

Die
Bildung der Durchbruchthäler.

Von

Prof. Dr. Albrecht Penck.

Vortrag, gehalten den 22. Februar 1888.

Das gesammte Thalsystem der Erdoberfläche zeigt in seiner Entwicklung eine durchgreifende Gesetzmäßigkeit. Es senken sich die Sohlen der Thäler theils allmählich, theils stufenweise nach gewissen Stellen hin, welche für die bei weitem überwiegenden Fälle durch die Ufer des Meeres, sonst aber durch isolierte continentale Depressionen bestimmt werden. Wo auch ein Thal gelegen ist, wie isoliert sein Auftreten, wie merkwürdig sein Aussehen sein mag, so ordnet es sich doch diesem allgemeinen Gefällsgesetze unter. Es beherrschen die Sammelbecken des rinnenden Wassers die Entwicklung aller einzelnen Furchen, und nur dort, wo das fließende Wasser versiegt, wo es verdunstet, in unterirdische Canäle sich ergießt oder in porösen Boden einsickert, kommen Thäler vor, welche kein gleichmäßiges Gefälle aufweisen, deren Boden unregelmäßig auf- und abschwankt, oder welche blind enden. Thal und Flussgefälle stimmen auf der Erdoberfläche überein, und diese Thatsache erscheint durchaus geeignet, die Entstehung der Thäler aufzuhellen. Man möge sich dieses oder jenes Bildungsgesetz für die Erdoberfläche vorstellen, immer wieder muss man darauf zurückkommen, die Thalbildung mit dem rinnenden Wasser in Verbindung zu bringen.

In der That hat man dies auch von vornherein gethan. Als man die Erdoberfläche systematisch zu

untersuchen begann, drängte sich alsbald das eben berührte Verhältnis entgegen, und man stand nicht an, die Thäler als Auswaschungen der Flüsse zu bezeichnen. Dies ist die Anschauung, welche im vorigen Jahrhundert namentlich Bourguet vertrat, welche Buffon¹⁾ theilte, welche einen Theil der Lehre Werners, des Vaters der jetzigen Geologie, bildet, welche von Lamarck²⁾ vertreten wurde, welche in den Schriften des Thüringers Heim³⁾ und von Rimrod⁴⁾ wiederkehrt, welche Hutton und Playfair äußerten. Zu Anfang unseres Jahrhunderts war diese Ansicht über die Thalbildung die allgemein herrschende, wie man denn überhaupt eine völlige Abhängigkeit der Gestaltung der Erdoberfläche von der Richtung der Entwässerung annahm. Sehend wie die Alpen die Zuflüsse der Nordsee und des Mittelmeeres scheiden, stand man nicht an, in jeder welcher Wasserscheide ein Gebirge zu erblicken, man dachte sich zwischen den Verästelungen der Stromgebiete Verzweigungen der Höhen und zeichnete seit Buache auf die Landkarten mächtige Gebirgsraupen dahin, wo man verschiedene Abflussrichtungen zusammenstoßen sah.

Es waren geographische Entdeckungen von großer Bedeutung, als man in Russland die Wasserscheiden in

1) Histoire naturelle générale, 1749, Artikel IX.

2) Hydrogéologie. Paris, ann. X.

3) Geologischer Versuch über die Bildung der Thäler durch Ströme. Weimar 1791.

4) Beiträge für die Bildungsgeschichte der Erdoberfläche, 1800.

niedrigem Landefand, als man gewahr wurde, dass keineswegs ein einheitlicher Gebirgszug die Zuflüsse des Mittelmeeres von jenen der Nordsee schiede, dass zwischen Alpen und Pyrenäen Ebenen vorhanden sind, welche als Wassertheiler wirken, als man zwischen Alpen und Schwarzwald die continentale Wasserscheide durch ein sanft gewelltes Hügelland gebildet sah. Nicht überall knüpfen sich Gebirge an Wasserscheiden, aber auch nicht überall finden sich Wasserscheiden in Gebirgen. Man bemerkte ferner, dass die mächtigsten Gebirgsketten von Flüssen quer durchbrochen werden. Es war das große Verdienst von A. von Humboldt, von L. von Buch und von Karl Ritter, hieraus auf die Selbständigkeit der Formen der Erdoberfläche gegenüber der Richtung der Entwässerung zu schließen, und auf die genannten Vertreter der Erdkunde führt sich die Würdigung der Durchbruchthäler für die allgemeine Gestaltung der Erdoberfläche zurück, nämlich jener Täler, welche Flüsse quer durch ein Gebirge führen und denselben ermöglichen, einen ihnen gleichsam vorgelagerten Damm zu durchbrechen.

Diese Durchbruchthäler nun aber erschütterten auch den Glauben an die Thalbildung durch das Wasser. Wie sollte es möglich sein, dass ein Strom eine Gebirgsschwelle durchmisst, die sich seinem Laufe entgegenstellt, ohne dass ihm hier bereits ein Weg vorgezeichnet war in Form eines tiefen Risses? Vielfach allerdings ließ sich vorstellen, dass das Gebirge wie ein Damm einst einen Fluss zum See aufstaute, bis dieser über-

floss und den vorgelagerten Damm zerbrach; so hatte man bislang die Durchbruchthäler erklärt, aber es fanden sich auch Beispiele, für welche dieser Gedankengang nicht zulässig war. Es gibt Flüsse, welche Gebirge durchbrechen, die höher als ihre Quellen sind. Kaum ist sie in 800 *m* Höhe an den Gehängen des Schwarzwaldes entsprungen, so bricht die Donau durch den 1000 *m* hohen schwäbischen Jura, und die unweit davon entspringende Kinzig dringt quer durch den höheren Schwarzwald. Es zwingt sich die Alt (Aluta) durch die 2000 *m* hohen transsylvanischen Alpen, obwohl ihre Quellen nur 1000 *m* hoch gelegen sind. Ähnliche Verhältnisse kehren, wie namentlich Karl Ritter zeigte, in Kleinasien mehrfach wieder. Überdies fand sich, dass in sehr vielen Fällen neben dem Durchbruchthale sich dem Flusse ein weit bequemerer Weg bietet, den er gewiss eingeschlagen hätte, wenn er oberhalb des Durchbruches zum See aufgestaut worden wäre. So wählt die Donau ihren Pfad durch die Enge des Greiner Strudels zwischen Erhebungen von über 500 *m* hindurch und daneben läuft jene Senke von Amstetten, welcher die Eisenbahn zwischen Enns und Ybbs folgt, nur auf 390 *m* ansteigend; unterhalb St. Pölten tritt die Donau abermals in eine Enge, jene der Wachau, und durchbricht bis 700 *m* anstrebende Berge, obwohl sie dieselben bei St. Pölten in 290 *m* Höhe umgehen könnte, weiter zwingt sie sich zwischen der Matra und dem Bakonyerwalde hindurch, 700 *m* hohe Berge durchbrechend, die sie zwischen Raab und Kanizsa in einem

Niveau von 250 *m* umgehen könnte, und endlich wandert die Donau in enger Pforte durch das Banater Gebirge, obwohl in geringer Entfernung das Temesthal einen scheinbar bequemeren Weg darbietet unter Umgehung jenes Gebirges. Aber immerhin würde eine Schließung des Eisernen Thores die Donau soweit aufstauen, dass sie über die Schwelle von Weißkirchen zur Oder ablaufen würde. Das Stromthal der Donau bietet in seiner ganzen Erstreckung Beispiele, welche durch Annahme einer Thalbildung durch den Strom selbst ohneweiters nicht erklärbar scheinen. Solches aber wiederholt sich nahezu in jedem großen Stromthale, kein Wunder daher, wenn man unter dem Eindrucke so zahlreicher Fälle in den Jahren 1810—1830 die Lehre von der Auswaschung der Thäler mehr und mehr verließ.

Es geschah dies in jener Zeit, in welcher überhaupt die Geologie einen mächtigen Aufschwung durch Einführung ganz neuer Gesichtspunkte erhielt. Man hatte sich bis dahin die Erdkruste als etwas Festes gedacht, die Vulcane hatte man lediglich als locale Erscheinungen gedeutet, größere Erdbeben waren auf örtliche Einstürze zurückgeführt worden. Da lehrte L. von Buch, dass sich die Erdkruste bewegt. Er glaubte den Nachweis führen zu können, dass sich Scandinavien hebt, er studierte Vulcane und war überwältigt von der Großartigkeit ihrer Erscheinungen, er sah in den Alpen Schichten zusammengefaltet, zerbrochen und zerquetscht, welche horizontal zur Ablagerung gekommen sein mussten.

Alles dies schuf in ihm die Vorstellung, dass die Erdkruste eine Menge von Störungen erlitten habe, welche er im Vereine mit Humboldt als Wirkungen einer Reaction des flüssigen Erdinnern gegen die feste Erdkruste deutete. Dieselbe sollte die feste Erdkruste zersprengen und zerdrücken, wobei ein Netz von Sprüngen und Rissen entstehen sollte. Das abwärts fließende Wasser suchte diese Risse auf und wählte dieselben zu seinen Betten. Die Structur der Erdoberfläche zeigte dem Wasser seine Wege, die Thäler waren vorhanden, noch ehe jenes in Wirksamkeit trat, und sind durch dasselbe nur wenig verändert worden. Es füllte die tiefen Spalten mit Geröllen aus, es wusch hie und da Furchen ein, aber seine Wirkung erschien gering gegenüber jener der hebenden Kräfte. Leicht war es nun, die Durchbruchthäler zu erklären. Gerade dort, wo ein Gebirge gehoben wurde, konnte ein Spalt entstehen, der dem Wasser die Wege wies.

