreide dürfte das gesamte Plateau während des Alttertiärs noch meeresspiegelnah, teilweise bedeckt von großen Seen, gelegen haben. Dennoch muss es auch in dieser Zeit schon zu starker Abtragungstätigkeit gekommen sein, worauf mächtige limnische Sedimente in den Beckenlagen hindeuten.

Eine verstärkte Heraushebung begann im Eozän (40 Mio. v.h.), welche nach verschiedenen Autoren auch heute noch anhält. Da das Colorado Plateau in der Anfangsphase der Hebung noch deutlich unter den umgebenden Gebieten lag, war das Gewässernetz der Umgebung lange Zeit auf das Colorado Plateau ausgerichtet und die Entwässerung über den Colorado in seiner heutigen Form noch nicht vorhanden. Darauf deuten auch miozäne und pliozäne Ablagerungen am heutigen Ausgang des Grand Canyon hin, mit deren Altersbestimmung das maximale Alter des Grand Canyon auf 10 Mio. Jahre datiert werden kann. Damit ist der Grand Canyon entgegen aller Annahmen noch sehr jung und zeigt, dass starke Tiefenerosion innerhalb kurzer Zeit diese bizarre Landschaft geschaffen hat.

Die Stufenrückwanderung war und ist der zentrale Motor der Morphogenese des Colorado Plateau. Neben den zahlreichen Zeugenbergen und freigelegten Vulkanschloten (Lakkolithe) im Vorland der heutigen Position von Schichtstufen sind die Schuttrampen sowie die geköpften Täler der Frontstufen unabweisbare Argumente für die Rückverlegung der Stufenhänge. Anhand von Zeugenbergen lassen sich Rückverlegungs-beträge berechnen, wie im Bereich der Wingate-Sandstein Schichtstufe, die an der Ostflanke der Monument Aufwölbung am Hang ausstreicht. Anhand von verschiedenen Zeugenbergen die in über 20 km Entfernung wesentlich höher liegen, konnte eine Stufenrückwanderungsrate von ca. 1km / Mio.a, bei anderen Beispielen sogar von bis zu 3km / Mio.a berechnet werden. Unterschiede in den Rückwanderungsraten werden auch auf vulkanische Deckenergüsse während des Oligozäns zurückgeführt, wodurch in einigen Gebieten die Abtragungstätigkeit für lange Zeiträume ruhte, in anderen Gebieten dagegen ungehindert weiter vorrücken konnte.

Die Morphodynamik der Strukturformen des Colorado Plateaus unterliegt den Steuerungseinflüssen des arid-morphologischen Systems. Aufgrund der hohen Reliefenergie verbunden mit wenig Niederschlag, hohen Temperaturen, geringer Vegetationsbedeckung und vorherrschender mechanischer Verwitterung in Form von Insolations-, Salz- und Frostverwitterung kommt es in Verbindung mit der lithologischen Steuerung zur Ausbildung von spezifischen Hangformen mit konvexem sowie steilem

Oberhang im Bereich einer geomorphologisch härteren Schicht (meist wasserdurchlässige Sandsteine) und einem konkaven Hangfuß im Bereich der morphologisch weicheren Schicht (tonige Wasserstauer). Die hauptsächlich vorkommende mechanische Verwitterung in Form von Insolationsverwitterung, Salzverwitterung und Frostsprengung sorgt für Absanden, Abgrusung und Desquamation je nach Ausgangsgestein. Die Verwitterungsprodukte werden dann über Runsen erodiert und zu großen Schuttkegeln und Schutthängen abgeführt und am Hangfuß akkumuliert. Aufgrund der unterschiedlichen Lithologie der verschiedenen Gesteinsschichten findet man in den einzelnen Höhenstufen der Schichtstufenlandschaft ganz unterschiedliche Hangtypen. Insgesamt können 4 verschiedene Hangtypen unterschieden werden, die ihrerseits noch verschiedene Ausprägungen haben, je nachdem in welcher Höhe sie vorkommen. So zeigen die Schichtstufenhänge auf dem Colorado Plateau eine deutliche klimatische Höhenstufendifferenzierung mit trockenem (300 mm), heißen Klima in den unteren Bereichen (bis 1900 m) und kühlerem, feuchteren Klima (bis zu 600 mm) auf 3000 m. Aufgrund von vermehrter Vegetationsbedeckung und dadurch reduzierter mechanischer Verwitterung und Abtragung in Form von Steinschlag kommt es in den oberen Höhenstufen zu einer starken Verflachung der Steilhänge. Aufgrund von Rutschungen lassen sich außerdem paläoklimatische Rückschlüsse auf Veränderungen während des Quartärs ziehen. So verschoben sich während der Kältephasen die oberen Höhenstufen in tiefere Lagen und sorgten so für eine Verlagerung der Vegetations- und Feuchtigkeitszonen. Die höhere Verfügbarkeit an Feuchtigkeit war eine Folge der geringeren Evapotranspiration, bedingt durch die Abnahme der Temperatur. Rückschlüsse auf diese Veränderungen lassen reliktische Rutschungen aus den Kältephasen zu, die heute in den tieferen trockenen Lagen zum Stillstand gekommen sind. Aufgrund von Untersuchungen wurde berechnet, dass für die Veränderung einer Hangstruktur vom flachen kaltzeitlich feuchten Typ zum steilen warmzeitlichen trockenen Typ der Jetztzeit mehrere 1000 Jahre vergehen mussten. Hierbei unterscheiden sich allerdings die 4 Stufenhangtypen wesentlich. Große Widerstandsfähigkeit wie im Bereich der Wingate-Sandstein Schichtstufe bedeutet eine große Trägheit gegenüber der Transformation, morphologisch weichere Stufenbildner entwickeln sich dagegen wesentlich schneller. In diesem Verhalten spiegelt sich die kombinierte Steuerung von Lithologie und Klima wider, die je nach Hangtyp unterschiedliche Reaktionen im Hinblick auf Erosion und Hangstabilität bewirken.