LVII. Bericht Naturf. Gesellschaft Bamberg, S. 37 100, 1982

Entstehung und Werdegang des süddeutschen Schicht-Stufenlandes

von Karl BEURLEN, Tübingen

I n h a l t

Vorbemerkungen

1. Der Begriff Schichtstufenland
2. Entstehung der Landschaftsform Schichtstufenland
3. Der Formationsaufbau des süddeutschen Schichtstufenlandes
4. Die erste Anlage des süddeutschen Schichtstufenlandes
5. Die Weiterbildung des Schichtstufenlandes während des Tertiärs
6. Die Ausgestaltung des Schichtstufenlandes während des Quartärs
7. Das Gesamtbild des Schichtstufenlandes
8. Schlußbemerkungen

Vorbemerkungen

Georg WAGNER war der erste, der im Raume des süddeutschen Schichtstufenlandes auf die engen Zusammenhänge zwischen Tal- und Flußgeschichte und jungen Krustenbewegungen hinwies und an Hand eingehender Analysen aller größeren Talzüge Südwestdeutschlands nachweisen konnte, daß epirogene Krustenbewegungen bis in die jüngste geologische Vergangenheit hinein statthatten. Er hat damit entscheidende Beiträge zum Verständnis der jüngeren geomorphologischen Entwicklung des süddeutschen Schichtstufenlandes und seines Flußnetzes geliefert. Er wurde der Pionier moderner geomorphologischer Forschung im süddeutschen Raum. Seine Anregungen und methodologischen Überlegungen haben seither vielfältige Nachfolge gefunden, sie sich in einem fast unübersehbaren Schrifttum niedergeschlagen hat.

Georg WAGNER war es dabei zunächst darum gegangen, das Vorhandensein junger und jüngster tektonischer Krustenbewegungen und ihre Auswirkungen auf die Landschaftsgestaltung nachzuweisen. Er konzentrierte sich daher fast ganz auf die junge, quartäre Entwicklung der Fluß- und Talzüge, griff allenfalls auch einmal bis ins Pliozän zurück. Die Hauptzüge des Entwässerungsnetzes, sowie der Schichtstufenlandschaft wurden als gegeben vorausgesetzt, ihre quartäre Um- und Weiterbildung analysiert. In diesem Rahmen blieben im wesentlichen auch die Nachfolge-Arbeiten.

Nun hat die festländische Entwicklung des süddeutschen Raumes mit dem Rückzug des Jurameeres, in der Unterkreide begonnen. Die quartären Vorgänge stehen am Ende einer langen, Kreide und Tertiär umfassenden Vorgeschichte. Während dieser wurden die Grundzüge des Gewässernetzes und des Schichtstufenlandes angelegt und ausgebildet, die dann in der letzten quartären Phase nur noch mehr oder weniger stark modifiziert wurden. Bildung eines Gewässernetzes und Abtragung, Ausmodellierung eines Oberflächenreliefs mußten ja unmittelbar nach der Landwerdung einsetzen.

Auf den folgenden Seiten soll nun versucht werden, aus den dürftigen, für diese Vorgeschichte vorliegenden Zeugnissen die jung-mesozoisch-tertiäre Herausbildung und Entwicklung des Gewässernetzes und der durch

sie ausmodellierten Schichtstufenlandschaft abzuleiten und die Geschehensabläufe in den erdgeschichtlichen Zusammenhang einzuordnen. Wir wollen damit, aufbauend und weiterführend die Anregungen von Georg WAGNER, einen Weg suchen, die zum Teil recht eigenartigen Züge im süddeutschen Gewässernetz und in der Schichtstufentreppe zu verstehen und zu deuten.

1. Der Begriff Schichtstufenland

Der Begriff Schichtstufenland - er ist im süddeutschen Raume entstanden - erklärt sich aus dem Wort von selber. Es ist eine Landschaft, in welcher, mehr oder weniger weit auseinandergezogenen Treppenstufen gleich, die übereinander folgenden Schichtkomplexe der gesamten, das Gebiet aufbauenden Schicht- oder Formationsfolge, als Steil- oder Stufenränder herausgearbeitet, treppenförmig übereinander gestaffelt sind. Wesentliche Voraussetzung dabei ist, daß die gesamte Schichtfolge durch einen Wechsel widerstandsfähigerer und weicherer, leicht durch die Erosion ausräumbarer Schichtkomplexe gekennzeichnet ist und daß eine flach gelagerte, nicht gefaltete, mehr oder weniger ausgedehnte Schichttafel vorliegt, an der die Erosion angreift. Im kleinen kann man das an jedem Talhang beobachten, an dem eine Wechselfolge harter und weicher Schichten in flacher Lagerung ausstreichen, wobei infolge der stärkeren Ausräumung der weicheren Schichten der Talhang treppenförmig gestaffelt ist.(s.Abb.3)

Die Landschaft des Raumes zwischen Schwarzwald und Odenwald im Westen und der Böhmischen Masse im Osten, zwischen Donau und Main ist eine solche weit auseinandergezogene Treppe von übereinander gestaffelten als Steilränder ausmodellierten Schichtstufen. Diese sind zwar durch Taleinschnitte mehr oder weniger stark zerschnitten, heben sich aber doch als angenähert parallel verlaufende, durchgehende Stufensteilränder recht ausgeprägt heraus. Die Stufenränder sind durch weiträumige, wellige, mitunter hügelige Verebnungen voneinander getrennt. Jede Landschaftsstufe der weitgespannten Treppe entspricht einem bestimmten Glied der gesamten, den Untergrund aufbauenden Formationsfolge. Die Zuordnung der Landschafts- und Steilstufen zu den einzelnen Formations-

gliedern ist im südwestdeutschen Raum so klar und einprägsam, daß man sie gar nicht übersehen kann. In diesem, schon im vergangenen Jahrhundert intensiv geologisch durchforschten Gebiet ist daher auch der Begriff des Schichtstufenlandes entstanden. In der Lokalgeologie Südwestdeutschlands hat man dann vielfach auch die Landschaftsform Schichtstufenland als spezielle Besonderheit dieses Raumes angesehen.*

In der Tat liegt hier auch ein besonders eindrucksvolles Modell eines Schichtstufenlandes vor. Aber doch ist es nicht eine einmalige Besonderheit dieses Raumes. Wo immer flach gelagerte, nicht gefaltete, räumlich mehr oder weniger ausgedehnte Schichttafeln sich finden, die der Abtragung und Erosion unterliegen, da bilden sich Schichtstufenlandschaften. So etwa westlich der Vogesen zum Pariser Becken hin breitet sich ein Schichtstufenland aus, spiegelbildlich zu unserem südwestdeutschen. Und sie finden sich auch auf den anderen Kontinenten. Ein jedes freilich hat, je nach der aufbauenden Formationsfolge und den jeweiligen regional-geologischen Bedingungen seine Besonderheiten. Und wie wir im folgenden sehen werden, ist auch das südwestdeutsche Schichtstufenland, so modellhaft einfach es sich uns darstellt, das Ergebnis einer nicht ganz einfachen Entstehungsgeschichte.

Eine treppenförmig gegliederte Stufenlandschaft ist nicht immer eine Schichtstufentreppe. Sie kann auch eine Stufentreppe von ineinander geschachtelten, durch Erosionsränder voneinander getrennten, in verschiedenen Höhenlagen befindlichen Einebnungsflächen sein. Ein durch lange Zeit der Abtragung unterliegender Raum kann schließlich weitgehend eingeebnet werden. Tritt dann eine epirogene Hebung ein, so rückt diese Einebnungsfläche in ein höheres Niveau. Sie wird dann von den Rändern her angegriffen und es kann sich schließlich in tieferem Niveau eine sich verbreiternde neue Einebnungsfläche herausbilden, die durch einen Erosionssteilrand von der älteren höher gelegenen getrennt ist. Bei mehrfacher Wiederholung dieses Vorgangs kann es auch hier zu einer gegliederten Stufentreppe kommen. Solche Stufentreppen sind völlig anderer Art und anderer Entstehung als die Schichtstufentreppen. Wir erwähnen das hier deshalb, weil man früher gelegentlich auch das südwestdeutsche Schichtenstufenland als eine Stufentreppe verschieden hoch liegender Einebnungsflächen gedeutet hat. Doch hat sich diese Vor-

(* s.Abb.1 u. 2)

stellung nie richtig durchgesetzt und sie ist heute zu Recht verlassen. Was in Südwestdeutschland vorliegt ist eine echte Schichtstufenlandschaft und nicht eine Treppe von Einebnungsflächen.

2. Entstehung der Landschaftsform Schichtstufenland

Ein in widerstandsfähige, standfeste Gesteine eingeschnittenes Tal, etwa eine Kalkformation, ist im allgemeinen relativ schmal und zeigt steile Talhänge, so das in den Hauptmuschelkalk eingeschnittene Tal des Neckar von Horb bis Rottenburg oder das Taubertal von Rothenburg/Tauber bis Wertheim. Ein in weiche, wenig standfeste Schichten eingeschnittenes Tal entwickelt sich breiter und hat flacher geböschte Talflanken, da die wenig standfesten Gesteine nachrutschen und der Schuttfuß in der Talsohle immer wieder durch die Eosion ausgeräumt wird. Durchschneidet ein Tal eine Schichtfolge, in der standfeste und weniger standfeste Schichtkomplexe sich abwechseln, tritt eine Kombination beider Talformen auf, in Form einer treppenförmigen Terrassierung der Talflanke. Die weicheren, weniger standfesten Zwischenlagen werden durch die Seitenerosion ausgeräumt; die härtere und standfeste Lage im Liegenden bildet eine Art lokaler Erosionsbasis für die Seitenerosion, in welcher die Seitenerosion sich nur sehr verlangsamt einschneidet, so daß an ihrer Oberkante eine Verebnung entsteht, da die weicheren Schichten im Hangenden rascher ausgeräumt werden. Am Talhang bildet die härtere Zwischenlage dank ihrer Standfestigkeit eine steile Partie, Bei mehrfachem Wechsel harter und weicher Schichten entsteht so eine treppenförmige Terrassierung des Talhanges. Die Terrassen-Verebnungen im Hangenden der standfesten Zwischenlagen verbreitern sich bei länger dauernder Entwicklung dank der beschleunigten Ausräumung der weicheren Zwischenlagen durch die Seitenerosion. Die Terrassierung zwischen Steilstufen und Verebnungen, die am Talhang in flach geböschte Hangabschnitte übergehen, prägt sich im Zug der Entwicklung fortschreitend deutlicher aus. Solche terrassierte Talflanken finden sich etwa im Keuper mit seiner Wechselfolge von standfesten Sandsteinen und weichen Mergeln oder in der geschichteten Normalfazies des Oberen Jura mit seiner Wechselfolge von gebankten Kalken und Kalkmergeln. (s.Abb.3)

In einer mehr oder weniger ausgedehnten flach gelagerten, ungefalteten, horizontal liegenden oder flach einfallenden Schichttafel, die der Erosion unterliegt und eine mehr oder weniger gleichartige Schichtfolge zeigt, werden alle sie entwässernden Talzüge eine gleichartige Terrassierung mit einer Folge von Steilstufen und diese trennenden Verebnungen hervorbringen. Mit der zunehmenden Verbreiterung der Verebnungen bei länger dauernder Entwicklung weiten diese sich immer weiter aus, ebenso wie die Steilstufen der höheren, hangenden Abschnitte der Schichtfolge immer weiter zurückverlegt werden, sich also von den Talzügen mehr und mehr entfernen. Die in den Anfangsstadien an die Talzüge gebundene Terrassierung der Talflanken greift daher, gefördert durch die Seitenerosion der Haupttäler, immer mehr und bestimmender auch in die Bereiche zwischen den Talzügen zurück. Die Steilstufen und die sie trennenden Verebnungen schließen sich zu einer die Talzüge überquerenden, die ganze Landschaft kennzeichnenden Stufentreppe zusammen, so daß durchgehende, von den Flüssen mehr oder weniger stark zerschnittene Schichtstufen-Steilränder und Verebnungen resultieren.

Diese Überlegungen zeigen ein modellartiges Schema, wie ein Schichtstufenland sich bilden kann. Es zeigt, daß unerläßliche Voraussetzung das Vorhandensein einer flach gelagerten Schichtplatte ist, die von einer Schichtfolge mit wechselnd widerstandsfähigen und standfesten Schichten aufgebaut ist und die dank einer gewissen Höhenlage von den Rändern her durch die Erosion, durch sich einschneidende Täler angegriffen wird. Die Lagerung kann, was wohl selten ist, horizontal sein, oder es kann ein flaches Einfallen oder sogar eine weitgespannte flache Wellung die Schichtplatte kennzeichnen. Wo diese Voraussetzungen gegeben sind, ist die Landschaftsform Schichtstufenland mehr oder weniger deutlich ausgeprägt vorhanden. In welcher Form dieses einfache Modell in den konkreten Einzelfällen verwirklicht ist, das ist von Fall zu Fall verschieden und hängt ab von der die Schichttafel aufbauenden Formationsfolge, von dem regional-geologischen Rahmen, der durch diesen gegebenen Lage der Erosionsbasen, auf welche die Entwässerung der Schichttafel eingestellt ist, und nicht zuletzt von dem erdgeschichtlichen Geschehen (epirogene Bewegungen, Klima-Entwicklung usf.), welches die jeweilige Schichttafel nach der Ablagerung der sie aufbauenden

Formationsfolge während der Ausmodellierung der Schichtstufen bis zur Gegenwart durchgemacht hat.

Auf den folgenden Seiten wollen wir zunächst die das süddeutsche Schichtstufenland aufbauende Schichtfolge kurz kennzeichnen, wobei wir uns auf Gegebenheiten der Schichtfolge beschränken, welche für die Ausmodellierung der Schichtstufen und damit für die Landschaftsgestaltung wichtig sind. Sodann wollen wir versuchen, das Geschehen zu verfolgen, durch das aus der Schichttafel die heutige Formung des süddeutschen Schichtstufenlandes ausmodelliert wurde.

3. Der Formationsaufbau des süddeutschen Schichtstufenlandes

Im Schwarzwald und Odenwald, sowie in der Böhmischen Masse (Bayerischer Wald - Fichtelgebirge) tritt das kristalline Grundgebirge, kräftig herausgehoben, zutage. Ihm liegt eine nur sehr lückenhaft entwickelte, bzw. erhalten gebliebene Decke paläozoischer Formationen auf, welche zusammen mit dem liegenden Kristallin durch die Variszische Gebirgsbildung verfaltet und verformt sind. Im Raum des Schichtstufenlandes sind diese liegenden Komplexe tief versenkt. Einzelne Tiefbohrungen, sowie vulkanische Aufwürflinge geben Hinweise auf den Zusammenhang zwischen Schwarzwald - Odenwald und Böhmischer Masse. Durch die Variszische Gebirgsbildung wurde der gesamte süddeutsche Raum, einschließlich der Böhmischen Masse endgültig konsolidiert und hat nachpaläozoisch keine gebirgsbildende Bewegung und Verformung mehr durchgemacht. Dieser ganze liegende Komplex Kristallin und paläozoische Formationen - wird durch eine Einebnungsfläche abgeschnitten. Das kristalline Grundgebirge kann daher mit den Resten der paläozoischen Formationen zusammengefaßt werden als die Unterlage der das Schichtstufenland aufbauenden Schichttafel.

Vom ausgehenden Paläozoikum an (Oberes Perm) wurde der süddeutsche Raum, einschließlich Schwarzwald und Odenwald, nicht aber Böhmische Masse, Senkungs- und damit Sedimentationsraum. Die weiträumige epirogene Absenkung hielt in wechselndem räumlichen und zeitlichen Ausmaß während der ganzen Trias- und Jura-Periode an. So entstand eine kontinuierliche, Trias- und Jura-Formation umfassende, 2000 - 3000 m mächtige Folge von Sedimentär-Formationen als ungefaltete Decke über der kristallin-variszi-

schen Unterlage. An der Wende von Jura- zu Kreide-Periode klang die Absenkung aus. Die Trias-Jura-Schichttafel begann sich herauszuheben und rückte damit unter den Einfluß festländischer Abtragung. Seit dem Ende der Jura-Periode herrscht die Tendenz erpirogener Hebung in wechselndem räumlichen und zeitlichen Ausmaß im süddeutschen Raum, bis zur Gegenwart. In dem langen Zeitraum von der Unterkreide bis zur Gegenwart wurde aus der Trias-Jura-Schichttafel das heutige Schichtstufenland ausmodelliert.

Die Absenkung greift aus dem ausgedehnten norddeutschen Senkungsraum während des Oberen Perm (Zechstein) über die Hessische Senke nach Süden vor. Die Südgrenze der Zechstein-Ablagerungen, die freilich nur wenig mächtig sind, schiebt sich bis in die Gegend von Pforzheim und Baden vor. Sie sind überall von mesozoischen Formationen bedeckt, nehmen daher an der Bildung des Schichtstufenlandes nicht teil. Der größere südliche und östliche Abschnitt des späteren Schichtstufenlandes ist noch nicht in eine stärkere Absenkung einbezogen. Hier bildet sich in dieser Zeit die Einebnungsfläche auf der kristallin-variszischen Unterlage. Erst von der Trias an wird der Gesamtraum des späteren Schichtstufenlandes zum Senkungs- und Sedimentationsraum. Die absenkende Bewegung greift rasch immer weiter nach Süden vor.

Während der unteren Trias, der Buntsandsteinzeit, weitet sich Absenkung und Sedimentation fortschreitend weiter gegen Süden aus. Die Absenkung bringt aber den süddeutschen Raum noch nicht unter den Meeresspiegel. Der südlichste Abschnitt, ein vom Südschwarzwald zum Bayerischen Wald, WSW-ENE sich erstreckender Raum, wird noch nicht in den Sedimentationsbereich einbezogen. Es ist dies die Vindelizische Schwelle, die den süddeutschen Raum von der Tethys im Süden trennt. Der ganze uns interessierende Raum ist daher schwach gegen Norden gekippt. Es entstand eine nordwärts gerichtete Entwässerung in Form eines wohl vom Französischen Zentralplateau kommenden großen Flußsystems, das durch die Hessische Senke in den norddeutschen Senkungsraum floß und in das auch die von der Vindelizischen Schwelle kommenden Flüsse einmündeten. Dieser Fluß brachte den Verwitterungsschutt aus seinem Oberlauf mit in Form gut ausgewaschener Sande, gelegentlich auch gut gerundete Gerölle. In den weiten Niederungen, in denen die Flüsse hin und her pendelten, wurden

die Sande flächenhaft abgelagert und hier trat oft auch Verdünung auf.

Dieser allgemeinen Situation entspricht es, daß der Buntsandstein nach Norden zu mächtiger wird, sowie feinkörniger ist, daß Geröll führende Lagen im Süden eine größere Rolle spielen und nach Norden verschwinden. Der wenig mächtige Untere Buntsandstein, der aus bröckeligen Sandmergeln und weichen Sandsteinen besteht, reicht nur bis in den Nordschwarzwald nach Süden. Als landschaft-bildendes Element tritt er wegen der geringen Mächtigkeit und der geringen Widerstandsfähigkeit nicht in Erscheinung. Das morphologisch wichtigste Glied ist der Mittlere Buntsandstein. Im Südschwarzwald - Bereich der Vindelizischen Schwelle fehlt er. Im mittleren Schwarzwald (Donaueschingen-Schramberg) wird er kaum mächtiger als 50 m und ist weitgehend konglomeratisch. Im Nordschwarzwald schwillt er auf eine Mächtigkeit von über 200 m an und wird von dickbankigen, festen, mitunter verkieselten Sandsteinen aufgebaut (Bausandstein). Im Odenwald schließlich wird er über 500 m mächtig. Im Nordschwarzwald und Odenwald ist er daher wichtiges landschaftsbildendes Element. Im Oberen Buntsandstein (Röt) weitet sich der Senkungs- und Sedimentationsraum über das Westende der Vindelizischen Schwelle nach Südwesten aus. Er ist auch im Südschwarzwald vertreten. In dieser Zeit sinkt der süddeutsche Raum unter den Meeresspiegel ab. Die dunkelroten, oft fast violett-rötlichen, glimmerigen Plattensandsteine, sowie die ebenso gefärbten Röttone sind Ablagerungen eines wohl übersalzenen Binnen- und Nebenmeeres. Geringe Mächtigkeit und Widerstandsfähigkeit läßt diese obere Buntsandsteinstufe in der Landschaft ganz zurücktreten.

