

# Thalgeschichte der obersten Donau.

Von

Professor Albrecht Penck in Wien.

Sonderabdruck

aus dem 28. Hefte der Schriften des „Vereines für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung“.

Der Lauf der obersten Donau steht mit dem Schichtbau seines Gebietes in innigster Beziehung. Ihre Quellflüsse, Brege und Brigach, kommen aus dem Bereiche der archaischen Gesteine des Schwarzwaldes, und treten auf dessen Ostabdachung bald in den Buntsandstein und unteren Muschelkalk über. An seinem Fuße vereinigen sie sich bei Donaueschingen und der von ihnen gebildete Fluß durchmißt im flachhügeligen Lande der Baar den mittleren und oberen Muschelkalk, den ganzen Keuper und den Eias, dann tritt er, nachdem er an ihrem Fuße den Braunen Jura gequert, in engem Durchbruchthale in die 200—250 Meter höher gelegene Rauhe Alb ein, er durchschneidet hier den Weißen Jura, deren oberste Abteilungen ihn von Tuttlingen bis gegen Regensburg hin begleiten. Bis Tuttlingen tritt die Donau regelmäßig von älteren Gesteinen auf jüngere über, und zwar bilden die ältesten, nämlich die archaischen des Schwarzwaldes den Kumpf eines Grundgebirges, über welchem die jüngeren der Trias und des Jura ein flach gelagertes Deckgebirge darstellen. Durch die Untersuchungen von Regelmann<sup>1)</sup> sind wir über dessen Lagerungsverhältnisse genau unterrichtet. Es senkt sich gleich seiner Grenzfläche gegen das Grundgebirge regelmäßig gegen Südosten, und zwar haben die älteren Glieder, die der Trias, ein etwas steileres Fallen (3,5 %) als die jüngeren, die des Jura (2,4 %). Zugleich nimmt die Mächtigkeit der Schichten in der Fallrichtung zu. Dieser ungemein einfache Schichtbau wird für die Oberflächen-gestalt des Landes in der für flach gelagerte Gesteine, die bereits eine starke Abtragung erfahren haben, charakteristischen Weise maßgebend. Die lehmig thonigen Gesteine bilden flache Böschungen, die Kalle und härteren Sandsteine steile Aufragungen. Lernen wir nun von Regelmann<sup>1)</sup>, daß sich auf 61 m nicht gerade festen Buntsandsteins 54 m ziemlich mergeligen Wellendolomites, dann 92 Meter Mergel mit Gyps und Steinsalz der Anhydritgruppe des Muschelkalkes lagern, so wird uns verständlich, warum gerade hier die Grenze des Schwarzwaldes so schwer zu ziehen ist; keines dieser Gesteine bildet

1) Trigonometrische Höhenbestimmungen und Notizen über den Gebirgsbau für die Atlasblätter Fridingen, Hohenwiel, Schwenningen und Tuttlingen. Württemb. Jahrbücher 1877.

Auftragungen, sie verschmelzen zusammen zu einer sanften Lehne, welche sich innig an die Ostabdachung des Schwarzwaldes anschmiegt. Erst der Hauptmuschelfalk und namentlich der ihm auflagernde Trigonodusdolomit bilden vermöge ihrer Festigkeit eine Stufe, die aber wegen ihrer geringen Mächtigkeit (54 Meter) sich in der Landschaft nicht besonders geltend macht. Nun kommen 140 Meter größtenteils mergeligen Keupers und 56 m Kiasmergel (nach Q u e n s t e d t<sup>1)</sup> erheblich mehr), die abermals nur eine sanfte Lehne bilden. Mit dem Braunen Jura (227 Meter) aber stellen sich festere Kalken und Dolomite ein, und fast ganz aus Kalken wird der Weiße Jura aufgebaut, dessen Mächtigkeit nach R e g e l m a n n 280 Meter, nach Q u e n s t e d t<sup>1)</sup> 500—600 Meter beträgt. Bei einer solchen Schichtfolge kann nicht Wunder nehmen, daß wir am Ostfusse des Schwarzwaldes im Bereiche vom oberen Muschelfalk, vom Keuper und Kias einer Schichtniederung begegnen, die der Baar, welche um 200—250 Meter überragt wird von der Schichtstufe der Rauhen Alb, aufgebaut von Weißem Jura mit einem Sockel von Braunem.

Vom Schwarzwalde kommend, die Baar durchmessend und in die Alb eintretend, fließt die Donau bis Tuttlingen im Schichtfallen. Ihr Lauf ist sohin ein kataklinaler im Sinne nach P o w e l l, ein konsequenter nach der Bezeichnung von W i l l i a m M. D a v i s. Wir wollen sie als Folgefluß bezeichnen, da sie, wie sich herausstellen wird, einer uralten nunmehr zerstörten Abdachung folgt, ähnlich jener, auf welcher Brege und Brigach vom Schwarzwalde herablaufen. Diese ursprüngliche Abdachung ist zerstört, aus ihr ist die Niederung der Baar herausgeschnitten, und zum Vorschein gekommen ist die aus widerstandsfähigem Gesteine bestehende Schichtstufe der Rauhen Alb. Die letztere ist auf mitteleuropäischem Boden das schönste Beispiel einer solchen Oberflächenform, die von W i l l i a m M. D a v i s<sup>2)</sup> kürzlich *cuesta* genannt wurde. Sie kehrt gegen den Schwarzwald und das obere Neckartal einen Steilabfall, ihre Stirn, das Escarpment der Engländer, gegen das Alpenvorland eine sanfte Abdachung, ihre Lehne. Ihre Stirnseite ist zerfressen von zahlreichen, zum Theil tiefen Thälern, welche dem Schichtfallen entgegenlaufen. Manchmal haben sie sich so verästelt, daß sie ganze Berge von der Alb losgetrennt haben, die als Zeugen ihrer späteren Ausdehnung vor ihr liegen, wie z. B. der Hohenzollern und der Hohenstaufen. Das sind die Auslieger der Rauhen Alb. Im Gegensatz zu diesen Stirnthälern folgen die Lehnenthäler dem Schichtfallen, sie sind lang aber wenig tief eingeschnitten, meist wasserarm, vielfach liegen sie trocken. Das Donauthal ordnet sich keiner der beiden Kategorien von Thälern der Schichtstufen unter. Gleich den Thälern der Wörnitz und Altmühl durchbricht es die Alb, es ist ein Schichtstufen-Durchbruch. An diesen knüpft sich ein Problem der Thalgeschichte. Von der Baarniederung aus bieten sich der Donau weit bequemere Auswege als gerade zwischen der 200—250 Meter höheren Rauhen Alb hindurch. Bei Billingen fließt die Brigach kaum 50 Meter unter dem tiefsten Punkte der Wasserscheide gegen das benachbarte Neckargebiet; unterhalb Donaueschingen die Donau nur 65 Meter unter der tiefsten Stelle der Scheide gegen die Wutach. Wie kommt es, daß diese bequem scheinenden Wege nicht eingeschlagen wurden, und die Donau den Pfad durch die weit höhere Alb einschlug? Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir den Durchbruch und seine Umgebung näher betrachten.

1) Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblätter Tuttlingen, Fridingen, Schwenningen. Stuttgart 1881.

2) The drainage of *cuestas*. Proceedings of the Geologist's Association. XVI, 1899, p. 76.

