

LGRB-Informationen	25	S. 47 – 66	13 Abb.	0 Tab.	Freiburg i. Br. Juli 2010
--------------------	----	------------	---------	--------	------------------------------

# Karten zur Landschaftsgeschichte in Baden-Württemberg

THEO SIMON

## Kurzfassung

**Schlagworte:** Landschaftsgeschichte, Flussystem, Schichtstufen, Kreide, Tertiär, Quartär, Baden-Württemberg

Seit dem späten Oberjura ist Südwestdeutschland (Baden-Württemberg), abgesehen von kurzen Meeresüberflutungen, Festland. Seither überwogen die erosiven Prozesse, hauptsächlich bedingt durch Flüsse. Das Flussnetz und die Schichtstufen sind in Südwestdeutschland sehr wichtige Landschaftselemente. Deshalb wird versucht, diese Elemente zu rekonstruieren. Dies ist für die letzten 30 Millionen Jahre möglich.

## Abstract

[Maps for the landscape history in Baden-Württemberg]

**Keywords:** Landscape history, river systems, cuestas, Cretaceous, Tertiary, Quarternary, Baden-Württemberg

Since the late Upper Jurassic, the region of Southwest Germany (Baden-Württemberg) is continental, except for brief periods of marine transgressions. Since then, erosion, due to fluvial processes is dominant. River systems and cuestas are the most important elements of landscape evolution in Southwest Germany. For the last 30 Million years, it is possible to reconstruct these elements.

## 1 Einleitung

Karten zur Landschaftsgeschichte hat GEORG WAGNER als erster in größerem Umfang erarbeitet und populär gemacht. Der Begriff „Landschaftsgeschichte“ taucht auch in den Titeln zweier seiner für die Landschaftsgeschichte wichtigsten Bücher auf (WAGNER 1960, WAGNER & KOCH 1961). Seither hat es mehrfach weitergehende Rekonstruktionen gegeben (z.B. HAGDORN & SIMON 1988, SIMON 1988, VILLINGER 1998, GROSCHOPF & VILLINGER 1998). Hier soll versucht werden, die landschaftsgeschichtliche Entwicklung seit dem Ende der Jurazeit für Südwestdeutschland darzustellen.

## 2 Kreide bis Paläozän

Im Oberjura vereinigten sich die seit der Permzeit bestehenden Hochgebiete des London-Brabanter, des Rheinischen und des Böhmisches Massivs zum Mitteleuropäischen Land, das sich bald auch auf Südwestdeutschland erstreckte. Dieses Land umfasste in der Unterkreide auch Bayern bis auf das Gebiet südlich etwa einer Linie Bodensee – München – Burghausen. Während des weltweiten Meeresspiegelanstiegs in der Oberkreide verkleinerte sich dieses Land. Im Nordosten Bayerns bildete sich eine Bucht aus, die bis in die nördliche Frankenalb reichte (Regensburger Bucht). Südwestdeutschland blieb wahrscheinlich insgesamt weiterhin Land (Abb. 1; LEMCKE 1975).

Allerdings gibt es auch paläogeographische Darstellungen, die z.B. in der Oberkreide einen Teil Baden-Württembergs als flachmarinen bis deltaischen Ablagerungsbereich zeigen (ZIEGLER 1982, MEYER 1996). Kurzzeitige Meeressvorstöße halten z.B. FRANZ et al. (1998) für möglich. Allerdings fehlen eindeutige Kreidesedimente. Beweise für Erosion auf dem Mitteleuropäischen Land können in den Kreidesedimenten gesehen werden, die sich um dieses Land in der Regensburger Bucht, unter der Molasse von Oberbayern und der Schweiz, in den Alpen und im Pariser Becken befinden. Es handelt sich um fluviatile und flachmarine, oft sandige Ablagerungen, deren Herkunft vor allem auf dem Böhmischem Massiv, zum Teil aber auch auf dem Mitteleuropäischen Land gesucht werden muss.

Wie die Landschaft Südwestdeutschlands während der späten Jurazeit und der Kreidezeit ausgesehen hat, ist nicht mehr aus Aufschlüssen in Baden-Württemberg abzuleiten, wohl aber im benachbarten Bayern, z.B. im Steinbruch Saal bei Kehlheim. Hier lagern die sandigen, präobercenomianen Schutzfelsschichten über einer zuvor verkarsteten Oberjura-Landoberfläche (MEYER 1996).

Zunächst bildeten in ganz Baden Württemberg Oberjura-Kalksteine, wahrscheinlich mit nach Norden zunehmenden tonigen und sandigen Anteilen, die Landoberfläche. Diese lag nur wenig über dem Meeresspiegel. Die Oberjura-Kalksteine unterlagen der Verwitterung und Verkarstung. Die Entwicklung eines dem herrschenden Klima gemäßen, teilweise nur periodisch fließenden Flusssystems setzte ein. Die Entwässerung erfolgte weitgehend radial vom Hochgebiet des Mitteleuropäischen Landes. Das Hochgebiet lag im Gebiet des Rheinischen Schiefergebirges, das in seinem Kernbereich allerdings nie von mesozoischen Sedimenten überlagert war. Erst später, gegen Ende der Kreidezeit dürfte sich ein für Baden-Württemberg zweites wichtiges Hochgebiet im Raum Südschwarzwald – Kaiserstuhl – Südvogesen herausgebildet haben. Die Flüsse in Südwestdeutschland flossen den Sedimentationsgebieten im Osten (Regensburger Bucht), im Süden (Helvetisches Schelfmeer) und im Westen (Pariser Becken) zu. Einige Flüsse besitzen heute noch die damals herrschenden Abflussrichtungen, so z.B. die Wörnitz und die Brenz, aber auch der Neckar, dieser allerdings in umgekehrter Abflussrichtung.

Die Verkarstung der damaligen Landschaft war nicht tiefgründig, da das Land sehr flach war. Aus lateritischer Bodenbildung gingen Bohnerze hervor, die in späteren Zeiten mehrfach umgelagert in Karstschlotten und Geländevertiefungen auf der



Abb. 1: Entwässerungsrichtungen auf dem Mitteleuropäischen Land in der Oberkreide und im frühen Tertiär. Paläogeographie nach ZIEGLER (1982) und GEYER & GWINNER (1991). Aus HANSCH et al. 2006, SIMON 2008.

Schwäbischen Alb, unter der Molasse und auch als unterste Lage der Oberrheingrabenfüllung auftreten können. Die Vergesellschaftung von stark korrodierten Quarzsandkörnern mit Bohnerzen führt beispielsweise BORGER (2000) auf kretazische Transport- und Ablagerungsprozesse zurück. Insofern dürften tatsächlich geringe Mengen an kretazischen Sedimenten in Karstschlotten der Schwäbischen Alb und unter der Molasse und im Oberrheingraben vorhanden sein. Es handelt sich hierbei um einen äußerst geringen Teil der Sedimentfracht, die die Flüsse vom Mitteleuropäischen Land in den umliegenden marin beeinflussten Ablagerungsraum transportierten.

Daten über die endkretazische-frühtertiäre Landschaft lassen sich aus Sedimenteinschlüssen im Tuff der Vulkanschlote vom Katzenbuckel und vom Steinsberg gewinnen. Die jüngsten Einschlüsse beim Katzenbuckel gehören dem unteren Mitteljura, beim Steinsberg dem mittleren Unterjura an. Daraus lässt sich folgern, dass beim Katzenbuckel die Oberfläche der Landschaft von Mitteljura, beim Steinsberg von Unterjura gebildet wurde.

Die geologische Situation um die beiden Vulkanschlote lässt auch Rückschlüsse über die tektoni-

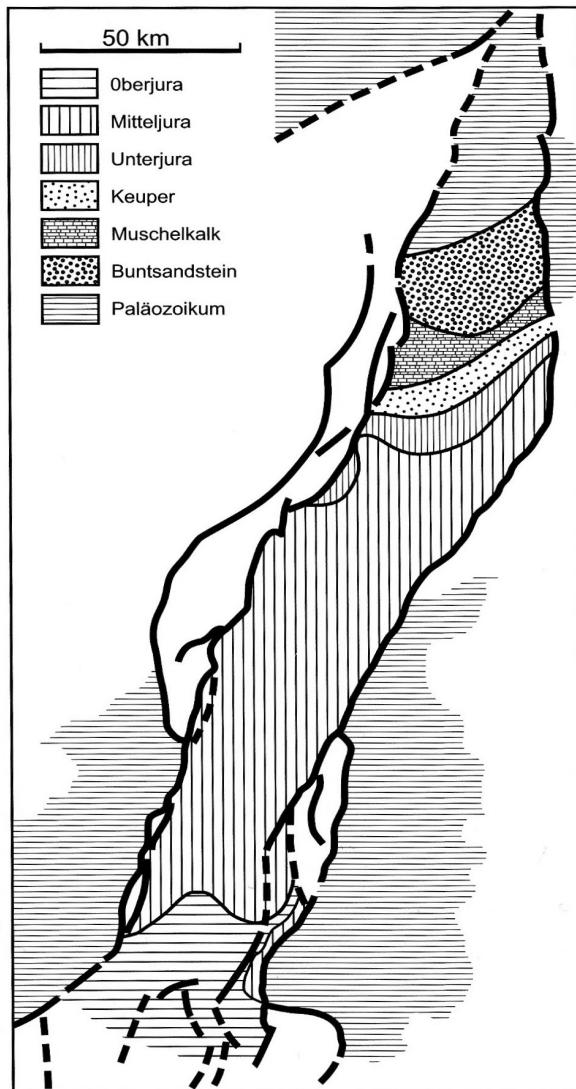
schen Hebungen während der Kreidezeit zu. Setzt man eine insgesamt flachere Landschaft als heute voraus, müssen die Hebungen größer als die Mächtigkeit der vom Oberjura bis an die Wende Kreide/Tertiär abgetragenen Schichten sein, also über 500 m liegen. Erwägt man die Tatsache, dass im nördlichsten Oberrheingraben an dessen vor etwa 50 Ma verschütteten Sohle Rotliegendes ansteht, das im Oberjura noch von der gesamten Trias und von Jura überlagert war, so kommt man für den Bereich Odenwald auf noch größere Abtragungsbeträge und damit zu größeren Hebungen. Daraus ergibt sich, dass der kreidezeitlichen Landschaft eine beträchtliche Dynamik innewohnte.

Neben den beiden Vulkanschlotten des Katzenbuckels und des Steinsbergs gibt die Sohle des Oberrheingrabens den besten Einblick in die frühtertiäre Landschaft. Im Oberrheingraben ist diese Landschaft unter der känozoischen Grabenfüllung konserviert. Die Sohle ist durch tektonische Bewegungen vielfach zerschert worden. Dies, und die nur begrenzte Anzahl der Bohrungen, die die Grabensohle erreicht haben, sowie geophysikalische Untersuchungen erlauben zwar nicht die verschütteten Landschaftsformen befriedigend zu rekonstruieren, dennoch geben die an der Sohle anstehenden Gesteine wichtige Auskünfte (Abb. 2). Die Grabensohle besteht westlich Darmstadt aus Rotliegendem. Das bedeutet eine Abtragung von über 1000 m. Nach Süden werden die Gesteine an der Sohle jünger. Bis in das Freiburger Gebiet steht Mitteljura an der Sohle an, südlich davon Oberjura. Das heißt, nördlich von Freiburg hat in der frühen Tertiärzeit eine stärkere Erosion und damit auch eine stärkere Hebung stattgefunden als in südlich benachbarten Gebieten.

Die Landschaft in der frühesten Tertiärzeit kann als kontinuierliche Weiterentwicklung der kreidezeitlichen Landschaft verstanden werden. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass die Hebungen im Bereich des südlichen Oberrheingrabens um die Wende Kreide/Tertiär (PFLUG 1982) zur radialen Entwässerung dieses Gebiets geführt haben dürfen (Abb. 1). Durch die Absenkung des Oberrheingrabens entwickelte sich eine neue Vorflut. Dies wirkte sich in der Folgezeit bis heute auf die Gestaltung der Landschaft aus.