Das Röt-Binnenmeer leitet die binnenmeerische Entwicklung der Mittleren Trias, der Muschelkalk-Zeit, ein. Östlich der Böhmischen Masse, in Oberschlesien-Südpolen, schafft eine breite Absenkung eine offene Verbindung zu dem mediterranen Tethysmeer. Die freiere Verbindung zum Ozean ermöglichte einen Wasseraustausch, dank dessen der Salzgehalt des Rötbeckens so weit herabgesetzt wurde, daß marine Organismen einwandern und überleben konnten. Der Sauerstoffverbrauch durch die organische Besiedlung und die Verwesung der organischen Verbindungen bewirkte eine Reduktion der rotfärbenden Eisenoxide und Eisenhydroxide, so daß ein rascher Farbumschlag von rot zu hellgrau erfolgte. Mit diesem, mit dem gleich-

zeitig auch die Fossilführung einsetzt, läßt man den Muschelkalk beginnen. Der Sedimentcharakter bleibt zunächst, im Unteren Muschelkalk, der gleiche wie in den Röttonen, doch tritt rasch zu den Tonen auch eine kalkige Komponente, so daß diese mergelig werden. Gelegentlich schalten sich auch dünne Kalk- und Dolomitbänke ein. Der Fossilinhalt ist monoton, da es sich um ein Nebenmeer mit wohl etwas erhöhtem Salzgehalt handelt. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 50 m am Schwarzwaldrand und 100 m im Osten (Franken). Der im Mittel 100 m mächtige Mittlere Muschelkalk ist eine Evaporit-Formation (Anhydrit-Gebirge). Unterbrechung der freien Verbindung zum Ozean ließ ein geschlossenes Binnenbecken entstehen, in dem dank der herrschenden klimatischen Bedingungen starke Verdunstung herrschte. Aus dem infolgedessen übersalzenen Wasser erfolgte schließlich Präzipitation. Immer wieder auftretende Meereseinbrüche brachten neues Meerwasser und ermöglichten so die relativ mächtige Evaporitfolge. Sie beginnt mit Dolomiten im Liegenden und führt über Anhydrit bis zu Steinsalz. An der Oberfläche sind die leicht löslichen Ablagerungen ausgelaugt, so daß bestenfalls Lösungsrückstände (Zellendolomit) beobachtet werden können. Die hangenden Schichten des Oberen Muschelkalks sind häufig darüber nachgestürzt. Dolinen oder Lagerungsstörungen sind die Folge. Der Obere Muschelkalk selber ist wieder eine fossilführende Marinablagerung und besteht aus einer Folge gebankter Kalke und Megelkalke, deren Mächtigkeit zwischen 50 und 100 m schwankt. Es hatte sich in dieser Zeit wieder eine freie Verbindung zum Ozean gebildet und damit war ein freier Wasseraustausch und organismische Besiedlung möglich. Die alte Verbindung zum Tethysmeer über Südpolen freilich war nicht wieder hergestellt worden; es hatte sich vielmehr eine neue Verbindung über den westlichen Abschnitt der Vindelizischen Schwelle, der ja schon in der Zeit des Oberen Buntsandsteins eine gewisse Senkungstendenz gezeigt hatte, zum westmediterranen Abschnitt der Tethys gebildet. Die gebankte Kalkfolge des Oberen Muschelkalks ist relativ widerstandsfähig und standfest, spielt daher als landschaftsbildendes Element eine erhebliche Rolle. Sie wird daher vielfach auch als Hauptmuschelkalk bezeichnet.

In der Folge von Buntsandstein zum Muschelkalk stellen wir zwei recht standfeste und der Erosion gegenüber widerstandsfähige Schichtpakete fest, den Bausandstein des Mittleren Buntsandsteins und die Kalkformation des

Hauptmuschelkalks. Die zwischen ihnen liegenden Schichten sind wenig standfest und der Abtragung gegenüber wenig widerstandsfähig. Bausandstein und Hauptmuschelkalk können daher ausgeprägte Schichtstufenränder bilden, die durch eine mehr oder weniger breite wellige Verebnung getrennt sind.

Gegen Ende der Muschelkalkzeit verflacht das Meer, die Verbindung zum offenen Ozean wird schwächer. Das Muschelkalkmeer wird zu dem nicht mehr voll marinen Binnenbecken des Unteren oder Lettenkeupers. Dieser wird durch eine wenig mächtige Folge von Dolomitbänken und schieferigen Tonen, oft mit sandiger Komponente, mit geringer, sehr monotoner Fossilführung, repräsentiert. Eine von Osten kommende Sandschüttung bedingt die Bildung des zwischen die Dolomit-Ton-Folge sich einschaltenden Hauptsandsteins, der vor allem im Osten mächtiger entwickelt ist und nach Südwesten dünner wird und schließlich ganz verschwindet. Der Sandstein führt Pflanzenreste, die gelegentlich zu lehmigen Kohlenschmitzen angereichert sind ("Lettenkohle").

Der wenig mächtige Lettenkeuper stellt sich als Übergangsstufe vom Muschelkalk zum Keuper im engeren Sinne, dem Mittleren Keuper, dar. Dieser ist in einem sehr flachen Binnenbecken abgesetzt. Er wird in der Hauptsache von einer teils dunklen, teils bunten Folge von Tonen und Tonmergeln aufgebaut, in die sich einzelne festere, oft weithin verfolgbare Kalkmergelbänke einschalten. Die Fossilführung ist dürftig und besteht einerseits aus Estherien, die Süßwasserbedingungen anzeigen, und anderseits aus einer artenarmen Muschelfauna, die in einzelnen Lagen angereichert sein kann und die marine Einflüsse verrät. Marine Einbrüche, die eine Versalzung und dank des Klimas oft auch Übersalzung bewirken, spielen vor allem in dem unteren Abschnitt eine größere Rolle, in den sich ausgedehnte Anhydrit- bzw. Gips-Lager einschalten und der daher als Gipskeuper bezeichnet wird. Doch auch im oberen Abschnitt, dem Gipslager fehlen, herrschen, zum mindesten zeitenweise, binnenmeerische Bedingungen, wie einzelne Bänke mit Muschelresten erkennen lassen. Wegen der Zwischenschaltung von z.T. mächtigen Sandsteinen wird er als Sandsteinkeuper bezeichnet.

Die Sandsteinformationen des Keuper sind Fluß-Schüttungen, die teils vom Osten (Böhmische Masse), teils von Nordosten zugeführt wurden und im Keu-

perbecken teils delta-artig, teils flächenhaft entwickelt sind. Der z.T. mächtig entwickelte Benker Sandstein schaltet sich in den Gipskeuper ein und ist auf den Osten (Franken) beschränkt. Der von Nordosten geschüttete Schilfsandstein ist in Rinnen eines ausgedehnten Deltas abgelagert und schließt den Gipskeuper ab. Im unteren Teil des Sandsteinkeupers findet sich der im Osten relativ mächtig entwickelte Blasensandstein (Semionotensandstein), der nach Westen zu einer dünnen Sandsteinbank schrumpft (Kieselsandstein). Im oberen Teil des Sandsteinkeupers liegt der mächtigere, oft kaolinige Burgsandstein im Osten, der nach Westen, wo er als Stubensandstein bezeichnet wird, an Mächtigkeit abnimmt und ganz im Südwesten auskeilt. Den Abschluß bildet der wenig mächtige Knollenmergel (Feuerletten), der feinkörnige, tonig-mergelige Absatz eines Binnenbeckens, dessen Kalkgehalt durch das Auftreten von Kalkkonkretionen ("Knollen") augenfällig ist.

Die Mächtigkeit dieses mittleren Keupers nimmt von rund 100 m im Westen auf über 300 m im Osten (Franken) zu. Die geringe Mächtigkeit und das Zurücktreten, bzw. völlige Fehlen von Sandsteinformationen im Westen bedingt, daß der Keuper landschaftlich kaum hervortritt und auch keine ausgeprägte Schichtstufe bildet. Dank der größeren Mächtigkeit und der an Bedeutung zunehmenden Sandsteinformationen tritt der Keuper im mittleren und östlichen Teil des Schichtstufenlandes als landschaftsbildendes Element deutlich in Erscheinung und bringt ausgeprägte Schichtstufenränder hervor.

Wie der Lettenkeuper nur eine Übergangsstufe vom Muschelkalk zum eigentlichen Keuper ist, so ist auch der Obere Keuper (Rhät) eine Übergangsstufe vom Keuper zum Jura. Seine Mächtigkeit übersteigt nur gelegentlich 20 m. Neben den dunklen Rhättonen ist vor allem ein gelblicher, feinkörniger Sandstein, der Rhätsandstein, typisch. Er enthält oft eine typische, aber artenarme Fauna.

Mit der beginnenden Jura-Periode setzt im süddeutschen Raum eine im Rhät eingeleitete voll-marine Entwicklung ein. Die Transgression des Jura-Meeres kommt einerseits von Norden durch die Hessische Senke und anderseits von Südwesten durch die Burgundische Pforte. Beide Meeres-Vorstöße vereinigten sich schon im untersten Jura zu einem geschlossenen, den ganzen süddeutschen Raum überdeckenden Meer, das bis in die Zeit der aus-

gehenden Jura-Periode bestehen blieb.

Der Untere Jura (Schwarzer Jura, Lias) mit einer im schwäbischen Abschnitt um 100 m schwankenden, im südlichen Frankenjura wesentlich geringeren, aber im nördlichen Frankenjura wieder zunehmenden Mächtigkeit, wird im wesentlichen von dunklen, teils schieferigen Tonen und Tonmergeln gebildet. Im untersten Abschnitt hebt sich der sehr widerstandsfähige Arietenkalk, im obersten Abschnitt der ebenfalls relativ widerstandsfähige Posidonienschiefer in der Geländeformung deutlich heraus.

Der Mittlere Jura (Brauner Jura, Dogger) wird 200 300 m mächtig, doch im Frankenjura sind die Mächtigkeiten stark reduziert. Er wird im wesentlichen von Tonen und Tonmergeln aufgebaut, die anders als im Lias fast stets eine sandige Komponente enthalten und zwischen die sich immer wieder feste Kalk- und Kalkmergelbänke, meist in oolithischer Ausbildung einschalten. Ein relativ hoher Eisengehalt ruft in der Verwitterungszone die typische Braunfärbung hervor. Die oolithischen Bänke können eisenoolithisch entwickelt sein. Die die sandige Komponente verursachende Sandzufuhr kommt wohl im wesentlichen von Osten. Im unteren Dogger ist sie zeitenweise so stark, daß im Frankenjura und in der schwäbischen Ostalb relativ mächtige Sandsteine abgelagert wurden. Während des Dogger sank die Vindelizische Schwelle, die bis dahin das süddeutsche Jura-Meer vom mediterranen Tethysmeer getrennt hatte, ab und wurde überflutet. Da gleichzeitig die Hessische Senke, durch die während des Lias und Dogger eine breite offene Verbindung zwischen süddeutschem und nordwestdeutschem Jura-Meer bestand, sich gleichzeitig heraushob und mehr und mehr die Verbindung schloß, wurde das süddeutsche Jura-Becken vom Oberen Dogger an zu einem epikontinentalen nördlichen Randmeer der mediterranen Tethys.

Diese neue Situation kennzeichnet den Oberen Jura (Weißer Jura, Malm). Im Unteren Malm gibt es Anzeichen dafür, daß die Hessische Senke gelegentlich noch überflutet wird. Vom Mittleren Malm an verschwindet die Verbindung nach Norden endgültig. Der Raum der Hessischen Senke hebt sich heraus und wird Teil der west-östlich verlaufenden Mitteldeutschen Querschwelle. Der Situation des gegen Norden abgeriegelten, aber zur mediterranen Tethys offenen süddeutschen Meeresraumes entsprechen wohl etwas höhere Wassertemperaturen und vorherrschende Kalksedimentation. Der über 500 m mächtige Malm, das mächtigste Glied der süddeutschen Jura-Formation, ist

eine Kalkformation, in der härtere gebankte Kalke mit weicheren Kalkmergeln abwechseln. Deneben tritt weit verbreitet eine ungebankte Massenkalk-Fazies auf, vorwiegend Schwamm-, im obersten Malm auch Korallenriffe. Der widerstandsfähige Massenkalk kann auch die weicheren, mergeligen Profilabschnitte vertreten.

Dank der Mächtigkeit und der Standfestigkeit seiner Gesteine tritt der Malm als landschaftsbildendes Element sehr stark heraus. Zwischen ihn und die ebenfalls relativ standfesten Sandsteinpakete des Sandsteinkeupers schalten sich die weniger mächtigen und weicheren Folgen des Lias und Dogger ein, die relativ leicht ausgeräumt werden können. Über die Keuperschichtstufe baut sich daher, durch die Lias-Doggerverebnung von der Keuperschichtstufe getrennt, als oberste und eindrucksvollste Schichtstufentreppe der Albsteilrand des Malm auf.

Gegen Ende der Jura-Periode klingt die seit der Buntsandsteinzeit im süddeutschen Raum herrschende Absenkung aus und wird durch eine bis zur Gegenwart bestimmend bleibende Tendenz zu epirogener Hebung abgelöst. Bestand zur Buntsandsteinzeit eine schwache Kippung gegen Norden, da die Absenkung von Norden her südwärts fortschritt gegen die Vindelizische Schwelle, so kam es nunmehr, vom Dogger an, verstärkt während des Malm dank der Heraushebung der Mitteldeutschen Querschwelle und dem Einsinken der Vindelizischen Schwelle zu einer schwachen südwärtigen Kippung. Das Jura-Meer zog sich nach Süden zurück. Die nördlichsten Abschnitte des späteren Schichtstufenlandes sind wohl als erste landfest geworden. Zu der Mitteldeutschen Querschwelle kam aber wohl auch noch eine weniger stark ausgeprägte, angenähert nordsüdlich verlaufende Schwelle im Zug der Oberrheinischen Achse, als ein erster Ansatz für die spätere Heraushebung von Schwarzwald-Odenwald. Die Mächtigkeitszunahme der Schichten des Oberen Malm von der West- nach der Ostalb und im Frankenjura deutet das an. So darf man wohl damit rechnen, daß der südwärtige Rückzug des Jura-Meeres eine südöstliche Komponente hatte. In der südlichen Frankenalb finden sich dementsprechend die jüngsten Horizonte des Oberen Malm. Wir müssen uns die Trias-Jura-Schichttafel des süddeutschen Raumes am Ende der Jura-Periode als im Ganzen wohl schwach gegen Südosten gekippt vorstellen. Eine weitgespannte flache Wellung mag vorhanden gewesen sein, ist aber nicht nachweisbar.

Nach dem Rückzug des Jura-Meeres ist der süddeutsche Raum Hebungsgebiet und entgültig landfest geworden. Diese Entwicklung wird nur noch einmal, episodisch und räumlich beschränkt, unterbrochen durch einen Meeresvorstoß aus der Tethys während der Oberkreide. Dieser beschränkte sich auf den Raum des südlichen und mittleren Frankenjura und stieß ganz kurz bis in den nördlichen Frankenjura vor. Die von ihm hinterlassenen Ablagerungen sind nur in den wenigen Erosionsrelikten der Albüberdeckung und der Regensburger Kreide noch erhalten. Sie sind für die Landschaftsformung daher unerheblich. Die räumliche Beschränkung (Fränkische Oberkreidebucht) entspricht der südostwärtigen Kippung des Gesamtraumes.

Die Molasse-Ablagerungen des Alpenvorlandes reichen gerade noch bis auf den südlichsten Abschnitt der Jura-Tafel. Sie berühren das Schichtstufenland nicht.

4. Die erste Anlage des süddeutschen Schichtstufenlandes

Mit dem Aufsteigen über den Meeresspiegel und der Landwerdung in der zu Ende gehenden Jura-Zeit, von der Unterkreide an, mußte auf dem werdenden Land ein Entwässerungssystem entstehen, mußte daher auch Verwitterung und Abtragung beginnen. Auf der geschlossenen, den Gesamtraum, einschließlich Schwarzwald und Odenwald und dem Buntsandsteinland der Hessischen Senke, überdeckenden Schichttafel mußte in erster Anlage ein festländisches Oberflächenrelief sich entwickeln, das zunächst freilich nur wenig ausgeprägt war und geringe Niveau-Differenzen zeigte.

Über die Art und Gestaltung der ersten Reliefanlage während der Unterkreide, in der Zeit vor dem oberkretazischen Meeresvorstoß in die Fränkische Kreidebucht, können wir im einzelnen nichts aussagen. Wir haben keine Anhaltspunkte für das Ausmaß des Aufsteigens der Schichttafel über den Meeresspiegel und deren südostwärtige Kippung, wissen daher auch nichts über das Gefälle und die Erosionskraft der sich bildenden Entwässerungsrinnen. Es gibt auch keine erhalten gebliebenen Zeugnisse über die Entwässerungsrinnen, bzw. Talanlagen, die in dieser Zeit sich gebildet haben, da diese ja in der noch den Gesamtraum überdeckenden Juratafel eingeschnitten waren, die bis auf den Zug der Schwäbischen und Fränkischen Alb zur Gänze abgetragen ist.

Immerhin aber können wir mit zureichender Gewißheit feststellen, daß an der Stelle der heutigen, relativ tief liegenden, westlichen Erosionsbasis der Oberrhein-Ebene die schwache Schwarzwald-Vogesen-Odenwald-Aufwölbung vorhanden war, daß also das Helvetische Unterkreide-Meer im Süden die einzige Erosionsbasis bildete, sowie daß der Raum der Fränkischen Kreidebucht wohl der relativ tiefst liegende Bereich der süddeutschen Schichttafel war. Da außerdem das Jura-Meer sich nach Süden und Südosten zurückzog, wurden die Bereiche der Mitteldeutschen Querschwelle und der Oberrheinischen Aufwölbung zuerst landfest - die Mitteldeutsche Querschwelle schon vom oberen Dogger an - und diese festländischen Landbereiche haben sich während des obersten Malm fortschreitend nach Süden und Südosten erweitert.

Die ersten Anlagen von Entwässerungsrinnen, die in das zurückweichende Jura-Meer mündeten, entstanden daher im Raum der Mitteldeutschen Querschwelle und seinem trocken laufenden südlichen Vorland, etwas später dann wohl auf der Schwarzwald-Odenwald-Aufwölbung. Mit dem Zurückweichen des Jura-Meeres verlängerten sich diese ersten Talanlagen süd- und südostwärts, dem Meere folgend. Die ersten Talanlagen wurden zu Oberläufen immer länger werdender Entwässerungsrinnen. Es mußte ein Entwässerungs- und Flußsystem entstehen, das im wesentlichen süd- und südostwärts gerichtet war. Dabei darf man unterstellen, daß im Ostabschnitt, im Bereich der Fränkischen Kreidebucht eine nordsüdliche Orientierung der Talanlagen vorherrschte, während weiter im Westen die Talanlagen, zur Fränkischen Kreidebucht orientiert, eine mehr nordwest-südöstliche Orientierung zeigten. Ganz im Westen, in größerer Entfernung von der Fränkischen Kreidebucht dürfte dann wieder eine nordsüdliche Orientierung zum Helvetischen Kreidemeer für die Entwässerung bestimmend gewesen sein.

Es liegen, wie gesagt, keine unmittelbaren Zeugnisse für ein solches, in der Unterkreide entstandenes Entwässerungssystem vor, die allgemeine Situation legt eine solche theoretisch entwickelte Konstruktion nahe.

Der Blick auf eine hydrographische Karte Süddeutschlands zeigt uns ein Bild, in dem N-S und NW-SE orientierte Talzüge eine bemerkenswerte Rolle spielen, so die obere Enz und die Nagold im Schwarzwald, der Neckar von

Schwenningen bis Horb, sowie von Stuttgart bis Neckarelz, Kocher und Jagst, Tauber, Wörnitz und obere Altmühl, Regnitz-Rezat und Naab. Das ist, von der heutigen Situation her gesehen, erstaunlich, da für den süddeutschen Raum der Oberrhein-Graben die tiefst liegende und daher wirksamste Erosionsbasis ist. Man müßte daher eine vorherrschend E-W orientierte Entwässerung, richtiger E-W orientierte Talzüge erwarten. *

Nun darf man wohl unterstellen, daß ein einmal eingeschnittener Talzug, vor allem wenn er in härtere, widerstandsfähige Gesteine eingeschnitten ist, ein relativ konservatives Element ist. Mit der Tieferlegung des Abtragungsniveaus schneidet er sich auch tiefer ein, wird also in eine tiefere Lage durchgepaust, ohne daß sein Verlauf sich verändert. Und wenn eine neue, zu dem Abtragungsgebiet anders gelegene Erosionsbasis auftritt, die zu der alten, in welcher das bestehende Talsystem angelegt wurde, in Konkurrenz tritt, so wird sich von der neuen Erosionsbasis aus ein neues, auf sie ortientiertes Entwässerungssystem entwickeln, das sich langsam in das überkommende Talsystem hineinschiebt. Die im überkommenen Talsystem fixierten Talzüge können dadurch - je nach der örtlichen Situation - angeschnitten oder umgedreht werden. Sie werden dadurch dem neuen Talsystem eingegliedert, bleiben aber als örtliche Erosionsbasen für ihre Umgebung in ihrem ursprünglichen, fixierten Verlauf erhalten. Das Ergebnis ist eine mehr oder weniger ausgeprägte Vergitterung im Verlauf der Talzüge, die dann oft recht abrupte Richtungsänderungen zeigen, wie etwa das Wutachknie bei Blumberg-Achdorf, das Neckarknie bei Plochingen oder weniger abrupt der Odenwald-Neckar gegenüber dem Stuttgart-Heilbronner Neckar, oder der eigenartige Zick-Zack-Lauf des Mains, der aus N-S- und NW-SE-Abschnitten zusammengestückelt ist.