Diese großartig gedachte Hypothese, gestützt durch die Namen der ersten damals lebenden deutschen Geographen und Geologen, wurde bald allgemein angenommen, weil sie so vieles so einfach erklärte, obwohl sie gleich von Anfang an eine lebhaftere Gegnerschaft fand. Ein Nachfolger Werners zu Freiberg in Sachsen, K. A. Kühn, hat nie von der Lehre seines Vorgängers abgesehen und erklärte die Thäler nach wie vor als Werke des rinnenden Wassers,¹⁾ er bestritt die Möglichkeit

¹⁾ Handbuch der Geognosie. Freiberg 1833, p. 897 ff.

der Bildung klaffender Spalten auf der Erdoberfläche ¹⁾ und zeigte, dass in manchen Fällen selbst enge Flussthäler keine Spalten sein könnten, weil dann unerklärlich bliebe, warum die Spalten gerade nur bis zum Flussspiegel, der doch ein Glied des allgemeinen Flussgefälles ist, aufgerissen seien, da sie unter dem Bette durch bergbauliche Arbeiten nicht nachweisbar sind. Allein Kühns Einwürfe blieben unbeachtet, wahrscheinlich deshalb, weil dieser Gelehrte in seinem Anschauungskreise sich im wesentlichen auf Sachsen beschränkte und daher nicht zu einer vollen Würdigung der Durchbruchthäler gelangte, und durch Jahrzehnte blieb die Theorie der Thalbildung durch Spalten in Deutschland die so ausschließlich herrschende, dass das Problem kaum noch allgemeine Erörterung fand. Nur beiläufig wurde dasselbe berührt, aber gerade diese nur gelegentlich gemachten Bemerkungen brachten die Lösung sehr nahe. Allerdings erfolgten dieselben in einer Zeit, als die Lehre von L. von Buch bereits durch einen anderweitigen Anschauungskreis erschüttert worden war.

Es hatte Sir Charles Lyell in England die Lehre von einer allmählichen Entwicklung der Erdoberfläche gezeitigt. Er hatte auf das geschickteste die Hypothese plötzlicher Umwälzungen bekämpft, er zeigte, dass es nicht die vulcanischen Ausbrüche sind, welche die Schichten der Erdoberfläche aufheben. Dieser seit 1830

¹⁾ Ebenda. S. 986.

entwickelte Anschauungskreis fand mehr und mehr Anhänger, sowohl in England wie auch auf dem Continente, und es geschah unter dem Einflusse desselben, dass 1857 Ferdinand Römer gelegentlich einer Schilderung des Weserberglandes einen Gedanken äußerte, welcher die Bildung der Durchbruchthäler unter einem neuen Lichte erscheinen ließ. Die Weser fließt unterhalb Hameln eine Strecke weit zwischen dem Teutoburgerwalde und dem Wesergebirge, wo ihr eine breite Senke einen bequemen Weg nach Nordwesten zu bieten scheint. Aber anstatt denselben zu benutzen, wendet sie sich plötzlich nach Norden und bricht in der Porta Westfalica quer durch das Wesergebirge hindurch. Diese Stelle ist es gewesen, welche Fr. Hoffmann besonders in der Anschauung bestärkt hatte, dass „die Felsenspalte der Porta nicht ursprünglich durch den Andrang der darauf drückenden Gewässer gebildet worden sei“. ¹⁾ Eine ganz benachbarte nun war es, an welche Römer seine Darlegungen knüpfte. Bevor sie die Porta erreicht, fließt die Weser zwischen Hameln und Rinteln in einem breiten Thale, das sich direct zur Porta fortsetzt. Allein 5 *km* oberhalb derselben tritt die Weser aus demselben heraus, schneidet in engem Thale in das südlich gelegene höhere Land ein und rinnt gegen Vlotho, um sich dann erst der Porta zuzuwenden. Um dies Verhältnis zu erklären, meint Römer „auf die Zeit zurückgehen zu müssen, in welcher das Bett des Weserstromes

¹⁾ Physikalische Geographie. Berlin 1837, S. 417.

sehr viel höher im Vergleiche zu den dasselbe gegenwärtig umgebenden Berghöhen lag und in welcher daher eine auch nur flache Depression auf der Oberfläche des durch Keuperschichten gebildeten Landes in der Richtung des gegenwärtigen engen und tiefen Thales von Vlotho den Fluss veranlassen konnte, hierin seinen Lauf zu nehmen. Nachdem aber diese Richtung einmal gewählt war, musste der continentalen Hebung des Landes entsprechend der Fluss sein Bett allmählich immer tiefer bis zu dem gegenwärtigen Niveau eingraben¹⁾ In dem unmittelbar anschließenden Satze klärt Römer auf, dass er ungleichmäßige Hebungen seit Ablagerung des Diluviums dafür verantwortlich macht, wenn der Fluss aus niederem Lande in höheres tritt, nachdem er kurz zuvor ausgesprochen hatte: „Die Vertiefung der Thäler der Flüsse und Bäche muss im Verhältnis zu dieser allmählichen Erhebung des Continents stattgefunden haben, denn nur so ließ sich die Gleichmäßigkeit des Gefälles, dessen Herstellung alle fließenden Gewässer fortwährend erstreben, trotz jener allmählichen Hebung aufrecht erhalten“.

Römer also ist der Anschauung, dass Flüsse in einem sich allmählich, aber ungleich erhebenden Lande ihre Richtung beibehalten, und er erklärt einen auffälligen Flussdurchbruch dadurch, dass hier das Land mehr gestiegen ist als in der Umgebung, während der Fluss sein Thal ausfurchte. Derselbe Gedanke wurde

¹⁾ Die jurassische Weserkette. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellsch., Bd. IX, 1857, S. 581 (721).

später von Bischof gleichfalls ausgesprochen. Dieser Geologe erörterte zum erstenmale in allgemeiner Weise dasjenige, was eintritt, wenn ein Stück Land sich hebt, auf welchem Flüsse fließen, und er sprach aus, dass die Flüsse dann ihre Thäler vertiefen müssen in dem Maße, als es ihre Erosionskraft gegenüber der Hebungenergie zulässt, denn die Flüsse haben das Bestreben, das einmal gewonnene Bett beizubehalten. Bischof macht auf das Rheingeröll aufmerksam, welches sich gelegentlich in namhafter Höhe über dem heutigen Strome findet. Dies zeigt nach ihm nicht an, dass der Fluss einst so hoch geflossen ist, sondern es sind nur Spuren eines gehobenen Bettes, in welches der Fluss eingeschnitten ist in dem Maße, als sich das Gebirge hob.¹⁾ Aber diese Ansichten, wiewohl sie in einem ausgezeichneten und weitverbreiteten Lehrbuche niedergelegt waren, fanden keinen Anklang in weiteren Kreisen, und nur ganz gelegentlich und beiläufig bemerkte von Dücker:²⁾ Möchte nicht etwa die Stromschnelle des Rheins bei Bingen eine Andeutung geben, dass dort der Boden steigt? nachdem er zuvor von einem Erhebungssattel in Mitteleuropa gesprochen hatte, also bekundend, dass auch er wohl die Möglichkeit ins Auge fasste, dass hebende Schichten von einem Flusse durchschnitten werden könnten.

1) Lehrbuch der chem. und phys. Geologie, 2. Aufl., Bd. I, S. 374, 382 (in der ersten Auflage nicht vorhanden).

2) Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde. Berlin 1870, Bd. V, S. 183.

Einen anderen Gedanken hat G ü m b e l gelegentlich seiner Beschreibung von Franken hingeworfen. Hier findet sich die merkwürdige Thatsache, dass die Altmühl in niederem Hügellande (450 m) entspringt und dann in ein enges, vielgewundenes Thal tritt, in welchem sie den 600 m hohen Frankenjura durchmisst, um zur Donau zu gelangen; es ist ein Fall, der sehr viel Ähnlichkeit mit dem oberen Durchbruchthale der Donau besitzt. „In dieser höchst auffälligen Erscheinung finden wir ein deutliches Zeichen, dass in der Richtung und in dem Verlaufe der Thalungen noch theilweise wenigstens jene ursprünglichen Niveauverhältnisse ausgeprägt sich zeigen, welche vor der Umgestaltung durch großartige Zerstörung der weicheren Sandsteine und Lettenschiefer des Keupers den eigentlichen höheren Gebirgsrand der fränkischen Alp an den Quellen der Altmühl suchen lassen.“ ¹⁾ G ü m b e l steht hier im Grunde genommen auf derselben Ansicht, welche Römer und Bischof äußern. Er schreibt dem Flusse die Tendenz zu, seinen Lauf zu bewahren, aber während Römer und Bischof dies gegenüber einem hebenden Stück Landes betonen, zeigt G ü m b e l dieses für den Fall ausgedehnter Zerstörung, also einer Abtragung des Landes. Und in der That hat diese Erklärung sehr viel für sich, denn wenn auch die Altmühl in orographischem Sinne aus einem niederen Quellgebiete in ein höheres Land ein-

¹⁾ Bavaria. Landes- und Volkskunde des Königreichs Bayern, Bd. III, S. 756, 1865.

tritt, so kommt sie geologisch dabei auf immer jüngere Schichten, und alles weist dahin, dass dieselben einst über ihrem Quellgebiete vorhanden waren. Damals war letzteres ein hohes Bergland; dasselbe ragte über das in etwa 500 *m* Höhe zu suchende obere Denudationsniveau¹⁾ der Gegend heraus, es ist abgetragen worden, wobei die weichen Keuperschichten bloßgelegt wurden, und in diese fraß die Denudation weiter als in den harten Kalken des Jura. Es wurde durch Denudation das Quellgebiet des Flusses tiefer gelegt als die Region, die sein Mittellauf durchmisst. Orographisch ist der Fall geradezu räthselhaft, geologisch aber ist er leicht verständlich, es kommt der Fluss von älteren Schichten auf jüngere, und dies verräth gewissermaßen ein geologisches Gefälle seines Gebietes. Aber auch dieser von Gümbel ungemein klar erfasste und richtige Erklärungsversuch ist unbeachtet geblieben. Es war zur Zeit seiner Äußerung die Aufmerksamkeit der deutschen Geologen auf andere Dinge gelenkt als auf das Problem der Thalbildung. Um so eifriger war aber mittlerweile an dessen Lösung in England gearbeitet worden.

Hier hatten die Lyell'schen Ansichten vollauf faßgefasst; während die einen Forscher sich mit dem allmählichen Aufbau der Erdkruste beschäftigten und namentlich die Bildung von Schichten durch Flüsse, in Seen und im Meere untersuchten, wandten sich andere

1) Vergl. hierzu meinen vorjährigen Vortrag über Denudation der Erdoberfläche, gehalten am 23. Februar 1887.