Der Ausstrich der paläozoischen und mesozoischen Gesteine unter der tertiären Grabenfüllung ist im Nordteil des Grabens etwa von Südwesten nach Nordosten gerichtet – in der gleichen Richtung mit der die mesozoischen Gesteine im südlichen Odenwald und im Kraichgau heute austreten. Verlängert man die Ausstriche im Graben nach Osten, so überdeckt der Grenzbereich Unter-/Mitteljura auch das Gebiet des Katzenbuckels und des Steinsbergs, was wieder mit den dort aufgefundenen Mittel- und Unterjuragesteinen in den Schotterfüllungen übereinstimmt.

Die Ausstriche setzen sich ab dem östlichen Grabenrand nicht an gleicher Stelle ins heutige Schichtstufenland fort, sondern sind dort nach Süden versetzt: Der Buntsandstein um ca. 30 km, der Mu-



**Abb. 2:** Der Ausstrich des Untergrunds im Liegenden der tertiären Füllung des Oberrheingrabens. Nach PFLUG 1982, aus GEYER & GWINNER 1991, mit Ergänzungen nach RUPF & NITSCH 2008.

schelkalk um ca. 20 km – ein Maß für die seitliche Erosionsleistung. Es dürfte sich allerdings um Mindestbeträge handeln, da sinistrale tektonische Bewegungen zwischen Graben und östlichem Grabenrand in einer Größenordnung von einigen Kilometern stattgefunden haben.

Interessant ist auch die Frage nach der Form der Gesteinsausstriche an der Grabensohle. Liegen der Buntsandsteinausstrich oder der Muschelkalkausstrich als Schichtstufe vor? Möglich wäre dies, denn das Klima der Kreidezeit oder des frühen Tertiärs hätte durchaus eine Schichtstufenbildung zugelassen. Vergleicht man die Ausstrichbreiten der mesozoischen Gesteine mit ihrer Mächtigkeit, so fällt auf, dass der im nördlichen Graben ca. 350 m mächtige Keuper nur eine Ausstrichbreite von ca. 5 km hat. Dies kann, etwa kontinuierliches Schichtfallen nach Südosten vorausgesetzt, durch eine im Unterjura angelegte Schichtstufe erklärt werden. Im Keuper des nördlichen Oberrheingrabens ist nur der Schiffsandstein in Rinnenfazies in der Lage Schichtstufen zu bilden, d.h. die Tonsteine des Keupers könnten einen flachen Schichtstufenhang gebildet haben. Andererseits zeigen die Gesteine des Mitteljura, 250 bis 300 m mächtig, eine breite Ausstrichfläche. Im Gegensatz zum heutigen Schichtstufenland besitzt der Mitteljura im Oberrheingebiet in den Sandsteinen im unteren und dem Hauptrogenstein im oberen Bereich zwei potentielle Schichtstufenbildner. Diese bewirken einen, verglichen mit der Mächtigkeit, überbreiten Ausstrich. Ein zweifelsfreier Nachweis ist allerdings durch bisherige Untersuchungen (Bohrungen, seismische Untersuchungen) noch nicht gelungen. Deshalb wird beim gegenwärtigen Stand der Forschungen oft von einer bis zu Beginn des Miozän existierenden Rumpfflächenlandschaft ausgegangen, aus der sich dann die Schichtstufenlandschaft entwickelt hätte (z.B. EBERLE et al. 2007).

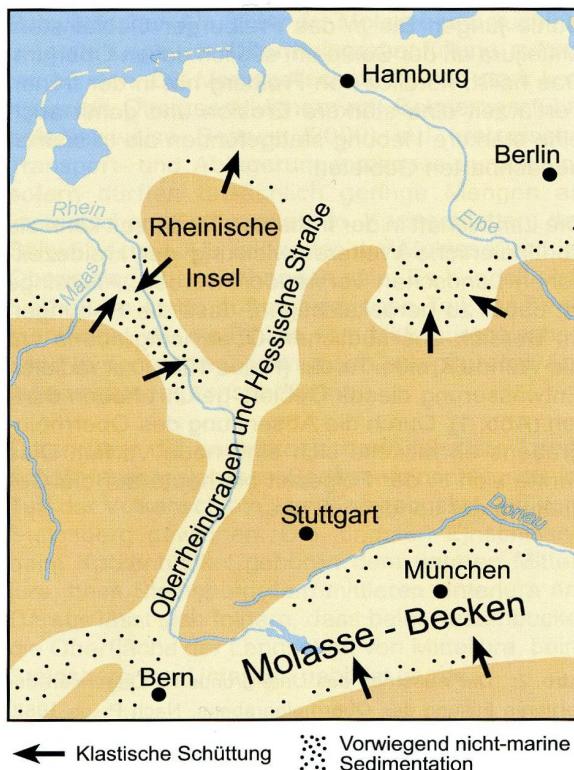
Ausgehend von den Schlotfüllungen in den Kraichgauvulkanen und dem Ausstrich der Gesteine an der Sohle der tertiären Füllung des Oberrheingrabens waren weite Teile von Südwestdeutschland noch von Oberjuragesteinen bedeckt. Diese fehlten schon im Nordwesten, d.h. etwa nordwestlich der Linie Rastatt – Würzburg, wobei diese Linie in der Mitte wohl etwas nach Südosten eingebuchtet war. Im Bereich des Mittleren Schwarzwalds und der Mittleren Vogesen war durch Hebung und Erosion schon Mitteljura freigelegt.

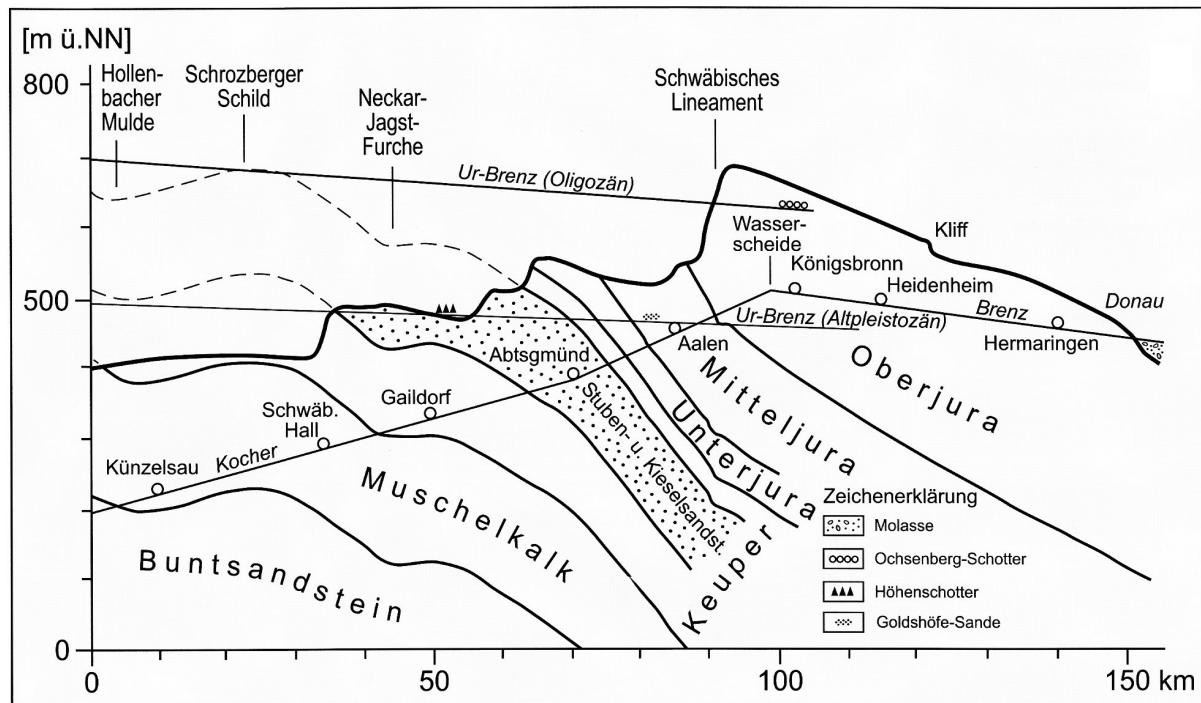
**Abb. 3:** Paläogeographie des mittleren Oligozäns in Mitteleuropa. Verändert nach ZIEGLER (1982), aus GEYER & GWINNER (1991).

### 3 Eozän bis frühes Miozän

Der Einbruch des Oberrheingrabens änderte Landschaft und Abflussrichtungen der Gewässer zunächst nicht sehr schnell. Dies liegt daran, dass der Graben nach seiner ersten Absenkungsphase im Eozän nur ein kleines Einzugsgebiet besaß. Die alten Abflussrichtungen außerhalb des im Bereich des Nord-Süd-Scheitels des Mitteleuropäischen Landes entstandenen Grabens bestanden weiterhin. Dies zeigt sich auch darin, dass die frühe Grabenfüllung nur in den Randbereichen größeres Material enthält. Es bestand offensichtlich nur eine geringe Reliefenergie zwischen Rand und Sedimentoberfläche im Graben.

Vor etwa 30 Ma, im mittleren Oligozän, war sowohl im Oberrheingraben als auch im Molassebecken ein Meer vorhanden (Abb. 3). Im Oberrheingraben wurden hauptsächlich Tone, Mergel und Sande abgelagert. Nur randlich treten gröbere Sedimente auf, die im südlichen Grabenbereich Gerölle aus dem Ober- und Mitteljura führen (GEYER et al. 2003). Infolgedessen standen an den Grabenrändern Ober- und Mitteljuragesteine an, d.h. der Graben war hier noch in ein Umland aus Juragesteinen eingesenkt.





**Abb. 4:** Morphologisch-geologischer Schnitt von der Donau bis nach Hohenlohe mit Gefällskurven der Brenz im Miozän und im Altpleistozän. Verändert nach WAGNER (1955), aus HAGDORN & SIMON (1988).

Das Einzugsgebiet des Grabens dürfte kaum mehr als 10 km ins Hinterland gereicht haben. Östlich davon ging die Entwässerung weiterhin nach Osten und Südosten zum Molassebecken. Dort wird zur gleichen Zeit die Untere Meeresmolasse (UMM) abgelagert. In der Schwermineralfraktion der Bau- steinschichten der UMM sind bläulich grüne Turmaline enthalten, die den im Norden und Westen liegenden Sandsteinen des Mitteljura entstammen (VOLZ 1959). Das weitgehende Fehlen von aus Norden und Westen geschütteten Grobsedimenten in der Molasse weist auf ein Hinterland mit geringer Reliefsenergie hin.