Dort, wo die Donau unfern Geisingen in die Raube Alb eintritt, zeigt letztere nicht die gewöhnliche Ausbildung. Ihre Stirn ist hier nicht wie am oberen Neckarlande von zahlreichen Stirnhälern durchfurcht, in welchem die Flüsse den Stufenabfall entgegen dem Schichtfallen durchmessen, sondern es fließen die Flüsse hier mit dem Schichtfallen, sie haben ihre Quellen am Fuße der Alb auf der Vorstufe des Braunen Jura und richten sich in das Gebirge hinein, der Donau zu. Die Hochfläche der Alb wird dadurch in eine Anzahl von Einzelbergen zerschnitten, die wir nicht mit den Ausliegern im Neckarlande vergleichen können.

Diese Verhältnisse treten auf den Blättern Schwenningen und Tuttlingen der geognostischen Karte von Württemberg (herausgegeben im Maßstab 1:50,000 von dem kgl. statistisch topographischen Bureau) deutlich hervor. Alle Flüsse von einigem Belang, welche der Donau in ihrem Durchbruche bis gegen Tuttlingen hin zufließen, kommen, wie unser Rärtchen des Systems der oberen Donau Seite 121 zeigt, vom Fuße der Alb, der schematisch angedeutet ist. Links zunächst die Kettach bei Geisingen. Sie hat ihre Quellen tief unten im Braunen Jura und schneidet sogar den Keuper an. Dann die Bäche, die bei Zimmern, Zimmendingen und Möhrringen münden; sie kommen gleichfalls vom Braunen Jura. Ferner bei Tuttlingen die Elta, die sogar auf Schwarzem Jura unter der Vorstufe entspringt. Ihr wird der Faulenbach tributär, der ein über seine Verhältnisse großes Thal besitzt, das unfern Spaichingen in der stattlichen Breite von 1,5 Kilometer gegen das Thal der Prim geöffnet ist; dabei liegt die Wasserscheide nur 47 Meter über dem Donauspiegel bei Tuttlingen und ist tief mit losem Juraschutt bedeckt. Der einzige Nebenfluß von Belang, der von rechts kommt, hat ein ähnliches überbreites Thal, das in ähnlicher Weise zu dem der Wutach geöffnet ist, das ist die Altrach. Es sind lauter offene Thäler, die sich zur Donau ziehen, Thäler, denen das Hintergehänge fehlt. Wie dies Verhalten zu erklären ist, lehrt die Altrach.

Gehen wir in ihrem Thale aufwärts, so gelangen wir nach sehr sanftem Anstieg unweit Blumberg zu einer moorigen Fläche, die ihr Wasser teils durch die Altrach zur Donau, teils durch einen kleinen Bach zur Wutach sendet, welche dicht nebenbei fast 180 m tiefer in eng eingeschnittenem Thale zum Rheine rauscht. (Vergl. Blatt Hüfingen der alten Badischen Karte 1:50000). Blicken wir über dieses Thal hinweg, so sehen wir drüben neben der Wutach Terrassen, die nur wenig höher liegen, als die moorige Fläche unseres Standpunktes, und ganz augenfällig wird, daß jene Wutach-Terrassen sich in der Sohle des Altrachthales fortsetzen. Daß in der That einst die Wutach hinüber nach Blumenfeld ins Altrachthal geflossen, wird durch hier befindliche Schottermassen erwiesen; sie bestehen fast ausschließlich aus Schwarzwaldgerölle, das aus dem oberen Wutachthale stammt, und darin sind Reste diluvialer Säuger gefunden worden, sodaß wir über diese Zeit nicht in Zweifel sind, während welcher die Obere Wutach durch die Altrach zu Donau geflossen.

Fassen wir diesen Zustand ins Auge, so fällt uns die Ähnlichkeit der alten Wutach-Altrach mit der oberen Donau sofort auf. Gleich dieser floß jene zunächst über die Kumpfoberfläche des Schwarzwaldes, welche die Basis der mesozoischen Schichten bildet, dann trat sie über in das Bereich der letzteren und durchmaß sie von älteren Gliedern regelmäßig auf jüngere übertretend. Die Wutach-Altrach war gleich der oberen Donau ein echter Folgefluß. Die heutige Wutach ist es aber nur bis Achdorf (westlich von Blumenfeld), dann biegt sie jäh rechtwinkelig um, und setzt ihren Lauf im Schichtstreichen fort. Diese Umbiegung ist, wie wir erkannt haben, jugendlichen Datums.

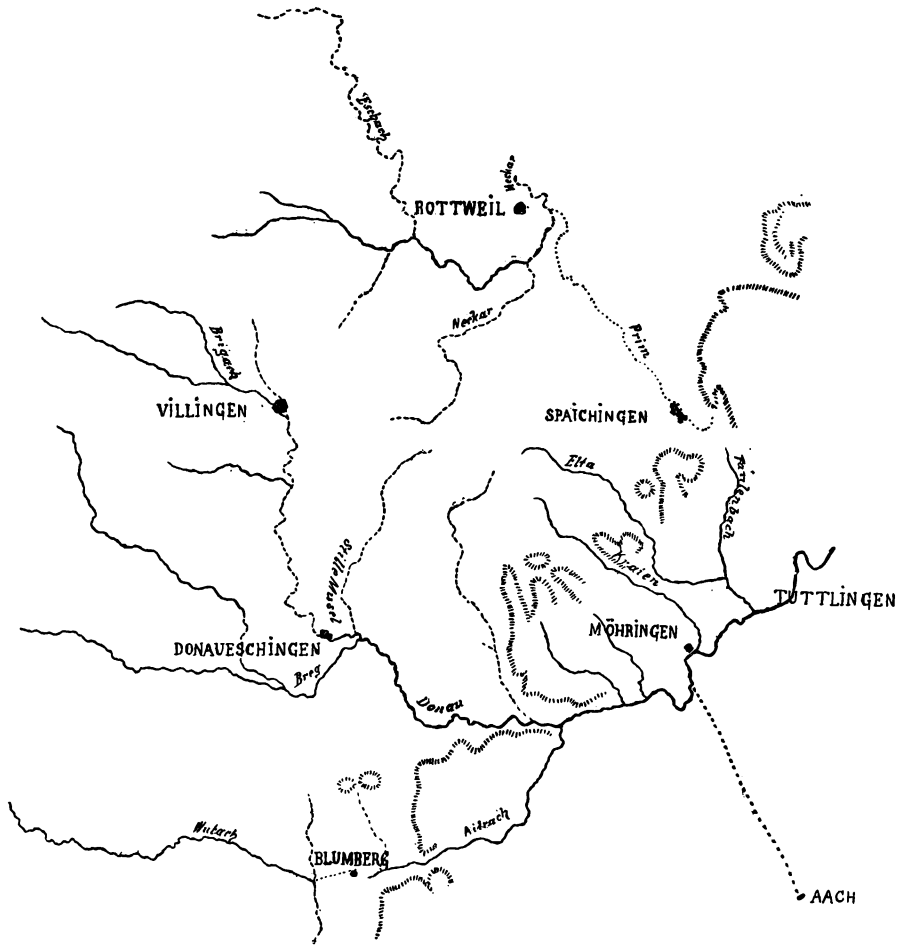
Sie kann nur dadurch zu stande gekommen sein, daß im Gebiete der heutigen unteren Wutach eine sehr lebhafte Thalbildung stattfand, wodurch die Wasserscheide gegen die Wutach-Mitrach erniedrigt wurde, sodaß letztere, als sie während der Diluvialperiode infolge der Vergletscherung des Schwarzwaldes ihr Bett erhöhte, leicht überfließen konnte. Indem sie aber in das erheblich tiefer gelegene Wutachgebiet überfloß, erlangte sie eine bedeutende Fallhöhe und begann den neuen eingeschlagenen Lauf und ihren alten, oberhalb gelegenen lebhaft zu vertiefen. Sie ist dort, wo sie bei Achdorf den neuen erreicht, bereits auf 529 Meter eingeschnitten, die Fortsetzung ihres alten liegt daneben bei Blumenfeld in 705 Meter Höhe, also 176 Meter höher. So wurde die Mitrach durch Ablenkung der Oberen Wutach zur Unteren ent wurzelt, das Thal, in dem sie fließt, ist ein Torso des früher bestandenen.