Gelehrte der Herkunft des Materiales zu, es kam völlig zum Bewusstsein, dass alles Material der geologischen Schichtfolge dem festen Lande entnommen sei, und dies gab dem Studium der Erdoberfläche neue Impulse. Man fand, dass diese letztere nur eine Ruine sei, dass gewaltige Schichtmassen durch die Denudation entfernt worden seien, wodurch das Relief des Landes im wesentlichen dadurch bestimmt werde, was von dem Schöpfer der Geologie in England, dem genialen Hutton, bereits ausgesprochen worden war. Unter solchen Umständen fand das Problem der Thalbildung eine äußerst gründliche Bearbeitung, und die von Poulett Scrope mit großem Scharfsinn schon 1827 in der Auvergne bewiesene Thalbildung durch die Erosion der Flüsse¹⁾ fand allgemeine Anerkennung, nachdem die zeitweilig verbreitete Ansicht, dass die Thäler von der Brandung ausgewaschen worden seien, zurückgewiesen worden war. Es gebürt Beete Jukes, dem ehemaligen Director der geologischen Untersuchung von Irland, das große Verdienst, in dieser Hinsicht klärend gewirkt und den Boden geschaffen zu haben, auf welchem sich die jetzigen Ansichten bewegen.

Jukes setzte auseinander, dass das Meer nie und nimmermehr Thäler auswaschen könne, sondern dass es dort, wo es am Lande nagt, in demselben Niveau, also horizontal wirkt und alle Aufragungen desselben

¹⁾ Memoir on the Geology of Central France. London 1827.

abträgt, „abradiert“,¹⁾ wohingegen die auf dem Lande wirkenden Kräfte der atmosphärischen Denudation vertical wirken, Thäler, Schluchten einschneiden und dazwischen Berge herauspräparieren. Hierbei fühlte Jukes sehr wohl, dass die Durchbruchthäler einen scheinbaren Widerspruch bezeichnen. Er widmete denselben daher eine besondere Untersuchung und zeigte, wie deren Bildung lediglich durch die denudierenden Kräfte erfolgen könne. Er führte aus, wie durch die Wirkung der Brandung ein Land eingeebnet werden könne, dass auf der entstandenen Fläche nach dem Rückzuge des Meeres die Flüsse ihre Wirkung beginnen und Thäler einfurchen in der Richtung der durch das Meer geschaffenen Abdachung. Will es nun der Zufall, dass gerade im Quellgebiete der Flüsse weichere Gesteine anstehen als längs ihres Mittellaufes, so wird die Denudation dieselben rasch entfernen, während die härteren gleichsam aus ihrer Umgebung herauspräpariert werden. Es wird die Denudation allmählich ein Relief schaffen, das von der durch die Brandung herausgebildeten ebenen Fläche gänzlich abweicht, nur der Fluss wird das ursprüngliche Gefälle des Landes noch durch seine dem gegenwärtigen Relief ganz und gar nicht entsprechende Richtung verrathen; sein Durchbruch entstand dadurch, dass er in einem ungleich der Abtragung unterworfenen Lande sein Bett constant beibehielt. Diese Anschauungsweise fand in England

¹⁾ On the Mode of Formation of some River Valleys in the South of Ireland, Quart. Journ. Geolog. Soc. London, XVIII, 1862, p. 374.

ungemeinen Beifall und rief eine sehr reichhaltige Literatur ins Leben, welche sich namentlich an die Erörterung der Gegend südöstlich von London knüpft. Hier liegt ein flaches Landbecken, der Weald, umrahmt von einem Steilabfalle der weißen Schreiekreide, den North und South Downs. Inmitten des tief gelegenen Beckens nun entspringen sieben Flüsse und ein jeder derselben bricht quer durch den weit höheren Steilabfall der Kreide, Verhältnisse wiederholend, wie sie auf deutschem Boden die Altmühl darbietet, nicht bloß in orographischer Hinsicht, sondern auch in geologischer Beziehung, denn ein jeder der sieben Flüsse fließt von älteren Schichten auf jüngere, ein jeder hat ein geologisches Gefälle. Die Erklärung, welche für diesen Fall, sowie für eine Reihe verwandter gegeben wurde, war genau dieselbe, welche Jukes für die südirischen Thäler vorgeschlagen hatte. Man nahm an, dass die Brandung einst die Landoberfläche eingeebnet hatte, indem sie eine Ebene der marinen Denudation oder nach der Ausdrucksweise von Freiherrn von Richthofen eine Abrasionsfläche geschaffen habe, welche letztere später durch die erodierenden und denudierenden Kräfte eine ungleiche Abtragung erfahren habe, indem die weicheren Schichten aus dem Weald entfernt wurden, die härteren der Umrandung in den Downs stehen blieben, während die Flüsse ihren ursprünglichen Lauf beibehielten und nun aus niedrigerem Lande höhere Schwellen durchbrechen. Es scheint jedoch, als ob diese Darlegung noch eine Vereinfachung erfahren könne. Die Annahme,

dass das Land einst durch die Brandung abradiert wurde, ist nicht unumgänglich nöthig; es braucht nur ins Auge gefasst zu werden, dass die Intensität der Denudation mit der Höhe zunimmt, um zu erklären, dass die Schlusssteine eines Schichtengewölbes abgetragen wurden, so dass sich dieses in ein sogenanntes Aufbruchbecken verwandelte, wie es der Weald ist. Die atmosphärische Denudation allein dürfte den ganzen Kreis der angeführten Erscheinungen erklären, und Durchbruchthäler werden überall dort entstehen können, wo Flüsse auf einem Schichtgewölbe entspringen, welches abgetragen wird, während seine Widerlager in Form von Escarpements stehen bleiben. Letztere werden sodann von den Flüssen durchbrochen, und dieselben werden hierbei, wie es in England meistens der Fall ist, von älteren Schichten auf jüngere strömen, was bei jenen Flüssen, die ursprünglich auf einer Abrasionsfläche herabrannen, nicht der Fall zu sein braucht und bei dem von Jukes erörterten Falle in der That auch nicht eintritt.

Eine äußerst reichhaltige und sehr wertvolle, auf dem Continente noch nicht genug gewürdigte Literatur ist durch die Untersuchung der genannten Probleme ins Leben gerufen. Es sei hier nur an das Werk von Greenwood,¹⁾ an die Arbeiten von W. Whitaker²⁾ und Topley³⁾

1) Rain and Rivers. London 1857, 2. Aufl. 1866.

2) On subaërial Denudation. Geolog. Mag., IV, 1867, p. 447 und 483.

3) The Geology of the Weald. Memoir Geolog. Survey of England.

erinnert, welche die ganze Literatur über diese Frage versammelt haben. Es sei ferner des schönen, jüngst in zweiter Auflage erschienenen Buches von A. Geikie¹⁾ über die Scenerie von Schottland gedacht, das manche schottische Verhältnisse in dem Sinne von Jukes erklärt. Vor allem aber sei auf zwei Lehrbücher hingewiesen, welche in geradezu classischer Weise den Gegenstand behandeln. A. H. Green schrieb 1876 seine Geologie für Studierende und Leser²⁾ und erörterte hier die Frage in systematischer Weise. Ausführlich wurde die Thalbildung behandelt, und die Bildung der Durchbruchthäler, für welche es im Englischen keine eigene Benennung gibt, wurde unter dem Titel: „Abnormes Verhalten der Flüsse“ dargelegt. Ramsay³⁾ aber schuf in seiner physikalischen Geographie und Geologie von Großbritannien ein geradezu monumentales Werk, welches die einzelnen englischen Vorkommnisse in lichtvoller Weise auseinandersetzt und namentlich in seiner fünften Auflage (1878) weite Verbreitung gefunden hat.

Wie lichtvoll und überzeugend auch die Ausführungen der britischen Geologen sind, so ist doch nicht zu verkennen, dass dieselben an einer gewissen Einseitigkeit leiden. Der britische Boden bietet äußerst

1) The Geology and Scenery of Scotland, 1865, 2. Aufl. 1887.

2) Geology for Students and General Readers. London 1876.

3) The physical Geology and Geography of Great Britain: a manual of British Geology. 5th ed. London 1878.

einfache geologische Verhältnisse; dachziegelartig liegen die einzelnen Schichten übereinander, nur die älteren Schichten zeigen beträchtliche Störungen ihrer Lagerung, während jene Gesteine, die sich z. B. am Aufbau der Alpen betheiligen, nirgends Gebirge bilden. Damit nun haben aber auch die Anregungen gefehlt, Studien über die Erhebung gewaltiger Bergzüge anzustellen. Das, was Lyell hierüber berichtet, ist recht dürftig. Immerhin muss aber fest im Auge behalten werden, dass Lyell, wie er sich auch die Entstehung der Gebirge vorstellte, sich die Erhebung derselben als einen äußerst langsamen Vorgang dachte, so dass unter gewöhnlichen Umständen der Fluss eine Barre durchnagt, die in seinem Bette aufsteigt — nur wenn Eis über das Land gelagert ist, können Thäler durch Hebungen abgedämmt werden. Der Gedanke von Römer ist also Lyell keineswegs fremd, er erscheint als naturgemäße Consequenz seiner Lehre, und Lyell gebührt das Verdienst, unter britischen Forschern zuerst auf diese Möglichkeit hingewiesen zu haben.¹⁾ Freilich zur Erklärung von Durchbruchthälern ist dieselbe nicht angewendet worden. Thäler, auf welche sich diese Erklärung anwenden ließe, fehlen in England, und damit fehlt die Anregung, sich mit ihnen zu befassen. Allein die englische Zunge umspannt die Welt, Träger des englischen Idioms bewohnen die neue Welt und erschlossen hier die gewaltigen Bergländer der Vereinigten Staaten,

¹⁾ Antiquity of Man. London 1863, S. 311 ff.

zunächst die niederen Alleghanies und dann das hohe Felsengebirge, die Sierra Nevada und die dazwischen gelegenen Hochländer. Briten aber entschleierten auch das höchste Gebirge der Erde, den schneebedeckten Himalaya. Was das kleine Stammland nicht anzuregen vermochte, das erzielten die Tochterländer, sie bereicherten die englische Literatur mit Studien über Gebirgsstructur und Gebirgsbildung, sowie deren Verhältnis zur Thalbildung.

1856 wurde die geologische Untersuchung von Indien reorganisiert und in ein Institut umgeschaffen, welches mit den europäischen Schwesteranstalten den Wettbewerb in jeder Hinsicht aufnehmen kann. Bereits der erste Band seiner Abhandlungen brachte wichtiges Material in Bezug auf die erwähnte Frage: Thomas Oldham,¹⁾ der Director der Anstalt, führte aus, dass die Thäler der Khasi-Hügel, welche das regenreichste Gebirge der Erde darstellen, von den Flüssen ausgefurcht worden seien. Bald darauf wurde der Himalaya erforscht und gab Medlicott²⁾ Veranlassung, das Problem der Gebirgsbildung in ganz allgemeiner Weise zu erörtern und zugleich eine Menge von durchaus neuem Material für die Thalbildung beizubringen. Medlicott

1) On the Geological Structure of a portion of the Khasi Hills, Bengal. *Memoirs geolog. Survey of India*, I, 1859, p. 99 (173).