Auf der Ostalb liegen bei Ochsenberg Kiese und Sande auf der Albhochfläche auf Oberjura-Kal- steinen. Die Komponenten der Lockersedimente stammen aus dem Stubensandstein des Vorlan- des. Legt man ein Gefälle von 0,5% (= Wert für Flussgefälle im heutigen danubischen System) für das diese Sedimente transportierende Flus- system zugrunde, so dürfte ihr Herkunftsgebiet im nördlichen Hohenlohe gelegen haben (Abb. 4). Die Gefällslinie liegt im Bereich des miozänen Kliffs etwa 50 m höher, so dass eine südlichere Vorflut an- genommen werden kann. Diese hätte dann in Ab-

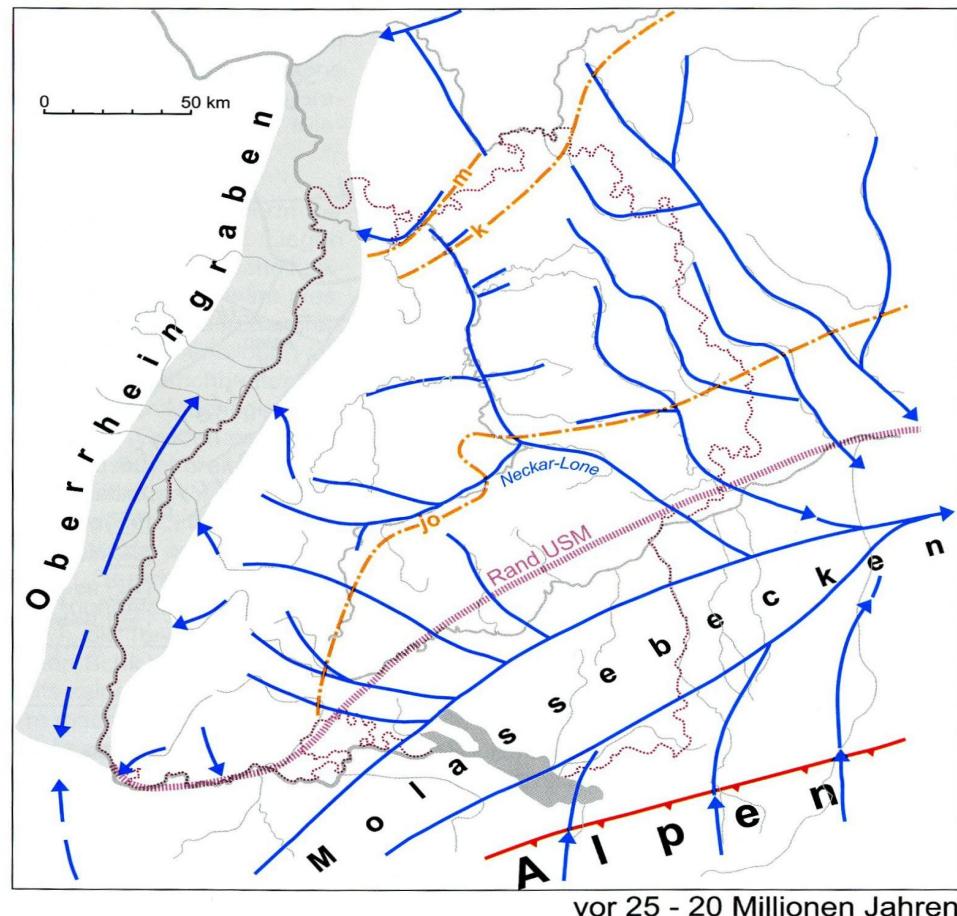
lagerungen der Unterer Süßwassermolasse oder gar der Unterer Meeresmolasse gelegen, also im Oligozän. Nicht auszuschließen ist jedoch, dass die Kiese und Sande von Ochsenberg auch spä- ter während einer spätminoziären Plombierungs- phase abgelagert worden sind (DONGUS 1977, 2000, REIFF & SIMON 1990). Zur Zeit der Ablagerung bil- den im nördlichen Hohenlohe mindestens schon die Schichten des Stubensandsteins die Erdober- fläche.

Die Ablagerung der Sande von Ochsenberg erfolgte in einem Tal, das stellenweise bis zu 90 m in den Albkörper eingeschnitten war (REIFF & SIMON 1990). Dieser Befund lässt sich kaum mit einer Schicht- stufen freien Rumpf- flächenlandschaft (EBERLE et al. 2007), die sich in Weiterentwicklung befindet, in Einklang bringen. Weiterhin zeigen Flusslauf- richtungen (z. B. Elz bei Mosbach, Unterlauf von Kocher und Jagst), dass sie sich zumindest teil- weise als Stufenrandflüsse entwickelt haben. So- mit kann aus den vorliegenden Daten für die Zeit von vor 25 – 20 Ma (Grenze Oligozän/Miozän vor 23,8 Ma) eine Rekonstruktion der wichtigsten Landschaftselemente in Südwestdeutschland ge- wagt werden (Abb. 5).

Abb. 5:

Flusssystem mit Schichtstufen im späten Oligozän/ frühen Miozän, vor ca. 25 – 20 Ma. Teilweise nach SIMON (1987, 1988).

m: Muschelkalkschichtstufe  
k: Keuper-Schichtstufe  
jo: Oberjura-Schichtstufe



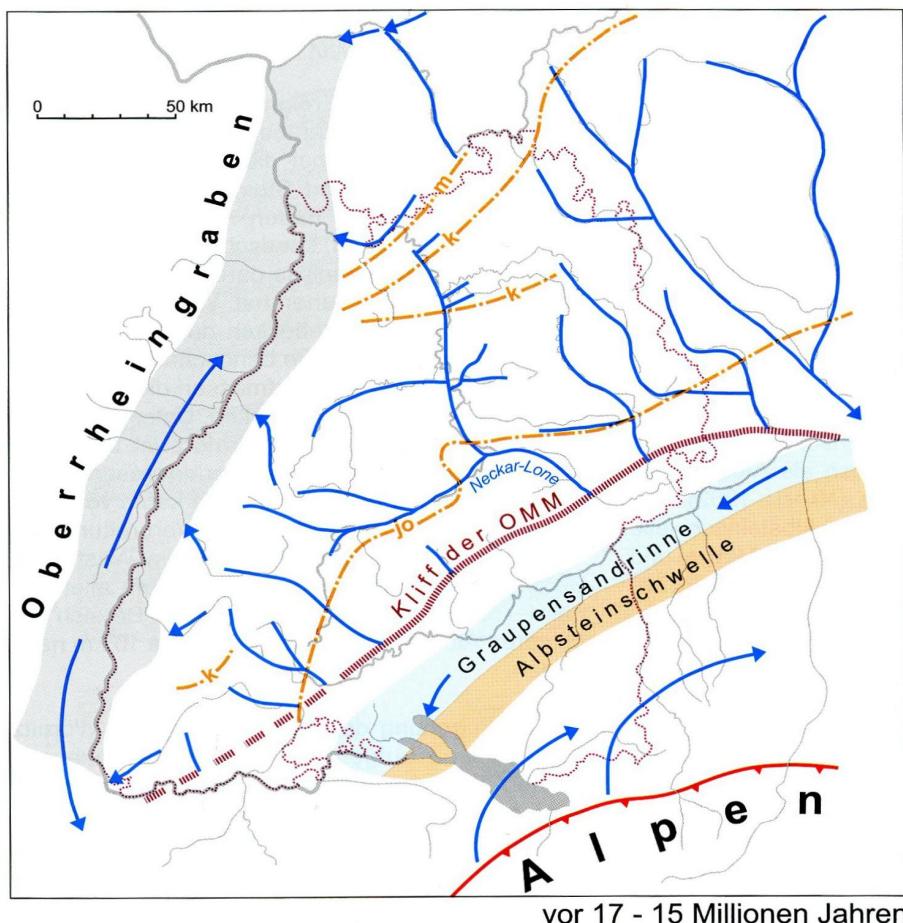
Der Hauptvorfluter für Südwestdeutschland ist das Molassebecken. Zu ihm transportieren die von Norden kommenden Flüsse hauptsächlich Gerölle des Oberjura. Nur untergeordnet (<5 %) treten Gerölle aus dem höheren Mitteljura auf. Diese Schüttungen werden als Ältere Juranagelfluh der Unterer Süßwassermolasse, teilweise auch schon der Oberen Meeressmolasse zugeordnet. Die groben Gerölle weisen auf eine Hebungsphase hin, welche die Erosion im späten Oligozän und im frühen Miozän beschleunigte. Dies bestätigen auch Reliefunterschiede von bis zu 50 m (Bloos 1967) im anstehenden Jurakalk, die von Sedimenten der Unterer Süßwassermolasse verschüttet und damit konserviert wurden.

Im Osten Südwestdeutschlands ist das Einzugsgebiet des Molassebeckens sehr viel größer und reicht weiter nach Norden als im Westen. Im Norden sind schon Gesteine des Keupers und des Muschelkalks freigelegt. Die Lone bildete das größte Flusssystem und umfasste auch weite Be-

reiche des heutigen Neckars. Die Schichtstufen (SIMON 1987, 1988) sind gegenüber dem Ausstrich der entsprechenden Schichten im Oberrheingraben (Abb. 2) schon nach Südosten zurückgewichen.

Zur Zeit der Unterer Süßwassermolasse hat sich im Molassebereich eine Schwemmlandschaft ausgebildet. Die flache Landschaft wurde von mäandrierenden, teilweise auch verästelten Flüssen durchzogen. Daneben existierten flache Seen. Das Becken erhielt seine größte Sedimentzufuhr aus den aufsteigenden Alpen, u.a. in Form von großen Sedimentfächern (Napf, Rigi, Hohrone, Hörnli, Hochgrat). Im zentralen Beckenbereich erfolgte ein Sedimenttransport nach Osten zu dem in Ostbayern beginnenden und sich weiter nach Osten hinziehenden marinen Ablagerungsgebiet (LEMCKE 1975).

Im Oberrheingraben werden überwiegend limnische, teilweise brackische, am Grabenrand auch fluviatile Sedimente abgelagert. Die Absenkung im Graben ist allerdings im Norden größer als im Sü-

**Abb. 6:**

Flusssystem mit Schichtstufen im Unter-/Mittelmiozän, vor ca. 17 – 15 Ma. Teilweise nach SIMON (1987, 1988).

den, wo flächenhaft Erosion stattfindet. Aufgrund der weiterhin geringen Reliefunterschiede zwischen Graben und Grabenrandbereich haben sich die westlichen und östlichen Einzugsgebiete des Grabens nicht sehr viel weiter in das Hinterland vorgeschoben. Im Graben beginnt sich eine Wasserscheide im Bereich der oberrheinischen Hauptschwelle auszubilden.

In der Folgezeit nahm zunächst wieder das Meer vom Molassebecken Besitz. Im Norden dehnte sich der Sedimentationsraum der Molasse mehrere Kilometer weiter auf die Albtalflanke aus. Auf weite Strecken bildete sich in den Oberjuragesteinen ein steiles Kliff (Abb. 6), das über einer Brandungsplattform bis zu 50 m aufragte. Das Kliff wurde später durch Sedimente der Oberen Süßwassermolasse verdeckt. Es wurde allerdings ab dem Pliozän wieder freigelegt, sodass es heute auf weite Strecken wieder sichtbar ist. Es fehlen jedoch immer wieder Abschnitte von einigen Kilometern Länge, so bei Geisingen, zwischen Sigmaringen und Alb-

stadt-Ebingen, bei Lonsee und bei Herbrechtingen. In diesen Bereichen war das Kliff nicht ausgebildet, weil hier Mündungsbereiche von Flüssen lagen (Donau, Lauchert, Lone, Brenz). Das Kliff selbst, ehemals natürlich exakt in Meeressniveau angelegt, bietet aufgrund seiner heutigen Lage mit ca. 500 m NN auf der Ostalb und ca. 900 m NN bei Tuttlingen genaue Angaben über die insgesamt stattgefundenen tektonischen Bewegungen seit dem Mittelmiozän. Das Kliff trennt heute die zwei charakteristischen Landschaften der Schwäbischen Alb: Kuppenalb im Norden und Flächenalb im Süden (DONGUS 1977, 2000, EBERLE et al. 2007).

Nach dem Rückzug des Meeres bildete sich entlang des Kliffs ein breites fluviatil-ästuaries System aus, das die sogenannten Graupensande von Nordosten in das noch marine Molassebecken in der Nordschweiz transportierte. Diese Graupensandrinne (Abb. 6) hatte sich bis zu 80 m tief in die Schichten der Oberen Meeresmolasse eingeschnitten, was eine entsprechende Hebung der Erdkru-



ste voraussetzte. In die Graupensandrinne mündeten von Norden Flüsse, die nach wie vor hauptsächlich Gesteine des Oberjura transportierten. Die im Klettgau und im Randengebiet über Sedimenten der Unteren Süßwassermolasse, der Oberen Meeressmolasse und den Graupensanden diskordant liegende Austernnagelfluh weist aber auch Gerölle aus dem Mitteljura und dem Muschelkalk auf. Das bedeutet, dass im Zentralschwarzwald im Mittelmiozän bereits Muschelkalk angeschnitten, das Grundgebirge des Schwarzwaldes aber noch unter mesozoischen Sedimenten verborgen war.