Wir haben es hier mit einem typischen Beispiele einer jener Flußablenkungen zu thun, welche William M. Davis aus dem Pariser Becken so anschaulich beschrieben hat.<sup>1)</sup> Hier wie da ist ein dem Schichtfallen folgender Fluß zu einem im Schichtstreichen fließenden abgelenkt worden, wobei ein Ablenkungsknie (elbow of capture) entstand. Es wurde der Unterlauf des Folgeflusses ent wurzelt (beheaded), indem der Oberlauf zum Schichtflusse (subsequent river) abgelenkt wurde, und es blieb ein Thalstück über, das zu einem andern in seiner ganzen Breite geöffnet ist. In dieses Thalstück hat sich von der Ablenkungsstelle der kleine Schleifbach eingenaigt, welcher sein Quellgebiet bereits bis über Blumberg hinaus verlängert hat und in entgegengesetzter Richtung wie die Mitrach, also auch entgegen dem Schichtfallen fließt. Es ist ein wahrer Gegenfluß (obsequent river). Weiter hat sich von der Ablenkungsstelle, dem Schichtstreichen folgend, der Krottenbach eingefressen und seine Quelle bis auf 5 km der Donau näher gerückt; sein Bett noch lebhaft vertiefend, bedroht er letzteren Fluß zu kapern und zur Wutach abzulenken.

Sehen wir nun unsere Betrachtung der offenen Seitenthäler fort, welche in die obere Donau münden. Auch die links des Flusses machen gleich dem der Mitrach den Eindruck von Torsos mit ent wurzelten Flüssen. Sie sind durchwegs tiefe Einschnitte, in welchen ganz unbedeutende Flüsse hin und her pendeln, wie abgemagerte Körper in einem weiten Gewande. Schreiten wir in ihnen aufwärts, so kommen wir hart an den Rand der großen Schichtniederung der Baar. Hier treffen wir auf mehrere Entwässerungsadern, die im allgemeinen im Schichtstreichen fließen, also auch Schichtflüsse. Dies gilt zunächst — wenn wir von Osten nach Westen vorschreiten, von dem oberen Laufe der Kettach, welcher sich im wesentlichen im Bereiche des oberen Schwarzen Jura bewegt, dann von der Stillen Musel, die dem Ausbisse des unteren Keuper folgt, endlich von dem nördlichen Quellflusse der Donau, der Brigach, die unterhalb Billingen ein längeres Stück auf dem Ausstriche der leicht zerstörbaren Anhydritgruppe den Fuß der kleinen Stufe des Hauptmuskelfalles und Trigonodusdolomit begleitet. Aber westlich von diesen kleinen Schichtthälern innerhalb der großen Schichtniederung der Baar haben wir es wieder mit echten Folgehälern zu thun, die sich an der Abdachung des Schwarzwaldes herabziehen. Da ist in erster Linie das Brigachthal ob Billingen, dann die unterhalb Billingen mündenden Seitenthälchen, z. B. das des Wieselbaches. Unwillkürlich verknüpft man sie mit den tiefen Thälern der Abzuflüsse des Donaudurchbruches. Besonders verlockend

1) The Seine, the Meuse and the Moselle. The National Geographical Magazine VII, 1896. p. 201. (Annales de Géographie V, 1895, p. 38.)