2) On the Geological Structure and Relations of the Southern portion of the Himalayan range between the rivers Ganges and Ravee. *Memoirs geolog. Survey of India*, III, 1865.

zeigte, dass der Himalaya nicht das Werk eines einzigen Bildungsprocesses sei. Er führte aus, dass die Centralketten weit älter seien als die vorgelagerten Subhimalayaketten, welche er mit der Molassezone der Alpen verglich. Er wies nach, dass jene letzteren Ketten von Trümmern der älteren aufgebaut werden, und zeigte, dass ihr Material von Flüssen angeschwemmt sei, welche an jenen Stellen, wo heute noch Flüsse den Himalaya durchbrechen, schon damals existierten. Weiter führte er aus, dass eben jene von Flüssen des Himalaya abgelagerten Schichten, durch seitlichen Druck in Falten zusammengepresst und zu der 2000 *m* hohen Subhimalayakette aufgethürmt worden seien. Medlicott erkannte, dass nicht bloß das Gebirge, sondern auch die Täler und Flüsse in demselben von hohem Alter seien, und ihm gebührt das Verdienst, die Gleichzeitigkeit von Gebirgsfaltung und Thalbildung zuerst verfochten zu haben, wobei er zugleich die große Langsamkeit beider Prozesse betonte. Dabei wird Medlicott gewahr, dass die Subhimalayaketten von ebendenselben Flüssen, welche ihr Material lieferten, in Durchbruchthälern durchbrochen werden (S. 6), er weist die von Strachey ausgesprochene Ansicht, dass dieselben Spalten seien, zurück (S. 163), und anstatt, wie bis dahin üblich gewesen, den Lauf der Flüsse durch Dislocationen bestimmen zu lassen, fragt er sich, ob nicht in den frühen Stadien der Erhebung der Flusslauf manche Unregelmäßigkeiten im Verlaufe der Dislocationen bedingt habe (S. 122 und 127). Er ist sicher,

dass die Entwässerungsrinnen des Himalaya älter sind als die Subhimalayaketten (S. 157), er weiß, dass der Lauf der Flüsse stattgehabte Veränderungen der Erdoberfläche anzeigt — kurz Medlicott ist nicht nur durchdrungen von der Überzeugung, dass gleichzeitig mit der Hebung des Gebirges die Thalbildung erfolgte, sondern er ist auch überzeugt, dass die Flüsse aufthürmende Ketten zu durchschneiden vermögen.

Medlicott hat diese seine Ansichten 1868 in einem besonderen Aufsätze¹⁾ dem europäischen Publicum dargelegt, worinnen er die Allmählichkeit der Gebirgsbildung durch die Permanenz der präsilalischen Ströme, d. h. derjenigen, welche die Subhimalaya-schichten ablagerten, erweist (S. 46), worinnen er aufmerksam macht, dass der Satledsch selbst die gestörten Schichten abgelagert hat, die er durchbricht. Endlich hat er diese Anschauungen 1879 in einem ausgezeichneten Handbuche wiederholt.²⁾ Er zeigte, dass die Flussthäler des Himalaya zur Tertiärzeit dieselben waren wie heute (Bd. II, S. 570), dass ferner alle die großen Durchbruchthäler des Himalaya eingeschnitten wurden, als das Gebirge sich erhob (Bd. II, S. 677). Allerdings geschah dies zu einer Zeit, als die Frage der Durchbruchthalbildung in Amerika und selbst in Deutschland im gleichen Sinne bereits zur Erörterung

1) The Alps and the Himalayas. A Geological Comparison. Quart. Journ. geolog. Soc., XIV, 1868, p. 34.

2) Medlicott and Blanford, A Manual of the Geology of India. Calcutta 1879.

gelangt war, weswegen diejenigen Autoren, welche nicht die früheren Arbeiten des ausgezeichneten indischen Geologen verfolgt hatten, der Priorität des letzteren nicht gewahr wurden und in den Anschauungen von Medlicott nur eine Bestätigung ihrer Ansichten erblickten, während thatsächlich das Verhältniß umgekehrt liegt.

Die Arbeiten von Medlicott sind aber nicht die einzigen, welche die zahlreichen Durchbruchthäler des Himalaya und der demselben vorgelagerten Ketten würdigten. Zu ganz anderen Ergebnissen kam Wynne bei Untersuchung der Salt-Range,¹⁾ jenes Gebirges, das sich vor den westlichen Himalaya legt und von dem Indus nebst anderen Flüssen durchbrochen wird. Er führte aus, dass damals, als die Flüsse zu rinnen begannen, andere Oberflächenverhältnisse herrschten als heute. Damals war das Land eben und stieg sanft zum Himalaya an, seither sind die Flüsse eingeschnitten und das Land hat durch die Wirkungen der Denudation ein vielgestaltiges Relief erhalten. Es ist der Ideenkreis von Jukes, der hier entgegentritt, jedoch mit einer nicht unwesentlichen Abweichung. Jukes ließ die Thätigkeit der Flüsse auf einer Abrasionsfläche beginnen, bei Wynne ist es eine flach sich vom Gebirge abdachende Schotterfläche, auf welcher die Flüsse

¹⁾ The Trans-Indus-Salt-Range. Memoirs geolog. Survey of India, 1875, XI; ferner ebenda Bd. XIV, 1878. — Note on the tertiary zone and underlying rocks in the North-west-Panjáb. Record geolog. Survey of India, X. 1877, p. 112.

ursprünglich rannen, und welche eine Gebirgskette verhüllte.

Aber nicht nur in Indien, sondern vor allem auch in Nordamerika förderte die Erforschung der Gebirge neue Gesichtspunkte jeder Art. Während in den Alpen die deutschen und französischen Forscher sich von den Umwälzungs- (Kataklysmen-) Theorien ihrer Meister nicht loszumachen vermochten und kaum einen Gesichtspunkt principieller Bedeutung aufstellten, lehrte H. D. Rogers kennen, dass die Appalachen aus einer Serie von nebeneinanderstehenden Falten der Erdkruste bestünden, und er studierte hier auch die Richtung der Täler.¹⁾ Aber während Rogers nur eine sehr verschwommene Ansicht über die Entstehung der Gebirge zu gewinnen vermochte, legt James Dana gleichzeitig den Grund zu den jetzt fast allgemein verbreiteten Theorien über die Entstehung der Gebirge. Während man in Deutschland mit dem Hinweis auf die „Reactionen des flüssigen Erdinnern gegen die feste Kruste“ jedwede Erörterung der Frage unterband, wurde in Amerika durch Dana der Gedanke von Cordier, dass die Erde sich abkühle und dementsprechend kleiner werde, wobei sie ihre Oberfläche runzle, weiter ausgebaut, und die Abkühlung der Erde erschien nunmehr anstatt der Reactionen des Erdinnern als Motor der Erdkruste.

Einer solchen Anschauungsweise war wohl schon

¹⁾ Geology of Pennsylvania, vol. I, pt. 2.

vom Franzosen E. de Beaumont gehuldigt worden, allein letzterer dachte sich den Vorgang ruckweise, während Dana, dem Beispiele von Prévost und des Engländers De la Beche¹⁾ folgend, sich den Process als einen sehr allmählichen vorstellte. Unter solchen Verhältnissen musste sich die Frage aufwerfen, wie sich die thalbildende Kraft der Flüsse zu der gebirgsbildenden der Tiefe verhielte. Die Lösung erfolgte in den westlichen Gebirgen Amerikas. Vor genau 30 Jahren erforschte der Lieutenant Joseph C. Ives den Coloradofluss; es wurde das bis dahin sagenhafte Thal dieses Flusses erschlossen, der große Cañon desselben wurde entdeckt. Nichts auf der Erdoberfläche erinnert wohl so sehr an klaffende Spalten als der 200 m tiefe, von fast senkrechten Wänden begleitete Einschnitt dieses Flusses. Der Geologe der Expedition, J. S. Newberry, aber schrieb: „Die nächstliegende Erklärung der überraschenden Szenerie möchte dieselbe wohl auf jene unermüdliche Gewalt, auf jenes Schwert, das jeden geologischen Knoten löst, nämlich auf vulcanische Kraft zurückführen. Der große Cañon des Colorado möchte wohl gern als eine klaffende Spalte der Erdkruste angesehen werden. Dieser Theorie, wie plausibel sie auch alles erklärt, und wie sehr sie jedem einzelnen Phänomen angepasst erscheint, fehlt nur eines — die Wahrheit. Die beiden Seiten des Cañon entsprechen einander völlig, nirgends zeigt sich eine Spur von Schicht-

¹⁾ Vergl. dessen Vorschule zur Geologie, deutsch von Dieffenbach, 1852, S. 550.

störungen bis auf kleine Vorkommnisse, das Ganze ist eine Wirkung des Wassers.“¹⁾ Zugleich aber lehrte Newberry, dass von gewissen Theilen des Hochlandes tausende von Fußten früherer Schichtbedeckung weggenommen sind. Bekannt wurde ferner schon, dass der Colorado ein Plateau durchmisst, dessen Schichten sanft ostwärts fallen, also entgegen der Richtung des Stromes, welcher letzterer sohin kein geologisches Gefälle hat, sondern aus dem Bereiche älterer Gesteine in das jüngerer sich ergießt.

Während Newberry am Colorado seine glänzenden Untersuchungen ausführte, studierte Hayden²⁾ das Quellgebiet des Missouri. Er erkannte hier, dass das westliche Nordamerika seit der Kreideperiode eine Hebung erfahren habe, die bis zur jüngsten Periode angehalten hat. Als einen Beweis hiefür stellte er die Thatsache hin, dass sehr tiefe Cañons eingeschnitten seien, welche in dem Maße vertieft wurden, als die Gebirgsfalten aufstiegen. Hayden also theilte die Ansicht von Römer, dass die Erosion der Hebung Schritt halten könne, und dieser Gedanke führte ihn 1873 zur Annahme, dass Flüsse Gebirgsfalten durchschneiden könnten, die sich in ihrem Bette erheben, wobei

1) Ives. Report upon the Colorado of the West. Washington 1861. Geological Report by Dr. Newberry, p. 45, 46.

