

des Polzen im böhmischen Mittelgebirge etwa durch Lücken der vulkanischen Aufschüttung vorgezeichnet sind, ob in Böhmen in jungtertiärer oder quartärer Zeit ein See bestanden hat, ob ein anderer Lauf der Elbe vorhanden war, diese und andere Fragen können doch nur durch eine eingehende Untersuchung an Ort und Stelle beantwortet werden, welche uns allzuweit über die Grenzen unseres Untersuchungsgebietes hinausführen würde.

## IX. Die Gründe.

Die Elbe und ihre Nebenflüsse fließen längst nicht mehr auf der ursprünglichen Sandsteintafel, auf welcher sie nach dem Rückzuge des Kreidemeeres und vielleicht auch noch nach der Bildung der heutigen Gebirge ihren Lauf nahmen, ihre engen und steilwandigen Thäler, die man in der sächsischen Schweiz passend als Gründe bezeichnet, sind vielmehr in weite Platten, die Ebenheiten, eingesenkt, über welche sich dann erst die höheren Felswände und Steine erheben. Erwies sich uns die Anordnung und der Grundriss der Wasserläufe zwar im grossen und ganzen durch Schichtenneigung und Verwerfungen bedingt, aber im einzelnen von Ablösungsflächen oder Spalten unabhängig, so lässt sich auch der Aufriss, besonders das Längsprofil, derselben nur verstehen, wenn wir dieselben als Bildungen des fliessenden Wassers auffassen.

Die Elbe fällt während ihres ganzen,  $44\frac{1}{2}$  km langen Laufes durch die sächsische Schweiz nur 10,7 m, da ihr Pegel bei Tetschen in 121,5 m, bei Pirna in 110,8 m Meereshöhe liegt; sie hat also ein mittleres Gefäll von 1:4112<sup>1)</sup>. Der Anstieg der Platte, in welche sie eingesenkt ist, ist nach S hin viel bedeutender, so dass ihre Gehänge nach aufwärts ganz beträchtlich höher werden. Die grösseren Nebenflüsse, die Kamnitz, Kreibitz, Kirnitzsch, Sebnitz, Polenz, Wesenitz und Gottleuba, haben schon ein viel steileres Gefälle, aber sie bilden doch noch während ihres ganzen Laufes durch die sächsische Schweiz ausgesprochene Thäler; wenn wir dagegen den kleineren Bächen aufwärts folgen, so gelangen wir nach einem steilen Anstiege entweder, wie am Uttewalderbach, Amselbach, an den Thürmsdorfer Bächen, dem Krippenbach, ja selbst der Biela, auf die horizontale oder sanft geneigte Hochfläche, auf welcher der Bach träge dahinschleicht, oder, wie am Kleinen Zschand, Heringsgrund und zahlreichen anderen Bächen des rechten Elbufers, an senkrecht aufsteigende Felswände, von welchen nur noch Regenwasser herabtropft.

<sup>1)</sup> Ueber Berg und Thal. Zeitschr. des Gebirgsvereins f. d. sächs. Schweiz, I, S. 272, nach Angaben der Wasserbaudirektion.

Es besteht also ein ganz bestimmtes Verhältnis zwischen den Thälern oder Schluchten und den Bächen, welche sie beherbergen. Je grösser der Bach ist, um so steiler steigt der Thalboden an. Wären die Thäler Spalten, so wäre diese Beziehung rein zufällig, denn warum hätte nicht ebensogut die Polenz in die kleine Spalte des Amselgrundes, und der Amselbach in die grosse Spalte des Polenzthales fallen sollen? Einschnitte des fliessenden Wassers dagegen müssen, wenn ihre Erosion durch den gleichen Umstand, in diesem Falle die Bildung des Elbthales, erweckt worden ist, und die übrigen Bedingungen gleich sind, um so länger und tiefer sein, je grösser die Wassermenge ist, denn die Arbeitskraft des Wassers nimmt mit der Wassermenge zu.