Diese Überlegungen machen wahrscheinlich, daß in den N-S- und NW-SE orientierten Talstücken, die zum heutigen Großrelief des süddeutschen Raumes nicht so recht passen, erhalten gebliebene, in das heutige Entwässerungssystem eingegliederte und auf das heutige Abtragungsniveau durchgepauste Talstücke eines älteren süd- und südostwärts orientierten Entwässerungssystems vorliegen. Sie würden damit als Relikte eines älteren Entwässerungssystems die theoretisch entwickelte Vorstellung eines süd- und südostwärts orientierten ursprünglichen Entwässerungssystems,

(* s.Abb.4)

das dem nach-jurassischen, kretacischen Großrelief des süddeutschen Raumes entspricht, bestätigen und könnten damit auch Hinweise auf dieses alte Flußsystem geben. Wenn nun tatsächlich, so wie theoretisch zu vermuten war, im Bereich der Fränkischen Kreidebucht N-S-Talzüge vorherrschen (Regnitz-Rezat, Naab), während westlich davon auf diese hin orientierte NW-SE-Richtungen vorherrschen (Tauber, Wörnitz, Ob. Altmühl und ganz im Westen wieder die N-S-Richtung bestimmend wird (Neckar, Nagold usf.), so darf man darin eine Bestätigung für die theoretische Annahme sehen und zum mindesten mit großer Wahrscheinlichkeit unterstellen, daß diese Talzüge schon in der Anfangsphase d.h. also in der Unterkreide, auf der damals noch geschlossenen Jura-Tafel angelegt worden sind und die erste Ausmodellierung eines Oberflächen**reliefs** bestimmten. (Abb.5)

Wir haben keine eindeutigen Anhaltspunkte über das Ausmaß und die Art der epirogenen Bewegungen während der Kreidezeit im süddeutschen Raum. Aber man darf vermuten, daß nach dem Rückzug des Jura-Meeres während der Unterkreide eine epirogene Aufstiegsbewegung statthatte, die - das legt die Oberkreidetransgression in die Fränkische Kreidebucht nahe - während der Oberkreide zum Stillstand kam und vielleicht vorübergehend sogar epirogene Absenkung stattfand. Das würde bedeuten, daß die Anlage des ursprünglichen Entwässerungssystems, der hauptsächlichen Talzüge und eine erste Reliefbildung während der Unterkreide sich vollzog und daß während der Oberkreide keine wesentliche Weiterbildung des Reliefs erfolgte, die zuvor angelegten Talzüge z.T. wohl aufgeschottert und verfüllt wurden. Das gilt sicher für den Bereich der Fränkischen Kreidebucht, in der die zuvor angelegten Talzüge durch marine Ablagerungen verfüllt wurden.

Die erste Anlage eines Oberflächenreliefs und seiner Talzüge wäre also vorwiegend ein unterkretazischer Vorgang. Der Rückzug des Oberkreidemeeres aus der Fränkischen Kreidebucht zeigt an, daß gegen Ende der Kreidezeit und im ältesten Tertiär sich die Hebungstendenz wieder durchsetzte. Die Flüsse wurden wieder aktiviert, ihre Aufschotterungen wieder ausgeräumt. Auch in der Fränkischen Kreidebucht wurde die wohl wenig mächtige Decke oberkretazischer Ablagerungen rasch wieder abgetragen und die von ihnen verfüllten Talzüge wieder freigelegt. Das in der Unterkreide ausmodellierte Relief wurde wiederhergestellt. Den Geschehensab-

lauf während der Kreidezeit, der zu diesem Relief führte, können wir im einzelnen nicht rekonstruieren, aber es gibt Hinweise darauf, was das Ergebnis dieser kretazischen Entwicklung war, wie das Relief am Ende der Kreidezeit und im ältesten Tertiär gestaltet war.

Wir haben schon darauf hingewiesen, daß Schwarzwald und Odenwald im Mesozoikum noch nicht herausgehoben waren, daß auch sie infolgedessen tief versenkt unter der Decke der Trias-Jura-Folge lagen, die allerdings wohl eine etwas verringerte Mächtigkeit hatte. Das bestätigt der im Eozän eingebrochene Rheintal-Graben. Über der rasch und kräftig absinkenden Grabenscholle häuften sich Tertiärablagerungen auf. In deren Liegendem, das wir aus zahlreichen Tiefbohrungen kennen, stehen die Formationsstufen an, die bis zum Einbruch des Grabens auf der Oberrheinischen Schwelle oberflächenbildend anstanden. Auch die weniger tief abgesenkten Randschollen des Grabens, so in der Gegend von Freiburg i.Br. und von Lahr, zeigen uns Reste des damals noch vorhandenen Deckgebirges des Schwarzwaldes.

Nach den Befunden aus den Tiefbohrungen und den Randschollen war in einem südlichsten Abschnitt des Rheintalgrabens, von Basel bis in die Gegend von Badenweiler in der Zeit des Rheingraben-Einbruches, im Eozän, noch eine vollständige Trias-Jura-Folge einschließlich des Malm vorhanden. In dem nördlich anschließenden Abschnitt bis in die Gegend von Karlsruhe steht im Liegenden des Tertiärs und in den Randschollen der Dogger an; Malm fehlt, ist also schon abgetragen. Weiter nach Norden, bis in die Gegend von Heidelberg, liegt das Tertiär unmittelbar dem Lias auf. Hier ist also auch der Dogger durch Abtragung schon entfernt. In der Kraichgausenke, in der Gegend von Wiesloch, nahe dem Grabenrand, ist eine eingebrochene und erhalten gebliebene Lias-Scholle vorhanden. Erst ganz im Norden, in der Gegend von Mannheim und weiter nach Norden ist der Jura zur Gänze entfernt und ist die Trias im Liegenden des Tertiärs entblößt.

Unter den Auswürflingen des Katzenbuckel-Vulkans im Odenwald, der während der obersten Kreide und dem ältesten Tertiär aktiv war, finden sich Auswürflinge des Lias und des unteren Dogger. Und in einem vermutlich alttertiären Vulkanschlot nahe Sinsheim im Kraichgau sind Lias-Auswürflinge gefunden worden.

Diese Daten geben Aufschluß, wie weit im Westen, im weiteren Umkreis der Oberrheinischen Schwelle, während des Alttertiärs die Malm-Dogger- und Lias-Decke noch nach Norden reichte, bzw. wie weit durch die Abtragung während der Kreide der Malm-, Dogger- und Lias-Rand nach Süden zurückgeschoben war. Wenn man bedenkt, daß zu Beginn der Kreide die Trias-Jura-Tafel einschließlich des doch relativ mächtigen und widerstandsfähigen Oberen Jura den gesamten süddeutschen Raum bedeckt hatte, so zeigt die Entfernung der Malm-Decke bis in den Raum des südlichen Schwarzwaldes einen recht erheblichen Abtragungseffekt an. Das mag dadurch bedingt sein, daß im Westen, im Bereich der Oberrheinischen Aufwölbung eine relativ große Höhenlage die Abtragung begünstigte. Umso erstaunlicher erscheint es, daß die viel weniger widerstandsfähige Folge der Lias-Dogger-Schichten so breit flächenhaft nach Norden hin erhalten geblieben sind. Vielleicht hat sich in dieser Zeit die breite Einmuldung des Kraichgaus zwischen Schwarzwald und Odenwald schon in ihren ersten Anfängen vorbereitet, wodurch die Abtragung der Lias-Doggerdecke sich verlangsamte.

Ganz anders ist die Situation im Osten (Franken). Dieser Raum lag ja in wesentlich tieferem Niveau. Nach hier zog sich in der letzten Phase das Jura-Meer zurück und hier erfolgte der Vorstoß des Oberkreidemeeres, dessen Ablagerungen die Trias-Jura-Tafel überdeckten und zunächst vor weiterer Abtragung schützten. Die Malm-Decke reicht daher hier auch heute noch weit nach Norden, bis zu ihrem nördlichen Vorposten, dem Staffelstein bei Lichtenfels am Main. Sie ist also hier, im Gegensatz zum Westen, nur unerheblich südwärts rückverlagert worden. Einen gewissen Anhaltspunkt geben Malm-Auswürflinge in einem Vulkanschlot nahe Hofheim, ungefähr 30 km westlich des Staffelstein. Das Alter des Schlotes dürfte Jungtertiär sein, ist aber nicht genau festlegbar. Man darf sich wohl ungefähr an diese Marke halten für die Rekonstruktion des Malmschichtstufenrandes in der Zeit des frühen Tertiär.

Nimmt man diese Daten zusammen, so müßte man für die Zeit des ältesten Tertiär einen ungefähr SW-NE verlaufenden Malm-Schichtstufenrand annehmen, der aus der Gegend von Badenweiler über den Südschwarzwald und den Raum des mittleren Neckar bei Bietigheim-Heilbronn gegen den Steigerwald und die Haßberge verlief, vermutlich mit einer größeren Ausbuchtung gegen

Südosten, die durch die ausräumende Tätigkeit des Ur-Altmühl-Systems entstanden war. Dieses hatte damals ja ein viel größeres Einzugsgebiet, mindestens einschließlich des Raumes der Tauber und des zugehörigen Main-Abschnittes, und war daher viel wasserreicher. Die Malm-Auswürflinge im obermiozänen Vulkanschlot von Scharnhausen bei Esslingen bestätigen dies. Das Dogger-Vorland vor der Malmstufe müßte einen Streifen gebildet haben, dessen Nordrand als Dogger-Schichtstufe aus der Gegend von Karlsruhe-Bruchsal über den südöstlichen Odenwald etwa in die Gegend von Würzburg verlief. Die Lias-Vorebene müßte man im Raum Bruchsal-Wiesloch-Heidelberg und dem damals noch tief liegenden mittleren Odenwald vermuten. Erst im äußersten Nordwesten, vor dieser Lias-Schichtstufe, war auch die Trias schon entblößt. (Abb.6)

Es war also an der Wende von Kreide zu Tertiär und im ältesten Tertiär ein weitgespanntes Schichtstufenland vorhanden. Dieses aber war ein Jura-Schichtstufenland mit den drei weit auseinandergezogenen Schichtstufentreppen des Lias, des Dogger und des Malm, die heute im Albvorland sehr nahe zusammengedrängt sind. Das Relief im Ganzen war daher sehr viel flacher, mit vergleichsweise geringen Niveau-Differenzen.

Das Entwässerungsnetz dieser Zeit war noch zur Gänze nach S, bzw. SE orientiert, zur Tethys, bzw. zur Fränkischen Kreidebucht. Der Rheintal-Graben, und damit eine tief liegende westliche Erosionsbasis war noch nicht vorhanden, an seiner Stelle war vielmehr eine schwache Aufwölbung vorhanden. Die süd- und südostwärts gerichteten Flüsse haben dieses Jura-Schichtstufenland ausmodelliert. Ihre schon im oberen Malm sich anlegenden Oberläufe im Raum der mitteldeutschen Querschwelle haben die nach Norden ausdünnende und auskeilende Malmdecke relativ rasch entfernen können und den Malmrand in der angedeuteten Form weit gegen Süden, bzw. Südosten zurückgeschoben, so daß die weit auseinander gezogene Jura-Schichtstufentreppe entstand. (Abb.5)

Besonders erwähnt werden muß das Regnitz-Rezat-System. Dieser N-S orientierte Talzug ist wohl schon, wie wir andeuteten, vor der Oberkreide-Transgression angelegt worden, und zwar von einem nach Süden fließenden Fluß, der aus dem Fichtelgebirge kam und dessen Oberlauf der heutigen Fichtelgebirgsmain war. Dieser zur Tethys fließende Fluß nahm wohl auch von NW kommende Zuflüsse auf, deren Oberläufe in den NS-

und NW-SE orientierten Abschnitten des Main angelegt waren. Die NW-SE orientierten Talzüge der Tauber, der Fränkischen Rezat, der oberen Altmühl, vielleicht auch der Wörnitz und des Mittelabschnittes der Jagst sind wohl auch in dieser Zeit angelegt worden. Die heutigen Täler sind auf das heutige Abtragungsniveau durchgepauste und in das heutige Entwässerungssystem eingegliederte Nachfahren dieser alten Anlagen. Sie gehörten dem ausgedehnten Einzugsgebiet einer Vor-Altmühl an, die wie wir schon betonten in diesem Raum stark ausräumte, und damit die tiefe Trias-Bucht zwischen dem WSW-ENE- und N-S verlaufenden Abschnitt des heutigen Jura-Zuges vorbildete. Wir werden darauf zurückzukommen haben.

5. Die Weiterbildung des Schichtstufenlandes während des Tertiärs

Während des Alttertiärs änderte sich die allgemeine, bis dahin herrschende Situation grundlegend, einerseits durch die intensiven orogenen Vorgänge im Alpenraum und anderseits durch die Entstehung einer neuen tief liegenden, westlichen Erosionsbasis (Einbruch des Oberrhein-Grabens). Gleichzeitig setzte sich wohl auch die Hebungstendenz im gesamten süddeutschen Raum nach der oberkretazischen Zwischenphase wieder stärker durch, so daß die Erosion und Abtragung intensiviert wurde. Das weit gespannte Dogger-Lias-Vorland der Malmstufe wurde ausgeräumt, die Trias weiträumig entblößt. Das in der Kreide entstandene Jura-Schichtstufenland wurde zum Trias-Schichtstufenland. Die Schichtstufen, vor allem die der Jura-Treppe, rückten näher zusammen, die Niveau-Differenzen wurden größer. Dieses ganze Geschehen wurde nachhaltigst dadurch beeinflußt, daß zu der alten, südlichen Erosionsbasis die tiefliegende westliche Erosionsbasis als konkurrierendes Element trat. Sie lag den westlichen und nördlichen Bereichen des gesamten Raumes näher als die alte südliche Erosionsbasis. In diesen wirkte sie sich daher, das Geschehen modifizierend, zunehmend stärker aus auf Kosten der südlichen Erosionsbasis.

Das Alttertiär ist die Zeit der hauptsächlichen Gebirgsbildung in den Alpen. Der bis dahin stark einsinkende Flyschtrog mit seinem nördlichen helvetischen Randmeer wurde von dem sich zusammenschiebenden und gegen Norden vordringenden Deckenpaket des Alpenkörpers weitgehend überfahren. In seinem Vorland entstand vom Oligozän an bis ins obere Miozän hinein der stark einsinkende Molassetrog, in den während dieser Zeit zweimal

das Meer eindrang und dessen Senkungsraum vom oberen Oligozän an sich stark nach Norden, bis in den Bereich der heutigen Albhochfläche ausweitete. Die südliche Erosionsbasis rückte also zunächst gegen das werdende Schichtstufenland vor. Sie lag während der beiden Phasen der Meeresvorstöße Untere Meeresmolasse im Mittel-Oligozän und Obere Meeresmolasse im Mittelmiozän im Meeresniveau, aber auch in den Zwischenzeiten der Süßwassermolasse Oberoligozän-Untermiozän, Obermiozän - war die Oberfläche der Molassesenke wohl wenig über den Meeresspiegel erhoben. Die Wirksamkeit dieser südlichen, wesentlich näher liegenden Erosionsbasis war also zunächst verstärkt. Das aus der Kreide überkommende südwärts gerichtete Entwässerungsnetz konnte sich seiner Anlage entsprechend weiterentwickeln. Diese Situation änderte sich vom ausgehenden Obermiozän ab. Die Absenkung der Molassesenke klang aus und vom Pliozän ab setzten Hebungsbewegungen ein, die ins Quartär hinein anhielten. Bedeutung und Wirksamkeit der südlichen Erosionsbasis nahm zusehends ab.

Im Eozän ist im Scheitel der Oberrheinischen Aufwölbung der Rheintal-Graben eingebrochen. Die Grabenscholle sank rasch und kräftig ein. Im Unteroligozän dringt das Meer ein, das während des Mitteloligozän bestehen bleibt - vorübergehend bestand eine Verbindung zum mitteloligozänen Meer der Unteren Meeresmolasse -. Vom ausgehenden Mitteloligozän an erfolgt Aussüßung. Limnische und fluviatile Ablagerungen kennzeichnen das Jungtertiär. Vor allem der Nordabschnitt des Grabens sank aber auch in dieser späteren Phase kräftig weiter ab. Die Absenkung wurde durch mächtige Flußaufschotterungen kompensiert. Der Rheintalgraben war also vom Oligozän an - nach seiner Höhenlage - eine der südlichen gleichgewichtige Erosionsbasis. Schwarzwald und Odenwald lagen zunächst noch relativ tief. Erst vom Miozän ab erfolgte eine kräftige Heraushebung beider, die bis ins Quartär hinein anhielt. Die rheinische Erosionsbasis wurde dadurch vom werdenden Schichtstufenland abgeschnitten. Sie konnte sich nur auswirken über die breite Kraichgau-Einmuldung, die wie wir ausführten, vielleicht schon in der Kreidezeit vorgebildet wurde und auch jetzt nicht in die kräftige Hebungsbewegung von Schwarzwald und Odenwald einbezogen wurde.

Eine analoge Entwicklung vollzieht sich im Mainzer Becken, das vom ausgehenden Unteroligozän an und während des Mitteloligozän vom Meere überflutet war. Im Oberoligozän zeigen brackische Ablagerungen Aussüßung an. Nach einer kurzen Meeresregression dringt während des Miozän das Meer noch einmal bis in das Mainzer Becken vor. Die marinen und brackischen Miozänbildungen werden vom Obermiozän an und während des Pliozän von Flußaufschüttungen abgelöst. Auch nördlich der Odenwald-Aufwölbung ist somit ein der Kraichgau-Senke vergleichbarer tief liegender Raum vorhanden, der die westliche Erosionsbasis des Rheingrabens wirksam nach Norden fortsetzt. (Abb.8)

Vom Jungtertiär an wird die rheinische Erosionsbasis eine wirksame Konkurrenz zu der südlichen Erosionsbasis, vor allem für die von dieser weiter entfernten westlichen und nördlichen Bereiche des werdenden Schichtstufenlandes.

Am frühesten und auch am durchgreifendsten hat sich der rheinische Einfluß gegen die südliche Erosionsbasis ganz im Norden durchgesetzt. Der nördliche, die Südabdachung der mitteldeutschen Querschwelle begleitende Randstreifen des werdenden Schichtstufenlandes war ja von der südlichen Erosionsbasis sehr weit entfernt. Sie verlor zudem an Wirksamkeit infolge der seit dem ausgehenden Miozän an einsetzenden Hebung in der Molassesenke. Die aus dem mitteldeutschen Raum kommenden Quellflüsse und Oberläufe der überkommenen südwärtigen Entwässerung flossen daher nur noch träge und hatten keine wesentliche Erosionskraft mehr. Gegenüber der Erosionsbasis im Mainzer Becken lagen ihre Talsohlen relativ hoch. Sie wurden daher vom Westen her angeschnitten und zum Mainzer Becken, bzw. dem Rhein hin umorientiert.

Der Unterlauf des Mains von Miltenberg - Aschaffenburg - Hanau mit seiner NNW-SSE-Richtung ist wohl eine auf das heutige Abtragungsniveau durchgepauste Anlage von einem der Quellflüsse des Ur-Altmühlsystems und wurde wohl schon im Obermiozän auf das Mainzer Becken hin umgedreht. Aus diesem Talzug arbeitete sich der werdende Main vom ausgehenden Miozän an ostwärts zurück Er traf bei Wertheim auf einen weiteren Quellfluß der Ur-Altmühl. Den vorgebildeten Talzug ausnützend wurde er nach Norden abgelenkt und tiefte diesen entsprechend ein, von Wertheim bis Gemünden. Die südliche Fortsetzung des alten Talzugs, die höher lag als die Talsohle des werdenden Main wurde durch rückschreitende Erosion schrittweise auf diesen hin

ungedreht. Der alte Altmühl-Oberlauf wurde als Tauber zum Main-Nebenfluß. In dieser Weise hat sich der Main etappenweise gegen Osten zurückgearbeitet, die alten südwärts orientierten Fluß-Oberläufe angeschnitten und in seinen Lauf eingegliedert. Das Ergebnis ist der eigenartige Zick-Zack-Verlauf des Maintales.

Es ist schon erwähnt worden, daß der Regnitz-Rezat-Talzug schon frühzeitig, wohl schon in der Kreide, von einem südwärts fließenden Fluß angelegt worden ist. Dieser setzte sich bei Treuchtlingen in das heutige, ebenfalls schon sehr früh angelegte Altmühltal fort, um dann wahrscheinlich durch das Wellheimer Trockental, die Südrichtung beibehaltend, zum Tethysmeer, später zur Molassesenke weiterzufließen. Der Oberlauf dieses Flusses, bzw. sein Quellfluß war der Fichtelgebirgsmain. Das wird nicht nur durch das Mainknie in der Gegend von Bamberg und die fast geradlinige Fortsetzung des Fichtelgebirgs-Main in den Talzug der Regnitz nahegelegt, sondern wird dadurch unmittelbar bewiesen, daß in den alten Flußschottern bei Treuchtlingen-Solnhofen Gerölle von Fichtelgebirgsgesteinen sich finden. Das Alter dieser Flußschotter (ältestes Quartär) zeigt zudem, daß der Fichtelgebirgs-Main noch im frühen Altquartär nach Süden floß und daß der ostwärts sich zurückarbeitende Main erst in dieser Zeit das Ur-Regnitz-System angeschnitten und dem Main-System eingegliedert hat. Anders als im Bereich des unteren und mittleren Main, wo die seit dem Pliozän wirkende kräftige Abtragung die alten Zusammenhänge völlig verwischt hat, sind hier die alten Zusammenhänge noch klar erfaßbar. Und sie bestätigen die Vorstellung, daß die Zick-Zack-Stücke des Mainlaufes als Oberläufe südwärts fließender Flüsse angelegt worden sind.