2) Some Remarks in Regard of the Period of Elevation of those Ranges of the Rocky Mountains, near the sources of the Missouri River and its Tributaries. American Journ. of Science and Art, XXXIII, 1862, p. 305.

Durchbruchthäler entstehen.¹⁾ Er schrieb: „Die Thatsache, dass Flüsse ihr Bett direct quer durch Bergketten eingeschnitten haben, anstatt muldenförmigen Einsenkungen zu folgen, lehrt, dass sie den Erosionsprocess zur Zeit des Beginnes der Erhebung der Oberfläche begannen. Dies zeigt sich überall am Yellowstoneale und noch auffälliger am Madison und Galatin, welche ungeheure Cañons (Schluchten) unmittelbar durch zwei der höchsten Ketten des Felsengebirges eingeschnitten haben. Wir glauben, dass der Lauf dieser Flüsse schon am Ende der Kreideperiode angelegt war, und dass in dem Maße, als die Berge sich erhoben, die Erosion der Thäler fortschritt. Die Einzelheiten der Beobachtungen, welche zu dieser Ansicht führen, würden ein oder zwei Capitel füllen.“

Zur Ausführung dieses hier mit voller zielbewusster Klarheit ausgesprochenen Gedankens ist Hayden aber nicht gekommen, dieselbe wurde aber bald darauf von J. W. Powell geliefert. Dieser Geologe untersuchte in den Jahren 1869—1873 das Gebiet des großen Cañon des Colorado. Er verfolgte den Lauf des westlichen Quellflusses des Green River quer durch das Uintagebirge, und abwärts den Colorado untersuchend, fiel ihm besonders auf, dass der Fluss auf immer ältere Schichten geräth, welche ehemals mit jüngeren bedeckt gewesen sein müssen, sodass das ursprüngliche Gefäll

1) Sixth annual Report of the United States geological Survey of the territories for 1872, 1873, p. 85.

des Landes ein ganz anderes als das heutige war. Alle diese Verhältnisse vermochte er sich nur durch die Annahme zu erklären, dass „der Fluss das Recht des Älteren hatte, denn er floss, ehe das Gebirge entstanden war. Er bewahrte sein Niveau, während die Berge gehoben wurden, gerade wie die Säge in derselben Ebene verharret, während der Stamm, den sie durchschneidet, sich gegen sie bewegt. Der Fluss war die Säge, der das Gebirge entzweischneidet.“¹⁾ So erklärte Powell den Durchbruch des Green River durch die Uinta Mountains, so erklärte er, dass der Colorado ein Plateau durchschneidet, dessen geologisches Gefälle ihm entgegen ist.

Allerdings muss hervorgehoben werden, dass bald darnach das angezogene Beispiel des Green River-Durchbruches in anderer Weise erklärt wurde. Emmons,²⁾ ein Theilnehmer der Wheeler'schen Expeditionen, dachte sich, dass zur Zeit, als der Green River zu fließen begann, das Land mit einer mächtigen Decke jüngerer Schichten bedeckt gewesen sei, welche durch ihr Gefälle dem Flusse die Bahnen wiesen. Sie wurden vom Flusse durchschnitten, und dabei ereignete es sich, dass derselbe den gänzlich versteckten Zug des Uinta-Gebirges durchschnitt. Eine später folgende Denudation entfernte die Decke jüngerer Schichten,

1) Exploration of the Colorado River. Washington 1875, p. 153.

2) United States geographical Survey West of the 100th Meridian, vol. III, Geology, 1878.

das Uinta-Gebirge wurde aus seiner Umhüllung herausgeschält, aber es blieb durchschnitten vom Green River. Allein diese an und für sich wohl mögliche Vorstellung, welche der von Wynn'e genau entspricht, wurde nicht weiter verfolgt, und Powell's Ansichten fanden in Amerika allgemeine Zustimmung. White¹⁾, Peale²⁾ und Bechler³⁾ schlossen sich ihm bei Erklärung verwandter Erscheinungen an, Gilbert⁴⁾ stellte unterdessen (1877) die Lehre auf, dass jedwelcher Fluss die Neigung besitze, sein Bett zu bewahren, und dabei hebende Gebirge zerschneiden könne, und entwickelte die Theorie von der Unveränderlichkeit der Wasserscheiden. Dutton endlich baute das Lehrgebäude weiter aus. Er schreibt: „Die größeren Flüsse einer Gegend werden gewöhnlich mit dem Lande selbst geboren, ihr Lauf war bestimmt durch die äußeren Umstände zur Zeit ihrer Entstehung, und die einmal eingenommenen Betten sind (mit gewissen Ausnahmen) unverschiebbar. Aus diesen Sätzen erhellen Folgerungen von großer Wichtigkeit. So finden wir Flüsse durch Gebirgsketten und Plateaux fließend und müssen schließen, dass sie älter als diese Gebilde sind, dass die Erhebung einer Landschwelle im Gebiete eines Flusses denselben

1) Hayden, Tenth annual Report of the United States geological and geographical Survey of the territories. Washington 1878 (für 1876) p. 52.

2) Ebenda, p. 167.

3) Ebenda, p. 372.

4) The Henry Mountains. Washington 1877, S. 125.

nicht aus seiner Bahn lenkt, denn der Fluss sägt sein Bett in die Felsen so schnell, als das Hindernis aufsteigt.“¹⁾ Man sieht, der Gedanke, den Ferdinand Römer und namentlich Bischof aussprachen, welcher von Medlicott ausgeführt wurde, hat in den Vereinigten Staaten seit 1872, als er durch Hayden wieder angeregt, und seit 1875, als er durch Powell näher begründet ward, eine allgemeine Anerkennung gefunden.

Die Arbeiten der Amerikaner fanden in Europa bald Würdigung. Green²⁾ gedachte in seiner Geologie der Ansichten Newberry's über die Entstehung des Colorado-Cañons, ja er schilderte den letzteren als besonderes Beispiel für die gewaltige Erosionsthätigkeit der Flüsse, und wenn auch Hayden's Ansichten vielfach übersehen wurden, so wurde doch Powell's Arbeit rasch bekannt, sie wurde in entsprechender Weise in englischen Organen referiert³⁾ und erfuhr eine gerechte Würdigung in Deutschland durch Friedr. Ratzel in seinem großen Werke über Nordamerika.⁴⁾ Gilbert's Werk über die Henry Mountains fand gleichfalls, dank der Liberalität von Hayden, in Europa weite Verbreitung und wurde besonders wegen seiner Darlegungen über die Henry Mountains, die als Lakkolithe bezeichnet und als Producte einer Hebung durch unterirdische

1) Tertiary history of the grand Cañon District. Washington 1882.

2) Geology for Students, p. 415.

3) Geological Magazine 1876, p. 369.

4) Bd. I, S. 222 und 223.

Lavaergüsse (Intrusionen) erklärt wurden, lebhaftere Discussionen. G. Hartung kannte, als er seine schönen Untersuchungen über Thalbildung 1878 veröffentlichte, bereits die Studien Powell's und weist auf den Cañon als ein Beispiel für großartige Erosionswirkung unter Berufung auf das genannte Werk.¹⁾ Er aber war es auch, welcher durch eingehende Referate die großen Untersuchungen, die unter Hayden's Leitung in den Territorien der Vereinigten Staaten angestellt wurden, schilderte, wobei er besonderen Nachdruck auf die erwähnten Darlegungen Peale's legte.²⁾

Mir selbst waren die Anschauungen der Engländer und Amerikaner bei Abfassung meiner Vergletscherung der Deutschen Alpen 1880—1881 durchaus bekannt, und im vollen Einverständnisse hiermit schrieb ich (a. a. O., S. 420): „Das Auftreten von Querthälern in Kettengebirgen, sowie der Umstand, dass die Flüsse manche Gebirge durchbrechen, welche sie leicht umgehen könnten, lehren, dass die Bodenbewegungen im allgemeinen so langsam wirken, dass ihnen durch die Thalbildung des rinnenden Wassers entgegengearbeitet werden kann.“ Den Mitgliedern unseres Vereines sind die amerikanischen Verhältnisse durch einen Vortrag von Toula (Geologische Forschungsergebnisse aus dem Flussgebiete des Colorado), gehalten am 5. Jänner 1887, bereits geschildert.

1) Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde. Berlin 1878, S. 308.

2) Ebenda, 1881, S. 28.

Während in England und Amerika das Problem der Thalbildung eifrig discutiert und die Entstehung der Durchbruchthäler nach verschiedenen Gesichtspunkten aufgehellte wurde, blieb diese Frage in Deutschland fast gänzlich unbeachtet, die einschlägigen Winke von Römer, von Bischof und Gümbel waren in geologischen Kreisen gänzlich verhallt, und es war einem Geographen vorbehalten, die Thalbildung in den Vordergrund zu schieben. O. Peschel brachte 1869 in der Sammlung reizender Essays, die er unter dem Titel: „Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde“ veröffentlichte, einen Aufsatz über Thalbildungen, in welchem er in feinführender Weise den Gegenstand bespricht. Er kennt die Durchbruchthäler und weiß sie nicht ohneweiters durch Flusswirkungen zu erklären, man müsste sich denn zu der Annahme entschließen, dass die Flüsse älter seien als die Gebirge, welche sie durchbrechen.¹⁾ Die Möglichkeit eines solchen Verhaltens verneint Peschel nicht gänzlich. Da aber ein solcher geologischer Vorgang noch nicht nachgewiesen worden ist, lässt er den angespannenen Gedanken fallen und erklärt die Durchbruchthäler für Spalten. So geschah es durchweg, obwohl damals schon die Erörterungen gegen die Spaltnatur der Thäler in England lebhaft betrieben wurde. Mit Recht konnte 1868 Medlicott²⁾ aussprechen, dass in den Alpen

1) a. a. O., 2. Aufl., S. 159.