Im Bereich des Molassebeckens fielen durch die schon angesprochene Hebung die Gebiete südlich der Graupensandrinne trocken. Durch kapillar aufsteigendes Wasser bildeten sich als Albstein bezeichnete Kalke (Caliche) aus (NÄGELE 1962). Nur südlich dieser etwa 20 km breiten Albsteinschwelle wurden in unmittelbarem Alpenvorland Mergel und Sande in einem fluviatilen Sedimentationsgebiet abgelagert (DOPPLER & SCHWERD 1996).

Der zentrale Schwarzwald war bis auf den Muschelkalk freigelegt. Die Entwicklung einer Keuperschichtstufe wäre hier nur durch Schilfsandstein in mächtigerer Rinnenfazies möglich gewesen. Die sonst im Keuper wichtigen Stufenbildner, nämlich die vindelizischen Sandsteine, waren hier nicht mehr ausgebildet. Der übrige Schwarzwald dürfte noch von Keuper und Unterjura bedeckt gewesen sein. Im heutigen Schichtstufenland lagen die Schichtstufen noch weiter nördlich. Die Stufen von Muschelkalk und Oberjura dürften sich gegenüber dem späten Oligozän nicht wesentlich geändert haben. Die Keuperschichtstufe dürfte an ihrer Position im Oligozän schon stark erodiert gewesen sein, eine neue begann sich im Bereich der heutigen Flüsse Kocher und Jagst herauszubilden. Die Keuperschichtstufe wird auch später die mobilste Schichtstufe bleiben und nach SIMON (1987) abschnittsweise generell in südöstliche Richtung zurückverlegt. Entweder von tektonischer Mulde zu tektonischer Mulde – wo durch den Vorgang der Reliefumkehr eine Schichtstufenfront entsteht – oder von subsequentem, d.h. im Schichtstreichen fließendem, zu subsequentem Fluss, deren südöstliche Talhänge sich zu Schichtstufen entwickeln (Abb. 7).

Im Oberrheingraben ist der Kaiserstuhl im Entstehen begriffen. Die vulkanischen Gesteine formen eine Gruppe aus einem großen und mehreren kleinen Vulkanen. Dadurch entsteht ein Hochgebiet, das sich als Wasserscheide bemerkbar macht. Der Nordteil des Grabens senkt sich teilweise über 1000 m ab und nimmt große Sedimentmassen auf.

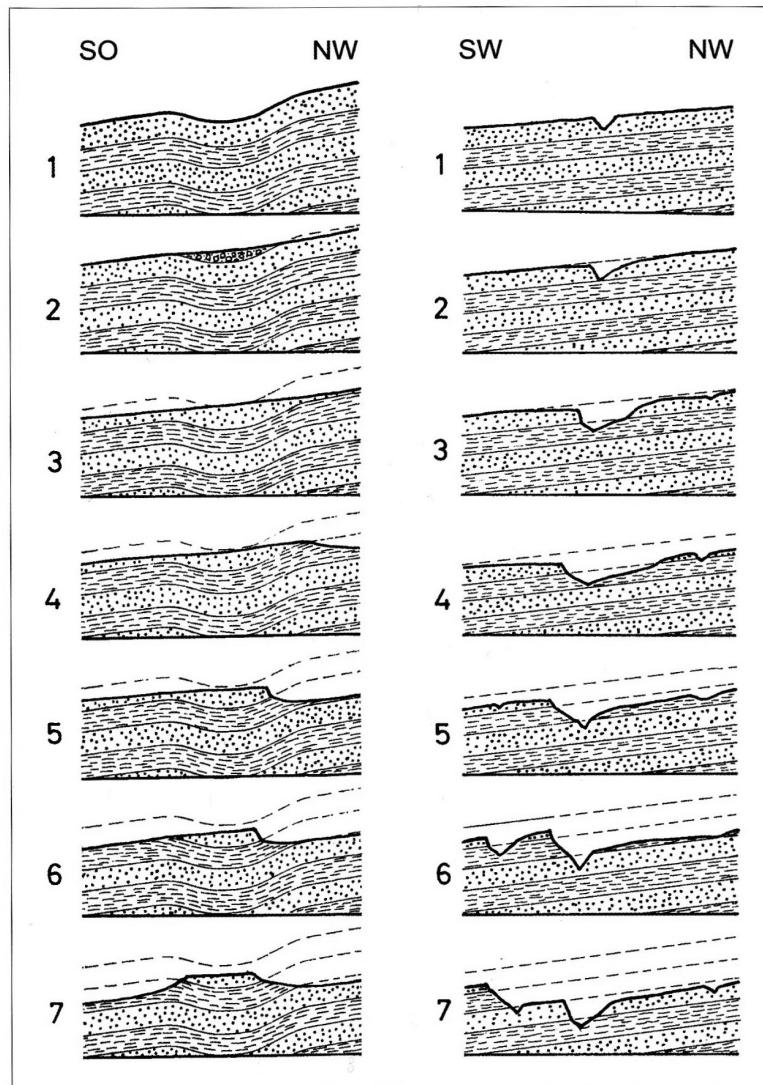
## 4 Spätes Miozän

Ein einschneidendes Ereignis für die Landschaftsgeschichte in Ostwürttemberg und im angrenzenden Bayern waren sicher die Meteoriteneinschläge Nördlinger Ries und Steinheimer Becken vor 14,3 Ma (Abb. 8). Sie haben nicht nur plötzliche Veränderungen in der Landschaftsform gebracht, sondern auch Erkenntnisse darüber, wie die Landschaft damals ausgesehen hat. Wie im Oberrheingraben und im Molassebecken durch Sedimentation auf eine abgesunkene Landschaft, blieben um das Ries durch die Auswurfmassen die damaligen Landschaftsoberflächen erhalten. Unter den Trümmermassen außerhalb des Kraters ist die Oberjuraschichtstufe begraben. Weiterhin wesentlich ist auch, dass diese begrabene Stufe kaum vom Verlauf der heutigen außerhalb der Verbreitung der Trümmermassen abweicht. Weiter im Westen im Bereich Aalen hat sich die Schichtstufe allenfalls nur 1 – 2 km nach Süden bewegt. Im Bereich der Mittleren Alb und der Westalb um etwa 10 km nach Süden.

In der Umgebung des Rieses wurde die Wörnitz vom Riessee aufgefangen. Riesauswurfmassen stauten auch das Altmühlssystem in Bayern zu einer langen Seenplatte auf. Im Westen des Rieses wurde die danubische, d.h. in Richtung der heutigen Donau fließende Jagst, bisher über die Wörnitz zum Molassebecken entwässernd, durch die Riesauswurfmassen zum Kocher-Brenzsystem umgelenkt.

Im Norden von Baden-Württemberg hat der junge Main Teile des Altmühlssystems bis zur in den Kocher-Jagst-Bereich zurückgelegten Keuperschichtstufe erobert. Der rheinische Neckar ist bis in das Heilbronner Gebiet vorgedrungen und hat die Abschnitte der heutigen Unterläufe von Kocher und Jagst in sein Einzugsgebiet einbezogen. Im Kraichgau sind sowohl die Muschelkalk- als auch die Keuperschichtstufe weiter nach Südosten zurückgewichen. Für die Keuperschichtstufe darf man infolge der tektonisch tieferen Lage der Schichten einen Vorsprung in den Kraichgau bis fast an den Oberrheingraben annehmen.

Der Schwarzwald dürfte von Keupergesteinen befreit gewesen sein. In der jüngeren Nagelfluh des Hegaus treten verstärkt Muschelkalkgerölle auf (SCHREINER 1965, 1992). Einzeln vorkommende Grundgebirgsgerölle in den obermiozänen Teilen der Jüngeren Juranagelfluh zeigen, dass das Grundgebirge in den höchsten Teilen des Schwarzwaldes freigelegt war. Im Bereich der heutigen oberen Donau und des Südschwarzwaldes hat, wenn



**Abb. 7:** Schichtstufenentwicklung nach HAGDORN & SIMON (1988).

rechts = im Bereich einer tektonischen Mulde  
links = entlang eines subsequenten, d.h. im Schichtstreichen, abfließenden Flusses (gepunktet = morphologisch hartes Gestein; gestrichelt = weiches Gestein).

überhaupt, allenfalls eine Keuperschichtstufe im Schilfsandstein bestanden. Die Muschelkalk- und Buntsandstein-Schichtstufen lassen sich nicht mehr zuverlässig rekonstruieren, haben aber sicher bestanden. Die Oberjuraschichtstufe hat sich gegenüber dem Unter-/Mittelmiozän kaum verlagert. Im Oberrheingraben bildet der Kaiserstuhlbereich nach wie vor eine Wasserscheide: Nördlich davon Abfluss nach Norden zum nördlichen Grabenbereich, wo in einem Endsee sogar salinare Ablagerungen entstanden; südlich davon Abfluss nach Süden zum Molassebecken der Schweiz. Im Mittelmiozän und tieferen Obermiozän entsteht

die Entwässerung des Rheins durch das Rheinische Schiefergebirge hindurch zur Niederrheinischen Bucht (SCHIRMER 2003).

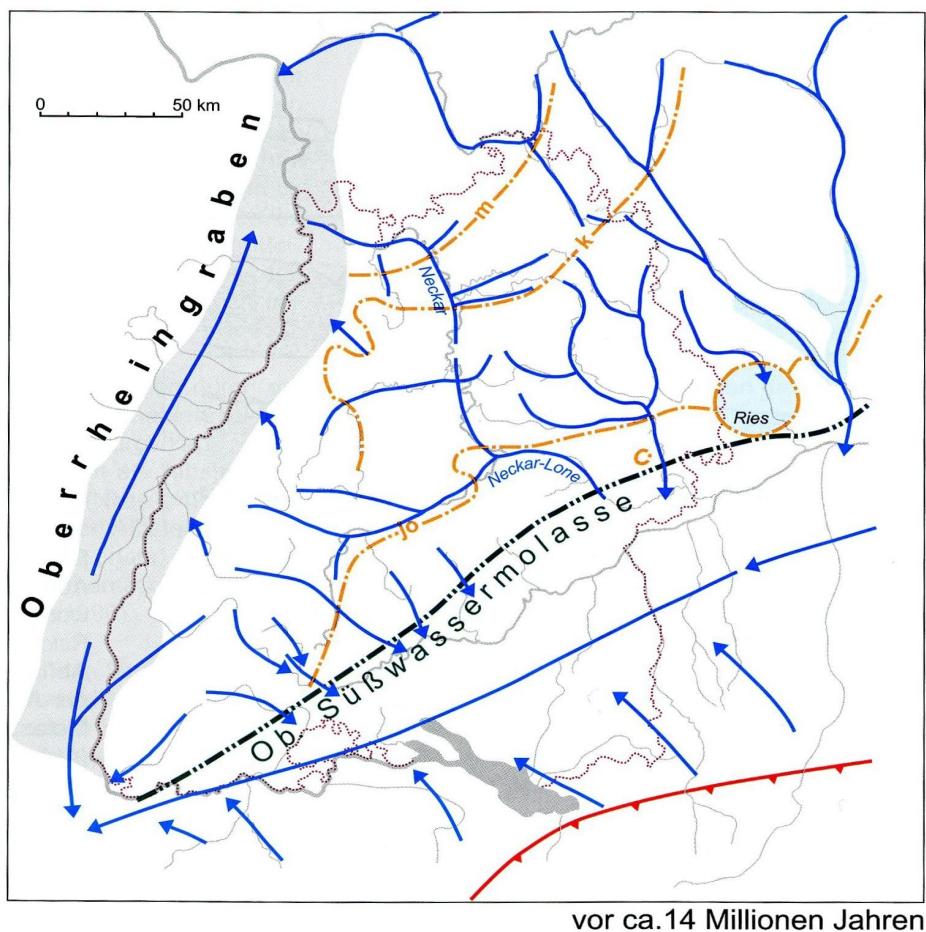
Im Molassebecken Oberschwabens ist die Schüttungsrichtung wie in der Zeit der Entstehung der Graupensandrinne nach Westen gerichtet. In Sedimenten der Graupensandrinne wurden stoßwellenmetamorph beeinflusste Gesteinsstückchen bestimmt (BUCHNER 1998). Dies gab Anlass die Graupensande zeitlich nach dem Riesenschlag einzuordnen (BUCHNER 1998, BUCHNER et al. 1996, BUCHNER et al. 1998). Dieser Auffassung ist widersprochen worden (BÖTTCHER et al. 1998, REICHENBACHER et al. 1998). Die Abflussrichtung am Südrand der Alb, bzw. am Nordrand des Molassebeckens nach Westen (Abb. 6 u. 8) ändert sich durch die unterschiedlichen Auffassungen jedoch nicht.