Der in der geschilderten Weise vom Pliozän bis ins Altquartär entstandene und auf das Rhein-Niveau als Erosionsbasis eingestellte Main lag im Vergleich zu dem vorhergehenden Zustand recht tief. Er hat daher in seinem Einzugsgebiet kräftig ausräumend gewirkt. Die Muschelkalk-Schichtstufe wurde wohl schon im Pliozän bis in die Linie Wertheim-Gemünden, die Keuper-Schichtstufe auf den Rand der Haßberge und des Steigerwaldes zurückverlegt. Die Jura-Schichtstufe, die wie erwähnt, im Miozän noch im Bereich der Haßberge lag, wurde, als letzte Etappe der Main-Entwicklung im ausgehenden Tertiär und Alt-Quartär bis zu ihrer heutigen Lage im Raume des Staffelsteines zurückgeschoben.

Anders ist die Situation in der mittleren und südlichen Frankenalb, sowie ihrem Vorland. Im Raume von Nürnberg und Treuchtlingen sind weit verbreitet obermiozäne und pliozäne Süßwasserablagerungen vorhanden. Sie liegen im Vorland des Franken-Jura den Formationsgliedern des Keuper und unteren Jura auf, die heute zutage anstehen. Das bedeutet, daß der Albtrauf in diesem Raum bis zu seiner heutigen Lage oder nahezu bis zu dieser Lage schon im Obermiozän zurückverlagert war. Er ist also hier wesentlich älter als im nördlichen Frankenjura. Er hat sich schon im Obermiozän in seinem heutigen Verlauf mehr oder weniger stabilisiert. Die Ur-Altmühl des Alttertiärs hatte ein sehr großes Einzugsgebiet, war sehr wasserreich und hatte daher auch eine erhebliche Erosions- und Transportkraft. Sie hat in diesem Raume daher stark ausräumend gewirkt und die Keuper- und Jura-Schichtstufe kräftig gegen Osten und Südosten bis nahezu in ihre heutige Lage zurückgeschoben. Die den Raum der südlichen Frankenalb weiträumig überdeckenden Riesschuttmassen (Obermiozän) haben Regnitz - Rezat- und Ur-Altmühl-System aufgestaut, so daß weitere Abtragung zunächst unterblieb. Das vom Pliozän an sich ausweitende Einzugsgebiet des unteren und mittleren Main hat dann das Altmühl-Einzugsgebiet fortschreitend eingeengt, so daß Erosions- und Transportkraft der Rest-Altmühl fortschreitend abnahm. Daher blieb der im Obermiozän erreichte Zustand ohne wesentliche weitere Modifikationen erhalten. (Vgl. Abb.5)

Die Auflagerungsfläche der Ries-Auswürflinge im Vorland des Albtraufes im weiteren Umkreis von Nördlingen zeigt das gleiche. Sie liegen den heute anstehenden Lias- und Dogger-Stufen auf. Auch hier hatte der Albtrauf zur Zeit der Ries-Entstehung, d.h. im Obermiozän die heutige Lage und den heutigen Verlauf. Das heutige Relief des Albtraufes und seines Vorlandes war im Obermiozän vorhanden und hat seither keine wesentlichen Veränderungen mehr durchgemacht. Es ist sehr wahrscheinlich die Goldshöfer Sande bei Aalen, auf die wir zurückzukommen haben, deuten das an daß auch der Albtrauf von Nördlingen über Aalen bis gegen Schwäb. Gmünd ebenfalls schon im Obermiozän in seiner heutigen Lage und seinem heutigen Verlauf ausgebildet war. Er verläuft von Treuchtlingen über Nördlingen bis Schwäb. Gmünd, wenig gegliedert, ungefähr im Bereich des Schwäbischen Lineamentes, fast geradlinig in west-östlicher Richtung. Der gegen SE einspringende Winkel des Albtraufs zwischen Schwaben- und Frankenalb war in seiner heuti-

gen Form schon im Obermiozän vorhanden. Verlauf und Lage des Albtraufs sind hier schon in vor-obermiozäner Zeit ausgebildet worden, im wesentlichen als Folge der kräftigen Ausräumung durch das Ur-Altmühl-System. Das macht wahrscheinlich, daß diese Ausbuchtung schon während der Kreide, wenn auch in geringerem Umfang, vorgebildet war. (Abb.7,8)

Mit Ausnahme des nördlichen Frankenjura, wo die auf den Rhein orientierte Ausräumung durch den Main-Oberlauf die Schichtstufen auch nach-obermiozän noch kräftig zurückverlegte, liegt hier, im mittleren und südlichen Franken-Jura und der schwäbischen Ostalb und ihrem Vorland, ein relativ altes Relief vor. Das ist einerseits die Folge davon, daß infolge der generellen Einkippung der Schichttafel gegen Südosten die Schichttafel relativ tief liegt, die Einzugsgebiete der alten südwärts orientierten Flüsse fortschreitend eingeengt wurden, ihre Erosionskraft sich daher stetig verringerte, so daß keine nennenswerte Abtragung mehr statthatte, und anderseits dadurch bedingt, daß die tiefer liegende, aber weit entfernte rheinische Erosionsbasis das Geschehen in diesem Raum nur indirekt insofern beeinflußte, daß es die Einzugsgebiete der Flüsse einengte. Die Schichtstufentreppe ist in diesem südöstlichen Abschnitt des Schichtstufenlandes zur Gänze von dem alten, südwärts orientierten Gewässernetz ausmodelliert worden.

Im Raum von Schwäb. Gmünd biegt der Malmstufenrand aus der E-W-Richtung in S-Richtung ab und verläuft über Donzdorf in die Gegend von Geislingen a.d.St. Er ist hier, und so auch weiter nach Westen viel intensiver zerschnitten als in dem E-W-Abschnitt von Treuchtlingen bis Schwäb. Gmünd. Das war in der Zeit des Obermiozän noch nicht so. Die schon erwähnten Malm-Auswürflinge im Vulkanschlot Scharnhausen bezeugen, daß die Malm-Decke in der Gegend von Esslingen noch vorhanden war. Der obermiozäne Malmstufenrand setzte also von Schwäb. Gmünd in gleichbleibender E-W-Richtung sich fort. Vielleicht sprang im Bereich des Fildergrabens der Stufenrand besonders weit vor, so wie heute in der westlichen Verlängerung des Fildergrabens der Keuperstufenrand zwischen Böblingen und Leonberg. Trotzdem muß man unterstellen, daß der Malmstufenrand sich von Schwäb. Gmünd gegen Stuttgart hin erstreckte, die Malmdecke also noch weiter nach Norden über den Schurwald und wohl auch über den Schönbuch sich ausdehnte.

Die obermiozäne Juranagelfluh des Hegau und der Westalb zeigt durch ihren Geröllbestand, daß auch hier die Juradecke, einschließlich des Malm noch wesentlich weiter nach Nordwesten über das heutige Albvorland reichte. Es waren wohl sogar noch auf dem Südschwarzwald mehr oder weniger ausgedehnte Reste der Trias-Jura-Decke vorhanden, die erst vom Obermiozän an dank der jetzt erst einsetzenden verstärkten Heraushebung des Schwarzwaldes abgetragen wurden. Nach diesen Befunden kann man mit großer Wahrscheinlichkeit den obermiozänen Verlauf der Malmschichtstufe als von der Stuttgart-Esslinger Gegend in südwestlicher Richtung gegen Horb und den südöstlichen Schwarzwald ziehend rekonstruieren. In diesem westlichen Abschnitt hat sich der Malmstufenrand erst in nach-obermiozäner Zeit bis zu seinem heutigen Verlauf zurückverlagert. Auch der Keuperstufenrand muß damals daher noch wesentlich weiter im Norden gelegen haben als heute.

Daß die Schichtstufenränder in diesem südwestlichen Abschnitt des Schichtstufenlandes bis zum Obermiozän weitgehend offenbar in der Lage verharrten, ist wohl darauf zurückzuführen, daß dieser Raum durch den sich heraushebenden Schwarzwald von der rheinischen Erosionsbasis abgeschnitten war, so daß hier nur die weniger wirksame südliche Erosionsbasis Erosion und Abtragung bestimmten. Die tief liegende rheinische Erosionsbasis wirkte sich auf die westlichen Bereiche des Schichtstufenlandes über die Einmuldung der Kraichgausenke im Norden aus, die wohl im Jungtertiär ebenso wie der Nordabschnitt des Rheingrabens absank. Die von hier ausgehende verstärkte Erosion und Abtragung erreichte aber infolge des weiten Umwegs um den Schwarzwald das östliche Vorland des südlichen und mittleren Schwarzwaldes erst mit erheblicher Verzögerung. Daß der Schwarzwald diesen Raum von der rheinischen Erosionsbasis tatsächlich abschnitt, zeigt sich daran, daß außer der Kinzig, welche die Einmuldung zwischen der Aufwölbung des Süd- und der des Nordschwarzwaldes benützt, kein Fluß den Schwarzwald zum Rhein hin durchquert.

6. Die Ausgestaltung des Schichtstufenlandes während des Quartärs

Anders als im östlichen (fränkischen) Bereich des Schichtstufenlandes, das in seinen wesentlichen Zügen im Miozän in der heutigen Form ausmodelliert war, im Maingebiet im Norden während des Pliozän und Alt-Quartär seine heutige Ausformung erreicht hatte, ist im westlichen (schwäbischen)

Bereich die heutige Ausgestaltung erst vom Pliozän an und im Quartär hergestellt worden. Diese vollzieht sich fast zur Gänze unter dem Einfluß der rheinischen Erosionsbasis. Die südliche Erosionsbasis verliert in dieser Zeit fortschreitend an Bedeutung und Wirksamkeit. Vom Pliozän an hebt sich der Raum der Molassesenke. In der Nachfolge der Molasse bildet sich die ostwärts abfließende Donau, deren Talsohle relativ hoch liegt. Entscheidenden Einfluß auf den Ablauf des Geschehens hat die vom Miozän an verstärkte Heraushebung des Schwarzwald, durch welche diese nicht nur zu einer bleibenden Barriere zwischen Rheingraben und Schichtstufenland wird, sondern in deren Gefolge die Schichttafel im östlichen Schwarzwaldvorland gegen Osten abgekippt wird. Das Ausmaß der allgemeinen jungen Hebung und der ostwärtigen Abkippung wird eindrucksvoll durch die Klifflinie des Meeres der Oberen Meeresmolasse illustriert. Diese, die zur Zeit ihrer Bildung horizontal verlief und im Meeresniveau lag, liegt auf der Geisingen-Tuttlinger Alb in einer Meereshöhe von über 800 m und sinkt von hier auf eine Meereshöhe von rund 600 m auf der Heidenheimer Alb ab. Noch weiter im Osten, auf der südlichen Frankenalb, fällt sie auf eine Meereshöhe von weniger als 400 m ab. Diese Situation bedingt, daß die rheinische Erosionsbasis sich nur über die breite Einmuldung zwischen Schwarzwald und Odenwald auswirken kann. Von hier aus entwickelt sich als Hauptsammelrinne der Neckar, der sein Einzugsgebiet fortschreitend nach Süden und Osten ausweitet auf Kosten der alten südwärts orientierten Entwässerung.

Die Brenz entspringt in einem Karstquelltopf bei Königsbronn nahe Heidenheim innerhalb eines breiten, großen in die Albhochfläche eingeschnittenen Tales. Sie ist von Anfang an recht wasserreich, da in dem Quelltopf die Karstwässer der Albhochfläche aus der weiteren Umgebung austreten. Sie fließt über Heidenheim südwärts zur Donau. Der Quelltopf liegt nicht in einem Talanfang. Das Tal setzt sich in gleicher Breite und Größe und Gestaltung mit breiter Talaue nach Norden fort. Wenige Kilometer nördlich von Königsbronn entspringt in diesem Tal der Kocher, der über Aalen nach Norden zum Neckar fließt. Eine morphologisch erkennbare Wasserscheide ist in der Talaue nicht vorhanden. Das gleichförmig durchgehende Tal ist sowohl für die Brenz, noch viel mehr für den Kocher viel zu groß. Schon frühzeitig hat man erkannt, daß dieser Talzug von einem durchgehenden, größe-

ren und wasserreicheren Fluß angelegt und gebildet worden sein muß. Da die ursprüngliche Entwässerung gegen Süden ging, kann es sich bei diesem Fluß nur um eine Ur-Brenz handeln, die mit einem viel größeren Einzugsgebiet weit von Norden her kam. Das Kochertal ist also offensichtlich als Tal des Ur-Brenz-Oberlaufs angelegt. Da der Kocher auf die Erosionsbasis Neckar-Rhein eingestellt ist, ist das Kochertal tiefer eingeschnitten als das Brenztal. Das alte Ur-Brenztal ist durch den Kocher auf das heutige Abtragungsniveau durchgepaust, und nach Norden umgedreht. (Abb.9)

Da wo der Kocher aus dem Albkörper austritt, auf der Lias-Vorebene nördlich von Aalen ist die Liasfläche weiträumig von den Goldshöfer Sanden überdeckt. Es sind gut ausgewaschene Flußsande. Flußgerölle, die in den tieferen Lagen der Sande sich finden, bestätigen die nördliche Herkunft. Ihre flächenhafte Verbreitung, die auch über das Tal der oberen Jagst hinweggeht, macht wahrscheinlich, daß auch die obere Jagst ein Zubringer der Ur-Brenz gewesen ist. Sie zeigt auch an, daß in diesem Raum die Ur-Brenz aufgestaut worden ist. Nach den in den Sanden gefundenen Säugetieren erfolgte der Aufstau in der Zeit des ältesten Quartärs. Er war wohl verursacht durch tektonische Bewegungen im Bereich des Schwäbischen Lineamentes, das hier durchzieht. Er leitete wohl auch die Trennung des Kocher von der Ur-Brenz ein. Entscheidend dafür aber war, daß in dieser Zeit des ausgehenden Tertiärs und des ältesten Quartärs der in dieser Zeit entstandene untere Neckar sich soweit ostwärts vorgearbeitet hatte, daß die tiefere rheinische Erosionsbasis, vertreten durch den unteren Neckar, in die Nähe des Ur-Brenz-Quell- und Oberlaufes kam. Er wurde vom Neckar her angeschnitten und wurde damit zum Neckarzufluß. Infolge der Tiefenlage im Vergleich zum Brenz-Oberlauf arbeitete sich der entstehende Neckarzufluß, das vorgebildete Tal benützend, südwärts vor, die Brenz fortschreitend weiter zurückdrängend. Daß das Kochertal von einem in umgekehrter (südlicher) Richtung fließenden Fluß angelegt worden ist, wird auch dadurch bestätigt, daß die größeren Kocherzuflüsse (Biber, Roth, Lein) zum Kocher gegenläufig einmünden. Bemerkt sei, daß die Auflage der Goldhöfer Sande auf der Lias-Fläche bestätigt, daß die Malmstufe auch hier, wie im Nördlinger Ries im jüngsten Tertiär schon ihre heutige Lage hatte.

Die mittlere Jagst, von Crailsheim talabwärts, war mit ihrer SE-NW-Richtung möglicherweise als Wörnitz-Oberlauf angelegt worden. Die obere Jagst aber war nach Ausweis der Goldhöfer Sande ein Ur-Brenz-Zubringer. Auch ihre Zuflüsse münden gegenläufig ein. Vorübergehend war die obere Jagst infolge des Goldshöfer Aufstaues wahrscheinlich über die Eger zur Wörnitz abgeleitet worden. Schließlich aber ist sie, wie der Kocher von einem Neckarzufluß angeschnitten und nach Norden umgedreht zum Neckar-Zufluß geworden.

In die Ur-Brenz mündete bei Aalen auch ein von Westen kommender Fluß ein, die Ur-Rems, welche als Stufenrandfluß vor dem Albtrauf angelegt, die aus dem Albkörper kommenden Wässer sammelte und der Ur-Brenz zuleitete. Die heutige Rems tritt, vom Albtrauf im Süden kommend, nahe Mögglingen in das Remstal ein, das aber hier nicht beginnt, sondern als breiter Talzug sich bis zum Kochertal bei Aalen fortsetzt. Auch hier also, wie zwischen Brenz und Kocher, eine morphologisch kaum bemerkbare Talwasserscheide. Die heutige, auf das Neckar-Niveau eingestellte und zum Neckar fließende Rems hat sich vom Neckartal her rückwärts in das auf das höhere Ur-Brenz-Niveau eingestellte Ur-Remstal eingeschnitten. Das Einzugsgebiet der alten, wohl schon früh angelegten Ur-Brenz schließt also Rems, Kocher und Jagst mit ein. Diese ursprünglichen Ur-Brenz-Zubringer sind, im Altquartär auf den Neckar umgedreht worden.

Damit kommen wir auf den für die Ausgestaltung des Schichtstufenlandes im schwäbischen Bereich entscheidend wichtigen Neckar. Der Neckar bestand als Hauptsammelrinne und Rheinzubringer in seiner heutigen Form in vorquartärer Zeit noch nicht. Im Obermiozän lag ja der Albtrauf noch in der Stuttgarter Gegend und lag, wie wir erwähnten, auch der heutige Schönbuch zum Teil noch unter einer Juradecke.

Der Verlauf des Neckar ist in seiner Art ebenso eigenartig wie der Zick-Zack-Lauf des Main, und ist vom heutigen Relief her schwer zu verstehen. Von seinem Ursprung bei Schwenningen bis gegen Horb fließt er am Schwarzwald-Ostrand nordwärts. Anstatt diese Richtung beizubehalten und den Schwarzwald umrandend nördlich von diesem dem Rhein zuzufließen, biegt er bei Horb in ENE-Richtung ab, entfernt sich also von der rheinischen Erosionsbasis. Bei Plochingen wird er in einem spitzwinkligen Knie rückläufig und fließt in NW-Richtung bis gegen Stuttgart. Und wiederum,

anstatt diese Richtung beizubehalten und durch die Kraichgausenke dem Rhein zuzufließen, biegt er in nördliche Richtung ab bis Heilbronn-Neckarelz, die weite Kraichgausenke umrandend, um dann im Norden in einem schmalen Durchbruchstal durch den südlichen Odenwald sich dem Rhein zuzuwenden.(Abb.9)

Dieses eigenartige Verhalten deutet, wie beim Main-Zick-Zack darauf hin, daß auch der heutige Neckar aus verschiedenen Stücken zusammengewachsen ist. Zwei Abschnitte des Neckartales verlaufen nordsüdlich, der Oberlauf bis Horb, sodann das lange Talstück von Plochingen über Stuttgart nach Heilbronn-Neckarelz. Das Abbiegen aus der N-S- in die NW-SE-Richtung von Stuttgart bis Plochingen dürfte durch die Randverwerfungen des Fildergrabens bedingt sein, in den der Neckar bei Stuttgart eintritt. Die N-S-Orientierung dieser beiden Talstücke macht wahrscheinlich, daß es sich um auf das heutige Abtragungsniveau durchgepauste Nachfahren der ursprünglichen N-S-Entwässerung handelt. In beiden Fällen läßt sich das beweisen.

In der geradlinigen Fortsetzung des Neckartales Stuttgart-Plochingen verläuft das Filstal von Plochingen bis Geislingen a.d.St. Dieses ist für die heute von ihm durchflossene Fils zu groß und offenbar von einem wasserreicheren Fluß angelegt. In der gleichen SE-Richtung von Geislingen fortschreitend kommt man durch ein steiles tief eingeschnittenes Tälchen, das von der Bahnlinie benützt wird, auf die Albhochfläche bei Amstetten und trifft hier auf ein breites Trockental das in der gleichen SE-Richtung verläuft und in dem weiter talabwärts bei Lonsee die Lone in einem Karstquelltopf entspringt. Sie fließt in zunächst gleichbleibender Richtung, sodann ostwärts abbiegend zur Brenz in dem für den kleinen wasserarmen Bach viel zu großen und breiten Tal. Die heutige Lone ist offensichtlich nur der stark reduzierte Rest eines ursprünglich wasserreicheren Flusses mit einem entsprechend größeren Einzugsgebiet. Das Lonetal reicht ja zudem als Trockental bis an den Albtrauf bei Amstetten, wo es ohne Anfang in die Luft ausstreicht. Richtiger, in dieses Tal hat sich die kurze steile Schlucht eingeschnitten, die in das Filstal hinunter nach Geislingen a.d.St. führt, und in deren gerader Fortsetzung die Fils nach Plochingen fließt. Das Filstal Geislingen-Plochingen ist der zum Neckar-Rhein hin umgedrehte und ent-

sprechend tief eingeschnittene Oberlauf der einstigen, viel größeren Ur-Lone. Der Zusammenhang ist so klar, daß er schon frühzeitig erkannt wurde. Die Breite des Lonetrockentales von Amstetten, die durchaus der des Brenztales vergleichbar ist, verlangt aber ein größeres Einzugsgebiet der Ur-Lone. Und so darf man annehmen, daß auch das Neckartal von Plochingen-Stuttgart, das ja in der geraden Fortsetzung des Filstales liegt, als Ur-Lone-Tal im Tertiär, vermutlich schon in der Kreide angelegt war, in entsprechend höherem Niveau. Wir erinnern daran, daß im Obermiozän der Albtrauf noch in der Stuttgarter Gegend lag. Es ist dann nur noch eine fast zwangsläufige Folgerung, wenn man auch das N-S verlaufende Talstück von Stuttgart bis Neckarelz oder vielleicht sogar bis Eberbach dem Ur-Lone-System zuordnet, als auf höherem Niveau schon frühzeitig angelegt und später auf das heutige Niveau durchgepaust. Die gegenläufige Einmündung von Itter, Elz, Unterer Jagst und, weniger ausgeprägt, vom unteren Kocher weisen daraufhin. Deren Talzüge wären dann von den Quellflüssen der Ur-Lone angelegt worden.