2) The Alps and the Himalayas. Quart. Journ. London. geolog. Soc., XXIV, 1868, p. 44.

noch ganz und gar die alte geologische Schule herrsche. Aber jener Vortrag brachte nicht nur eine gerechte Kritik, sondern auch positive Anregungen, und auf Grund derselben unternahm es L. Rütimeyer, die Thal- und Seebildung der Schweiz zu schildern. Er führte aus, dass die Alpenthäler, so wie dies von Medlicott ausgesprochen war, nur durch Erosion gebildet sein könnten, dass sie aber nicht mit einemmale entstanden seien, sondern dass ganze geologische Perioden an ihrer Bildung gearbeitet hätten. Schon während das Gebirge sich erhob, sollten sich die Täler eingeschnitten haben. Aber die Thalbildung wirkte nicht zu allen Zeiten mit gleicher Intensität. Gelegentlich stand sie still. Immer aber schritt sie vom Fuße des Gebirges gegen dessen Mitte hin fort, und Einzelstadien ihrer Entwicklung werden durch hochgelegene Thaltterrassen bezeichnet.¹⁾

Rütimeyer's Arbeit machte großes Aufsehen und bürgerte mit einemmale die Ansicht, dass selbst namhafte Alpenthäler durch Flüsse ausgeschnitten seien, ein, und regte die Untersuchung der Thalbildung von neuem an. Bald folgten Supan's Studien über die Thalbildungen der Ostalpen.²⁾ Der Kampf gegen die Spaltennatur vieler Täler, der in englischen Journalen namentlich in den sechziger Jahren geführt worden

1) Ueber Thal- und Seebildung. Basel 1869, 2. Aufl., 1874.

2) Mittheilungen der k. k. geogr. Gesellsch. Wien 1877., S. 293.

war, übertrug sich nun auch in deutsche Fachschriften. Zunächst allerdings wurden nur die großen Furchen der Alpen gewürdigt, welche sich vom Gebirgskamme abwärts erstreckten; die Durchbruchthäler wurden in ihrer Bedeutung nur beiläufig gewürdigt. Es griff Hermann Credner, um den Durchbruch der Elbe durch die sächsische Schweiz zu erklären, zur alten Annahme, dass früher im nördlichen Böhmen ein See existiert hätte, dessen Abfluss das Durchbruchthal allmählich eingeschnitten habe.¹⁾ In ähnlicher Weise dachte sich G. R. Credner den Vorgang.²⁾

Wie hoch nun aber auch Rütimeyer die Wirkungen der Erosion veranschlagte, wie große Täler er auch lediglich auf Auswaschungen durch Flüsse zurückführte, so gelangte er doch hinsichtlich der Frage nach dem Verhältnisse zwischen Erosion und Hebungsvorgängen zu Vorstellungen, welche von den fast gleichzeitig in Amerika entwickelten erheblich abwichen. Während man dort annahm, dass hebende Schichten von Flüssen durchschnitten würden, lehrte Rütimeyer, dass dasselbe nicht erfolge, sondern dass vielmehr der Fluss durch das aufsteigende Land zurückgestaut und aufgedämmt würde. Derselbe Vorgang, welcher in Amerika zur Erklärung der Bildung gewisser Durchbruchthäler herbeigezogen wurde, diente Rütimeyer zur Aufhellung der Seebildung. Es ist dies eine Anschauung, welche Blan-

1) Zeitschr. f. d. ges. Naturwissensch., XXXIII, 1871, S. 1.

2) Ebenda, XLIX, 1877, S. 165.

ford¹⁾ früher schon ausgesprochen hatte, um das Zustandekommen von Alluvialbecken im Nilghiri-Gebirge zu erklären, die er für ehemalige Seebecken hielt. Dagegen ist Medlicott²⁾ der Meinung, dass im allgemeinen dort, wo ein Thalriegel gehoben wird, derselbe den Fluss veranlasst, auf der rückgestauten Strecke sein Geröll abzulagern, sodass statt eines Sees eine Schotterfläche entstehen wird, welche Muthmaßung er später noch eigens begründete.³⁾ Nur in einigen wenigen Fällen glaubte Rütimeyer, dass Einschnitte „wohl sehr allmählich und mit der Hebung schritthaltend“ durchgesägt wurden, sonst schätzte er die Energie der gebirgsbildenden Kräfte höher als die Erosionskraft selbst starker Gewässer.⁴⁾

Es herrschten eben damals noch in Deutschland ziemlich verschwommene Vorstellungen von den gebirgsbildenden Kräften, und es ist das Verdienst von Eduard Sueß in seinem Werke über die Entstehung der Alpen, in dieser Hinsicht mit den letzten Resten der alten kataklysmischen Theorien aufgeräumt zu haben. Sein Gedankengang deckt sich im wesentlichen mit dem von amerikanischen Forschern, er führte die Hebung der Gebirge auf die noch gegenwärtig statt-

1) On the Geological Structure of the Nilghiri Hills, Madras. Memoirs geolog. Survey of India, I, p. 211 (243).

2) Quart. Journ. geolog. Soc., 1868, p. 51.

3) Note on the Geology of Nepal. Rec. geolog. Survey of India, VIII, 1875, p. 99.

4) a. a. O., 2. Aufl., p. 103.

findende Faltung der Erdkruste zurück, welche infolge der Abkühlung des Erdballes eintritt. Er lehrte das allmähliche Aufthürmen der Gebirge, er lenkte die Aufmerksamkeit darauf, dass sich Falte an Falte, Zone an Zone gliedert.¹⁾

Das Werk von Sueß brachte in Deutschland einen ebensolchen Umschwung der Ansichten über die Art und Intensität der Gebirgsbildung hervor wie sechs Jahre zuvor Rütimeyer's Untersuchungen über die Thalbildung. Man sah anstatt gewaltsam wirkender Prozesse nunmehr zwei mit großer Langsamkeit erfolgende vor sich. Die Ansichten Lyell's hatten sich endlich in Deutschland Bahn gebrochen, man setzte nunmehr auf Rechnung der Zeit das, was man früher auf Gewaltsamkeit der Kräfte zurückgeführt hatte. Auf also präpariertem Boden erwuchs denn nun auch bald, selbständig von neuem die Ansicht, welche Römer, Bischof und Lyell gleichsam ahnend vertreten, welche mittlerweile in Indien und Nordamerika vollkommen ausgebildet worden war. Einem Schüler Römer's, E. Tietze, gebührt das Verdienst, den Gedanken, dass Flüsse hebende Gebirge zu durchschneiden vermögen, zum erstenmale in der deutschen Literatur systematisch zur Erklärung der Bildung der Durchbruchthäler, oder wie er schreibt, der Querthäler verwandt zu haben und die Fälle, die Rütimeyer als Ausnahme bezeichnete, zur Regel zu erheben.

¹⁾ Wien 1875.

Tietze hatte die Durchbruchthäler der Alburskette in Persien kennen gelernt, er kannte jene der Karpathen, er hatte das Eiserne Thor an der Donau untersucht. Er sah die Unmöglichkeit ein, diese Beispiele durch die Spalten zu erklären, er fühlte aber auch die Schwierigkeit, sie ohneweiters für Wasserwirkungen auszugeben, er fühlte, dass sie Abnormitäten am Laufe eines Flusses bezeichnen. Er formulierte seine Ansicht mit folgenden Worten: ¹⁾)

„Einem Fluss im dislocierten Terrain ist sein Lauf jedenfalls genauer vorgezeichnet als einem Fluss in der Ebene. Allerdings handelt es sich bei unserer Betrachtung darum, den Anfang der Querthalbildung durch eine Gebirgskette hindurch jedesmal in eine Zeit zu verlegen, wo diese Kette eben noch kein Gebirge, sondern flaches Vorland eines älteren Festlandes und nur in der Anlage vorhanden war. Man wird aber doch die Hebung einer Kette sich nicht in der Weise zu denken haben, dass sie ihrer ganzen Erstreckung nach mit absolut gleicher Intensität und ohne ursprüngliche Höhendifferenzen aufstieg. Diejenigen Theile der Kette also, bei denen jene Intensität am geringsten war, werden vom Anfang an den Lauf der Flüsse und die ungefähre Lage des künftigen Querthales bestimmt haben.“

Neu war dieser Gedanke nicht, wurde er doch zwei Jahrzehnte später ausgesprochen, als der glückliche Hin-

¹⁾ Einige Bemerkungen über die Bildung von Querthälern. Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1878, S. 581. Verhandlungen, 1878, S. 112. (Bericht vom 31. Mai 1878.)

weis von Römer, dreizehn Jahre nach dem Erscheinen von Medlicott's Arbeiten, sowie drei Jahre nach dem Erscheinen des Powell'schen Werkes, im selben Jahre, als dasselbe von deutschen Gelehrten, von Hartung und Ratzel schon verwertet worden war. Allein es mag als ein Beispiel dafür dienen, wie langsam sich Gedanken verbreiten, dass die Tietze'schen Darlegungen selbst von unterrichteten Fachleuten als gänzlich neu bezeichnet wurden,¹⁾ und wenn auch Hartung 1881 allerdings in beiläufiger Weise von der Ansicht, dass die Flüsse hebende Schollen durchschneiden können, bemerkte: „Diese Auffassung wurde von Dr. Hayden zuerst im Jahre 1862 im Americ. Journ. of Sc. and Arts, später im Bericht für 1872 befürwortet und dann von Prof. Powell in seinen Berichten weiter ausgeführt“, so ist dies offenbar Tietze entgangen, denn 1882 noch sprach dieser von der Einführung eines neuen Gesichtspunktes in die Erörterung,²⁾ wie denn auch aus jeder Zeile seiner Abhandlung die Thatsache spricht, dass Tietze, dem die ganze bisher angeführte Literatur unbekannt geblieben war, nicht bloß selbständig jenen Gesichtspunkt gefasst, sondern auch von dessen Originalität völlig überzeugt war.

Er begründete seine Theorie über die Entstehung der Durchbruchthäler in erster Linie durch den Hinweis auf den Mangel einer anderen Erklärungsmöglichkeit, so-

¹⁾ Z. B. in den Verhandlungen der Gesellsch. f. Erdkunde. Berlin 1878, Bd. V, S. 228.

²⁾ Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde, 1881, S. 28.

wie für die angezogenen Beispiele durch den versuchten Nachweis, dass die Flüsse ihr Quellgebiet im Bereiche sehr alter Landstrecken besitzen und durch jüngere Gebirge hindurchfließen. Als Kriterium der älteren Landstrecken dient aber deren geologische Zusammensetzung. Tietze macht darauf aufmerksam, dass namentlich die Flüsse, welche von älterem Gesteine entspringen, in Querthälern Ketten jüngerer Gesteine durchmessen.