Ist es, im oberen Brigachthale die Wurzel des Thaltorsos der Elta zu erblicken. Doch fehlen hier Geröllablagerungen, die dies bestimmt erweisen würden. Man ist nur auf die Analogie mit der Nitrach angewiesen. Sie deutet darauf hin, daß die dem Schichtstreichen folgende Brigach die Oberläufe der Brigach-Elta und der anderen entwurzelten Flüsse



~~~~~ Folgeflüsse, - - - - - Schichtflüsse, ..... Gegenflüsse, ..... Höhlenflüsse

Das Thalssystem der oberen Donau. Maßstab 1:400,00.]

an sich abgelenkt und der Brege zugeführt hat. Hiernach wären Brege und Brigach-Elta ursprünglich zwei gleichwerte Folgeflüsse gewesen, die sich erst im Juradurchbruche zur Donau vereinigten.

Der auffälligste der Thaltorsos links der Donau ist jedenfalls der des Faulenbaches. Die Öffnung seines Thales unfern Spaichingen ist so groß, daß D. Fraas <sup>1)</sup>

1) Die natürlichen Verhältnisse der Spaichinger Gegend. Jahreshfte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg. XLIV, 1888, S. 33.

hier ein Senkungsfeld zu erkennen meinte. Leichten Anstiegs überschreitet hier die Eisenbahn von Tuttlingen nach Rottweil die europäische Wasserscheide und bringt uns längs der Prim zur Eschach, in welcher wir den Oberlauf des entwurzelten Faulenbaches erblicken.

Daß in der That hier eine große Veränderung im Flußnetze erfolgt ist, lehrt eine Ablagerung, welche die geognostische Karte Württembergs auf dem Hohenberge westlich des Dorfes Denklingen zwischen Spaichingen und Rottweil verzeichnet. 90 Meter über der Prim, also in 680—690 Meter Höhe liegt hier Gerölle von Muschelkalk und Buntsandstein, welches so fremdartig im Gebiete der von der Alb kommenden Prim ist, daß Hilbrand<sup>1)</sup> an eine Glazialbildung dachte. Sein Ursprung ist im Nordwesten auf den Ausläufern des Schwarzwaldes, im Bereiche der Eschach, zu suchen. Am Wege dahin treffen wir um Rottweil wieder auf hochgelegenes Schwarzwaldgerölle bis zu 740 Meter Meereshöhe.<sup>2)</sup> Wir haben es mit einem Seitenstück zu den Schottern von Blumberg zu thun, das allerdings nicht mehr im Bereiche der Donau selbst gelegen ist, aber unfern derselben, etwa gleich hoch, wie die durch Juraschutt bedeutend erhöhte Wasserscheide von Spaichingen (687 Meter). Auch die Anordnung der Flüsse ist ganz ähnlich, wie an der Thalöffnung von Blumberg. Die Eschach ist mit der oberen Wutach zu vergleichen, der Faulenbach mit der Aitrach. Die Prim würde dem Schleifbache entsprechen, der sich von Blumberg zur Wutach richtet, sie ist der Gegenfluß im alten Eschach-Faulenbachthale; das oberste Stück des Neckarlaufes oberhalb der Eschachmündung wäre dem neuen Schichtflusse des Krottenbaches an die Seite zu stellen, der sich als Raperfluß in der Fortsetzung der unteren Wutach von Achdorf über Eschach nach Dpferdingen tief in das Land hineingefressen hat. Der Unterschied ist im Grunde genommen lediglich der, daß die Prim als Gegenfluß des Faulenbaches diesem sehr viel mehr Grund abgewonnen hat, als der kleine Schleifbach bei Blumenfeld der Aitrach, und daß sich der Raperfluß des Neckars ob Rottweil viel weiter an der Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper in das Land genagt hat, als der Bach von Achdorf. Nun ist klar, daß die Untersolgefleße, die vom Ablenkungsknie an als Gegenfluß und als Fortsetzung der Schichtthalmurzel entgentreten, erst nach der Knieablenkung entstanden sein können. Ist letztere jung, so haben sie nur wenig Zeit gehabt, sich zu entwickeln und sind kurz; ist jene alt, so haben sie sich durch rückwärtige Erosion weit verlängert und sind groß geworden. Die Verschiedenheiten der Wutach-Aitrach- und Eschach-Faulenbachablenkung erscheinen uns hienach als solche des verschiedenen Alters beider Ablenkungen. Wenn wir die erstere in die Diluvialzeit verweisen, können wir die letztere vielleicht noch als pliozän erachten.

Hienach könnte man die Geschichte der obersten Donau und ihres Durchbruches wie folgt zusammenfassen: Von der Ostseite des Schwarzwaldes flossen vier Folgeflüsse herab, die Wutach-Aitrach, Brege, Brigach-Elta und Eschach-Faulenbach. In ein ebenes Land einschneidend, das von verschieden widerstandsfähigen Gesteinen zusammengesetzt wird, kam es bald zur Entwicklung von Schichtstufen und Schichtthälern. Im Schichtthale der Baar wurde die Brigach zur Brege hin abgelenkt, es entstand das Ablenkungsknie der ersteren bei Bisingen, und beide Flüsse wurden zur Donau zusammengefaßt. Auch Wutach und Eschach wurden angesichts der großen Schichtstufe der Rauhen Alb seitlich

1) Vergl. Erläuterungen zu den Blättern Tuttlingen, Fridingen, Schwenningen, Seite 33.

2) S a g. Zur Geologie von Rottweils Umgebung. Progr.-Gymn. Rottweil 1897, S. 35.

abgelenkt; sie wurden der Donau entfremdet und dem Rheingebiet gewonnen.<sup>1)</sup> Daß dies geschah, hat seine Ursache wohl schließlich im Einbruche der mittelhheinischen Tiefenebene zwischen Basel und Mainz. Dadurch wurde das untere Denudationsniveau oder die Erosionsbasis des ganzen Gebietes konstant tief erhalten. Die Zuflüsse des Rheines erhielten dadurch ein großes Gefälle und schnitten nicht bloß ihre Betten tiefer und tiefer ein, sondern bohrten auch ihre Wurzeln weiter und weiter in die südwestdeutsche Stufenlandschaft hinein, die Folgeentwässerung derselben mehr und mehr einengend; wie sie die Eschach zum Neckar ablenkten, konnten wir wahrscheinlich machen; daß sie die Wutach eroberten, ist seit langem vor allem durch den um seine Forschungen im Bodenseegebiet hochverdienten J. Schill<sup>2)</sup> bekannt.

Der Einfluß des rheinischen Senkungsfeldes auf seine Zuflüsse ist noch immer wirksam. Die dem Rheine zufließenden Gewässer haben ein stärkeres Gefälle als die Flüsse des Donauebietes, und ihr Vermögen, ihre Wurzeln noch weiter in die Stufenlandschaft zu bohren, ist noch unvermindert. Es kann daher nur eine Frage der Zeit sein, daß das ganze oberste Donauegebiet dem Rheine angegliedert wird. Dies droht zunächst von der Wutach her. Der Krottenbach ist ein starker und kräftiger Geselle, welcher sein Bett unaufhörlich tiefer legt, und dem es ein leichtes sein wird, seine Wurzeln in der Schichtniederung der Baar weiter, bis in den Bereich der Donau zu verlängern, und diese etwas unterhalb Donaueschingen zu sich abzulenken. Erwägen wir, daß er seit der Ablenkung der oberen Wutach sich bereits 6 Kilometer weit eingangen hat, und mit seiner Wurzel, wie schon erwähnt, nur noch 5 Kilometer von der Donau entfernt ist, so möchten wir meinen, daß er etwa so viel Zeit brauchen wird, um bis zu dieser vorzudringen, wie seit der Wutachablenkung verstrichen ist. Ist aber die Donauablenkung einmal erfolgt, dann wird der Fluß zwischen Donaueschingen und Achdorf auf 13 Kilometer ein Gefälle von 140 Meter, also von 11 ‰ besitzen und dementsprechend kräftig einschneiden. Der Donauburchbruch unterhalb Donaueschingen wird dann in ähnlicher Weise entwurzelt sein, wie die Thälchen seiner Nebenflüsse, die wir kennen gelernt haben. Geringere Gefahr droht vom oberen Neckar her, denn er ist bei weitem nicht so tief eingeschnitten, wie die heutige Wutach (bei Rottweil erst 563 Meter hoch), und seine Wurzeln arbeiten nicht der Donau, sondern der stillen Muschel entgegen. Am größten ist aber die Gefahr, die der oberen Donau in ihrem Durchbruche selbst droht.