Im südlichen Abschnitt wurde dieses Ur-Lone-System durch die Barriere des sich heraushebenden Schwarzwalds vor dem Zugriff der rheinischen Erosionsbasis abgeschirmt und dank der vom Miozän ab sich verstärkenden Schwarzwaldhebung blieb es das auch weiterhin. Im Nordabschnitt aber, im Bereich der Kraichgau-Mulde konnte die rheinische Erosionsbasis die Entwässerung an sich ziehen, dies umso mehr, als vom Miozän an der Nordabschnitt des Rheingrabens verstärkt absank, mit stärkster Absenkung im Raum Heidelberg-Mannheim. Der südliche Odenwald lag im Miozän ebenfalls noch tief und gehörte noch zur Kraichgau-Mulde. So entstand vom Miozän an, sicher aber vom Pliozän an eine aus dem Raum Heidelberg ostwärts sich zurückarbeitende Erosionsrinne als Vorläufer des Odenwald-Neckar. Als dann vom Pliozän an und im Quartär weitergehend der südliche Odenwald aufstieg und das Muldentiefste der Kraichgausenke sich südwärts verlagerte in die Gegend von Wiesloch, war dieser Talzug schon so weit ausgearbeitet und fixiert, daß er sich nicht ebenfalls nach Süden verlagerte, sondern sich, die Hebung kompensierend, fortschreitend eintiefte.

Dieser auf das Rhein-Niveau eingestellte tiefliegende Odenwald-Neckar traf auf das System der Ur-Lone-Quellflüsse, die angeschnitten und rasch tiefergelegt und zu Neckar-Zuflüssen wurden. Die untere Jagst und der

Kocher sich rasch tiefer einschneidend und zurückarbeitend, trafen auf die Quellflüsse der Ur-Brenz, in deren Talzügen sie sich zurückschnitten und die sie, die Ur-Brenz zurückdrängend, zu Neckar-Nebenflüssen machten. Der werdende Neckar selber schnitt sich, das Ur-Lone-Tal benützend südwärts zurück. Infolge der erheblichen Niveau-Differenz zwischen der auf das Rhein-Niveau eingestellten Neckar-Talsohle und den hochliegenden Ober-Läufen von Ur-Brenz und Ur-Lone vollzog sich dies ziemlich rasch, zumal die wohl noch etwas ausgedehntere Keuperdecke der Abtragung nur wenig Widerstand entgegensetzte. Im Alt-Quartär haben nach Ausweis der Goldshöfer Sande Kocher und Jagst ihre heutigen Ursprungsgebiete erreicht. Die Neckarschotter von Steinheim a.d.Murr und die Flußablagerungen und Travertine von Cannstatt-Stuttgart zeigen, daß der Neckar in der Günz- und Mindel-Eiszeit sich bis in die Stuttgarter Gegend zurückgearbeitet hatte. Seine Talsohle hatte schon nahezu die heutige Tiefenlage erreicht. Von dieser neuen, tief liegenden Neckar-Erosionsbasis wurde das ostwärts orientierte, höher liegende Tal der Ur-Rems angeschnitten und nach Westen umgedreht und rasch entsprechend tiefer gelegt.

Im Obermiozän verlief, wie erwähnt, der Albtrauf von Schwäb. Gmünd bis in die Stuttgarter Gegend. Der Schurwald war noch in die Alb einbezogen. Im Fildergraben, wohl auch auf großen Teilen des Schönbuch lag noch eine Juradecke. Entsprechend der Einkippung nach Osten, die vom Schwarzwald ausging, erhielt die Ur-Lone zwei von Westen kommende Zuflüsse, den einen der von Tübingen-Nürtingen kommend bei Plochingen, den anderen, der von Wiesensteig kommend, bei Geislingen einmündete. Man darf vermuten, daß die Ur-Lone in dem Talabschnitt von Stuttgart bis Plochingen die Malm-Decke in der Zeit des jüngsten Tertiärs durchschnitten hatte, ihre Talsohle also im Dogger, z.T. vielleicht schon in Lias lag. Gleiches gilt wohl auch für den bei Plochingen einmündenden Nebenfluß. Im übrigen dürfte sich die Situation des Obermiozän bis zum Altquartär wenig geändert haben, da die Ur-Lone mit ihrem nur geringen Gefälle keine große Erosionskraft hatte. Als dann im ältesten Quartär der sich südwärts vorarbeitende Neckar das Einzugsgebiet der Ur-Lone reduzierte, sie also zunehmend wasserärmer wurde, verringerte sich die Erosionskraft immer mehr. (Abb.10 a u. b)

Dank der großen Niveaudifferenz auf kurze Entfernung zwischen der Talsohle des werdenden Neckar bei Stuttgart-Cannstatt und der hoch liegenden Talsohle der Rest-Ur-Lone, schnitt sich der Neckar rasch durch das Lonetal zurück bis Plochingen und Geislingen a.d.St. Bis gegen Göppingen erreichte die Talsohle den Keuper. Die Folge war ein entsprechend tiefes Einschneiden des Westzubringers Nürtingen-Plochingen. Die restliche Jura-Decke über dem Schönbuch wurde damit vom Albkörper abgeschnitten, Erosion und Abtragung konnten allseitig angreifen, im Westen und Norden vom Jura-Stufenrand, im Süden und Osten vom Neckar und seinem Westzubringer. So konnte die noch vorhandene Jura-Decke, bis auf die Lias-Reste im Fildergraben und einigen eingebrochenen Schollen, rasch abgetragen werden. Der Albtrauf verlagerte sich rasch nach Süden.

Gleiches vollzog sich in dem relativ schmalen Streifen zwischen dem sich rasch bis in den Keuper eintiefenden Remstal und dem sich bis zum Keuper und Lias eintiefenden Talabschnitt Plochingen-Göppingen. Der in diesem Raum vorspringende Sporn des Albkörpers, der nur ganz im Osten bei Heubach mit der geschlossenen Albtafel zusammenhing, wurde von beiden Seiten durch die Erosion angegriffen. Die Jura-Decke wurde bis auf wenige Lias- und Doggerreste und die stehen gebliebenen Zeugenberge (Hohenstaufen, Rechberg, Stuifen) rasch entfernt. Es bildete sich der neue auf die Linie Donzdorf-Geislingen zurückgelegte, N-S verlaufende Albtrauf. Es ist der gleiche Vorgang wie beim Schönbuch, aber da im Vergleich zum Schönbuch etwas weiter talaufwärts in etwas weniger weit vorgeschrittenem Zustand. Im Gegensatz zu dem Albtrauf Nördlingen-Schwäb. Gmünd ist also der Albtrauf von Schwäbisch Gmünd über Geislingen in die Kirchheimer Gegend jünger, wohl erst alt-quartären Alters. Dieser Jugendlichkeit entspricht es, daß der Albtrauf hier stärker zergliedert und zerschnitten ist als weiter im Osten.

Noch weiter talaufwärts, im Talabschnitt Göppingen-Geislingen ist die Fils bis zum Lias und Dogger eingeschnitten. Der bei Geislingen einmündende Westzubringer ist entsprechend tief eingeschnitten. Der vom Göppingen-Geislinger Talabschnitt und seinem Wiesensteiger Westzubringer eingeschlossene Teil der Albhochfläche ist dadurch bis auf die schmale Verbindung zwischen Wiesensteig und Neidlingen vom geschlossenen Albkörper abgeschnitten. Von beiden Talabschnitten wird er durch die

Erosion angegriffen und ist daher intensiv zerschnitten. Die von der Autobahn benützte Talsenke von Gruibingen hat ihn schon fast ganz durchsägt. So wird dieser Teil der Albhochfläche im weiteren Fortgang in einzelne Restberge aufgelöst. Und wenn die schmale Brücke Wiesensteig-Neidlingen vollends durchschnitten ist, wird der Albtrauf auf die Linie Geislingen-Wiesensteig zurückverlegt sein. Wir haben hier die Anfangsphase dessen, was im Schurwald in fortgeschrittenerem Stadium und im Schönbuch in noch fortgeschrittener Form vorhanden ist.

Wir haben diese Zusammenhänge etwas ausführlicher dargestellt; denn sie zeigen einen Weg, auf dem sich die Rückverlagerung der Schichtstufenränder vollziehen kann.

Das Zurückschneiden des Neckar im Ur-Lonetal endigt bei Geislingen a.d.St. Die geringere Wasserführung in diesem Oberlauf-Abschnitt verlangsamte das weitere Rückwärts-Einschneiden. Der Wiesensteiger Westzubringer wurde damit zum Oberlauf. Daraus resultiert das scharfe Knie der Fils bei Geislingen. Der Nürtingen-Plochinger Westzubringer hatte ein größeres Einzugsgebiet und war daher wasserreicher. Diesen betrachtet man daher als Oberlauf des Neckar, während der wasserärmere von Geislingen kommende Fluß zum Nebenfluß (Fils) des Neckar wird. Daher bildet der Neckar das auffällige Flußknie bei Plochingen, das in etwas größerem Maßstab das Filsknie bei Geislingen wiederholt.

Zwischen Lonetal und Filstal bei Geislingen gibt es keine Talwasserscheide wie zwischen Kocher und Brenz. Das Filstal endigt bei Geislingen abrupt, steil geht es durch die kleine Schlucht zu dem Amstetter Trockental hinauf. In der Ostalb war wegen der ostwärtigen Abkippung die junge Hebung viel geringer als weiter im Westen. Der obere Kocher, relativ wasserarm, zumal da er seinen Westzufluß, die Urrems an den Neckar verloren hatte, hatte bei seinem weiten Weg bis zu seiner Neckar-Erosionsbasis nur geringe Erosionskraft und schnitt sich daher nur wenig in die alte Talaue ein. So kam es hier zu der Talwasserscheide, ähnlich der Talwasserscheide Kocher-Rems. In der mittleren Alb war die junge Hebung stärker, die Niveau-Differenzen zur rheinischen Erosionsbasis daher größer, zumal da der Weg zu dieser kürzer war. Außerdem war der Neckar mit seinen Westzubringern von Wiesensteig und von Nürtingen wasserreicher und hatte größere Erosionskraft. So schnitt er sich rascher und tiefer ein und zurück. Es

kam zu der ausgeprägten Stufe zwischen der Talsohle des werdenden Neckar und der der Ur-Lone. Dazu kam, daß im Umkreis des tief eingeschnittenen Filstales der Grundwasserspiegel auf der Albhochfläche abgesenkt wurde und diese verkarstete. Das Ur-Lone-Tal wurde zum Amstetter Trockental, in dem keine Erosion mehr stattfand.

Gleiches Verhalten wie bei Lone-Fils zeigen die von der Alb kommenden Neckar-Zubringer zwischen Plochingen und Tübingen. Sie haben sich als tief in den Albkörper und den Albtrauf eingeschnittene Täler mehr oder weniger weit in den Albkörper hineingefressen und haben einen abrupten Talanfang mit einer tief liegenden Quelle, die den Charakter einer Karstquelle haben kann. Das ist sehr ausgeprägt bei der Kirchheimer Lauter mit ihren zwei Quellästen, bei der Echaz (Reutlingen-Lichtenstein) und der Steinlach (Mössingen-Talheim), weniger ausgeprägt bei der Erms (Urach). Die Kirchheimer Lauter frißt sich gegen die obere Fils bei Wiesensteig, die Erms gegen die Schmiech, die Echaz gegen die Lauter und die Steinlach gegen die Lauchert vor. Es sind dem Talpaar Fils-Lone entsprechende Talpaare, in denen jeweils der Neckar-Zubringer sich in das auf der Albhochfläche verlaufende Tal des Donauzubringers zurückgearbeitet hat. Und wie im Fall der Lone, so sind auch in diesen Fällen die Donau-Zubringer durch stillgelegte Trockentäler repräsentiert, in denen erst weiter talabwärts ein Bach entspringt.

Dieses dem Lone-Fils-Verhalten gleiche Verhalten weist auf gleichartigen Geschehenszusammenhang hin. Der bei Plochingen einmündende Westzubringer des Neckar hat sich wohl ebenso wie die Fils während des Altdiluviums kräftig eingeschnitten, so daß sich seine vom Albtrauf kommenden Zubringer kräftig in den Albkörper hinein zurückschneiden konnten, die vorgebildeten Talzüge der Donau-Zubringer benützend. In der Folge Absenkung des Grundwasserspiegels im Umkreis der Oberläufe der Neckar-Zubringer, wodurch die Talzüge der Donau-Zubringer als Trockentäler still gelegt worden sind.

Man kann daher annehmen, daß der Plochinger West-Zubringer des werdenden Neckar sein Einzugsgebiet bis in die Gegend von Tübingen-Rottenburg ausgedehnt hatte. Vielleicht ist die ebenfalls bei Tübingen einmündende Ammer der ursprüngliche Quellfluß dieses Neckar-Zubringers, der sich nach Entfernung der Jura-Decke über dem Schönbuch ähnlich der Ur-Rems als

Stufenrandfluß der Jura-Schichtstufe entwickelt hatte.

Auch auf der Westalb, westlich des Steinlach-Lauchert-Zuges sind Talpaare vorhanden, die Starzel - Wehla, die Eyach - Schmeie und die Schlichem - Bära. Sie sind viel augenfälliger als die Talpaare von Fils bis Steinlach, da sie durch ausgesprochene Talwasserscheiden verknüpft sind. Diese aber liegen, anders als bei Brenz-Kocher oberhalb des Albtraufs und die heutigen Oberläufe der jeweiligen Donau-Zubringer sind keine stillgelegten Trockentäler. Erst ganz im Westen, vor dem Rand der Westalb treffen wir wieder eine tiefliegende Talwasserscheide, Prim - Faulebach bei Spaichingen.

Das gegenüber der mittleren Alb abweichende Verhalten der Talpaare auf der Westalb deutet einen anderen Entwicklungsgang an. Gg. WAGNER hatte * angenommen, daß der zum Neckar gewordene Plochinger Westzubringer weit vom Westen her kam. MADER möchte ihn neuerdings sogar in der Glatt bei Freudenstadt beginnen lassen. Das ist wenig wahrscheinlich. Die Donau-Zubringer, die Wehla bei Burladingen, die Schmeie bei Ebingen, die Bära bei Thieringen und mit ihrem anderen Quellast bei Gosheim, beginnen jeweils als unscheinbare Bachgerinnsel in einem großen, wohl ausgearbeiteten Tal, das ein erheblich größeres, nach Norden über eine noch in das heutige Albvorland sich erstreckende Jura-Decke sich ausdehnendes Einzugsgebiet voraussetzt. Da die Jura-Decke über dem Schönbuch erst im Altquartär entfernt wurde, wie wir ausführten, als die tiefere Ausräumung des Neckartales bis in die Stuttgart-Plochinger Gegend vorgerückt war, kann man annehmen, daß der Albtrauf hier im Westen während des Altquartärs noch nördlich des heutigen Neckarlaufes Horb-Tübingen lag. Da die Oberläufe der Donau-Zubringer schon bis in den unteren Malm (Schmeie bei Ebingen, Wehla bei Burladingen) oder sogar in den Oberen Dogger (die beiden Quelläste der Bära) eingeschnitten sind. war die Malm-Decke in diesem nördlichen, heute abgetragenen Streifen des Albkörpers intensiv zergliedert. Aber das Vorhandensein dieser bis ins Altquartär hinein noch weiter nach Norden ausgedehnten Donau-Zubringer schließt ein über Tübingen-Rottenburg nach Westen bis Horb sich fortsetzendes Tal im Zug des heutigen Neckartales aus. Dieses begann bei Tübingen, bzw. hatte die als Stufenrandfluß entwickelte Ammer als Quellfluß.

(* Abb. 10 c u. d)

Erst als im Altquartär der werdende Neckar bis in die Tübinger Gegend sich tief eingeschnitten hatte, begann er unter Beibehaltung seiner Richtung sich rückwärts in den Albkörper hinein vorzuarbeiten. Jetzt erst entwickelte sich der heutige Neckartalzug von Rottenburg bis gegen Horb. Die Niveau-Differenz zwischen der Talsohle bei Tübingen und der noch vorhandenen Jura-Decke im Westen bedingte kräftiges Gefälle und erhebliche Erosionskraft. Das Tal weitete sich rasch gegen Westen aus und tiefte sich stetig ein. Die Talzüge der Donau-Zubringer wurden angeschnitten und stellten sich auf den werdenden Neckar ein. Die südlich des Talzugs liegenden Talstücke der Donau-Zubringer wurden zum Neckar hin umgedreht und tieften sich dem Neckartal folgend entsprechend ein. Es entstanden Talwasserscheiden zwischen den werdenden Neckar- und den älteren Donau-Zubringern, die sich stetig südwärts vorschoben. So kam es schließlich zu den heutigen hoch liegenden Talwasserscheiden.

Der nördlich des werdenden Neckartales noch vorhandene Rest der Jura-Decke, durch die Donau-Zubringer stark zerschnitten, war durch das neue Neckartal vom Albkörper abgeschnitten, konnte allseitig von der Erosion angegriffen und rasch - analog dem Schönbuch und Schurwald zuvor - abgetragen werden. Der neue Albtrauf verlief südlich des werdenden Neckartales und wurde dank der Erosionskraft der Neckarzubringer rasch zurückgeschoben.

Die aus der Freudenstadter Gegend kommende, nahe Rottweil in den Neckar einmündende und zu diesem gegenläufige Eschach floß nach Ausweis der Flußterrassen und Gerölle noch während des Mindel-Riß-Interglazials über Prim und Faulebach zur Donau bei Tuttlingen. Sie empfing wohl einen aus der Horber Gegend kommenden Zubringer, den der werdende Neckar erst in dieser Zeit anschnitt und nach Norden umdrehte. Damit wurde die Eschach zum Neckar-Zufluß. Die stärkere Tiefenerosion im oberen Neckar, einschließlich Eschach gegenüber dem Donau-Zubringer, bedingte, daß der Unterlauf des ursprünglichen Eschachsystems nach Norden umgedreht und als Prim zum Neckarzufluß wurde. Die Prim, sich nunmehr auch tiefer einschneidend, weitete sich im vorgebildeten Tal südwärts aus. Es entstand die tief liegende Prim-Faulebach-Talwasserscheide. Der kleine Faulebach ist der letzte Rest des ursprünglichen Eschach-Systems.

Noch ein Wort ist notwendig über den Wehinger Quellast der Bära. Das Flußpaar Bära-Schlichem hat eine typische hoch gelegene Talwasserscheide bei Thieringen. Der bei Nusplingen einmündende Wehinger Quellast der Bära kommt von Gosheim. Er beginnt dort als kleines Gerinnsel in einem großen, breiten Tal, das bei Gosheim westwärts in die Luft ausstreicht. Es ist vom tief eingeschnittenen Primtal quer abgeschnitten. Neben dem Talanfang der Aitrach bei Blumberg ist dies das eindrucksvollste Beispiel eines geköpften Tales. Über das Einzugsgebiet des nach der Größe seines Tales großen und wasserreichen Flusses kann man nichts sagen. Gosheim liegt auf der Oberkante des Albtraufs und das westliche Albvorland ist tief ausgeräumt, so daß alle Zeugnisse über die Fortsetzung des Tales verschwunden sind.

Die Verlängerung des Gosheimer Tales über das Primtal weg stößt ungefähr auf den heutigen Eschach-Unterlauf und seine Einmündung in den Neckar nahe Rottweil. Man könnte das Eschachtal als auf das heutige Abtragungsniveau durchgepauste Vor-Eschach-Anlage deuten, die sich in das Gosheimer Tal fortgesetzt hat. Das Einzugsgebiet der Vor-Eschach reichte nach Ausweis von Flußgeröllen bis in den Raum der mittleren Kinzig, sie kann also relativ wasserreich gewesen sein. Daß sie in ihrem Unterlauf ostwärts abbog ist bei der ostwärtigen Abkippung der Schichttafel im östlichen Schwarzwald-Vorland durchaus naheliegend. Weshalb aber hat diese Vor-Eschach diesen alten Talzug verlassen und ist als Ur-Eschach über den Prim-Faulebach-Talzug südwärts zur Donau geflossen? Im jüngsten Tertiär reichte die Albtafel wohl noch etwas weiter gegen Westen. Sie wurde aber durch die kräftige junge Heraushebung des Schwarzwalds, welche die Abtragung intensivierte, rasch in ihre heutige Lage zurückgeschoben. In ihrem Vorland wurde nach Entfernung der schützenden Malmdecke die Lias-Dogger-Folge und der wenig mächtige, keine Sandsteine führende Keuper rasch und tief ausgeräumt. Der Malm-Stufenrand wurde, dank der kräftigen ostwärtigen Einkippung, zu einer steil aufragenden Mauer, vor der die Ur-Eschach sich staute. Vielleicht vorgebildet durch einen kleinen, dem Stufenrand entlang fließenden Donau-Zubringer, der die Ur-Eschach anschnitt, wurde sie auf ihren neuen Lauf abgelenkt. Diese Rekonstruktion ist zwar durch unmittelbare Zeugnisse nicht belegbar, ist aber nach Ausweis der heutigen Morphologie die wahrscheinlichste Deutung.