Diese Argumentation erscheint auf den ersten Blick plausibel, allein für denjenigen, welcher der Entwicklung der Frage gefolgt ist, fällt eine Thatsache auf, nämlich die, dass Tietze seine Anschauung gerade in entgegengesetzter Weise begründete, als dies von Powell in Nordamerika geschehen war. Letzterer wies darauf, dass der Grand Cañon bei seinem Durchbruche auf immer ältere Schichten gerathe, Tietze lehrt, dass die Flüsse, welche Durchbruchthäler durchmessen, von älteren auf jüngere Gesteine kommen. Wohl ist er sich dabei genau bewusst, dass es sich um das Fließen von einem alten Lande auf ein jüngeres handelt, aber als Kriterium hierfür muss das Alter der auftretenden Gesteine dienen. Nun aber kann ein Gebiet sehr alter Gesteine vorhanden sein, einerseits, weil hier wirklich eine sehr alte Landscholle vorliegt, andererseits, weil durch die Wirkung der Denudation allmählich ganze Schichten entfernt und ältere Gesteine nach und nach bloßgelegt werden, und gerade in diesem Falle kann es, wie G ü m b e l erwähnte und englische Geologen ausführten, zur Bildung von Durchbruchthälern kom-

men, indem das Quellgebiet eines Flusses abgetragen, das Gebiet von dessen Mittellauf aber weniger denudiert wird. Diese Möglichkeit aber ist von Tietze nicht erwogen, gerade sie jedoch drängt sich gegenüber einiger der von ihm geschilderten Beispiele (Riesengebirge) auf, und so fehlt seiner Beweisführung die unbedingte Überzeugungskraft, wie dies so oft mit Theorien der Fall ist, welche nicht an die geschichtliche Entwicklung anknüpfen, sondern frei aufwachsen, unbekümmert um frühere Arbeiten, auf dem Boden einer glücklichen Eingebung. Kein Wunder daher, wenn Tietze's Auseinandersetzungen bald angefochten wurden, allein auch dies geschah auf demselben Boden, auf welchem Tietze sich befand, es wurde nicht an das bereits Geleistete angeknüpft. Bloß Tietze's Arbeiten kennend, ohne von den englischen, indischen und amerikanischen Untersuchungen zu wissen, bestritt Ferd. Löwl die Möglichkeit, dass ein Fluss hebende Schollen durchschneiden könne, und er baute eine bereits von Rütimeyer aufgestellte Theorie weiter aus, nämlich die der rückwärtigen Erosion. Wenn ein Thal eingeschnitten wird, so schreitet dieser Process von unten nach oben, entgegen der Richtung des Flusses vorwärts. Erst müssen die tieferen Partien ausgewaschen sein, ehe die höheren entfernt werden. Wasserfälle und Stromschnellen verlegen sich allmählich rückwärts, sie schreiten zurück. Es sind dies Beobachtungen, welche sehr vielfach gemacht worden sind und namentlich am Niagara-falle angestellt wurden. Auf Grund derselben ent-

wickelte Rütimeyer seine Anschauungen über die Thalbildung, und er wies darauf hin, wie Flüsse also ihre Thäler bis zu ihrer Quelle hin vertiefen; er gieng sogar einen Schritt weiter und zeigte, dass dieser Process sogar zu einer Erweiterung eines Flussgebietes führen könne; wenn nämlich die Vertiefung des Bettes bis zur Wasserscheide vorgeschritten ist, dann wird letztere gleichsam unterminiert, und indem von ihr immer neues Erdreich losbröckelt, wird sie allmählich zurückgedrängt. Ganz ähnliche Auseinandersetzungen finden sich bei Powell, und letzterer betont auf Grund dieser Erscheinungen die Instabilität der Wasserscheiden neben der sonst herrschenden Stabilität, während Topley, dem diese Erwägungen auch nicht fremd sind, nur von einem allmählichen Zurückwandern der Landstufen spricht.¹⁾ Rütimeyer zeigte, wie auf Grund dieses Rückwärtschreitens der Erosion die Flussgebiete mit einander in Collision kämen, wie ein Fluss sich rückwärts bis in das Bereich eines anderen dränge, letzteren an sich risse und gleichsam anzapfe. Diesen Gedanken verwertete Löwl, er deutete die Durchbruchthäler als solche, welche nach und nach ein ganzes Gebirge durchfressen haben.²⁾

Tietze hat seine Ansicht in einem sehr ausführlichen Artikel vertheidigt und auch auf manche Schwierigkeiten der Löwl'schen Auffassung hingewie-

1) Geology of the Weald.

2) Die Entstehung der Durchbruchthäler. Peterm. Mittheilungen, 1882, S. 405.

sen;¹⁾ gleichwohl hat dieselbe später in A. Philippson²⁾ einen neuen Vertreter gefunden. Allein mir scheint, als ob diese Theorie über die Entstehung von Durchbruchthälern nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen zulässig sei. Im allgemeinen wird ein Fluss sein Bett bis zu seinem Ursprung hin vertiefen können, an letzterem selbst endet aber seine Arbeit, denn hier erst beginnt seine Kraft in Wirksamkeit zu treten, wenn er nicht gerade, was später berührt wird, aus einem mächtigen Quellgange entsteht. Wohl kann rings um den Flussursprung herum das von der Wasserscheide (von undurchlässigen Schichten) herabrinnende Wasser eine Abtragung der Umgebung hervorbringen, wohl können die unter einer aus durchlässigen Gesteinen bestehenden Wasserscheide befindlichen kleinen Quellen ihre Decke unterminieren, so dass diese zusammenbricht; allein dies alles geschieht nicht durch die Erosion des Flusses, sondern durch die Denudation, und diese schreitet nicht vom Flussursprunge aus nach einer bestimmten Richtung hin fort, sondern wirkt in der ganzen Umgebung und frisst hier förmliche Mulden aus, wie man solche in allen Quellgebieten beobachten kann.³⁾ Dabei erfährt aber die Wasserscheide

¹⁾ Einige Bemerkungen über die Bildung von Querthälern. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1882, S. 685.

²⁾ Ein Beitrag zur Erosionstheorie. Peterm. Mittheilungen, 1886, S. 67. — Studien über Wasserscheiden. Mittheil. d. Vereins f. Erdkunde. Leipzig 1886.

³⁾ In ausgezeichnete Weise sind diese Verhältnisse jüngst von Hettner, Gebirgsbau und Oberflächengestaltung

eine ganz minimale Verrückung, sie wird aber mehr und mehr abgetragen, und letzterer Umstand erscheint in der That geeignet, ganze Verrückungen im Flusssysteme hervorzubringen, denn Ströme verändern um so leichter ihren Lauf, je weniger hoch ihre Gebiete begrenzt sind. Ist einmal durch anhaltende Arbeit eine Wasserscheide erniedrigt worden, so kann sie einem Flusse das Überfließen in ein fremdes Flussgebiet ermöglichen, und dass es hierbei zur Bildung eines Durchbruchthales kommen kann, habe ich gezeigt, gerade als Löwl und Tietze ihre Controverse ausfochten.¹⁾

Der unmittelbar neben dem Inn gelegene Achensee fließt nicht zu jenem ab, sondern ergießt seine Wässer quer durch die Kalkalpen zur Isar. Ursprünglich ist sein Gebiet dem Inn tributär gewesen, dann aber warf letzterer einen Damm auf, staute die Wässer des Achenseethales zu einem See auf, und letzterer floss über die allmählich sehr erniedrigte Wasserscheide zur Isar ab. Dies erfolgte nicht als Anzapfung eines Flussgebietes durch das andere durch rückwärts schreitende Erosion, sondern durch Überfließen eines Flusses in das Bereich eines anderen. Ein solches Überfließen aber kann aus den mannigfaltigsten Ursachen erfolgen, entweder, indem die Wässer des einen Flusses (wie im genannten Beispiele) zu einem See aufgestaut werden, oder indem der eine Fluss sein Bett so hoch auf-

d. sächs. Schweiz (Forsch. zur deutsch. Landeskunde, Bd. II., S. 342, geschildert worden.

¹⁾ Die Vergletschung der Deutschen Alpen, 1882, S. 159.

schüttet, bis er höher fließt, als die allmählich erniedrigte Wasserscheide liegt. Die allmähliche und local in der Nähe von Quellen besonders verstärkte Erniedrigung von Wasserscheiden ist es also, welche als ein wichtiger Factor der Durchbruchthalbildung noch in Frage kommt, ein Fall, der eine Fülle von verschiedenen Einzelentwicklungen denkbar erscheinen lässt.

Auch weitere Möglichkeiten sind vorhanden. Tietze entwickelt solche am Schlusse seiner zweiten Arbeit über die Bildung der Querthäler. Hier wird sehr ausführlich als hypothetisch der Fall entwickelt, dass ein Fluss auf einer Schotterfläche einschneidet, wobei er leicht eine verschüttete Felsmauer durchschneiden kann, welche letztere später, nachdem die Schotterdecke entfernt ist, von einem Durchbruchthale gequert erscheint; ¹⁾ dieser Fall, den Tietze Anderen zur Prüfung überlässt, war damals schon durch W y n n e bereits für die Salt Range erwiesen worden. Man wird auch Tietze gern beistimmen, wenn er es für möglich hält, dass die unterirdisch, in Höhlengängen circulierenden Gewässer zu einer Durchbruchthalbildung führen können, wenn sie ihre Canäle erweitern, bis deren Decke einbricht, ²⁾ ein Fall, der manche Thalstrecke im Kalkgebirge, manche Cluse des Jura erzeugt haben mag. Gerade aber die Beachtung der unterirdischen Wassercirculation führt zu einer weiteren Würdigung der Theorie

¹⁾ Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1882, S. 764.

²⁾ Ebenda, S. 763.

der rückwärtigen Erosion. Mächtige Quellgänge werden stets durch Einsturz ihrer fortwährend unterminierten Decke das Bestreben erhalten, sich in offene Gerinne zu verwandeln. Jener Fluss also, der aus einer offenen Quelle entspringt, ist in die Möglichkeit versetzt, sein Thal in der Richtung des Quellganges weiter auszudehnen. Die unterirdischen Gewässer strömen aber gelegentlich in anderer Richtung als die oberflächlichen. Dies gilt nicht nur von den in Höhlen dahinfließenden unterirdischen Flüssen, sondern auch von bestimmten quellenspeisenden Abflusscanälen großer Grundwasseransammlungen. Indem solche sich in offene Thäler verwandeln, werden letztere sich auf Kosten und gegen eine oberirdische Wasserscheide ausdehnen, sobald letztere nicht auch in der Tiefe vorhanden ist. Auf diese Weise erklärte Richthofen ¹⁾ das Rückwärtswandern der Lösschluchten Chinas, und so ist es wohl zu erklären, wie manche abflusslose Lössmulden angezapft werden durch rückwärtsschreitende Erosion, die sich an Quellgänge knüpft. Man hat es hier mit einer Art unterirdischen Überfließens zu thun.