Bekanntlich erleidet die Donau halbwegs Immendingen und Möhringen in den Beta-Kalken des Weißen Jura einen entschiedenen Wasserverlust, den bereits 1719 der Prälat J. W. Breuninger<sup>3)</sup> bemerkte und mit der Achquelle bei Stadt Ach im

1) Wir dürfen nicht unerwähnt lassen, daß Regelman n, dem wir sonst vielfach folgen, die meisten der hier erwähnten Thäler und Thalstrecken auf Spalten zurückführt. Er schloß auf deren Existenz aus kleinen Verschiedenheiten im Streichen und Fallen in den Schichtblöcken zwischen den einzelnen Thälern, die sich ihm bei Konstruktion der Höhengschichten der Grenzflächen der einzelnen Schichtglieder ergaben. Er war dabei von der Ansicht geleitet, daß jene Grenzflächen jeweils Ebenen bildeten, was aber der Wirklichkeit nicht entspricht. Nehmen wir an, daß jene Flächen, wie in der Natur meist der Fall ist, windschief verlaufen, so entfällt die Nötigung, zwischen den einzelnen Platten Sprünge anzunehmen.

2) Über Lauf und Wirkungen der Wutach im Schwarzwalde. Neues Jahrbuch für Mineralogie und Geologie, 1856, S. 667.

3) Fons Danubii primus et naturalis 1719. Zitiert von Duenstedt in den Begleitworten zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblätter Tuttlingen, Fridingen, Schwenningen, Stuttgart 1881, S. 4.

Bodenseegebiet in Beziehung brachte. Daß er Recht hatte, daß wirklich in der mächtigen Nachquelle 12 Kilometer weiter südlich das von den Beta-Kalken aufgeschluckte Wasser 165 Meter tiefer wieder zum Vorschein kommt, ist seither durch die Versuche von Knop<sup>1)</sup> erwiesen worden. Wird man die Schlundlöcher nicht verstopfen, so werden sie im Laufe der Zeiten sich mehr und mehr erweitern, mehr und mehr Wasser aufnehmen, schließlich wird die ganze oberste Donau versinken, wie es schon jetzt mit ihr nach dem Zeugnisse von Quenstedt in trockenen Jahren der Fall ist. Die Vertiefung des Donauthales wird dann am Schlundloche Halt machen, weiter unterhalb wird sie aussetzen, und wird dann von Möhringen an ein entwurzeltes Thal vorhanden sein, während unweit Möhringen ein blindes Thal durch einen Höhlenfluß entwässert wird, so etwa wie das der Joiba bei Mitterburg in Istrien und das der Kefa bei St. Canzian unfern Triest.

Derartige unterirdische Stromablenkungen sind in den Karstgebieten sehr häufig. So hat man beispielsweise in der südöstlichen Herzegovina eine Reihe von nordwestwärts gerichteten Thälern, wie das der Zalomska, der Bregova und des unteren Popovo Polje, welche durchweg dadurch entwurzelt sind, daß die Wasser ihrer obersten Partien unterirdisch direkt den Weg zum Meere eingeschlagen haben. Die Muschiya, welche einst durch das Zalomska Thal geflossen, fließt senkrecht zum herrschenden Gebirgsstreichen, und beschreibt, nachdem sie zweimal bei Klutsch und im Fatnitscho Polje auf kurze Strecken zu Tage getreten, einen längeren oberirdischen Lauf als Trebinjtschiya, worauf sie im Popovo Polje abermals versiegt und dann größtenteils in der berühmten Omblaquelle unfern Ragusa direkt in's Meer mündet. Das ist ein großes Seitenstück zu dem, was im oberen Donauthale bevorsteht, wenn der Mensch nicht eingreift, und zwar ein Seitenstück, welches recht deutlich erkennen läßt, wie anders als die oberirdischen die unterirdischen Stromablenkungen geschehen. Ist es oberirdisch in der Regel ein dem Schichtstreichen folgender Fluß, welcher die Ablenkung besorgt, so ist es unterirdisch ein Höhlenfluß, welcher die Richtung zur nächsten tiefst gelegenen Austrittsstelle einschlägt, die er allerdings wohl selten in gerader Linie erreicht; braucht doch das Donauwasser 60 Stunden, um zur Nachquelle zu gelangen. Große Höhenunterschiede im Bereiche von Kalkgesteinen erscheinen hiernach als maßgebende Ursache von Flußablenkungen in Karstgebieten, und für die unterirdische Anzapfung der Donau kommt die tiefe Lage des Bodenseebeckens in Betracht. Die mit der großen Eiszeit verknüpfte Übertiefung unserer Alpenthäler, mit welcher auch die Entstehung des Bodensees zusammenhängt, ist es in letzter Linie auch, welche die teilweise Ablenkung der Donau zum See ursächlich bedingt, und den oberen Donauburchbruch gefährdet. Wir werden bei unserer Untersuchung über die Entstehung des Bodensees zeigen, daß sie wesentlich anderer Art ist, als die Einsenkung der mittelhainischen Ebene, welche die obere Donau durch Wutach oder Neckar direkt zum Rheine abzulenken sucht, indem sie deren Vertiefung belebt.

So sehen wir denn an den oberen Donauburchbruch ganz ausgezeichnete Beispiele von seitlichen Flußablenkungen geknüpft, wie sie für die Entstehung von Stufenlandschaften so außerordentlich wichtig sind, und es gelingt uns hier, das Bild einer früheren Entwässerung wiederherzustellen, das genau dem Schichtfallen folgte. Einen weiteren Aufschluß erhalten wir über die Zeit, in welcher die Thalbildung begann. Jenen Kalken des obersten Weißen Jura nämlich, in welche die Donau in ihrem Durchbruche einschneidet, liegen zwischen Geislingen und Tuttlingen hier und da kleine Reste mariner

1) Neues Jahrbuch für Mineralogie und Geologie, 1878, S. 353.



miocäner Ablagerungen auf, welche erweisen, daß die Höhe der Rauhen Alb in der jüngeren Tertiärperiode, und zwar während jenes Abschnittes, welcher durch das Mastodon angustidens charakterisiert ist, der Strand des Meeres gewesen ist. Diese Ablagerungen beschränken sich (man vergleiche das Blatt Tuttlingen der geognostischen Spezialkarte Württembergs) auf die Höhen, sie ziehen sich nirgends in die Thäler herab, es ist daher ausgeschlossen, daß letztere zur Zeit des alten Meeresstrandes schon eingeschnitten waren. Das oberste Donauthal samt seinen Nebenthälern ist sicher nach miocän.