Die Hauptsedimentzufuhr in das Molassebecken stammt aus dem alpinen Bereich, nur ein kleinerer Teil kam von Norden. Der westwärtige Abstrom änderte seine Lage allerdings im oberen Teil der Oberen Süßwassermolasse. Bei stärkerer Sedimentzufuhr aus den Alpen wurde der Abstrom nach Norden zur Alb hin gedrängt, bei schwächerer Zufuhr aus den Alpen lag er weiter südlich.

Im Laufe des Obermiozäns setzte im Bereich des südlichen Schwarzwalds und des südlichen Oberrheingrabens stärkere Hebung ein. Möglicherweise ist diese auch im Zusammenhang mit der Faltung und Überschiebung des Faltenjura nach Nordwesten vor ca. 9 bis ca. 4 Ma (BECKER 2000) zu sehen. Auch das im Miozän entstandenen Kliff der Oberen Meeresmolasse belegt eine Hebung, die zu dieser Zeit sicher schon eingesetzt hatte. Diese Hebungen haben eine wichtige Änderung der Abflussverhältnisse im Bereich des südlichen Baden-Württemberg zur Folge: Die Entwässerung erfolgt nun nach Osten, d.h. die Donau entsteht.

Abb. 8:

Flussystem mit Schichtstufen im Mittelmiozän, nach dem Riesereignis, vor ca. 14 Ma. Teilweise nach SIMON (1987, 1988).



vor ca. 14 Millionen Jahren

Die junge Donau (Abb. 9) nimmt die ihr von Süden aus den Alpen zuströmenden Flüsse auf. Die wichtigsten davon kommen im Osten aus den gleichen Quertälern der Alpen wie heute: Reuß, Thur, Rhein, Iller, Lech. Im Westen ist der wichtigste Zufluss die Aare, weshalb man von diesem Flusssystem als der Aare-Donau spricht. An der Aare hängt noch die Walliser Rhône (VILLINGER 1998, GROSCHOPF & VILLINGER 1998). Die Bildung des Schweizer Jura war im Gange und die Aare entwässerte dessen Südostteil. Den Beweis für die Ausdehnung der Donau bis weit in die Schweiz hinein liefern Schotter etwa entlang der heutigen Donau (BITTERLI-DREHER 2005), die aber 70 – 250 m über dem heutigen Flussniveau auf der Albhochfläche liegen. Diese Schotter haben ihren Ursprung in den Alpen und im Schweizer Jura. Hoch über der heutigen Wutach liegende Schotter belegen einen Zufluss aus dem Schwarzwald. Die sogenannte Feldbergsdonau mündete bei Blumberg in die Aare-Donau. Die Feldbergsdonau bestand bis ins Jungpleistozän. Die Lage der Donau im Norden des Molasse-

gebiets zeigt bis heute, dass auch nach der Molassezeit der stärkste Sedimenteintrag in Richtung Donau von Süden kam. Der Bodensee existierte natürlich noch nicht.

Im Norden hat das danubische Einzugsgebiet gegenüber der unmittelbaren „Nachrieszeit“ teilweise große Einzugsgebiete an den Rhein verloren. Der Main ist weiter nach Osten vorgestoßen. In Nordwürttemberg werden die Flussknäcke bei Tauber, Jagst und Kocher deutlich. Die Enz ist nun dem jungen Neckar tributär. Damit hat der Neckar sein Einzugsgebiet zugenommen, die Lone jedoch verloren. Vergleicht man die Gebietsgewinne des rheinischen Systems bis zu dieser Zeit mit der heutigen Situation, so wird deutlich, dass sich die Aggressivität des rheinischen Systems nun zu steigern beginnt. Das ist eine unmittelbare Folge der Hebungen des Einzugsgebiets wie sie beispielhaft in der Hebungen des Kliffs zum Ausdruck kommt. Während die Vorflut des rheinischen Systems sich nur wenig weiter entfernt, nämlich bis zu einem Meer

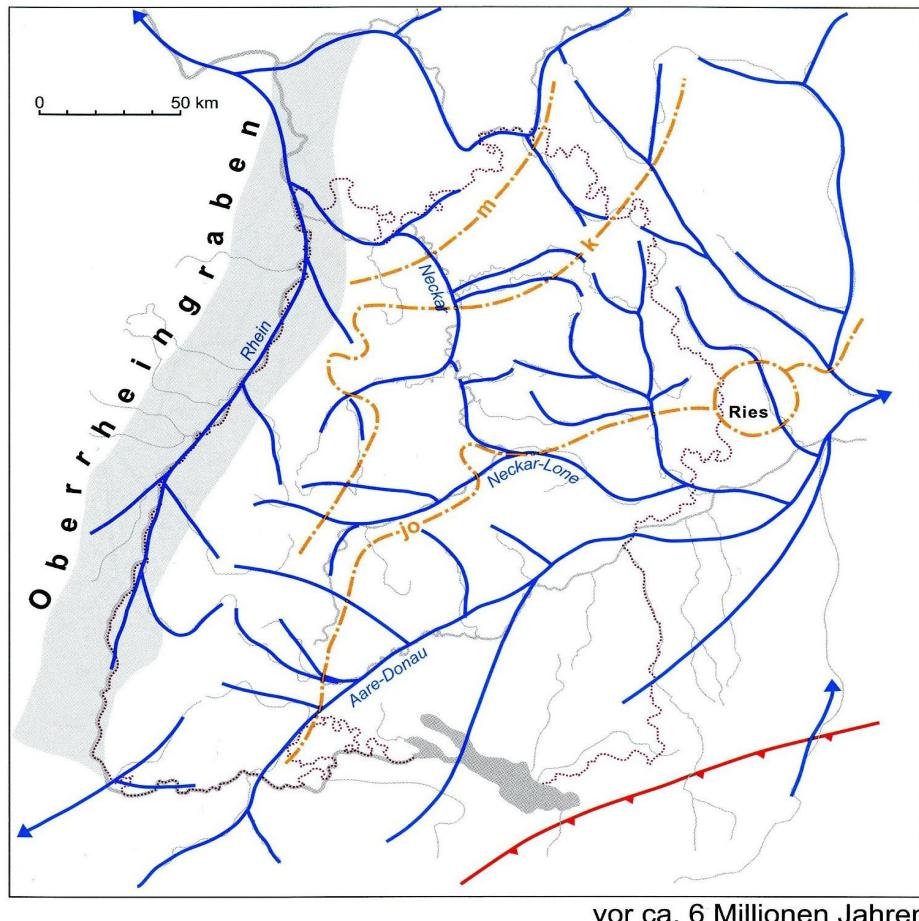


Abb. 9:

Flusssystem mit Schichtstufen im Miozän/Pliozän, vor ca. 6 Ma. Teilweise nach SIMON (1987, 1988), VILLINGER (1998), GROSCHOPF & VILLINGER (1998).

in der niederrheinischen Bucht, wandert die danubische weit nach Osten bis nach Niederösterreich (RUTTE 1987). Beide Vorgänge, Hebung und unterschiedlich weite Wanderung der Vorfluter, tragen zur Vermehrung der rheinischen Gebietsgewinne bei.

Die Wasserscheide zwischen Mittelmeer und Nordsee befindet sich im Bereich des südlichen Oberrheingrabens. Der südliche Abstrom erfolgte im Westen des entstehenden Schweizer Jura über den Doubs und die Rhone zum Mittelmeer (BITTERLI-DREHER 2005).

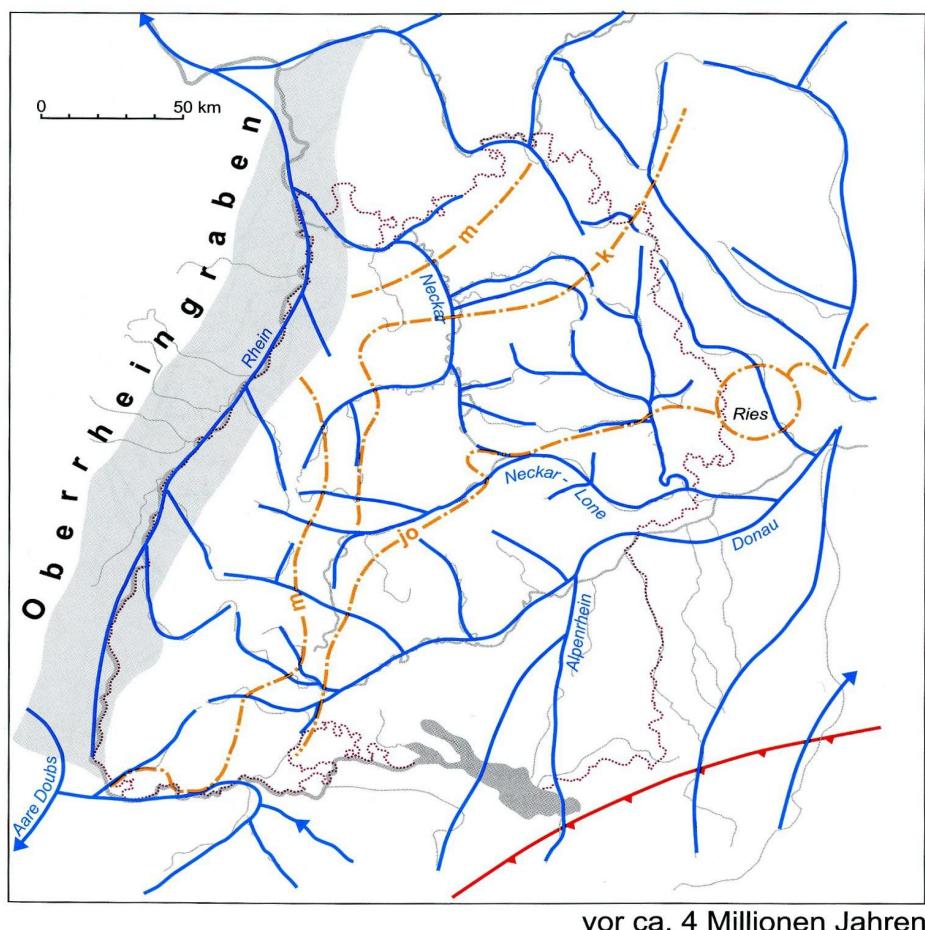
## 5 Pliozän

Etwa 2 Ma später, in der Mitte des Pliozäns sind für die Donau wieder beträchtliche Einzugsgebietsverluste zu verzeichnen (Abb. 10). Das von der nach wie vor existierenden Wasserscheide im südlichen Oberrheingraben nach Süden über den