Woher kommt es aber, dass der Anstieg nicht gleichmässig bis zur Quelle stattfindet, sondern dass auf eine Strecke steilen Gefälles vielfach ein träger Lauf auf der Hochfläche folgt? Man hat die Erscheinung seit langem durch die Analogie des Niagarafalles erklärt, welcher sich, wie uns besonders die schönen Untersuchungen von Lyell<sup>1)</sup> gelehrt haben, früher ungefähr 12 km weiter abwärts bei der Stadt Lewiston befand, im Laufe der Zeit bis zu seinem gegenwärtigen Orte zurückverlegt worden ist und auch jetzt noch jährlich um einen messbaren Betrag zurückschreitet. Auch die Elbe, so haben Gutbier, Cotta, H. Credner u. a. (vgl. S. 314 [70]) ausgeführt, stürzte einst bei Pirna in einem Wasserfalle von der dort gelegenen breiten Sandsteinstufe hinab und hat diesen Wasserfall allmählich rückwärts verlegt, bis die ganze sächsische Schweiz und das böhmische Mittelgebirge durchschnitten waren. Sobald der Einschnitt bis zur Mündung eines Nebenflusses fortgeschritten war, eröffnete dieser den gleichen Prozess. Die grösseren Flüsse haben denselben, ebenso wie die Elbe, bereits vollendet; bei den kleineren dagegen liegt der Oberlauf auch heute noch auf der Höhe der Tafel.

Diese Auffassung hat neuerdings durch Philippson<sup>2)</sup> eine scharfe theoretische Begründung erhalten. Ein Fluss kann nur dann erodieren, d. h. sein Bett tiefer legen, wenn er allen von oberhalb oder durch Verwitterung zugeführten Schutt fortzuschaffen vermag und noch Kraft übrig behält, um den Boden seines Bettes anzunagen. Je grösser die Wassermenge ist, ein um so kleineres Gefälle ist dazu nötig, aber wenn dieses unter einen gewissen Betrag herabsinkt, stellt auch der grösste Fluss die Thätigkeit des Einschneidens ein. Im Inneren von Tafelländern oder anderen Hochflächen ist dieser Fall thatsächlich vorhanden; statt einzuschneiden, müssen die Flüsse und Bäche hier sogar häufig einen Teil des mitgeführten Materials ablagern. Nur an den Rändern, besonders wenn dieselben durch steile Stufen gebildet werden, kann die Erosion einsetzen, und zwar mit besonderer Energie einsetzen, weil hier eine grosse Wassermenge und starkes Gefälle vereinigt wirken. Der Fluss schneidet daher verhältnismässig rasch bis zu der Tiefe ein, welche seiner Wassermenge entspricht; die Stufe und damit die Zone

<sup>1)</sup> Lyell, Principles of geology, 11<sup>th</sup> ed., S. 354 ff.

<sup>2)</sup> Philippson, Ein Beitrag zur Erosionstheorie. Peterm. Mitteil. 1886, S. 76.

energischer Erosion schreiten thalaufwärts vor (s. Fig. 4). Aber wie schon die Verwitterung bestrebt ist, senkrechte Felswände in steil geneigte zu verwandeln (vgl. S. 296 [52]), so wird erst recht ein Bach oder Fluss im Laufe der Zeit Katarakte und Stromschnellen an Stelle des Wasserfalles setzen. Dieser wird sich bei der Rückwärtsverlegung nur in dem Ausnahmefalle erhalten, dass harte Gesteinsbänke über weichen lagern, wie es am Niagara der Fall ist<sup>1)</sup>. So häufig die zur Hochfläche oder zu alten Thalböden hinaufführenden Zonen steilen Gefälles in der sächsischen Schweiz auch sind, so sind dieselben doch nur selten als Wasserfälle ausgebildet.

Etwas anders muss sich der Erosionsprozess bei Regenschluchten in abflusslosem Gebiete gestalten (s. Fig. 5). Das abfließende Regen-

Fig. 4.

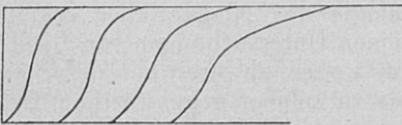
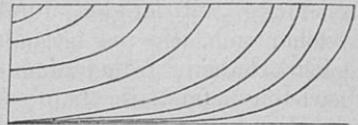


Fig. 5.



wasser ist zunächst nur ein unbedeutender Faden, der daher auch nur wenig einschneiden kann. Erst durch die Thätigkeit des Einschneidens selbst wird die Wassermenge vermehrt und damit die Möglichkeit tieferen Einschneidens gegeben. Die Ausbildung der Schlucht schreitet daher nach hinten und nach unten in einem konstanten Verhältnis fort, der Aufriss der Schlucht ist, wenn keine besonderen Unregelmässigkeiten eintreten, in jedem Momente durch die vorhandene Wassermenge bestimmt, d. h. er bildet eine nach oben ganz regelmässig ansteigende Kurve, deren mittlere Neigung um so kleiner ist, je grösser die gesamte Wassermenge. Ist die Basis der Schlucht bis zum Fusse der Wand hinabgelegt worden, so erfolgt die Fortbildung nur noch nach hinten und zwar langsamer als vorher, weil sich der Neigungswinkel der Kurve nur in dem gleichen Verhältnis weiter vermindern kann. Der Boden der Schlucht hat jetzt dieselbe Gestalt gewonnen, welche der Thalboden eines gewöhnlichen Baches von gleicher Wassermenge bei Vollendung des Einschneidens haben würde, aber der Weg, auf welchem dieses gleiche Ziel erreicht worden ist, ist bei beiden ein ganz verschiedener gewesen.