Die Lagerungsverhältnisse des Miocäns auf der Rauhen Alb sind folgende: Wir treffen auf der Höhe des Gebirges einzelne geringfügige Vorkommnisse, dann entwickelt sich, meist südlich vom Donauthale, eine zusammenhängende Decke, und diese schießt mit ganz regelmäßigem Falle unter das hangende kontinentale Miocän, die obere Süßwasser-Molasse ein. Aus dieser Anordnung hat man mit Recht geschlossen, daß die Alb sich während der Miocänepoche schräge stellte, während sich das Alpenvorland einsenkte. Es erhielt also die Abfläche erst während der Miocänepoche ihr heutiges südöstliches Fallen, und aus der Miocänepoche muß daher auch die Anlage der Folgeflüsse herrühren, welche auf ihrer Abdachung herabfließen. Die hieraus sich ergebende Folgerung auf das Alter der Flüsse, die uns beschäftigt haben, wird durch eine wichtige Thatsache unterstützt: Gerade südlich der Stelle, wo die alten Folgeflüsse Wutach=Altrach, Brege, Brigach=Elta und Eschach=Jaulenbach oberhalb Tuttlingen in der Donau zusammengefaßt werden, finden sich im Miocän des Alpenvorlandes mächtige, nahezu ausschließlich aus Geröllen des Weißen Jura bestehende Nagelfluhmassen, die sogenannte Jura=Nagelfluh. Teilweise ist sie sicher im Miocänmeere abgelagert. Aber ihre Entwicklung macht nicht den Eindruck einer Strandbildung, denn das Gerölle verbreitet sich in stattlicher Mächtigkeit über einen viel größeren Raum, als der Geröllgürtel am Ufer eines Meeres einnimmt. Es ist Flußgerölle, das hier in's Meer geschüttet wurde, von Flüssen, die von Norden her mündeten, gerade dort aber, wo dies geschah, treffen wir auf die alten Folgeflüsse der Wutach=Altrach, Brege, Brigach=Elta und Eschach=Jaulenbach. Unter solchen Verhältnissen dürfte als erwiesen gelten, daß es diese vier Flüsse waren, deren Anlage in der Miocänepoche geschah, die ihr Gerölle ins Miocänmeer schütteten, und die seither ihre Thäler in die Rauhe Alb eingeschnitten haben. Das Gebiet dieser vier Flüsse liegt nun heute nur zu einem Fünftel auf dem Weißen Jura, ein weiteres Fünftel liegt auf Braunem und Rias, weitere zwei Fünftel erstrecken sich auf Trias, das letzte auf altem Grundgebirge. Dementsprechend führt die oberste Donau Gerölle krystallinischer Gesteine, namentlich von Porphyrn, von Kalken aus dem Muschelkalk und Jura, sowie roten Sand vom Buntsandstein. Das uns aus der Miocänzeit vorliegende Gerölle der vier alten Folgeflüsse aber besteht nahezu ausschließlich aus oberem Jura. Er war also das herrschende Gestein in ihrem Gebiete, Rias und Trias sowie das krystalline Grundgebirge waren keinesfalls nennenswert entblößt. Es muß sich also zur Zeit, als unsere Flüsse angelegt wurden, die Decke vom Weißen Jura noch bis herauf auf den Schwarzwald erstreckt haben, und es muß sich die Stufenlandschaft aus einer Abdachung entwickelt haben, die von homogenem Gesteine gebildet war. So wird denn neues Licht geworfen auf die mehrfach so lebhaft erörterte Frage nach der Ausdehnung der Jura=decke auf dem Schwarzwalde. Daß sie hier im Jungtertiär noch recht weit reichte, hat bereits Ste in mann gelehrt, welcher bei Alpirsbach im Höllethale, nördlich vom Feldberg, ein Stück Jura=Nagelfluh nachwies <sup>1)</sup>, daß ferner damals auch im Neckarland die Alb

1) Berichte der Naturforscher-Gesellschaft Freiburg i. B. IV, S. 1.

viel weiter reichte als heute, lehrte Branco <sup>1)</sup>, welcher in einem verschütteten Schote eines jungtertiären Vulkanes unweit Hohenheim Trümmer von Weißem Jura auffand, weswegen letzterer damals also noch bis in die Gegend von Stuttgart gereicht haben muß.

Aber wir dürfen diese Erkenntnis nicht verallgemeinern und allgemein für Südwestdeutschland eine starke Zerstörung der Weißen Jura-Decke seit der Miocänepoche annehmen. Wir machten früher bereits gelegentlich darauf aufmerksam <sup>2)</sup>, daß seit jener Zeit die Stirn des Frankenjura nur um einen unbedeutenden Betrag zurückgegangen sein kann, da wir wenige Kilometer vor ihrem Abfalle bereits auf Keuper aufruhend, die durch ihren Fossilreichtum bekannten Miocänbildungen der Stufe des Mastodon angustidens von Georgsgmünd finden. Es ist aber auch sonst ein wesentlicher Unterschied zwischen der Rauhen Alb und dem Frankenjura. Auf ihrer Lehne sind die miocänen Strandbildungen vom Nordsaume des Alpenvorlandes bis auf über 800 Meter Höhe erhoben; östlich der Würnitz kommen sie hingegen unter den jüngeren kontinentalen Miocänbildungen gar nicht mehr zum Ausstriche, steigen also höchstens bis zu einer Höhe von etwa 400 Meter auf, in welcher man am Südsaume des böischen Massivs zahlreiche miocäne Uferbildungen antrifft. Der Frankenjura hat sich am Nordrande des Alpenvorlandes ebenso stabil verhalten, wie das böische Massiv, während die Rauhe Alb beträchtlich gehoben wurde und eine entschiedene Abdachung nach Südosten erhielt. Daher auch die größere Abtragung in gleicher Zeit. Es ist die Oberflächengestaltung Frankens älter als die Schwabens, und wenn wir dort im Würnitz- und Altmühlthal die Durchbrüche ähnlicher Folgestrübe finden, wie hier in der Donau, so müssen wir uns doch hüten, für beide Gebiete die gleiche Entwicklungsgeschichte anzunehmen.

Für die Entwicklungsgeschichte des obersten Donaugebietes ist belangvoll, daß, wie wir zeigen konnten, in jener Zeit, da die Wutach-Aitrach, Brege, Brigach-Elta und Eschach-Faulenbach zu fließen begannen, diese sich allenthalben zunächst in Weißen Jura einzuschneiden hatten, daß also das ganze Gebiet damit bedeckt war. In wie weit auch andere mesozoische Bildungen, Brauner Jura und Rias ihn begleiteten, ob auch die Trias unter dem Jura allenthalben vorhanden war, läßt sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Bei der durch Regelman n erwiezenen Abnahme der Mächtigkeit der einzelnen Schichten gegen Südwest ist immerhin möglich, daß, wie A. de Lapparent annimmt, <sup>3)</sup> das eine oder andere Schichtglied sich ausdünnte; daß jedoch der Buntsandstein einst erheblich weiter verbreitet war, erhellt aus Resten, die sich an einigen Stellen finden. In unserem Idealprofile längs der oberen Donau ist versucht worden, den ursprünglichen Zustand zu rekonstruieren, wobei der Einfachheit halber angenommen wurde, daß alle Schichten der Stufenlandschaft gegen den Schwarzwald hin an Mächtigkeit verloren, ohne daß die eine oder andere verschwand. Die seitherige Weiterentwicklung des obersten Donaugebietes besteht in einem großartigen Abtragungsprozesse, durch welchen mutmaßlich einige Hundert Meter mesozoischer Schichten vom Schwarzwalde entfernt wurden, so daß hier das Grundgebirge zu Tage trat, und durch welchen die älteren mesozoischen Schichten in der Niederung der Baar bloßgelegt wurden. Diese selbst und die sie begrenzende

1) Ein neuer Tertiärvulkan nahe bei Stuttgart. Univers.-Programm Tübingen 1892. Vergl. auch Branco's Erörterung über die schwäbische Alb und ihre ehemalige Ausdehnung in seinem Werke über Schwabens Vulkanembryone. Abgedruckt aus den Jahreshäften des Vereins für vaterländische Naturkunde Württembergs. L. 1894, S. 512.

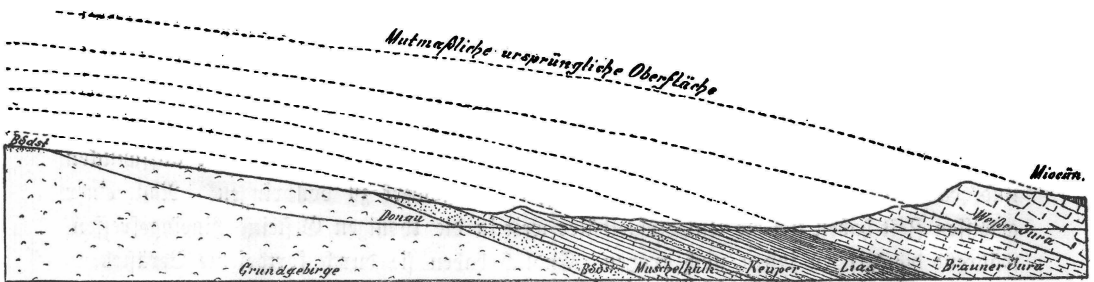
2) Morphologie der Erdoberfläche. 1894, Band II, Seite 351.

3) Note sur l'histoire géologique des Vosges. Bull. Soc. géolog. de France (3), XXV. 1897, p. 6.

Stirn der Rauhen Alb erscheint sohin als das Produkt nachmiocäner Arbeit, und die beiden markanten Züge in der Bodengestaltung östlich des Schwarzwaldes, die Schichtniederung und Schichtstufenabfall, sind jünger als der Lauf der Donau. Dies macht uns die Thatfache verständlich, auf die wir eingangs hinwiesen, nämlich, warum die Donau in die Alb eintritt, und nicht nach links zum Neckar oder nach rechts zum Rheine abbiegt. Zur Zeit, als sie zu fließen begann, war die Niederung der Saar mit ihren niedrigen Wasserscheiden noch nicht vorhanden, sondern die Lehne der Alb setzte sich in sanftem Anstiege über das ganze obere Donauegebiet fort, und dessen ganzer Formenschatz ist aus einer von Weißem Jura gebildeten sanften Abdachung hervorgegangen.