Doubs zum Mittelmeer entwässernde Flusssystem hat entlang des Hochrheins die Aare erobert. Das zeigt, dass die Donau nicht nur an den zur Nordsee fließenden Rhein, sondern auch an das Einzugsgebiet des Mittelmeers beträchtliche Flächen verlor. Die Ablenkung der Aare zum Doubs belegen Schotterfelder westlich von Basel, die sogenannten Sundgau-Schotter. Sie weisen Komponenten aus dem Berner Oberland auf, wo die Aare heute noch einen Teil ihres Einzugsgebiets besitzt. Der Verlust der Aare macht sich auch im Terrassenschotter-Spektrum der oberen Donau bemerkbar (VILLINGER 1986 a, b): Es fehlen nun Gerölle aus den Alpen. Diese treten aber dort wieder auf, wo der Alpenrhein (VILLINGER 2003) in die Donau mündet. Im Maingebiet ist der rheinische Main schon fast bis zur Altmühl vorgedrungen. Im Tauber-, Kocher- und Jagstbereich hat die Donau nur kleinere Verluste hinnehmen müssen. Im Neckarbereich allerdings ist der rheinische Neckar bis nahe an das Flusssystem Tübiner Neckar-Lone vorgedrungen. Hier hat es vor allem

Abb. 10:

Flusssystem mit Schichtstufen im Mittelpliozän, vor ca. 4 Ma. Teilweise nach SIMON (1987, 1988), VILLINGER (1998), GROSCHOPF & VILLINGER (1998).



vor ca. 4 Millionen Jahren

deshalb Gebietsgewinne des rheinischen Systems gegeben, weil mit der Eroberung der Enz der Abfluss des Neckars stark zugenommen hatte, was wiederum eine stärkere Tiefenerosion ab dem Enzanzapfungsbereich bedingte. Die rheinischen Flüsse, die direkt vom Schwarzwald in den Oberrhein flossen, hatten keine großen Gebietsgewinne im Schwarzwald zu verzeichnen.

Die Schichtstufe des Muschelkalks am unteren Neckar, im Bauland und im Tauberland hatte sich gegenüber dem Obermiozän kaum geändert. Am Ostrand des Schwarzwalds kann nun erstmals mit einiger Wahrscheinlichkeit eine Muschelkalkschichtstufe angenommen werden. Diese orientiert sich hauptsächlich am heutigen Ausstrich des Unteren Muschelkalks. Eine Schichtstufe hat wohl hier zuerst der Obere Muschelkalk gebildet, wie sie im südlichen Bereich, z.B. westlich von Donaueschingen auch heute noch deutlich wird. Die Keuperschichtstufe ist im Kraichgau etwas zurückgewichen, während die Oberjura-Schichtstufe ihre

Lage etwa beibehält. Auch der Vorsprung im Filigraben nach Nordwesten bleibt bestehen, allerdings sicherlich durch die Neckar-Lone von der übrigen Alb getrennt.

Im Oberpliozän, vor etwa 3 Ma (Abb. 11), hat der Rhein die Wasserscheide im südlichen Oberrheingraben überwinden können und hat in der Folge dem Aare-Doubs-System nicht nur das Einzugsgebiet im südlichen Oberrheingraben, sondern auch den Hochrhein mit der Aare entziehen können. Dies erhöhte die Wasserführung des jungen Rheins und somit auch dessen Erosionskraft beträchtlich. Im Schotterspektrum der jungtertiären Oberrheingrabenfüllung macht sich nun auch ein Wechsel bemerkbar: Es treten erstmals alpine Gerölle auf. Im südlichen Rheingraben spiegelt sich die alte südwärts gerichtete Entwässerungsrichtung immer noch in den in „falscher“ Richtung, d.h. nach Südwesten vom Schwarzwald dem Graben zufließenden Flüssen wider: Elz, Kander, Wiese. Im nördlichen Graben hat sich nahe des Graben-

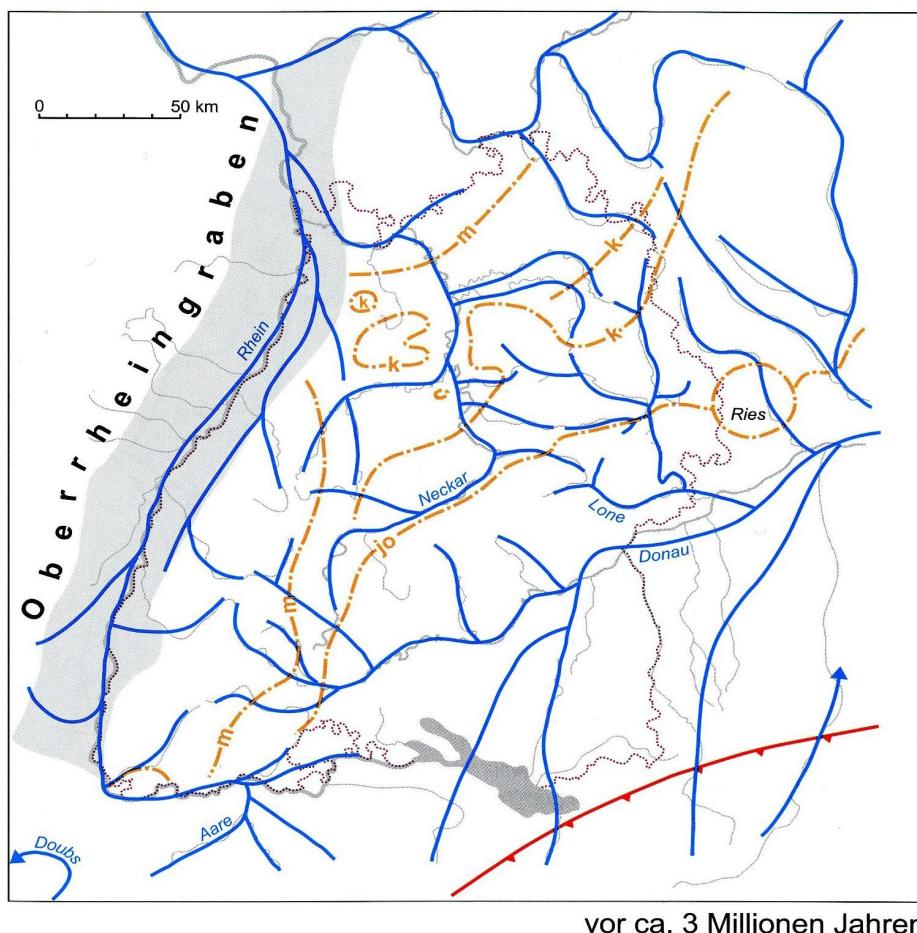


Abb. 11:

Flusssystem mit Schichtstufen im Oberpliozän, vor ca. 3 Ma. Teilweise nach SIMON (1987, 1988), VILLINGER (1998), GROSCHOPF & VILLINGER (1998).

rands ein zweiter paralleler Abfluss ausgebildet. Ebenso ist die Mündung des Neckars in den Rhein weit nach Norden verschleppt. Dies dürfte mit der starken Senkung des nördlichen Grabens zusammenhängen, die ein Ablenkoen der Flüsse nach Norden kurz nach Eintritt in den Grabenbereich bewirkte.

Der Neckar hat gegenüber der Zeit des mittleren Pliozän deutlich an Einzugsgebiet gewonnen. Er hat nun den Tübinger Neckar erreicht. Dies bedeutet einen beträchtlichen Zuwachs seines Einzugsgebiets. Er ist nun in Südwestdeutschland zu einem der bedeutendsten Flüsse aufgerückt. Jagst, Kocher, Murr, Rems und Fils vergrößern ebenfalls ihre Einzugsgebiete. Die Folge davon ist, dass besonders die lange Zeit bestehende Keuperschichtstufe im mittleren Baden-Württemberg zurückverlegt und das Keuperbergland in Zeugenberg (z.B. Strom- und Heuchelberg) zerlegt wird. Der Oberjuravorsprung im Bereich des Fildergrabens ist verschwunden und der Albtrauf hat sich längs des

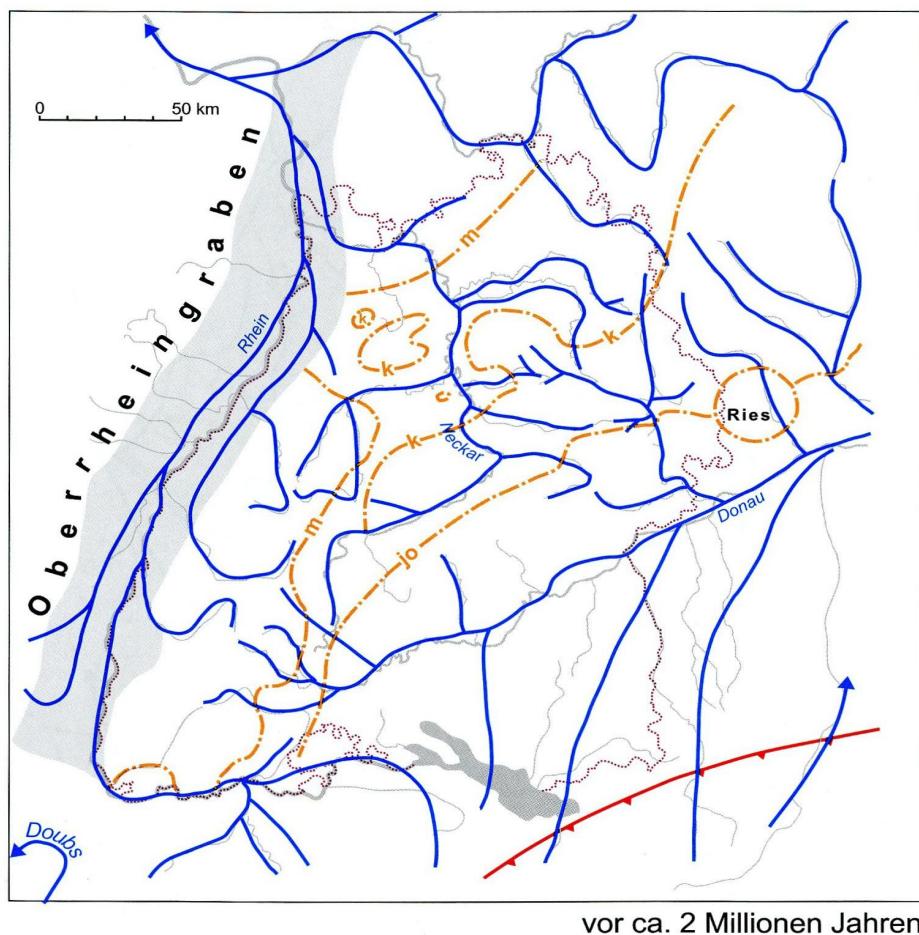
Neckars entwickelt. Der Main hat den oberen Lauf des alten Altmühlsystems eingenommen und ist fast bis zur damals noch nach Süden fließenden Rednitz-Regnitz gelangt. Die Tauber ist weiter in das Wörnitzsystem vorgedrungen.

Die Donau hat ihre Zuflüsse aus den Alpen behalten und besitzt auch noch ein größeres Einzugsgebiet im Bereich Kocher und Jagst. Die Erosionsleistung der Donau führt dazu, dass auf weite Strecken die ehemalige Molassebedeckung der Schwäbischen Alb erodiert wurde.

Vergleicht man die Veränderungen bei den Einzugsgebieten und bei der Verlegung der Schichtstufen, so ist aus der bisherigen Abbildungsfolge zu entnehmen, dass im Pliozän die Veränderungen stark zugenommen haben. Dies liegt vor allem daran, dass sich die Hebung des Süddeutschen Krustenblocks verstärkt hat, gleichzeitig sich aber der nördliche Oberrheingraben stärker absenkte. Dies bewirkte eine Steigerung der Reliefenergie

Abb. 12:

Flusssystem mit Schichtstufen im Ältestpleistozän, vor ca. 2 Ma. Teilweise nach SIMON (1987, 1988), VILLINGER (1998), GROSCHOPF & VILLINGER (1998).