Mittelbar werden diese Regenschluchten auch für die Thäler wichtig, denn an jedem Thalrande wird ihre Bildung eingeleitet und dadurch die Wassermenge der Bäche beständig vermehrt. Philippson (a. a. O. S. 76 f.) hat die Meinung ausgesprochen, dass das Thalprofil, welches die Entwicklung jedes Tafellandbaches kennzeichnet, zur Dauerbildung werden könne, d. h. dass es Gebiete geben könne, welche von der Erosion überhaupt nicht erreicht werden, wenn nämlich die Wassermenge der Bäche zu gering sei, um den Transport fester Materialien

<sup>1)</sup> Vgl. Lyell a. a. O., Löwl, Studien über Thalbildung. Prag 1884, S. 52. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde S. 276.

von der Quelle bis zur Mündung zu ermöglichen. Dieser Fall wird aber nur in regenlosen Klimaten eintreten können; unter gewöhnlichen Umständen birgt ein Tafelland in seinen inneren Teilen immer noch Wasser, welches gegenwärtig einsickert, aber durch die Erosion zum Abfluss gebracht werden kann, so dass jedes Einschneiden Vermehrung der Wassermenge bewirkt und damit die Möglichkeit neuer Erosion enthält. Der Erosionsprozess kann zuletzt ein sehr langsamer werden, aber er kann nicht zum Stillstande kommen, bevor er nicht jeden Winkel in sein Bereich gezogen hat.

Wir sind bisher von der Voraussetzung ausgegangen, dass der Stufenrand der sächsischen Schweiz fertig vorhanden gewesen sei, als die Erosion einsetzte. Aber es ist fraglich, ob diese Voraussetzung richtig ist. Namhafte Forscher meinen, dass der Einschnitt des Hauptthales immer schon gleichzeitig mit der Emporhebung der Gebirge erfolgt sei (vgl. S. 315 [71] f.), und auch abgesehen davon ist die Möglichkeit vorhanden, dass der Stufenrand eines Tafellandes in Absätzen oder ganz allmählich entsteht oder wenigstens entblösst wird. Dem Wesen nach gestaltet sich der Erosionsvorgang dadurch nicht anders, aber an die Stelle eines einheitlichen Aktes tritt eine Reihe kleinerer Akte oder auch eine unendliche Wiederholung unendlich kleiner Akte derselben Art.

Es wäre möglich, dass gewisse Unregelmässigkeiten, welche wir im Verlaufe der Thalkurven bemerken, hiermit in Zusammenhang stehen. Ein gutes Hilfsmittel für das Studium derselben wird uns durch die Höhenlinien der Messtischblätter der sächsischen Generalstabkarte (1:25000) gewährt. Schon ein Blick auf die bald dichtere Aneinanderdrängung, bald weitere Entfernung der Höhenlinien genügt, uns von dem Vorhandensein solcher Unregelmässigkeiten zu überzeugen, zu einem genaueren Studium aber muss man die Entfernungen derselben abmessen und daraus die Gefällszahlen berechnen.

In den kleineren Gründen führt uns meist unmittelbar von der Elbe oder einem der grösseren Nebenthäler ein steiler Anstieg zum flacheren Thalboden hinauf, der aber noch nicht auf der Hochfläche liegt, sondern in dieselbe eingesenkt und mit ihr durch einen neuen steilen Anstieg verbunden ist. Zwei kleine Schluchten am Grahlstein südlich von Rathen haben auf die ersten 250 m einen Anstieg von 40 m, nämlich von 110 auf 150 m, während man erst in einer weiteren Entfernung von 950 m die nächsten 30 m, nämlich zu 180 m emporsteigt. Auf ein Gefäll von 1:6 folgt demnach ein Gefäll von 1:32. In dem schon viel bedeutenderen Zahngrunde östlich von Schandau erheben wir uns in den ersten 600 m um 55 m (von 115 auf 170 m, Gefälle 1:11), in den darauf folgenden 470 m nur um 10 m (1:47) und den nächsten 440 m um 20 m (180—200 m, 1:22). Auch in dem nach E sich anschliessenden Wenzelsgrunde dauert dieses verhältnismässig geringe Gefälle fort. Der etwas vorher, bei 180 m, einmündende Schiessgrund dagegen führt uns in den ersten 170 m gleich um 30 m, nämlich zu 210 m, aufwärts (Gefälle 1:6), während die nächsten 30 m Erhebung (zu 240 m) auf einen Abstand von 560 m (1:19) erfolgen und daran sich erst der Anstieg zur Hochfläche anschliesst. Desgleichen beginnen viele Nebengründe des Kirnitzschthales mit einer Stufe. Der Münzbach