Der Albtrauf, d.h. der Malm-Schichtstufenrand, ist in dem Abschnitt von Schwäb. Gmünd bis zum Westende der Alb erst im Quartär in seine heutige Lage und seinen heutigen Verlauf zurückverlegt worden, und zwar in von Osten gegen Westen vorschreitenden Etappen, im Osten während des Alt-Quartärs und am Westende der Alb erst im mittleren Diluvium. Die Reliefgestaltung im Vorland der Westalb ist wesentlich jugendlicher als weiter im Osten. Der Vorgang der jungen, relativ rasch sich vollziehenden Rückverlagerung des Malm-Schichtstufenrandes Folge des erst im Quartär sich bis ins östliche Schwarzwaldvorland ausweitenden Neckar-Systems läßt sich hier ziemlich gut bis ins Einzelne verfolgen. Wir haben ihn daher etwas ausführlicher dargestellt. Für den östlichen Abschnitt des Malm-Stufenrandes können wir den Ablauf nicht im einzelnen verfolgen. Wir kennen nur das Ergebnis, daß in der schwäbischen Ostalb und der südlichen und mittleren Frankenalb der heutige Verlauf des Malm-Stufenrandes schon festgelegt ist. Da das, wie wir ausführten, durch die kräftige Ausräumung des damals ausgedehnten Ur-Altmühl-Systems bewirkt ist, dessen Entwässerungsrichtung ungefähr senkrecht zu dem zurückweichenden Stufenrand orientiert war, darf man annehmen, daß anders als in der Schwabenalb, wo der Neckar sich parallel zum werdenden Stufenrand zurückarbeitete, der Stufenrand hier gleichförmig und in allen Abschnitten ziemlich gleichzeitig zurückverlegt worden ist. Nur in der nördlichen Frankenalb, wo über die Entwicklung des Main-Oberlaufes die rheinische Erosionsbasis bis ins Quartär wirksam war, hat noch eine kräftige nach-obermiozäne Rückverlagerung des Stufenrandes stattgefunden. Der so einheitlich durchgehende und gleichförmig erscheinende Malmstufenrand ist in seiner Entstehungsgeschichte aus verschieden alten und unter verschiedenen Bedingungen entstandenen Abschnitten zusammengesetzt.

7. Das Gesamtbild des Schichtstufenlandes

Daß wir uns bei den vorhergehenden Erörterungen auf die Entwicklung der Jura-Schichtstufe konzentrierten und das weitgespannte Trias-Schichtstufenland in deren nördlichem und westlichem Vorland weitgehend außer Betracht ließen, ist rein methodisch dadurch nahegelegt, daß in dieser jüngsten und höchsten Schichtstufe die Zusammenhänge zwischen Tal- und Schichtstufen-Entwicklung sich klarer und deutlicher erkennen lassen

als das bei den Trias-Schichtstufen der Fall ist. Durch deren tieferes Abtragungs-Niveau sind die Zeugnisse über ihre frühe Entwicklung und Entstehung weitgehend verwischt und der Abtragung zum Opfer gefallen.

Ausgerüstet mit den Erkenntnissen und Erfahrungen über die Entwicklung der Jura-Schichtstufe, wollen wir im folgenden versuchen, noch kurz den Entwicklungsgang des weit gespannten Trias-Schichtstufenlandes im Vorland der Schwaben- und Frankenalb herauszuarbeiten.

Ganz im Westen, im Vorland des stark herausgehobenen südlichen und mittleren Schwarzwaldes mit der kräftigen ostwärtigen Kippung der dem Schwarzwald-Kristallin aufliegenden Schichttafel ist zwischen dem eigentlichen Schwarzwald und der ihm parallel N-S verlaufenden erst in junger Vergangenheit ausmodellierten Jura-Schichtstufe nur ein schmaler Triasstreifen entblößt. Die verstärkte, vom Neckar bewirkte Ausräumung hat ja erst spät dieses Gebiet erreicht, so daß die Jura-Schichtstufe, die bis zum Miozän noch auf dem Ost-Schwarzwald lag (Jura-Nagelfluh) nicht mehr weit nach Osten zurückgedrängt wurde. Die Muschelkalk-Schichtstufe ist wenig ausgeprägt erkennbar (Donaueschingen-Schwenningen). Eine selbständige Keuperschichtstufe ist nicht ausgebildet, da der Keuper nur wenig mächtig ist und keine Sandstein-Formationen enthält. Der Keuper bildet den Anstieg zu der Geländekante des Arietenkalkes. Lias-Vorebene und Doggerstufe unterhalb des Albtraufs sind schmal und wegen der starken Zertalung des jugendlichen Reliefs nur undeutlich ausgeprägt.

Von hier gegen Osten entfernt sich die Jura-Schichtstufe, ENE verlaufend, rasch vom Schwarzwald-Ostrand. Ihre von Osten nach Westen fortschreitende Entwicklung haben wir im vorhergehenden verfolgt. Sie ist von der Kreide an bis ins Quartär weit südwärts zurückverlegt worden. Lias-Vorebene und Dogger-Vorberge bilden eine nahe zusammengedrängte, meist deutlich ausgeprägte Stufentreppe vor dem steilen Malm-Stufenrand. Die N-S verlaufende Jura-Schichtstufe der Frankenalb zeigt ähnliches Verhalten.

Das der Jura-Schichtstufe im Norden vorgelagerte entblößte Triasland verbreitert sich daher vom Westende der Alb rasch gegen Osten. Die in ihm ausmodellierten Schichtstufenränder treten nach Osten fächerförmig auseinander und verlaufen in großen Zügen dem Jura-Schichtstufenrand parallel, biegen also im Osten in nördliche Richtung um.

Die Keuperrandstufe ist ganz im Westen, wo in dem wenig mächtigen Keuper keine Sandstein-Horizonte auftreten, nicht ausmodelliert. Der Keuper bildet den Anstieg von der Muschelkalkebene zur Lias-Stufe. Eine selbständige, aber noch niedrige und wenig ausgeprägte Keuperstufe setzt in der Gegend von Hechingen-Haigerloch ein. Es ist der der Lias-Vorebene vorgelagerte Rammert. Das ist bedingt durch den sich nun einschaltenden Stubensandstein, der in der Gegend von Rottenburg-Tübingen mächtiger wird. Die Keuperrandstufe prägt sich daher deutlicher aus. Der Keuperstreifen wird breiter, seine Randstufe, zwischen Rottenburg und Tübingen von der breiten Neckar-Ammer-Talrinne durchschnitten, setzt sich, nunmehr höher und gut ausgeprägt, nordwärts abbiegend und vom Albtrauf sich entfernend als Schönbuchrand über Herrenberg nach Böblingen fort. Von Leonberg - Stuttgart, wieder in die dem Albtrauf parallele ENE-Richtung einbiegend, ist er über Waiblingen - Winnenden in die Gegend von Gaildorf zu verfolgen (Welzheimer Wald). Sie ist hier, südlich des breit ausgeräumten Tales der Murr noch deutlicher ausgeprägt und höher, entsprechend der zunehmenden Mächtigkeit des Keupers und der zunehmenden Bedeutung des Stubensandsteins. Weiter nach Osten verläuft sie in die Gegend von Crailsheim und schließt den Raum der Ellwanger Berge ein, nördlich der Lias-Vorebene von Aalen.

Östlich von Crailsheim biegt sie, dem Albtrauf des Frankenjura folgend in nördliche Richtung ab und verläuft über den Westrand der Frankenhöhe in Mittelfranken zum Steigerwald und den Haßbergen. Hier im Osten spielen in dem mächtigeren Keuper die Sandsteinformationen vom Benker Sandstein über den Blasensandstein zum Burgsandstein eine viel größere Rolle. Die Keuperrandstufe ist hier daher recht deutlich ausgeprägt und entsprechend den Sandstein-Horizonten in eine relativ breite Stufentreppe aufgegliedert.

Der in großen Zügen dem Albtrauf parallele Verlauf der Keuper-Randstufe deutet an, daß ihre Entsteheung sich in einem ähnlichen Ablauf vollzog, wie wir ihn bei der Jura-Schichtstufe erkannten. Für den nördlichen, von der Entstehung des Maintales beeinflußten Abschnitt (Haßberge-Steigerwald) haben wir schon oben ausgeführt, daß der Keuperstufenrand wohl schon im Pliozän oder dem ausgehenden Tertiär in seiner heutigen Lage und Ausbildung entstanden ist. Gleiches darf man wohl auch für den

südlich daran anschließenden Abschnitt der Frankenhöhe vermuten, wo die ausräumende Tätigkeit der auf den Main umgedrehten Tauber den Verlauf der Keuperrandstufe bestimmte.

Ganz anders wird die Situation im Raume westlich von Crailsheim. Wir kommen hier in den Bereich des Einzugsgebietes des Neckar, der sich ja, wie wir sahen, erst von Pliozän an entwickelte und sein Einzugsgebiet vor allem während des Altquartärs stetig und erheblich ausweitete und in diesem erheblich ausräumte und abtrug. Es ist also zu erwarten, daß in diesem westlichen Abschnitt, ähnlich wie das für die Jura-Schichtstufe ausgeführt wurde, die Keuperrandstufe im ausgehenden Tertiär und im Quartär noch erheblich zurückverlagert und modifiziert wurde. Das wird bestätigt dadurch, daß vor dem dem Albtrauf ungefähr parallel verlaufenden Keuperrand, wie er geschildert wurde, noch weit nach Norden vorgeschobene, recht ausgedehnte Auslieger der Keuperdecke über dem Muschelkalk vorhanden sind. Das sind zum einen die Keuperberge der Gegend von Heilbronn-Weinsberg und die Löwensteiner Berge, die über den Murrharder Wald mit dem Keupervorland der Jura-Schichtstufe (Welzheimer Wald-Ellwanger Berge) noch in Verbindung stehen, und das ist links vom Neckar der Stromberg und Heuchelberg, der eine völlig isolierte Keuperdecke auf dem Muschelkalk-Plateau ist. Der W-E verlaufende Nordrand der Löwensteiner Berge wiederholt noch einmal die Keuperrandstufe in sehr ausgeprägter Form. Seine Verlängerung nach Osten kommt in die Gegend von Crailsheim und man darf annehmen, daß in jungtertiärer Zeit, bis ins Pliozän oder Altquartär hinein der durchgehende Rand der Keuperschichtstufe von Crailsheim in westlicher Richtung gegen Löwenstein hin verlief, weiterhin die Keuperberge von Heilbronn-Weinsberg einschloß und weiter zum Nordrand von Stromberg-Heuchelberg verlief.(Abb.11)

Im Altquartär wurde, wie wir sahen, das Einzugsgebiet der Ur-Brenz auf den Neckar hin umgedreht. Während Oberlauf und Quellflüsse der Ur-Brenz wohl noch durch Keupergebiet flossen, haben die auf das tiefere Neckar-Niveau eingestellten Kocher und Jagst sich über die Ur-Brenz-Quellflüsse zurückgearbeitet und in ihrem Bereich die Keuperdecke abgetragen. Bis Kirchberg a.d.Jagst und Crailsheim ist das Jagsttal, bis in die Gegend von Schwäb. Hall ist das Kochertal schon in den Muschelkalk eingeschnitten. Die Keuperrand-Stufe wurde dadurch in ihre heutige Lage südwärts

zurückgedrängt. In entsprechender Weise hat der über Heilbronn nach Bietigheim-Ludwigsburg-Stuttgart sich zurückarbeitende Neckar in der gleichen altquartären Zeit die Keuperdecke ausgeräumt und den Keuperstufenrand auf seinen heutigen Verlauf Stuttgart-Waiblingen zurückgeschoben.

Daß zwischen der breiten Ausräumungszone des Neckar im Westen und der von Kocher und Jagst im Osten die Löwensteiner Berge als recht ausgedehnter und auch ziemlich hoch aufragender Keuperauslieger erhalten geblieben sind, obwohl Bottwar über die Murr zum Neckar, Brettach, Ohrn, Biber und Roth zum Kocher entwässernd, den Komplex recht erheblich zerschnitten haben und kräftig abtragend wirken, ist umso erstaunlicher als südlich der Löwensteiner Berge die Murr den Keuper weiträumig abgetragen hat, in einer breiten Muschelkalk-Lettenkeuper-Ebene, welche dem Keuperstufenrand von Winnenden im Norden vorliegt. So blieb zwischen den Löwensteiner und Weinsberger Keuperbergen nur die schmale Brücke des Murrharder Waldes stehen, die mit dem Keupervorland der Alb verbindet. Die Löwensteiner Berge können so allseitig von der Erosion angegriffen werden. Gleiches gilt auch für den Keuperkomplex von Stromberg-Heuchelberg, der ganz isoliert ist und keinerlei Verbindung zu dem durchgehenden Keuperstreifen im Albvorland hat.

Weshalb blieben diese vorgeschobenen Keuperauslieger, Zeugen der im Jungtertiär vorhandenen Keuperrandstufe, stehen und blieben von der allgemeinen altquartären Rückverlagerung der Keuperrandstufe ausgespart?

Wir sind bisher der Einfachheit halber davon ausgegangen, daß die süddeutsche Trias-Jura-Schichttafel, abgesehen von dem schwachen südostwärtigen Einfallen, völlig flach und eben gelagert ist. Das trifft in großen Zügen auch zu und dem entspricht ja auch die Entwicklung des Gewässernetzes, die Orientierung der größeren Talzüge und der bogenförmige Verlauf der Schichtrandstufen. Wir haben aber schon eingangs kurz darauf hingewiesen, daß man damit rechnen muß, daß diesem Allgemein-Verhalten modifizierend sich eine weitgespannte, flache Wellung überlagert. Die weite flache Muldenzone der Kraichgausenke, die möglicherweise schon in der Kreide sich anlegte und in der Senkungsbewegungen bis in die junge Vergangenheit sich fortsetzen, haben wir schon

kennen gelernt. Durch die sehr starke jungeHeraushebung von Schwarzwald und Odenwald ist sie besonders augenfällig und stark ausgeprägt. Die Kraichgausenke liegt östlich des Nordabschnitts des Rheintalgrabens der gerade im Jungtertiär ebenfalls besonders stark absank, im Gegensatz zu dem Südabschnitt des Grabens, der diese jungtertiäre Absenkung nicht mitmachte. Die Kraichgausenke setzt sich nach Osten fort in einer breiten, flachen, ENE streichenden Muldenzone, die über den Raum des mittleren Neckar bei Heilbronn, der unteren Jagst und des unteren Kocher verläuft und im Bereich des Taubertales ausklingt. Sie wird hier von einer flachen NW-SE streichenden Aufwölbung abgeschlossen, dem Ansbacher Scheitel. (Abb. 2IV)

Südlich dieser großen den ganzen Nordwesten des Schichtstufenlandes querenden Muldenzone verläuft von der Aufwölbung des Nordschwarzwaldes ausgehend in ENE-Richtung über die Stuttgarter-Ludwigsburger Gegend und weiter in Richtung des Murrtales eine breite Aufwölbung, die im Bereich des Kocher und der Jagst ausklingt, der Schwäbisch-Fränkische Sattel. Von dieser Aufwölbung nach Süden erfolgt ein relativ gleichförmiges Einfallen gegen Südosten.

Im einzelnen sind die Verhältnisse etwas differenzierter. Es genügt in unserem Zusammenhang, sich auf diese das Gesamtbild bestimmenden Züge zu beschränken. Daß schwache absinkende Bewegungen in der nördlichen Muldenzone und ebensolche Hebungsbewegungen im Bereich des Schwäbisch-Fränkischen Sattels noch bis ins Quartär und bis in die jüngste geologische Vergangenheit immer wieder auftraten, zeigen die Flußterrassen und die wechselnde Verbreitung und das wechselnde Ausmaß der Aufschotterung entlang des Neckartales. Im Zusammenhang solcher junger Krustenbewegungen sind z.B. auch die mächtigen quartären Flußaufschüttungen von Steinheim a.d.Murr entstanden, die durch die zahlreichen, in ihnen zusammengeschwemmten Reste diluvialer Säugetiere und vor allem den Schädel des Homo steinheimensis berühmt geworden sind.

Wenn wir den Verlauf der Keuperrandstufe während des Jungtertiärs bis ins Altquartär hinein entlang dem Nordrand der Löwensteiner und Heilbronner Berge und am Nordrand von Stromberg-Heuchelberg lokalisieren konnten, so war sie in ihrer Lage also wohl dadurch mit bestimmt, daß sie in der breiten Quereinmuldung vor der Abtragung relativ geschützt

war, während auf der zum Odenwald hin ansteigenden Nordflanke dieser Mulde die Keuperdecke frühzeitig abgeräumt war. Der sich rückwärts vorarbeitende Neckar schnitt sich in den Buntsandstein, bzw. den Muschelkalk ein. In der Muldenzone selber konnte er sich durch die weichen Keuperschichten rasch zurückarbeiten. Südlich von Heilbronn in der gegen den Schwäbisch-Fränkischen Sattel ansteigenden Südflanke der Mulde verlangsamte sich das Eintiefen des Neckartales, da der Fluß ja auch die Hebungsbewegung im Sattel selber zu bewältigen hatte. Auf dem Schwäbisch - Fränkischen Sattel war wegen der größeren Höhenlage die schützende Juradecke schon frühzeitig abgetragen worden, so daß der weichere Keuper in relativ großer Höhenlage frei zutage anstand, während in der tieferen Muldenzone die schützende Juradecke noch länger erhalten blieb; auf den Löwensteiner Bergen sind noch heute Reste der Liasdecke vorhanden.

Auf der eigentlichen Sattelzone konnte der Neckar, nachdem er sich bis hierher (Ludwigsburger-Stuttgarter Raum) zurückgearbeitet hatte den frei und relativ hoch liegenden Keuper relativ rasch ausräumen bis auf das Muschelkalkniveau, die Murr ist in ihrem Mittel- und Unterlauf in den Muschelkalk eingeschnitten. In der nördlich davon liegenden Muldenzone blieb die Keuperdecke dank ihrer tieferen Lage und den schützenden Resten der Juradecke erhalten, dies umso mehr als im Bereich der Löwensteiner und Weinsberger Berge die Muldenzone besonders tief eingesenkt ist (Löwensteiner und Heilbronner Mulde).

Wir haben hier ein typisches Beispiel einer Reliefumkehr. Die nach ihrer tektonischen Lage tiefst liegenden Bereiche sind in der Landschaftsgestaltung zu höher aufragendem Bergland geworden, während der tektonisch hoch liegende Raum, in dem wegen seiner Hochlage eine frühere Abtragung schützende Deckschichten entfernt hat, tief ausgeräumt ist in einer breiten Talniederung.

Ganz analog ist die Situation bei dem anderen Keuper-Auslieger der Keuperrandstufe, beim Stromberg-Heuchelberg. Auch er ist zugeordnet einer stärker eingesenkten Einmuldung der großen Muldenzone, der Stromberg-Mulde. Hier war es wohl vor allem der Stubensandstein des oberen Keuper, der in der Mulde erhalten geblieben ist, während er in den umliegenden tektonisch höher liegenden Bereichen der Abtragung zum Opfer gefallen ist, der die

Keuperdecke von Stromberg-Heuchelberg vor weiterer Abtragung schützte, während in den umliegenden Gebieten ohne schützende Stubensandsteindecke der Keuper flächenhaft ausgeräumt wurde.

Ähnliche Bedingungen verursachten auch den im Bereich des Fildergrabens gegen Nordwesten vorspringenden Sporn der Keuperrandstufe zwischen Sindelfingen und Leonberg. Auf den Fildern zwischen Schönbuch und Schurwald zeigt sich der, an seinem Nordrand vom Neckar durchflossene Fildergraben, auch morphologisch deutlich als eingesenkte Grabenscholle. Die Filderebene mit ihrer Liasdecke liegt tiefer als die Keuperberge des Schönbuch südlich und des Schurwalds nördlich der Grabenscholle. Folgt man dem Fildergraben nach Nordwesten, so zeigt er sich hier am Keuperstufenrand als auf die Muschelkalkebene vorspringender Sporn von Keuperbergen. Die heute nicht mehr vorhandene, aber noch lange erhalten gebliebene Liasdecke hatte die Grabenscholle hier vor Abtragung geschützt, während die Keuperberge im Süden und Norden der Grabenscholle rasch ausgeräumt worden sind. Dieses Verhalten im Fildergraben zeigt ganz besonders augenfällig, wie es zur Reliefumkehr kommt.

Ganz analog wie beim Jura-Schichtstufenrand, sehen wir auch beim Keuperstufenrand, daß der westliche schwäbische Abschnitt sich anders verhält als der östliche fränkische. Das Keupervorland vor der Frankenalb ist recht breit entwickelt, als Folge der größeren Keupermächtigkeit und der stärker entwickelten Sandsteinformationen. Durch diese ist der Stufenrand treppenförmig aufgegliedert. Randlich ist er durch Täler zwar recht erheblich zerschlitzt, zeigt aber im Ganzen doch einen relativ einfachen N-S-Verlauf von den Haßbergen über den Steigerwald zur Frankenhöhe. Er ist, wie die Jura-Schichtstufe in der Frankenalb schon relativ alt und wahrscheinlich schon während des Pliozän in seiner heutigen Lage und Verlauf ausgebildet worden und hat seither keine nennenswerte Umbildung mehr erfahren. Im westlichen Abschnitt ist die Keuperrandstufe relativ nahe an die Jura-Schichtstufe herangerückt, spielt aber erst vom Schönbuch an gegen Osten eine größere Rolle, während sie von hier nach Westen wegen der abnehmenden Mächtigkeit und den auskeilenden Sandsteinformationen rasch an Bedeutung verliert. In diese heutige, dem Albtrauf genäherte Lage vom Schönbuch zu den Ellwanger Bergen ist die Keuperrandstufe erst während des Quartärs zurückverlegt worden, sie ist also we-
(* Abb.12)

sentlich jünger als im fränkischen Ostabschnitt. Während des Jungtertiärs setzte sich die Keuperrandstufe von Crailsheim in westlicher Richtung über Löwensteiner-Heilbronner Berge zum Stromberg-Heuchelberg fort. Diese, heute Auslieger der Keuperrandstufe, sind als Zeugen des jungtertiären Verlaufs dank der weiträumigen Wellung und der in ihr bis zum Quartär sich fortsetzenden epirogenen Bewegungen erhalten geblieben. Der Keuperstufenrand ist in dem schwäbischen Abschnitt infolgedessen sehr viel differenzierter aufgegliedert als im Osten und ist z.T. verdoppelt mit erhalten gebliebenen Resten des dem heutigen Stufenrand vorgelagerten jungtertiären Stufenrandes.