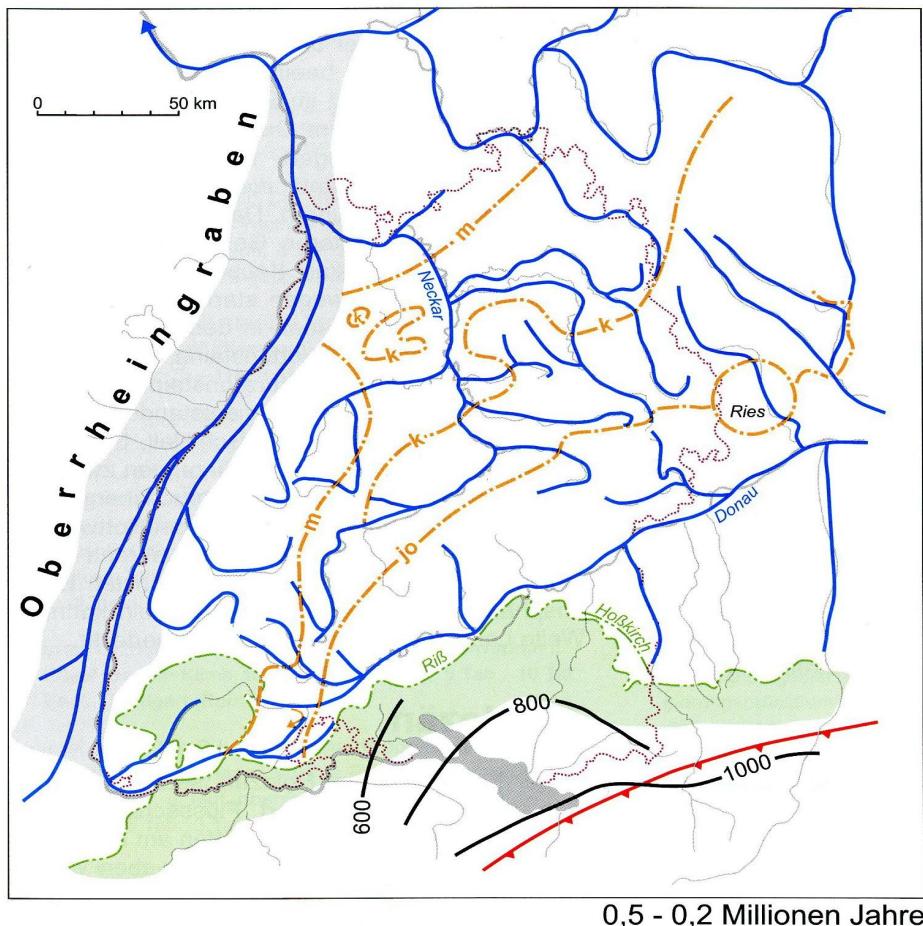
und damit auch eine stärkere Erosionsleistung im rheinischen Flusssystem. Die Vorflut der Donau rückt vom Grenzbereich Österreich/Ungarn immer weiter nach Osten.

## 6 Pleistozän

Der Rhein hat im frühen Quartär vor etwa 2 Ma sein Einzugsgebiet im Süden weiter ausdehnen können (Abb. 12). Das ganze noch im Pliozän zur Donau fließende Alpenrheinsystem ist nun dem jungen Rhein tributär. Im mittleren und nördlichen Schwarzwald hat der Rhein selbst nicht sehr viel an Einzugsgebiet gewonnen. Dies liegt daran, dass der größer gewordene Neckar im Bereich seines westlichen Einzugsgebiets schon längere Zeit zum Rhein floss. Somit begann sich allmählich ein Gleichgewicht zwischen den einerseits rheinischen und andererseits ehemals danubischen, jetzt aber nach Anzapfungen rheinisch

entwässernden Gebieten einzustellen. In nach Fließentfernung am nächsten zum Rhein gelegenen Gebieten hat sich ein Gleichgewicht eher eingestellt als in den fließfernen. In solchen Gebieten sind Anzapfungen auch innerhalb des rheinischen Systems, so z.B. die der von Tübingen bis in den Schwarzwald reichenden ehemaligen Ammer durch die Nagold, immer noch möglich. Dies deshalb, weil in den von den eigentlichen Anzapfungsstellen weit entfernten Gebieten die rheinische Erosion noch nicht angekommen war. Im Oberrheingraben selbst bestehen noch die dem Rhein parallelen Flüsse. Der Main hat sich weit nach Osten ausgedehnt.

Der Neckar hat sich in seinem Oberlauf der noch danubisch über den heutigen Faulenbach entwässernden Eschach stark genähert. Die rechten Nebenflüsse des Neckars – Fils, Rems, Murr, Kocher und Jagst – haben ihr Einzugsgebiet weiter auf Kosten des danubischen Einzugsgebiets erweitern können (HANSCH et al. 2006, SIMON 2008). Dabei ist

**Abb. 13:**

Flussystem mit Schichtstufen im Mittelpleistozän, vor ca. 0,5 – 0,2 Ma. Teilweise nach SIMON (1987, 1988), VILLINGER (1998), GROSCHOPF & VILLINGER (1998).

bei der Fils die auffällige Richtungsänderung zwischen Ober- und Mittellauf bei Geislingen a. d. St. entstanden. Durch Anzapfung der Fichtenberger Rot ist am Kocher bei Gaeldorf eine ganz ähnliche markante Richtungsänderung eingetreten.

Die Donau hat in ihrem südlichen Einzugsgebiet durch den Verlust von Alpenflüssen an den jungen Rhein ein großes Einzugsgebiet verloren. Dieser große Verlust erklärt sich nicht allein durch Anzapfungsvorgänge aufgrund unterschiedlicher Gefällsverhältnisse im rheinischen und danubischen System. Es ist auch eine tektonische Ursache in Betracht zu ziehen. Eine Absenkung im Voralpenland im Bereich des Bodensees hat möglicherweise das schnelle Vordringen des jungen Rheins nach Osten und die Anzapfung des Alpenrheins bewirkt. GROSCHOPF & VILLINGER (1998) sehen die Eroberung des Alpenrheins durch den jungen Rhein in Vorstößen des Rheingletschers im frühen Quartär bedingt. Die Schichtstufen haben generell etwa ihren heutigen Stand erreicht.

Im Pleistozän hat sich die Landschaft gegenüber den früheren Zeiten stark verändert (Abb. 13). Dies betrifft vor allem den südlichen Teil von Baden-Württemberg, der in den Kaltzeiten unter einem mehrere hundert Meter mächtigen Eispanzer begraben lag (HANTKE 1978, 1980, 1983). In Abb. 13 ist die Zeit der größten Ausdehnung des Eises aus den Alpen in das nördliche Vorland hinaus dargestellt. Am Eisrand entlang entwässerten die Donau und der Rhein die vom Inlandeis während der sommerlichen Auftauphasen abströmenden Schmelzwässer. Dies war auch beim Rückzug der Eismassen so, weshalb das Flussnetz heute in Oberschwaben ganz charakteristisch von einem nach Norden abfließenden Flusssystem geprägt ist.

Die Eismassen schufen bei ihrem Fließen tiefe und lange Furchen. Die bekannteste ist der Bodensee. Allerdings ist die Richtung der Ausschürfung von dem vorher bestandenen Abfluss des Rheins im Bereich des Bodensees bestimmt. Es hatte sich in-



folge der Vorflutverhältnisse ein tiefes, zum Oberrheingraben nach Westen gerichtetes Tal entlang tektonischer Bruch- und Schersysteme bilden können (GROSCHOPF & VILLINGER 1998, BITTERLI-DREHER 2005, HANTKE 2005, KELLER 2005). Diesem Tal ist der aus dem Alpenrheintal vordringende Gletscher weitgehend gefolgt.

Auch der Hochschwarzwald war zumindest in den beiden letzten großen Kaltzeiten (Riß, Würm) vergletschert. Alpen- und Schwarzwaldgletscher kamen sich besonders dort, wo Täler einen weiten Vorstoß der Gletscher erlaubten, bis auf wenige Kilometer sehr nahe.

Im Oberrheingraben ist der lange rheinparallele Fluss rechts des Rheins verschwunden, was mit der Verwitterungsintensität im Pleistozän zusammenhängt. Durch die Frostspaltung wurde sehr viel Verwitterungsmaterial bereitgestellt. Die Flüsse aus dem Schwarzwald bildeten weit in die Ebene hinaus Schwemmfächer. Diese zerschnitten den rheinparallelen Fluss und das Schottermaterial aus dem Schwarzwald fand seinen direkten Weg zum Rhein.

Der Main hat im Pleistozän auch die Rednitz und Regnitz erobert. Die Tauber ist noch etwas weiter nach Süden vorgedrungen.

Bedeutende Verluste musste das danubische Einzugsgebiet im Bereich der Flüsse Brenz, Kocher und Jagst hinnehmen. Der Oberlauf des Neckars lenkte die Eschach in das rheinische Einzugsgebiet ab. Die jüngste größere Flussablenkung vom danubischen zum rheinischen Gebiet erfolgte durch die knapp 20 000 Jahre alte Umlenkung der Feldbergdonaу durch die Wutach zum Hochrhein. Seither hat die rheinische Erosion in diesem Anzapfungsgebiet eine Taleintiefung von mehr als 100 m bewirkt und die steile Wutachschlucht geschaffen. Diese ist ein Zeugnis dafür, welche Geschwindigkeiten Erosionsvorgänge annehmen können, wenn günstige Voraussetzungen, wie hohes Gefälle, ausreichende Wasserführung und Hochwasserereignisse, vorliegen. Die durchschnittliche Tiefenerosionsrate erreicht hier fast 1 cm/Jahr. Beim Neckar ist diese Tiefenerosion im gleichen Zeitraum um den Faktor 100 geringer.

Die Schichtstufen haben sich seit dem Mittelpleistozän bis heute nur unwesentlich geändert. Die periglaziale, d.h. solifluidale Formung ist in den meisten Fällen noch gut zu erkennen.

Die heutige Landschaft in Baden-Württemberg ist eine überwiegend im Pleistozän geprägte und im Holozän im Grunde nur leicht modifizierte Land-

schaft. Dies gilt natürlich besonders für die ehemals durch Gletscher überdeckten und durch deren Schmelzwässer beeinflussten Landschaften in Oberschwaben und im Schwarzwald. Im Oberrheingraben wurden im Quartär große Schottermächtigkeiten abgelagert. Die stärkste Erosion fand in den Tälern statt, die im Pleistozän ihre größte Eintiefung erfuhren. Dabei entstanden Talmäander in den härteren Gesteinen (Buntsandstein, Oberer Muschelkalk, Keupersandsteine, Oberjurakalksteine) und, wegen starker Seitenerosion der Flüsse, breite Talauen in den morphologisch weicheren Gesteinen (Röttonsteine, Mittlerer Muschelkalk, Keuper und Juratonsteine). Bei Abschneiden von Talmäandern entstanden Umlauffberge (Comburg bei Schwäbisch Hall, Lützelberg bei Schelklingen), bei Laufverkürzungen zwischen Haupt- und Nebenflüssen Durchbruchsberge (Österberg bei Tübingen, Neckarburg bei Rottweil). In den Tälern bildeten sich Schotter während Akkumulationsphasen, die sich in der nächsten Erosionsphase zu Flussterrassen entwickeln konnten. Weite Landstriche wurden von Löss bedeckt.

## 7 Holozän

In der Nacheiszeit, im Holozän, setzen sich Erosion und Sedimentation fort. Flussschlingen wurden abgeschnitten, was bei Lauffen am Neckar für das Holozän belegt ist. In Oberschwaben verlandeten Seen durch Torfbildung. In den Talauen lagerte sich Auenlehm ab, der allerdings zum großen Teil schon ein „anthropogenes“ Sediment ist.