zeigt auf die ersten 120 m ein Gefälle von 1 : 4, auf die nächsten 180 m dagegen nur von 1 : 18 und auf die darauf folgenden 1170 m 1 : 23. Im Kleinen Zschand zeigen die ersten 80 m 1 : 4, die darauf folgenden 1120 m 1 : 56 u. s. w. Im Grossen Zschand ist die Stufe etwas weiter zurückgeschoben und etwas weniger steil, aber doch auch deutlich vorhanden. Dagegen fehlt sie in dem bei Hinter-Dittersbach mündenden Böhmergrund und den benachbarten Gründen vollständig; dort finden wir in den ersten 2850 m ein Gefälle von 1 : 116, das nach aufwärts ganz allmählich grösser wird. Dafür tritt aber zwischen der Mündung des Grossen Zschand und der Mündung des Böhmergrundes im Kirnitzschthale selbst eine Stufe auf. Zwischen den Höhenlinien von 210 und 230 m ist das Gefälle daselbst plötzlich auf 1 : 70 gesteigert, während es zwischen 190 und 210 m 1 : 197 und zwischen 230 und 250 m 1 : 245 beträgt. Auch abwärts von 190 m wechseln steilere und flachere Stellen miteinander ab, da wir das Gefälle zwischen 190 und 170 m gleich 1 : 92, zwischen 170 und 150 m gleich 1 : 158, zwischen 150 und 130 m gleich 1 : 249, zwischen 130 m und der bei 115 m gelegenen Mündung in die Elbe gleich 1 : 156 finden.

Es sind verschiedene Ursachen denkbar, welche einen derartigen Wechsel steilerer und flacherer Strecken des Thalbodens veranlasst haben können<sup>1)</sup>. Wir haben gesehen, dass trotz der scheinbaren Gleichartigkeit manche Sandsteinbänke der Verwitterung geringeren Widerstand leisten als andere, und so könnte auch das Einschneiden der Flüsse in ihrem Bereiche in schnellerem Tempo geschehen; manche geringere Gefällswchsel, namentlich beim Uebergange der Täler aus dem Granit und Gneiss in den Sandstein sind auch wohl auf diese Ursache zurückzuführen. Die Vermehrung der Wassermenge, auf welcher neben der Beschleunigung durch die Schwere und der dadurch vermehrten Geschwindigkeit die Zunahme der Wasserkraft nach abwärts beruht, geht nicht gleichmässig vor sich, sondern erfolgt hauptsächlich an der Mündung der Nebenbäche, so dass der Flusslauf vielfach aus einer Reihe kleiner Kurven zusammengesetzt erscheint, deren Bruchstellen mit den Mündungen zusammenfallen. Unter Umständen wird der Nebenbach jedoch auch mehr Schutt herbeibringen, als der Fluss zu bewältigen vermag, und dadurch eine Stauung bewirken. Auch durch Bergstürze erfolgen mitunter an einer Stelle des Thales reichlichere Schuttanhäufungen, so dass der Fluss aufgestaut wird und oberhalb des Schuttkegels ein geringeres, unterhalb ein stärkeres Gefälle erhält. Diese Ursache scheint sich besonders leicht am unteren Ende von Kesseln geltend zu machen, wo viele Schluchten zusammenmünden. Im kleinen Dom (zwischen Schandau und Winterberg) finden wir am Fusse senkrechter, amphitheaterförmiger Felswände einen beinahe ebenen sandigen Boden; der Ausgang wird durch eine kleine Schlucht gebildet, die von zahlreichen grossen Felsblöcken erfüllt ist. Ein solcher sandiger Kesselboden darf natürlich nicht mit den felsigen und häufig von kleinen Seen erfüllten Böden der alpinen Kare, der norwegischen Botner und pyrenäischen Zirkusthäler verwechselt werden, bei deren Bildung wahrscheinlich das Eis eine wichtige Rolle spielte.