Diese Folgerung ist von einiger theoretischer Bedeutung. Bei den bisherigen Untersuchungen über die Entstehung von Schichtstufen hat man in der Regel vorausgesetzt, daß das stufenbildende Gestein sich nicht über das ganze Gebiet breitete, sondern daß unter ihm die leichter zerstörbaren zu Tage traten. So Ramsay bei seinen grundlegenden Studien über die englische Wealdlandschaft. Das ist ein flaches Schichtgewölbe, dessen von den leicht zerstörbaren Wealdschichten gebildetes Inneres umrahmt

Idealprofil längs der oberen Donau vom Schwarzwald bis Alpenvorland.



wird von der Schichtstufe der oberen Kreide. Ramsay zeigte, wie diese Schichtstufen bei der allmählichen Abtragung des Gebietes durch die Wirksamkeit der Gewässer entstanden, aber er setzte voraus, daß vorher das Gewölbe durch die Brandung eines alten Meeres abgeebnet worden sei, so daß hier inmitten der widerstandsfähigeren Kreide die leicht entfernbaren Wealdschichten zu Tage traten. Es genügte ihre Entfernung, um dann die Kreide stufenförmig hervortreten zu lassen. Ähnlich ist der Gedankengang von William M. Davis. Er zeigt, wie Schichtstufen durch Abtragung von Küstenvorländern entstehen. Er nimmt an, daß vom Altlande aus die Flüsse nach wie vor durch das Küstenvorland strömten, hier einschnitten und hier die festeren Gesteine herauspräparierten, so daß diese gegen das Altland hin einen stufenförmigen Abfall bildeten. Seine Annahme ist also auch die, daß dies stufenbildende Gestein nicht über das ganze Gebiet gebreitet war. Eine solche Voraussetzung bietet der Erklärung der Schichtstufen die geringsten Schwierigkeiten, wie sofort erhellt, wenn wir uns ihre Bildung näher vorstellen.

Wir denken uns eine Abdachung, auf welcher parallele Folgeflüsse herablaufen. Sie schneiden Thäler ein, — echte Folgeflüsse. Dazwischen bleiben Teile der Abdachung als schmale Zungen stehen. Derartige zwischen zwei Thäler stehende zungenförmige Rücken nennt man im Salzburgerischen Riedel; William M. Davis heißt sie nach einem in Indien dafür gebräuchlichen Ausdruck *Doabs*. Sobald nun die Folgeflüsse bis zu einer gewissen Tiefe eingeschnitten sind, entwickeln sich an ihren Gehängen Wild-

wasser, welche ganz ebenso, wie wir es in den Alpen sehen, ihre Betten durch rückwärtige Erosion in die Gehänge förmlich hereindrängen. Je länger dies anhält, desto mehr entwickeln sich aus den Betten dieser Wildbäche förmliche Seitenthäler, die wesentlich anderer Entstehung sind, als die Folgethäler. Während letztere bereits vorhandene Thäler mit bestimmten Einzugsgebieten voraussetzen, und oft erst längere Zeit, nachdem jene zu fließen begannen, eingetieft werden, bilden sich die fraglichen Seitenthäler, gleichzeitig mit ihren Gerinnen, und in dem Maße, als sie sich in das Land hineindrängen, wächst ihr Einzugsgebiet. Wir nennen diese Seitenthäler, weil ihr Einschnelden dem der Folgethäler folgt, Unterfolgethäler; ihre Gerinne erscheinen neben dem Folgeflusse wie Seitenflüsse neben dem Hauptflusse. Je tiefer sie einschneiden, desto mehr bieten die Flanken ihrer Thäler neuen Wildbächen Gelegenheit zum Einschnelden, es entstehen hier Unterfolgeflüsse zweiter Ordnung, und so geht es fort, bis die Kiedel ganz zerrthalt ist, und von der ursprünglichen Hochfläche nur noch Scheiderücken vorhanden sind, welche sich zwischen den Thälchen der Unterfolgeflüsse ebenso vielfältig verzweigen, wie sich diese verästeln. Die aus Jungtertiär bestehenden Hügellandschaften des bayerischen Alpenvorlandes sind wahre Muster einer derartigen Umwandlung der Kiedel, während die Diluvialplatten Schwabens noch sehr wenig von Unterfolgeflüssen zerteilte Kiedel darstellen; sie sind junge Kiedel, die des bayerischen Tertiärhügellandes ältere.

Gleichmäßigkeit des Materiales ist die Voraussetzung der eben kennen gelernten Umwandlungsreihe. Dort, wo die Folgeflüsse über verschiedenartige Gesteine hinwegfließen, ergeben sich bemerkenswerte Abweichungen. Im Bereiche weicher thoniger Gesteine, welche für Wasser undurchlässig sind, entwickeln sich die Unterfolgethäler rascher, als im Bereiche fester Kalksteine, welche das auf sie fallende Wasser überdies aufschluden und dadurch hindern, sein oberflächliches Zerstörungswerk zu vollbringen. Nach einer gewissen Zeit haben sich die Unterfolgethäler weit in die thonigen Gesteine hineingefressen, während die kalkigen ihnen noch trocken. Endlich haben sie durch fortgesetzte Verästelung und Verzweigung die thonigen Gesteine stark abgetragen, während die kalkigen noch wenig gelitten haben. Ein neues Relief ist dann zwischen den Folgeflüssen entstanden. Die Kalle und andere widerstandsfähige Gesteine bilden Aufragungen, die thonigen Gesteine Niederungen mit dichtem Thalgestäbe. Besteht nun unsere ursprüngliche Abdachung aus flach geneigten Schichten, die durch sie schräge abgeschnitten werden, so werden jene Aufragungen und Niederungen dem Schichtstreichen folgen und als Schichtstufen und Schichtniederungen entgegnetreten; die Bildung derselben geht sohin ohne weiteres aus einer Abdachung hervor, an welcher verschiedene Schichten nebeneinander austreichen, wie z. B. auf einem abgeebneten (abradierten) Schichtgewölbe oder einer Küstenebene. Die eben auseinandergesetzte Entwicklungsreihe harmoniert mit den Vorstellungen von Ramsay und Davis über die Bildung von Schichtstufen, ist aber mit den Voraussetzungen, die wir über die Entstehung des obersten Donaugebietes machen müssen, nicht vereinbar. Wir hatten hier ursprünglich nicht eine Abdachung, welche verschiedene Schichten abschnitt, sondern welche ausschließlich aus einer, nämlich dem Weißen Jura, gebildet war.

Fassen wir eine solche Abdachung ins Auge und untersuchen wir, wie sie von den in sie einschneidenden Folgeflüssen umgestaltet wird! Letztere trachten zwischen ihrem Ursprung und ihrem Ende, die beide auf der Abdachung liegen mögen, ihr normales, nach unten konvexes Gefälle zu erhalten. Sie schneiden Thäler ein, die mit geringer Tiefe beginnen, dann tiefer und tiefer werden, schließlich aber wieder an Tiefe verlieren. Die mittleren tiefsten Partien dieser Thäler werden zuerst die Decke des Weißen Juras