Zwischen den Einzugsgebieten von Rhein und Donau ist bis heute noch kein Gleichgewicht eingetreten. Dies wird an der Europäischen Wasserscheide besonders deutlich: Im rheinischen Gebiet schroffe Klingen, junge Landschaftsformen und schnell fließende Gewässer; im danubischen Gebiet sanfte und reife Landschaftsformen und langsam fließende Gewässer. Eine Erosionslandschaft strebt jedoch immer einem Gleichgewicht, d.h. schließlich einer fast ebenen Landschaft zu. Dies kann beschleunigt, aber auch aufgehalten oder sogar verhindert werden durch Klimaänderungen – Stichwort „neue Eiszeit?“ – oder tektonische Hebungen. Da jedoch diese Faktoren bislang nicht sicher vorhersagbar sind, ist das einzige Sichere an einer Vorhersage für die künftige Landschaftsentwicklung der Wandel.

## Literatur

- BECKER, A. (2000): Der Faltenjura: geologischer Rahmen, Bau und Entwicklung seit dem Miozän. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **82**: 317–336, 7 Abb.; Stuttgart.
- BITTERLI-DREHER, P. (2005): Die geologische Geschichte der Landschaft des Hochrheingebiets. – In: Der Rhein – Lebensader einer Region, Veröffentl. d. Naturforsch. Ges. i. Zürich, **208**: 13–33, 7 Abb.; Zürich.
- BLOOS, G. (1967): Über Jura und Tertiär im Gebiet von Ehingen/Donau (Baden-Württemberg). – Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **49**: 75–115, 8 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- BÖTTCHER, R., BRACHER, H., DOPPLER, G., VON ENGELHARDT, W., Gregor, H.-J., HEISSIG, K., HEIZMANN, E. P. J., HOFMANN, F., KALIN, D., LEMCKE, K., LUTTERBACHER, H., MARTINI, E., REIFF, W., SCHREINER, A. & STEININGER, F. F. (1998): Graupensandrinne – Ries-Impakt: Stratigraphie der Grummelfinger Schichten, Kirchberger Schichten und Oberen Süßwassermolasse (nördliche Vorlandsmolasse, Süddeutschland). – Z. dt. geol. Ges. **149/1**: 127–161, 9 Abb.; Stuttgart.
- BORGER, H. (2000): Mikromorphologie und Paläoenvironment. – Relief–Boden–Klima, **15**: 243 S., 42 Abb., 5 Tab., 10 Taf.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- BUCHNER, E. (1998): Die süddeutsche Brackwassermolasse in der Graupensandrinne und ihre Beziehung zum Ries-Impakt. – Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **80**: 399–459, 26 Abb., 5 Tab., 3 Taf.; Stuttgart.
- BUCHNER, E., SEYFRIED, H. & HISCHE, R. (1996): Die Graupensande der süddeutschen Brackwassermolasse: ein Incised Valley-Fill infolge des Ries-Impaktes. – Z. dt. geol. Ges. **147/2**: 169–181, 10 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- BUCHNER, E., SCHWEIGERT, G. & SEYFRIED, H. (1998): Revision der Stratigraphie der süddeutschen Brackwassermolasse. – Z. dt. geol. Ges. **149/2**: 305–320, 8 Abb.; Stuttgart.
- DONGUS, H. (1977): Die Oberflächenformen der Schwäbischen Alb und ihres Vorlands. – Marburger geogr. Schriften, **72**: 486 S, Kartenband mit 32 Anl.; Marburg.
- DONGUS, H. (2000): Die Oberflächenformen Südwestdeutschlands. – 189 S., 17 Abb., 1 Tab., 1 Beil.; Stuttgart (Borntraeger).
- DOPPLER, G. & SCHWERD, K. (1996): Faltenmolasse, Aufgerichtete Molasse und westliche Vorlandsmolasse. – In: FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. (Ed.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000: 150–168, 6 Abb.; München (4. Aufl.).
- EBERLE, J., EITEL, B., BLÜMEL, W. D. & WITTMANN, P. (2007): Deutschlands Süden vom Erdmittelalter zur Gegenwart. – 192 S., 189 Abb.; Berlin, Heidelberg (Spektrum).
- FRANZ, M., SELG, M. & HOFMANN, F. (1998): Limnisch-fluviatile Ablagerungen aus dem Untereozän vom Südrand der Schwäbischen Alb. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **80**: 279–296, 5 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Stuttgart.
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1991): Geologie von Baden-Württemberg. – VIII + 482 S., 255 Abb., 26 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart) (4., überarb. Aufl.).
- GEYER, O. F., SCHOBER, T. & GEYER, M. (2003): Die Hochrhein-Regionen zwischen Bodensee und Basel. – Samml. Geologischer Führer, **94**: 526 S., 115 Abb.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- GROSCHOPF, R. & VILLINGER, E., m. Beitr. v. BRÜSTLE, W., LINK, G., WAGENPLAST, P. & ZWÖLFER, F. (1998): Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000 000, Erl.: VI + 142 S., 27 Abb., 2 Tab.; Freiburg i.Br. (12., überarb. u. erweit. Aufl.).
- HAGDORN, H. & SIMON, T. (1988): Geologie und Landschaft des Hohenloher Landes. – Forsch. aus Württ. Franken, **28**: 192 S., 125 Abb., 1 Tab., 3 Beil.; Sigmaringen (Thorbecke) (2. Aufl.).
- HANSCH, W., MAILÄNDER, S., RIEXINGER, W.-D., ROSEDAHL, W. & SIMON, T. (2006): Frankenbacher Schotter – Die Kiesgrube Ingelfinger als Geotop und Biotope – ein geplantes Naturschutzgebiet bei Heilbronn. – 46 S., 81 Abb.; Regierungspräsidium Stuttgart, Staatliche Naturschutzverwaltung Baden-Württemberg; Stuttgart.
- HANTKE, R. (1978): Eiszeitalter. – Bd. **1**: 468 S., 217 Abb., 4 Kt.; Thun (Ott).
- HANTKE, R. (1980): Eiszeitalter. – Bd. **2**: 703 S., 273 Abb., 4 Kt.; Thun (Ott).
- HANTKE, R. (1983): Eiszeitalter. – Bd. **3**: 730 S., 305 Abb., 1 Kt.; Thun (Ott).
- HANTKE, R. (2005): Die Entstehungsgeschichte von Alpenrhein und Bodensee-Becken. – In: Der Rhein – Lebensader einer Region, Veröff. d. naturforsch. Ges. i. Zürich, **208**: 34–53, 17 Abb., 1 Tab.; Zürich.
- KELLER, O. (2005): Letzte Eiszeit und Landschaftsformung am Hochrhein und am Alpenrhein. – In: Der Rhein – Lebensader einer Region, Veröff. d. naturforsch. Ges. i. Zürich, **208**: 54–74, 18 Abb.; Zürich.
- LEMCKE, K. (1975): Molasse und vortertiärer Untergrund im Westteil des süddeutschen Alpenvorlandes. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **57**: 87–115, 25 Abb.; Stuttgart.
- MEYER, R. K. F. (1996): Regensburg-Hollfelder Kreide (Prä-Obercenoman bis Campan). – In: FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. (Ed.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000: 112–125, 6 Abb.; München (4. Aufl.).
- NÄGELE, E. (1962): Zur Petrographie und Entstehung des Albsteins. – N. Jb. Geol. Paläontol. Abh., **115**: 44–120, 10 Abb., 2 Tab., 8 Diagr.; Stuttgart.
- PFLUG, R. (1982): Bau und Entwicklung des Oberrheingrabens. – Erträge der Forschung, **184**: 145 S., 43 Abb., 2 Tab.; Darmstadt (Wissenschaftl. Buchges.).



- REICHENBACHER, B., DOPPLER, G., SCHREINER, A., BÖTTCHER, R., HEISSIG, K. & HEIZMANN, E.P.J. (1998): Lagerungsverhältnisse von Grimmfinger Schichten und Kirchberger Schichten: Kommentar zur „Revision der Stratigraphie der süddeutschen Brackwassermolasse“. – Z. dt. geol. Ges. **149/2**: 321—326, 8 Abb.; Stuttgart.
- REIFF, W. & SIMON, T. (1990): Die Flussgeschichte der Urbrenz und ihrer Hauptquellflüsse (Exkursion L am 21.04.1990). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **72**: 209—225, 5 Abb.; Stuttgart.
- RUPF, I. & NITSCH, E. (2008): Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse. – LGRB-Informationen, **21**: 82 S., 36 Abb., 3 Tab., 10 Beil.; Freiburg i. Br.
- RUTTE, E. (1987): Rhein – Main – Donau. – 154 S., 72 Abb., 48 Tab.; Sigmaringen (Thorbecke).
- SCHIRMER, W. (2003): Stadien der Rheingeschichte. – In: SCHIRMER, W. [Hrsg.]: Landschaftsgeschichte im europäischen Rheinland, GeoArcheoRhein, **4**: 21—80, 23 Abb.; Münster (LIT).
- SCHREINER, A. (1965): Die Juranaagelfluß im Hegau. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **7**: 303—354, 10 Abb., 6 Tab., 2 Taf.; Freiburg i. Br.
- SCHREINER, A. (1992): Hegau und westlicher Bodensee. – Geologische Karte 1 : 50 000 von Baden-Württemberg: 290 S., 25 Abb., 11 Taf., 7 Beil.; Freiburg i. Br. (3. Aufl.).
- SIMON, T. (1987): Zur Entstehung der Schichtstufenlandschaft im nördlichen Baden-Württemberg. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **29**: 145—167, 10 Abb., Freiburg i. Br.
- SIMON, T. (1988): Flussgeschichte von Kocher und Jagst. – In: HAGDORN, H. [Hrsg.]: Neue Forschungen zur Erdgeschichte von Crailsheim (Sonderbände Ges. Naturkde. Würtemberg, **1**): 241—254, 7 Abb., Stuttgart, Korb (Goldschnecke).
- SIMON, T. (2008): Flussgeschichte des Neckars. – museo, **24**: 36—43, 9 Abb.; Heilbronn.
- VILLINGER, E. (1986a): Zur Flussgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **80**: 361—398, 5 Abb., 5 Tab.; Stuttgart.
- VILLINGER, E. (1986b): Untersuchungen zur Flussgeschichte von Aare-Donau/Alpenrhein und zur Entwicklung des Malm-Karsts in Südwestdeutschland. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **28**: 297—362, 10 Abb., 2 Tab.; Freiburg i. Br.
- VILLINGER, E. (1998): Zur Flussgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver. N. F. **80**: 361—398, 5 Abb., 5 Tab.; Stuttgart.
- VILLINGER, E. (2003): Zur Paläogeographie von Alpenrhein und oberer Donau. – Z. dt. geol. Ges. **154/2-3**: 193—253, 12 Abb., 12 Tab.; Stuttgart.
- VOLZ, E. (1959): Geologische Ergebnisse einiger Erdölbohrungen im westlichen Molassebecken. – Erdöl und Kohle, **12**: 209—216; Hamburg.
- WAGNER, G. (1955): Flussgeschichte eine junge Wissenschaft. – Aus der Heimat, **7/8**: 134—148, 6 Abb.; Öhringen.
- WAGNER, G. (1960): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte. – 694 S., 591 Abb., 231 Taf., 1 Kt., 3. Aufl.; Öhringen (Rau).
- WAGNER, G. & KOCH, A. (1961): Raumbilder zur Erd- und Landschaftsgeschichte Südwesterdeutschlands. – 33 S., 3 Abb., 16 Farbbilder im Anh.; Schmid (Repro-Druck); 1963: Stuttgart (Spectrum).
- ZIEGLER, P.A. (1982): Geological Atlas of Western and Central Europe. – 130 S., 40 Beil.; Amsterdam (Shell Int. Petr. Maatschappij).