Es ist eben die Natur nicht einseitig, sondern eine Vielheit von Processen wirkt oft ein und demselben Ziele zu. Die Neigung der Flüsse, ihr Bett innezuhalten, wenn sie einmal im Einschneiden begriffen sind, führt auf den verschiedensten Wegen zur Bildung von Durchbruchthälern. Schichten werden aufgewölbt,

¹⁾ China, Bd. I, S. 113.

vom Firste rinnen die Gewässer abwärts und graben sich Furchen ein. Allmählich wird das Gewölbe abgetragen, und die Denudation präpariert seine einzelnen Bausteine je nach ihrer Widerstandsfähigkeit heraus, aber unbekümmert hierum bleibt der Lauf der Flüsse bestehen, sie schneiden quer durch aufragende Escarpements hindurch, sie verrathen das geologische Gefälle des Landes. Auf diese Weise dürfte der obere Donaudurchbruch durch den Jura zu erklären sein, in derselben Weise, wie dies von Gumbel für den Altmühdurchbruch vorgeschlagen wurde. In anderen Fällen fließt ein Strom auf einer Ebene dahin, er beginnt einzuschneiden und legt dort ein Thal fest, wo sich zufällig sein Lauf befand. Allmählich wird seine Umgebung denudiert, die weichen Gesteine werden fortgewaschen und die harten bleiben stehen, dabei zeigt sich, dass der Fluss gerade neben weichen Gesteinen sein Bett in härtere eingeschnitten hat. Die Denudation räumt neben seinem Thale eine breite Furche aus, sodass man sich nun verwundert fragt, wie es kommt, dass der Fluss gerade neben einer scheinbar ihm sehr zusagenden Senke dahinfließt. Allein dieselbe ist jünger als der Fluss und sein Thal. In dieser Weise dürften die mittleren Donaudurchbrüche zwischen Ulm und Krems zu erklären sein, entsprechend dem Vorschlage von Wynne für die Thäler der Salt Range und jenem von Emmons für den Green River. (Epigenetische Durchbruchthäler Richthofens.) Endlich aber behält der Fluss seinen Lauf fest dort, wo eine Schwelle sich

quer über sein Bett erhebt. Er schneidet sein Bett ein in dem Maße, als sich die Umgebung hebt, und schließlich sieht man sein früheres Bett hoch über dem heutigen, wie längs des Rheines zwischen Bingen und Bonn. Aber nie floss der Fluss da oben, er floss immer unten im Thale, aber seine Ufer rückten in die Höhe. Auf diese Weise dürften nicht bloß der Rheindurchbruch durch das Schiefergebirge und das Elbethal der sächsischen Schweiz, sondern auch der Donaudurchbruch durch das Eiserne Thor zu erklären sein.

Aber nicht alle Flüsse schneiden sich Thäler ein, zahlreiche schütten ihre Betten auf und sind daher scheinbar nicht befähigt, Durchbruchthäler zu bilden. Und dennoch kann sich die Entstehung von solchen an sie knüpfen. Es erhöht ein Fluss sein Bett so lange, bis er über eine niedrige Wasserscheide quer durch ein Gebirge abfließen kann. So scheint es mit jener Stammader der Fall gewesen zu sein, die einst im schweizerischen Alpenvorlande längs des Jura dahinfloss; dieselbe schüttete ihr Bett auf, bis sie endlich über die niedrigsten Juraketten zur oberrheinischen Tiefebene abfloss. Ein rasches Gefälle auf dieser Strecke ermöglichte ihr eine rasche Thalbildung. Sie durchschnitt den Jura zwischen Schaffhausen und Basel und legte dahinter im weicheren Gesteine die großen Thäler des schweizerischen Hügellandes aus.

Endlich aber knüpfen sich Durchbruchthäler an Seen. Überall, wo Wasser an einem glitzernden Spiegel aufgedämmt ist, sucht es seinen Abfluss einzuschneiden,

sucht es seine Umwallung am niedersten Punkte derselben zu durchbrechen. So entstanden die Durchbruchthäler, welche von den großen noch bestehenden oder schon erloschenen Seen des deutschen Alpenvorlandes ausgehen, so entstanden die Durchbrüche mancher afrikanischer Ströme. Vielfältig wie der Ursprung der Seen wird auch die sich daranknüpfende Entfaltung der Thäler sein, immer aber werden in diesen Fällen, wo es sich um Überfließen von Flüssen oder Seen handelt, vorher existierende, durch die Denudation oder Erosion oder Bewegung der Erdkruste geschaffene Einsenkungen in Betracht kommen, welche in Durchbruchthäler umgewandelt werden; hier knüpft sich die Entwicklung des Flusses an das Thal, während sonst die Bildung des letzteren vom Dasein des Flusses abhängt.

Eine Eigenthümlichkeit wird in sehr vielen Fällen Durchbruchthälern zukommen, nämlich die Neigung zur Stufenbildung, die sich in Stromschnellen und Wasserfällen ihres Flusses äußern kann. Solche werden häufig da eintreten, wo ein Strom eine bereits bestehende Thalflucht in ein Durchbruchthal verwandelt hat, ohne dass er Zeit gefunden hätte, alle Ungleichheiten von deren Gefäll auszugleichen. In der That finden sich vielfach Stromschnellen und Wasserfälle an Seeabflüssen und charakterisieren die meisten Seengebiete der Erde. Aber auch dort, wo ein Thal bei seiner Vertiefung zufällig auf einen festen Riegel getroffen ist, pflegen sich derartige Stufen begleitet von Cascaden oder Katarakten einzustellen. Endlich aber werden

solche dort vorhanden sein, wo ein Strom eine noch in Hebung begriffene Scholle durchschneidet, wie von E. Brückner¹⁾ gezeigt ist. Aber diese Erscheinungen müssen nicht nothwendigerweise alle Durchbruchthäler auszeichnen. Ungleichheiten im Flussgefälle sind nicht beständig, unablässig arbeitet das Wasser an ihrer Wegräumung, und wie es Seen zuschüttet, so trägt es Thalstufen ab. Seen und Wasserfälle verschwinden gleich rasch, und sie zeichnen nur unfertige Thäler aus. Das Auftreten von Wasserstürzen und Stromschnellen in Durchbruchthälern bildet eine Andeutung für deren jugendliches Alter, sie zeigen an, dass die Bildung des Durchbruches noch nicht vollendet ist.

Wir sind zu folgender Systematik der Durchbruchthäler gelangt:

A) Erosionsfurchen alter Flüsse:

1. In hebenden Schollen (Römer), Falten (Medlicott, Hayden).
 2. In Denudationsgebieten entstanden durch:
 - α) Intensive Abtragung des Quellgebietes (Gümbel); geologische Gefällsthäler.
 - β) Ungleiche Abtragung einer Abrasionsfläche (Jukes);
 - γ) Gänzliche Abtragung einer Accumulationsfläche (Wynne)
- } Circumdenudationsthäler.

¹⁾ Die Vergletscherung des Salzachgebietes, S. 99. Geographische Abhandlungen, I, 1. Wien 1886.

B) Überflusssfurchen junger Flüsse, ursprünglich sich knüpfend an eine locale Erniedrigung der Wasserscheide

1. von Seeabflüssen (Achensee),
2. von accumulierenden Flüssen.

C) Bloßgelegte Quellgänge.

Seit einem Jahrhundert fast ist von den verschiedensten Seiten daran gearbeitet worden, die verschiedenen Möglichkeiten der Bildung von Durchbruchthälern zu erörtern, und es ist ein interessantes Stück Geschichte der Wissenschaft, welches die Literatur hierüber offenbart. Sollten zuerst gewaltige Fluten die Gestaltung der Erdoberfläche besorgen, so setzte man später an deren Stelle gewaltige Berstungen der Erdkruste. Allmählich lernte man erkennen, dass kleine Kräfte im Laufe der Zeiten Großes zu leisten vermögen, man lernte die Arbeit würdigen, die ein Rinnsal, ein Bach, ein Strom vollziehen, man lernte einsehen, dass die Erdkruste nicht bloß gewaltige Revolutionen, sondern auch eine Entwicklung erlitten hat. Man lernte das Wechselspiel von Thal- und Gebirgsbildung abwägen; an verschiedenen Orten, zu verschiedenen Zeiten entsteht derselbe Gedanke, große Geister fassen ihn, ihrer Zeit vorausseilend, er wird dann ausgebaut und schließlich noch einmal entdeckt. Es bildet eben die Entwicklung der Wissenschaft nicht eine einheitliche Bewegung. Die Arbeit des einen setzt nicht immer an die des andern an. Unfruchtbar bleiben zahlreiche

Gedanken, weil der Boden noch nicht vorbereitet ist, auf welchem sie reifen, und ist der Boden einmal gegeben, so fliegen die Gedanken an wie Samen auf einer Rodung. Es braucht aber selbst in unserer Zeit der Eisenbahnen und Telegraphen ganze Jahre, bis sich manche Gedanken verbreiten; die verschiedensprachigen Literaturen laufen oft scharf gesondert nebeneinander, wie die englische und deutsche über die Durchbruchthäler, denn nur wenigen ist es vergönnt, der gesammten Weltliteratur auch nur in einer Frage zu folgen. So kommt es denn vielfach, dass sich an bestimmte Länder und bestimmte Völker gewisse Ideenkreise knüpfen, dass die Wissenschaft national wird. Aber allmählich lernt ein Volk von dem andern, und die Gedanken und Ergebnisse werden nach und nach Gemeingut der Menschheit. Die Geschichte der Wissenschaft aber enthüllt, was der Einzelne, was ganze Völker zu ihrer Entwicklung beigetragen haben. Sie zeigt das Bild eines Stromes, welcher scheinbar einheitlich dahinströmt, aber bei näherer Betrachtung sich in eine Menge von Wirbeln zerlegt. In diesen Wirbeln spielen sich die einzelnen Ideenkreise ab: erst geht es vorwärts, dann steht es still, dann geht es rückwärts, und so geht es oft lange Zeit im Kreise umher, bis ein neuer Wasserschwall, bis ein neuer Gedanke den Wirbel zerstört. Aber nicht zu häufig kommt ein solcher neuer Impuls. Wirklich neue Gedanken werden nur selten gefasst.