zerschnitten haben, und darunter die leichter zerstörbare Unterlage bloßlegen. Sobald dies geschehen ist, beginnt eine lebhaftere Entwicklung der Unterfolgethäler; sie untergraben den hangenden Kalk und rücken dessen Wände allenthalben vom Flusse weg. Dies gilt für alle mittleren Partien unserer Folgeflüsse, falls diese ungefähr gleich rasch eingeschnitten sind. Allenthalben weicht der Ausbiß der Kalkdecke vom Flusse weg, bis sie endlich hier ganz verschwunden ist. Dann treten die leicht zerstörbaren Gesteine zwischen den einzelnen Flüssen in einem fortlaufenden Bande zu Tage, das flussaufwärts und abwärts von einer Wand des Weißen Jura begrenzt wird; nach unten von der Stirn einer Schichtstufe, nach oben vom Rande einer Kalkhaube, die im Quellgebiete der Flüsse, dort, wo diese noch nicht die leicht zerstörbare Unterlage ange schnitten haben, noch eine Zeit lang erhält, bis auch sie abgetragen wird. Das geschieht verhältnißmäßig bald. Im Quellgebiete ist das Flußgefälle am größten, der Abbruch der Thalgehänge daher sehr begünstigt. Er wird in unserem Falle überdies wesentlich dadurch gefördert, daß das Schichtfallen in der Richtung des Thalgefälles erfolgt, so daß die Massen leicht ausgleiten können. Endlich ist nach Regelmanu's Untersuchungen zu erwarten, daß die Mächtigkeit des Weißen Jura im Quellgebiete der obersten Donau geringer war, als weiter östlich. Alles vereinigte sich daher, um jener Haube einen baldigen Untergang zu bereiten, und es darf uns nicht Wunder nehmen, daß sie bald verschwunden war.

Daß die hier dargelegte Entwicklung nicht bloß eine hypothetische ist, lehren Stellen, wo wir ihre einzelnen Phasen noch erkennen können. Im Narenta-Durchbruche in der Herzegovina sieht man in der Gegend von Jablanika, wie die Decke des Kalkgebirges dort, wo der Fluß dessen leicht zerstörbare Unterlage ange schnitten hat, von seinen Ufern zurückgetrieben ist, so daß ein freundliches Thalbecken entstanden ist. In den Tysser Wänden haben wir ferner auf der Höhe des Erzgebirges den Rand einer Haube von Quadersandstein, der vom Südostabfalle des Gebirges hier ganz hinweggenommen ist, und an dessen Fuß unfern Tepliz als Schichtkamm wieder entgegentritt. Früher dachte man hier an eine Zerreißung der Sandsteindecke am Gebirgsabfalle, heute führen wir ihr Fehlen dahier auf die Wirkungen der Erosion zurück.

Sobald nun die Haube von Weißen Jura im Quellgebiete der obersten Donau entfernt war, lagen überall in dem von der Stirn der Stufe des Weißen Juras umspannten Gebiete leicht zerstörbare Gesteine bloß. Sie wurden in den höheren Partien der ursprünglichen Abdachung am kräftigsten zerstört, weil hier die größten Höhenunterschiede zur Entwicklung kamen, die Flüsse also die größte Arbeit leisten konnten. So kam denn hier die Unterlage der mesozoischen Schichten allmählich zum Vorschein. Die Stirn der Schichtstufe des Weißen Jura aber trotzte der Zerstörung, denn hier, am unteren Ende der Abdachung konnten die Flüsse nie besonders tief einschneiden, zudem fallen ihre Schichten bergwärts, und ihre Mächtigkeit ist eine besonders große. Zwischen dem zu Tage gebrachten Grundgebirge und der Stufenstirn mußte, da hier leicht zerstörbare Gesteine austreichen, eine Schichtniederung entstehen.

So sehen wir denn, wie bei fortgesetzter Abtragung einer aus gleichem Gesteine bestehenden Abdachung eine Stufenlandschaft entstehen kann. Vorausgesetzt ist bei unserer Erklärung lediglich das eine, daß das Oberflächengefälle der Abdachung so groß war, daß die Flüsse durch ihre feste Decke hindurchschneiden konnten. Eine solche Voraussetzung mag ziemlich häufig in der Natur gegeben gewesen sein, und wir müssen mit ihr bei Erörterungen über die Entstehung von Schichtstufen rechnen. Dieselben sind nicht das Glied bloß einer einzigen Entwicklungsreihe, sie können entstehen 1. aus ver-

hältnißmäßig steilen Abdachungen, die parallel dem Schichtfallen verlaufen; 2. aus Abdachungen, die durch Abebnung von Schichten entstanden; 3. aus Küstenvorländern.

Alle drei Entwicklungsreihen stimmen im wesentlichen darin überein, daß sich an das Einschnneiden von Folgeflüssen die Entstehung von Unterfolgeflüssen knüpft, welche sich namentlich in der Richtung des Schichtstreichens ausdehnen. Diese Schichtflüsse sind jünger als die Folgeflüsse, aber sie sind kräftigere Thalbildner, da sie, an weiche Gesteine geknüpft, geringeren Gesteinswiderstand finden. Sie lenken Folgeflüsse an sich ab. Wie dies im obersten Donaugebiete geschehen, haben wir kennen gelernt, zugleich haben wir gesehen, wie bedroht die oberste Donau von der Wutach und vom Neckar ist. Wird sie zum einen oder andern Nebenflusse des Rheines abgelenkt, so verschwindet mit ihr eines der wenigen noch gebliebenen Rudimente der ursprünglichen Entwässerung Südwestdeutschlands, und die Folgeflüsse werden fast gänzlich durch die von ihnen ins Dasein gerufenen Unterfolgeflüsse überwuchert sein.

Von den letzteren kommen in erster Linie die Schichtflüsse in Betracht. Ihr Einschnneiden zeitigt neue Unterfolgeflüsse; die einen fließen wie die Folgeflüsse, im Schichtfallen, die anderen in entgegengesetzter Richtung. Die ersteren rinnen auf den Lehnen der Schichtstufen, die anderen durchfurchen deren Stirn. Die Stirn- und Lehnenflüsse mit ihren Thälern gehören also einer dritten Generation von Flüssen an, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß der eine oder andere Lehnenfluß der direkte Abkömmling eines ursprünglichen Folgeflusses ist.

Kehren wir nun zur Rauhen Alb zurück. Nach dem Auseinandergesetzten dankt sie ihre Entstehung der Donau, welche die Abtragung der Fortsetzung der Kalkbede bewirkte, den Schwarzwald bloßlegte und die Veranlassung zur Ausräumung der Schichtniederung der Saar war. Die Stirnthäler der Alb und die von ihnen umschlossenen Auslieger sind die jüngsten Formen der Gegend, die offenen Nebenthäler der Donau aber beiderseits ihres Durchbruches Torjos uralter Formen, die Berge zwischen ihnen sind etwas ganz anderes als die Auslieger der Alb, sie sind die letzten Reste der Thälviel der ursprünglichen Entwässerung. Man könnte sie Riedelberge nennen.

Von jener ursprünglichen Entwässerung konnten wir vier Flußläufe rekonstruieren, die Wutach-Altrach, die Brege, die Brigach-Elta und Eschach-Faulenbach. Sie liefen auf einer während der Miocänepoche entstandenen Abdachung zum Miocänmeere herab. Als letzteres sich ostwärts zurückzog, entstand im Alpenvorlande eine neue Entwässerungssader, die Donau. Sie knüpfte die vier alten Schwarzwaldflüsse zusammen, und durch die Alpenflüsse an den Nordrand des Alpenvorlandes gedrängt, schnitt sie hier ein. Ihr Thal setzt unmittelbar an die der vier alten Flüsse an, und ist nunmehr mit ihnen auf das innigste verwachsen, so daß heute nicht mehr die Stelle genau bezeichnet werden kann, wo die Durchbrüche der Folgeflüsse enden und der Einschnitt der großen Sammelader beginnt. Es geschah lediglich behufs einer ungefähren Orientierung, nicht zu einer scharfen Begrenzung, wenn wir das Ende der obersten, aus einem Folgeflusse hervorgegangenen Donau nach Tuttingen verlegten. Die verschiedene Rolle, welche die einzelnen Glieder des obersten Donaugebietes in dessen Thalgeschichte spielen, wird dadurch gut zum Ausdruck gebracht, daß man herkömmlich die Donau aus Brege und Brigach entstehen läßt: Das sind uralte Schwarzwaldflüsse, die in das Miocänmeer mündeten, die Donau aber ein jüngerer Strom, welcher die verschiedenen Zuflüsse jenes alten subalpinen Miocänmeeres sammelt.