Im Raume des Einzugsgebietes des Neckar ist die Keuper-Jura-Schichtstufentreppe erst im Quartär in ihrer heutigen Form ausmodelliert worden, während sie östlich davon schon im Jungtertiär in der heutigen Form sich stabiliert hatte.

Der Muschelkalk-Stufenrand zeigt keine dem Keuperstufenrand vergleichbaren Differenzierungen und Unregelmäßigkeiten. Er verläuft aus der Kraichgausenke, südlich des Odenwaldes, wo er als Stufenrand kaum ausgeprägt ist, in ungefähr nordöstlicher Richtung über die Gegend von Wertheim und Gemünden. Er dürfte sich schon relativ früh, spätestens im Jungtertiär in dieser Form entgültig stabiliert haben. Der Keuperrandstufe ist daher eine breite und ausgedehnte Muschelkalk-Ebene vorgelagert, die in weiter Verbreitung noch eine dünne Decke von Lettenkeuper trägt.

8. Schlußbemerkungen

Wir haben versucht, Entstehung und Werdegang des süddeutschen Schichtstufenlandes zu verfolgen. Wir gingen dabei davon aus, daß die Anfänge der Ausmodellierung einer Schichtstufentreppe und der Anlage eines diese bewirkenden Gewässernetzes schon in die Kreidezeit zu datieren sind nach dem Rückzug des Jurameeres und der Landwerdung des süddeutschen Raumes. Die Zeugnisse für das Geschehen während der Kreidezeit sind überaus dürftig und fehlen weitgehend ganz wegen der nachfolgenden flächenhaften Abtragung. Wir haben dieses weitgehende Fehlen von Zeugnissen durch theoretische Überlegungen überbrückt, die sich durch Rückwärts-Extrapola-

tion von der in großen Zügen rekonstruierbaren Situation im Alttertiär und durch bemerkenswerte Züge im heutigen Flußnetz als immerhin äußerst wahrscheinlich erwiesen haben.

Etwas reichlicher fließen die Zeugnisse über die tertiäre und vor allem die quartiäre Weiter- und Umbildung des in der Kreidezeit angelegten Flußnetzes und die Ausmodellierung des heutigen Schichtstufenlandes auf der Grundlage der während der Kreidezeit vorgebildeten Anlage. Auch hier freilich mußten manche Lücken durch theoretische Überlegungen ausgefüllt werden. Wir haben auf dieser Grundlage ein Vorstellungsbild entwickelt, das im einzelnen sicher modifikationsbedürftig ist, das aber in seinen entscheidenden Zügen doch eine recht große Wahrscheinlichkeit beanspruchen darf.

Wir haben festgestellt, daß einmal ausgearbeitete Talzüge recht konservative Landschaftselemente sein können, die auch bei einer Änderung der großmorphologischen Niveau-Beziehungen bruchstückhaft erhalten bleiben. In der endgültigen morphologischen Ausgestaltung schimmern daher auch alte, überkommene Züge noch durch, die hilfreich sind für die Rekonstruktion der vorausgehenden Entwicklung.

Wir erkennen, daß neben der vorrangigen Bedeutung der Entwicklung des süddeutschen Gewässernetzes die die Lagerungsverhältnisse der triassisch-jurassischen süddeutschen Schichttafel bedingenden epirogenen Bewegungen und die daraus resultierenden weiträumigen Wellungen und großmorphologischen Niveau-Beziehungen, ebenso wie auch die geologische Entwicklung des umgebenden Rahmens der süddeutschen Schichttafel eine entscheidende Rolle für die Entwicklung des Gewässernetzes und die endgültige Ausmodellierung der weitgespannten Schichtstufentreppe spielen.

Der Versuch einer erdgeschichtlichen Einordnung der Vorgänge ließ vor allem erkennen und das scheint mir eine besonders aufschlußreiche Erkenntnis zu sein daß die durchgehenden und so einheitlich erscheinenden Schichtstufen in Etappen von Osten nach Westen ausmodelliert worden sind. Die Schichtstufenlandschaft im östlichen, fränkischen Raum ist älter und ausgereifter als im westlichen, schwäbischen Raum, wo noch weit bis ins Diluvium hinein, besonders im östlichen Schwarzwald-Vorland, tiefgreifende morphologische Umgestaltungen sich vollzogen haben.

Die endgültige Ausgestaltung des süddeutschen Schichtstufenlandes ist ein viel komplexerer Vorgang, als man das bei dem ersten Blick auf diese so sehr einheitliche Züge zeigende Großlandschaft vermuten möchte.

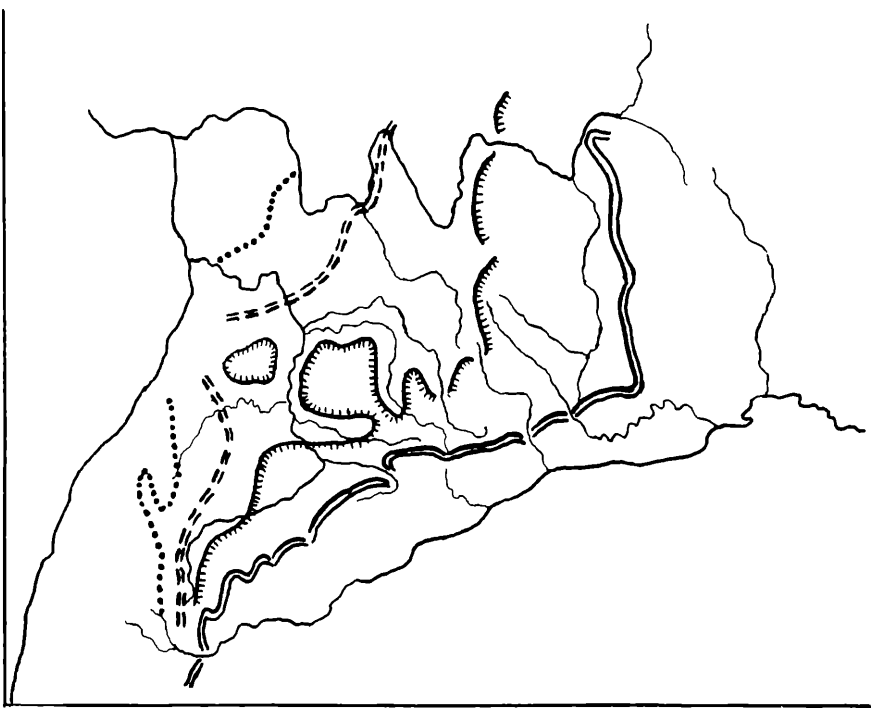
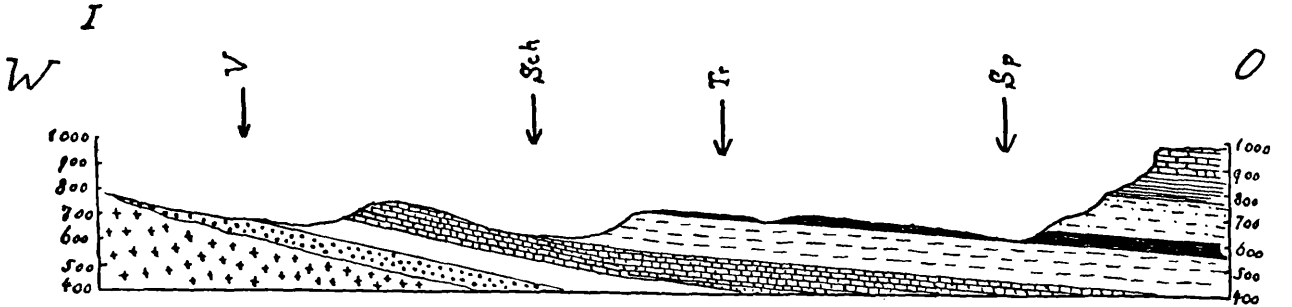
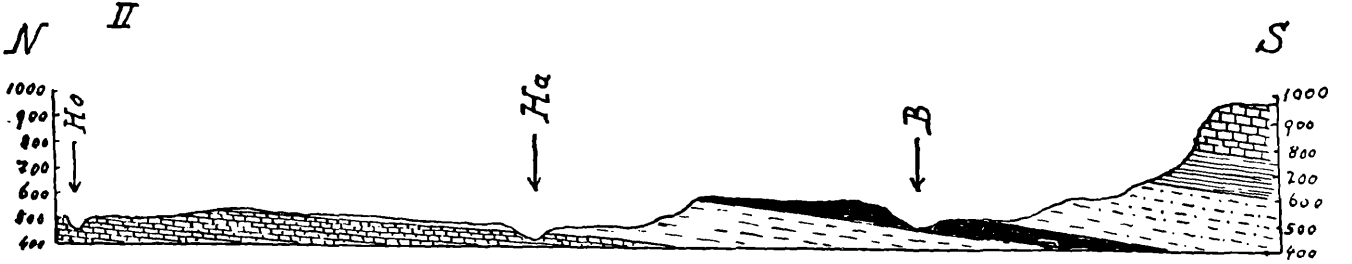


Abb. 1 Die Schichtstufenränder in Süddeutschland.
Punktierte Linie = Buntsandstein-Stufenrand, gestrichelte Doppellinie Muschelkalkstufenrand, gezähnelte Linie Keuperstufenrand, Doppellinie Malmstufenrand.



Profil I
(Villingen - Schwenningen - Trossingen - Spaichingen)



Profil II
(Horb - Haigerloch - Balingen)

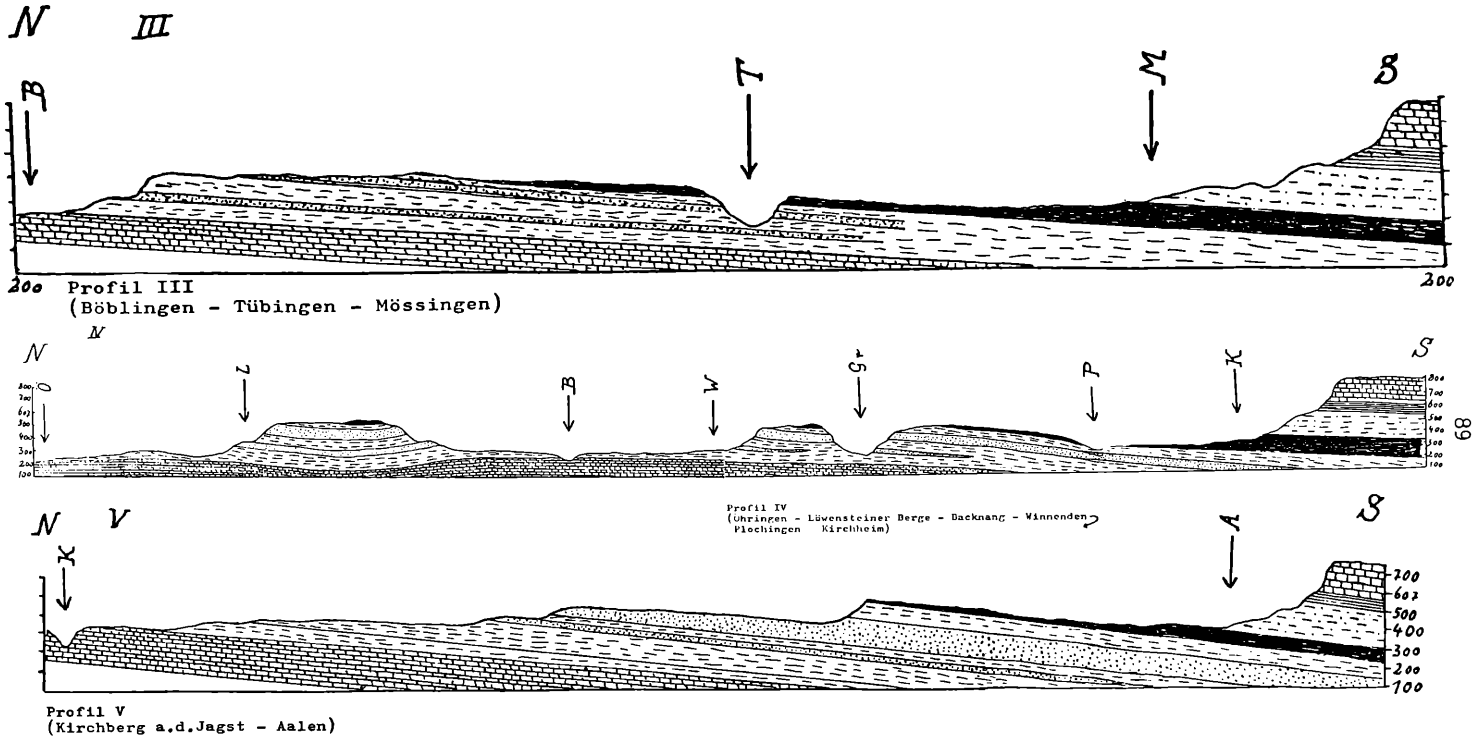


Abb. 2b Profile durch die Schichtstufentreppe.

III. Von Böblingen über den Schönbuch zum Albtrauf bei Mössingen.
IV. Von Öhringen über die Löwensteiner Berge, Rems- und Filstal zum Albtrauf bei Kirchheim u. Teck.
V. Vom Jagsttal bei Kirchberg a.d. Jagst zum Albtrauf bei Aalen.

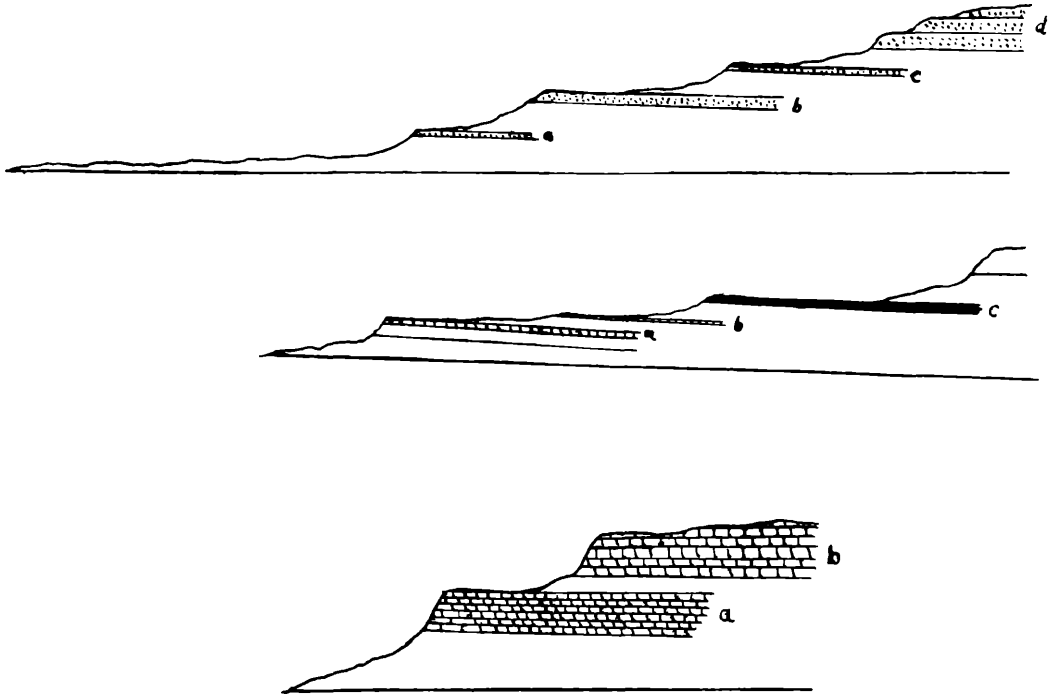


Abb. 3 Der treppenförmige Aufbau der Schichtstufenränder.

Oben: Keuperstufenrand am Nordrand der Löwensteiner Berge mit den Geländekanten und Verebnungen der Engelhofer Platte (a), des Schilfsandsteins (b), des Kieselsandsteins (c) und des Stubensandsteins (d).

Mitte: Liesvorebene der Schwäbischen Alb mit der unteren durch den Arietenkalk bedingten (a) und der oberen durch den Posidonienschiefer bedingten Verebnung (c), zwischen die sich vielfach noch eine kleine Geländekante einschiebt, die durch die Mergelkalke des Lias Gamma bedingt ist (b).

Unten: Der Albtrauf in der mittleren Schwäbischen Alb mit der Steilstufe des Malm Beta (a) und des Malm Delta (b) die durch die Verebnung getrennt sind, welche durch die weicheren Malm Gamma-Mergel verursacht wird.

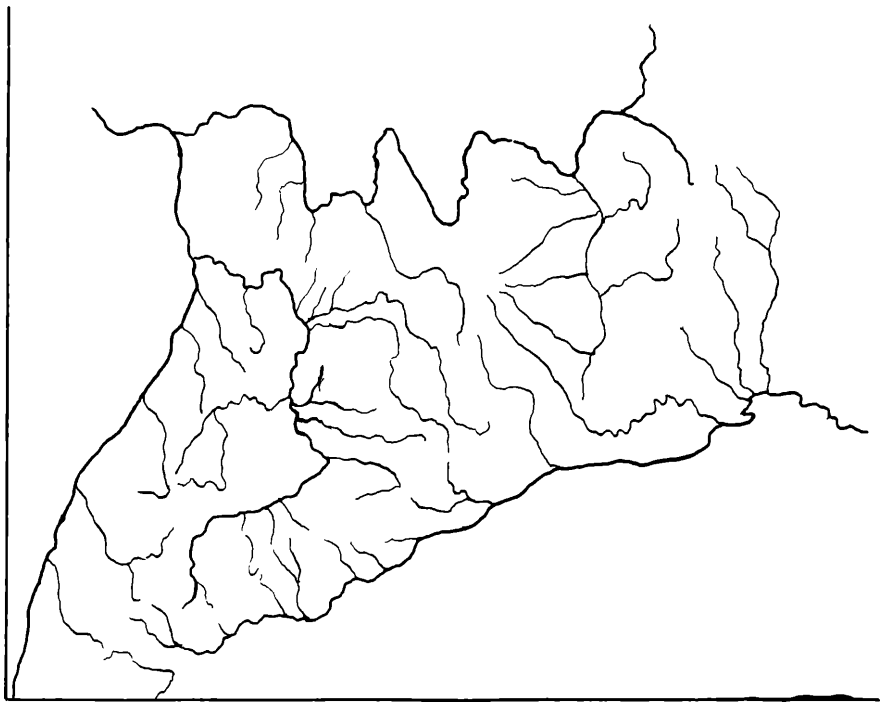


Abb. 4 Das Gewässernetz Süddeutschlands zwischen Donau und Main.

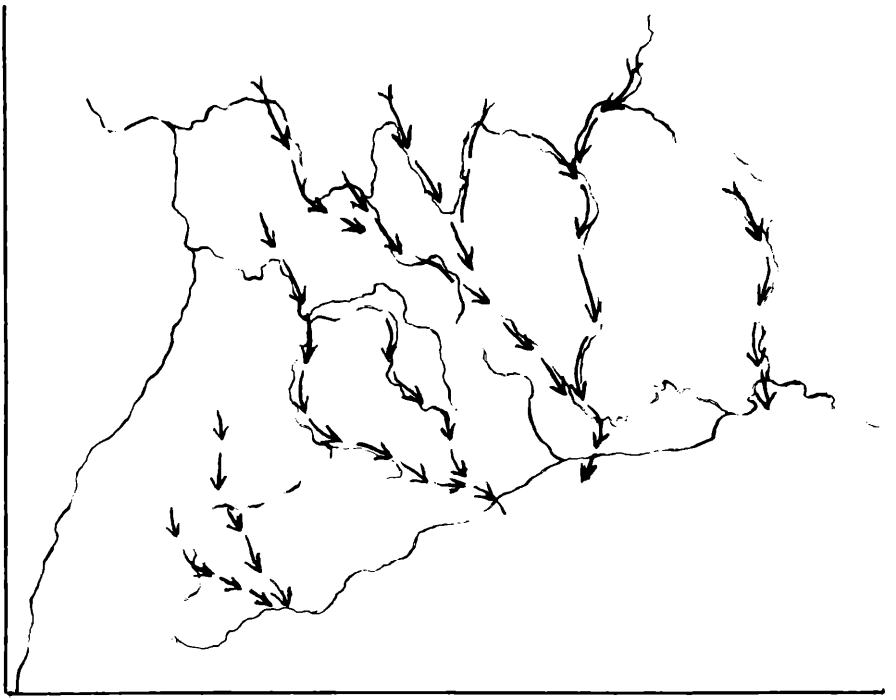


Abb. 5 Das zu vermutende Entwässerungssystem im süddeutschen Raum während der Unterkreide.

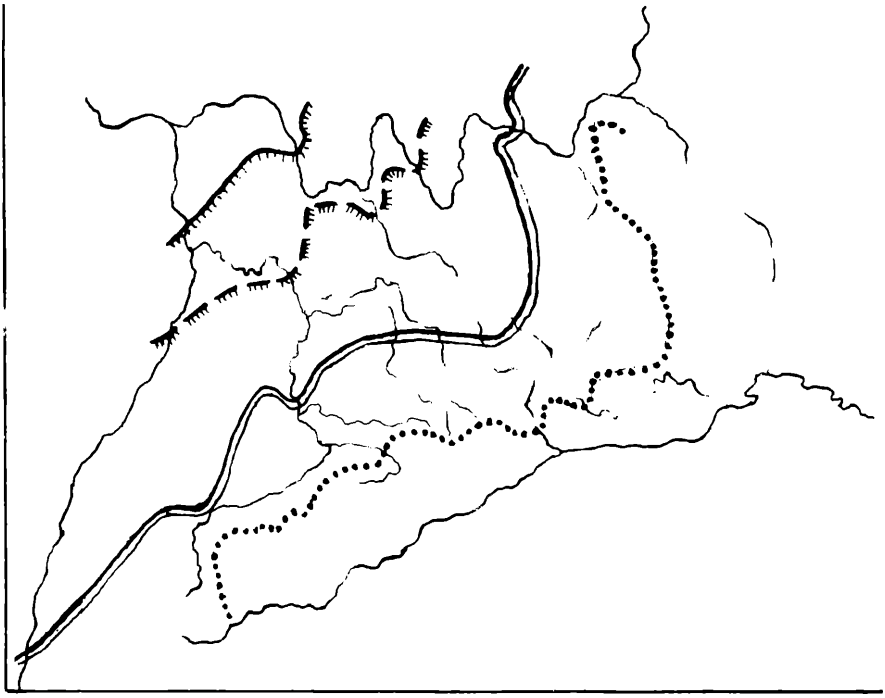


Abb. 6 Der ungefähre Verlauf der Jura-Schichtstufen im frühen Alttertiär. Doppellinie: Schichtstufenrand des Malm. Unterbrochene gezähnelte Linie: Schichtstufenrand des Dogger. Gezähnelte Linie: Schichtstufenrand des Lias. - Zum Vergleich der heutige Albtrauf (punktierte Linie).

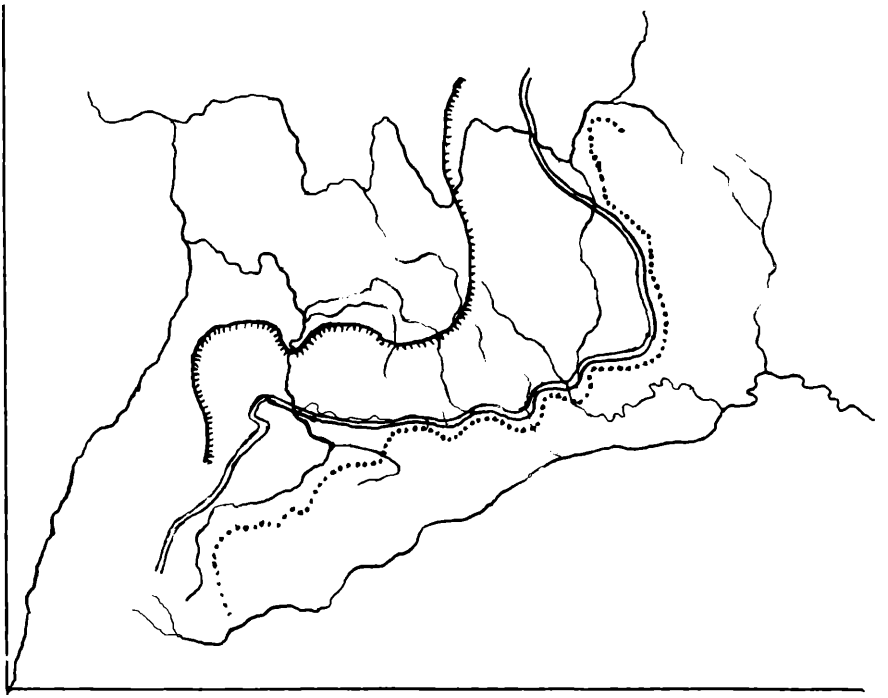


Abb. 7 Das Schichtstufenland im Obermiozän. Gezähnelte Linie: Keuperstufenrand. Doppellinie: Malm-Schichtstufenrand. Punktierte Linie: Heutiger Verlauf des Albtraufs.

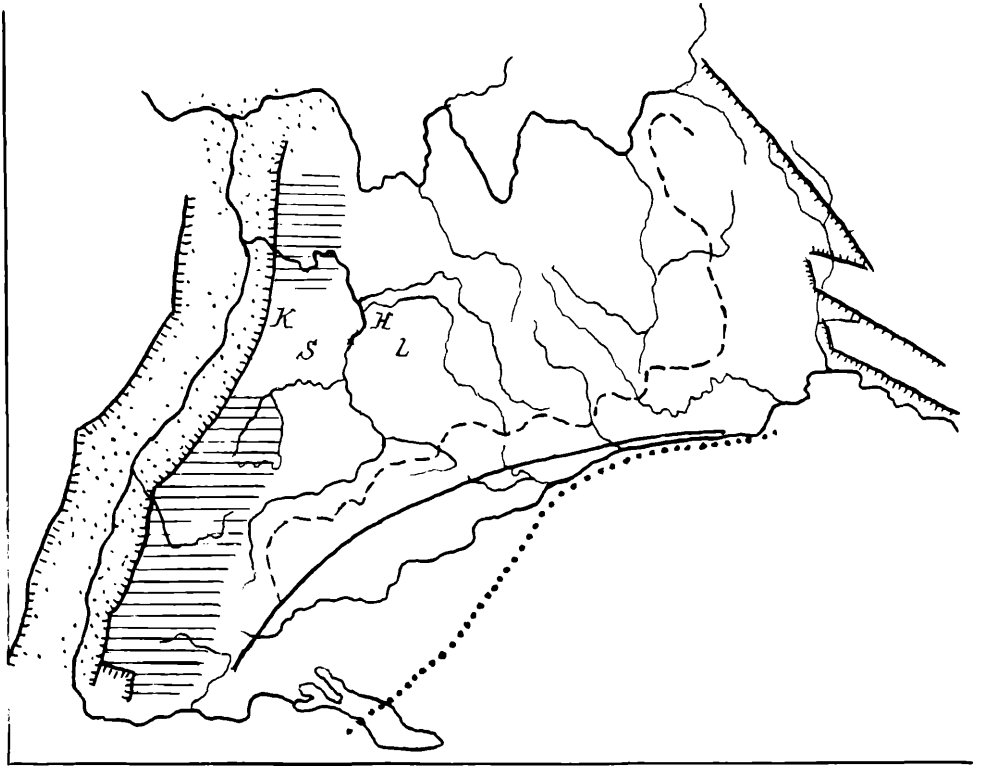


Abb. 8 Das Großrelief Süddeutschlands im Jungtertiär. Punktierte Fläche: Rheintalgraben. Horizont. Schraffen: Schwarzwald und Odenwald. Punktierte Linie: Nordgrenze der Unteren Meeresmolasse. Durchgehende Linie: Klifflinie der Oberen Meeresmolasse. Gestrichelte Linie: Heutiger Albtrauf. K Kraichgausenke, S Strombergmulde, H Heilbronner Mulde, L Löwensteiner Mulde.

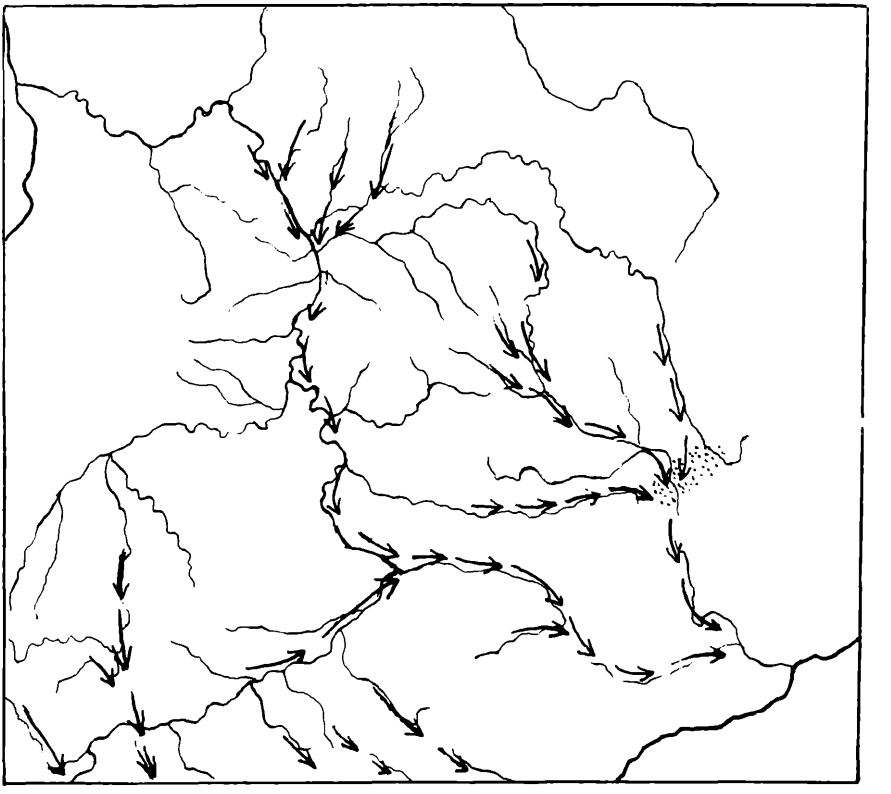
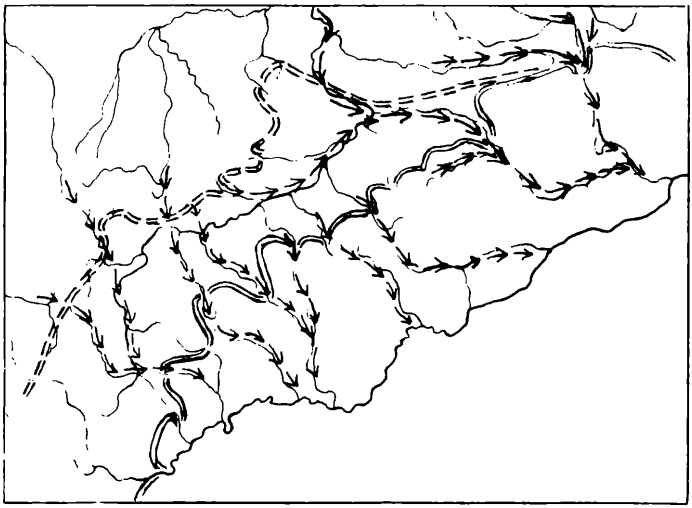
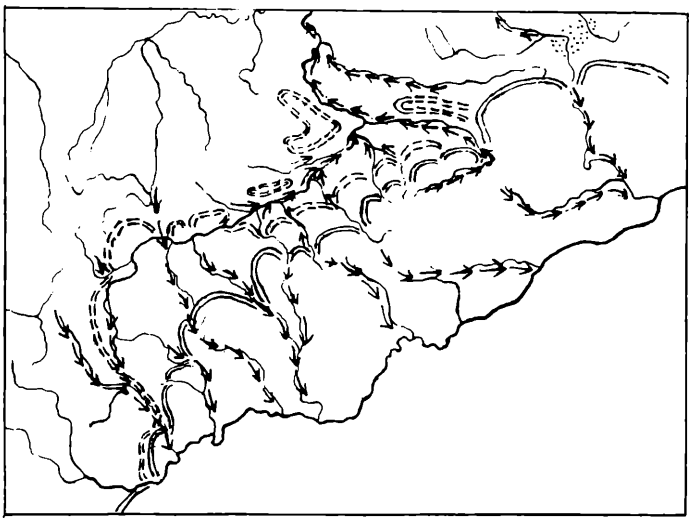


Abb. 9 Entwässerungssystem im westlichen Teil des Schichtstufenlandes im ausgehenden Tertiär - Ur-Lone- und Ur-Brenz-Flußsystem. Punktiert: Goldshöfer Sande.

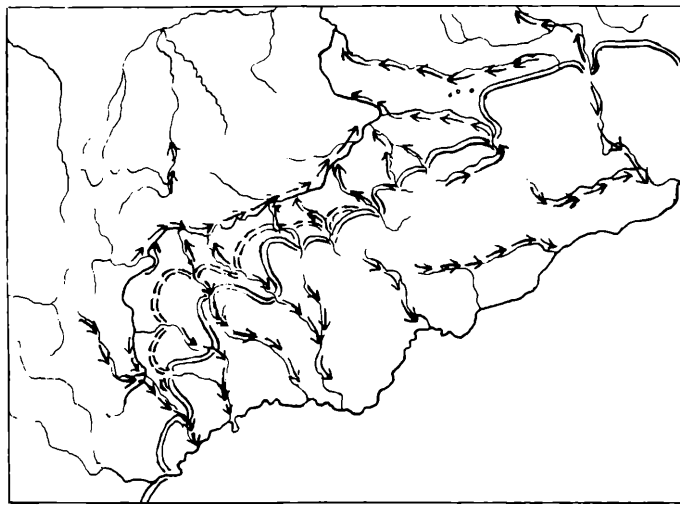


a.

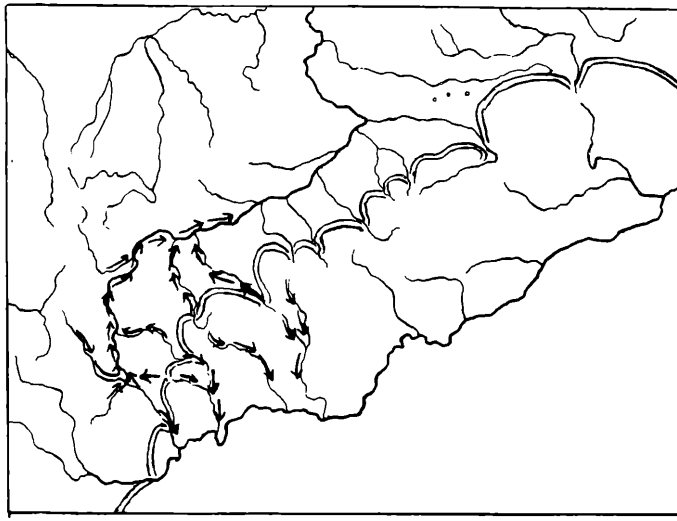


b.

Abb. 10 Entwicklung des Albtraufs der Schwäbischen Alb.
a. Obermiozän. Gestrichelte Doppellinie: Vermuteter Albtrauf (Durchgehende Doppellinie: Heutiger Albtrauf).
b. Altquartär. Gestrichelte Doppellinie: Albtrauf (durchgehende Doppellinie: Heutiger Albtrauf)



c.



d.

Abb. 10 Entwicklung des Albtraufs der Schwäbischen Alb.
c. Mittleres Diluvium. Gestrichelte Doppellinie: Albtrauf (Durchgehende Doppellinie: Heutiger Albtrauf).
d. Jungdiluvium

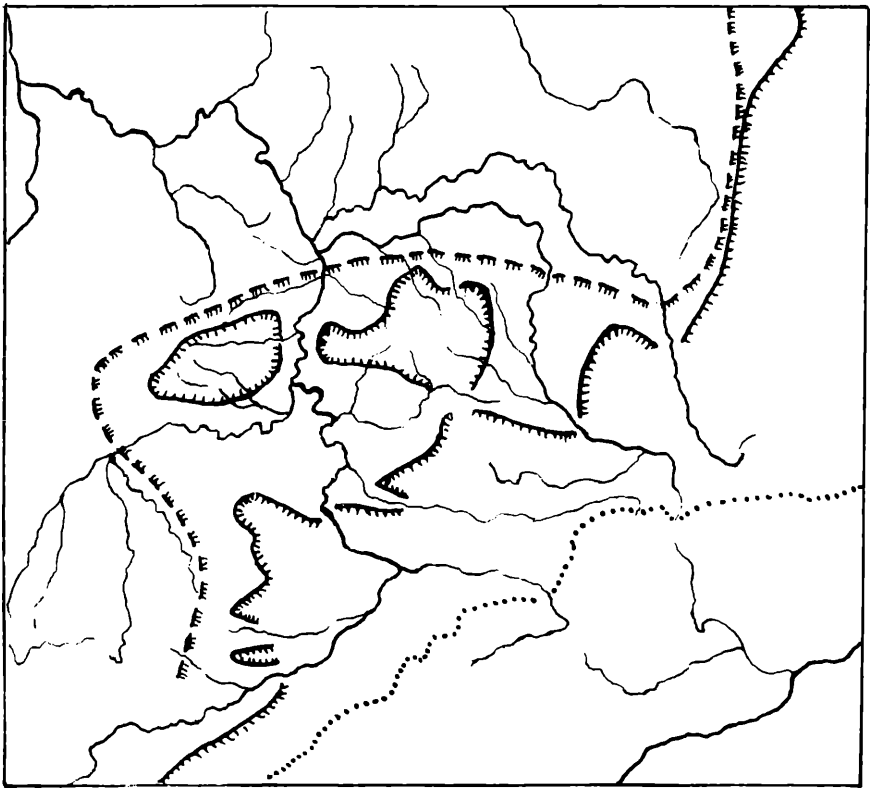


Abb. 11 Der Keuperstufenrand im Obermiozän (gezähnelte Linie gestrichelt) und heute (gezähnelte Linie durchgehend). Punktierte Linie: Heutiger Albtrauf.

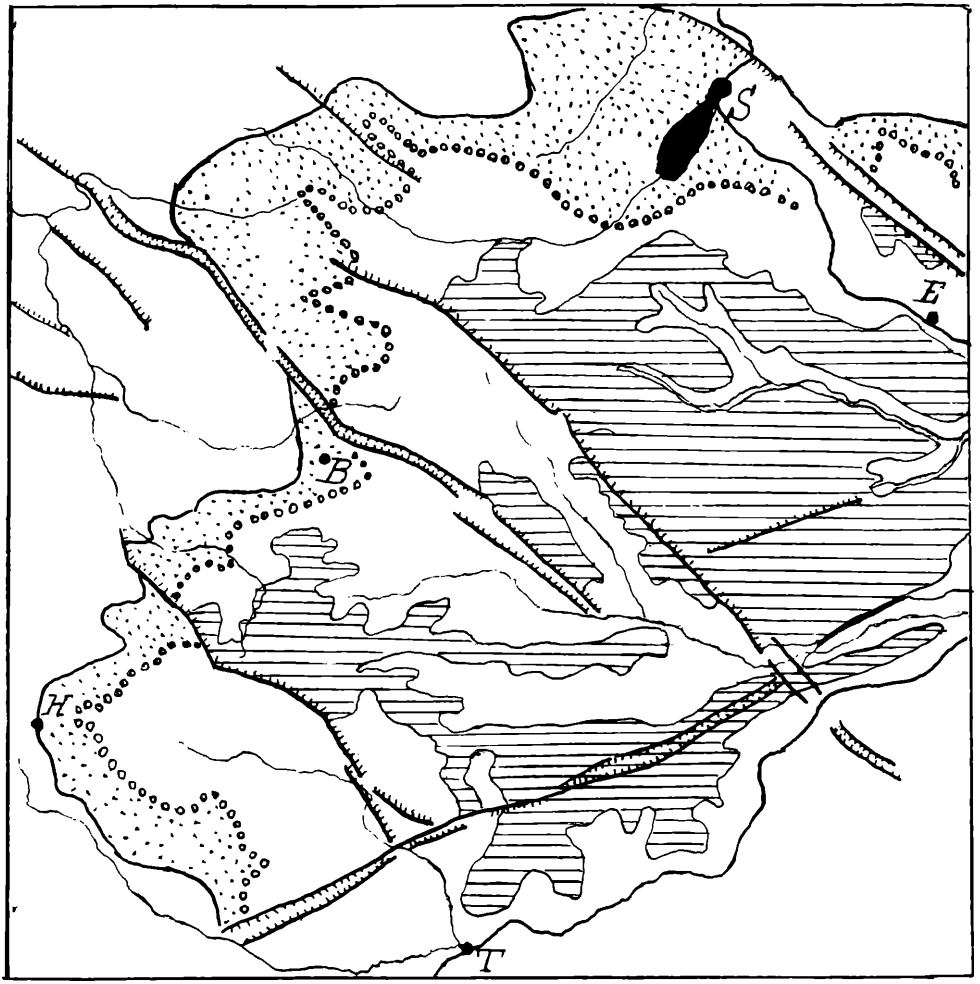


Abb. 12 Der Einfluß des Fildergrabens auf den Stufenrandverlauf. Horizontal schraff. Lias-Decke erhalten. Kreislinie: Stubensandsteinrand. Durchgehende Linie: Gipskeuperrand. S Stuttgart, B Böblingen, E Esslingen, H Hechingen, T Tübingen.

Anschrift des Verfassers:

Prof.Dr. Karl BEURLEN

Gartenstraße 137

7400 Tübingen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bericht der naturforschenden Gesellschaft Bamberg

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: 57

Autor(en)/Author(s): Beurlen Karl

Artikel/Article: Entstehung und Werdegang des süddeutschen Schicht-Stufenlandes 37-100