<sup>1)</sup> Vgl. v. Richthofen, Führer S. 198 ff.

Aber die grösseren, fast in keinem Thale fehlenden Stufen lassen sich weder durch Unterschiede in der Härte des Gesteins noch durch örtliche Schuttanhäufungen noch durch Unregelmässigkeiten der Wasservermehrung erklären. Ueber diese Stufen sind wir zuerst durch die schönen Untersuchungen Rütimeyers im Gebiete der Reuss und des Tessin <sup>1)</sup> aufgeklärt worden. Rütimeyer zeigte, dass die flachen Thalböden sich unterhalb der sie abschneidenden steilen Stufen als Gehängeterassen in derselben langsam sich vermindernenden Höhe fortsetzen, und dass die Terrassen der Nebenthäler genau auf die Terrassen der Hauptthäler treffen. Er schloss daraus mit Recht, dass die Flüsse längere Zeit in jenem Niveau geflossen seien, dass die Erosion dann aus irgend einem Grunde von neuem erwacht sei, aber die Arbeit des Rückschneidens an den meisten Stellen noch nicht vollendet habe, und dass auch nach dem Wiedereinschneiden die älteren Thalböden als Gehängeterassen erhalten geblieben seien. Denn Thalböden, auf welchen der Fluss längere Zeit verharrete, sind stets verhältnismässig breit, nicht weil die seitliche Erosion während der Ruhepausen an sich stärker ist als während des Einschneidens, sondern weil sie ihre Kraft länger an derselben Stelle üben kann, und weil sich auch an den Mündungen der Nebenflüsse nur in diesem Falle flache Schuttkegel bilden können.

Die nähere Untersuchung der Thalterrassen der sächsischen Schweiz von diesem Gesichtspunkte aus muss einem späteren Kapitel überlassen bleiben. An dieser Stelle dagegen haben wir in den heutigen Thalböden der Elbe und ihrer Nebenflüsse die Anzeichen eines solchen Ruhezustandes zu verfolgen. Bei rückläufiger Erosion muss derselbe im unteren Teile der Thäler immer verhältnismässig rasch eintreten, ausser wenn etwa das Mündungsniveau des Flusses und die klimatischen Verhältnisse grösseren Veränderungen unterworfen sind. Die Thalsohle der Elbe zeigt sowohl an der inneren Seite der Krümmungen, bei Rathen, Königstein, Niedergrund und Rasseln, wie an der Mündung mehrerer Nebenflüsse, der Kirnitzsch, des Lachsbaches, des Uttewalderbaches u. a. kleine Flachböden, wie sie sich während energischen Einschneidens kaum bilden können. Von den Nebenthälern zeigt die, allerdings kaum noch der sächsischen Schweiz angehörige, Gottleuba diese weite Thalsohle am besten entwickelt, aber auch die Polenz wird auf ihrem ganzen Laufe durch die sächsische Schweiz von ebenen Wiesenböden begleitet. Das Thal der Kamnitz verengt sich auffälligerweise schon bald oberhalb der Mündung zu einem engen Felsenschlunde, in welchem nicht einmal ein Weg hat geführt werden können, und erweitert sich erst bei der Mündung der Kreibitz, wo wir einen alten Thalboden erreichen. Im Kirnitzschthale hat die seitliche Erosion schon grössere Erfolge zu verzeichnen; oft hat sich der Fluss hart an die eine Thalseite gedrängt, den Fusskegel zerstört und durch Unterwaschung glatte senkrechte Felswände erzeugt. Am meisten entwickelt sind die Flachböden an den beiden Stellen, wo die Kirnitzsch im Granitgebiet fliesset, wahrscheinlich weil ihr Lauf hier gerade ziemlich gekrümmt ist. Weiter oberhalb treten wir in ein enges Felsenthal, das sich erst auf

<sup>1)</sup> Rütimeyer, Ueber Thal- und Seebildung, 2. Aufl. Basel 1874.

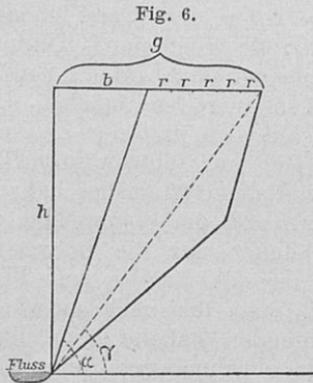
dem alten Thalboden bei Hinter-Dittersbach wieder für eine Strecke von ungefähr 2 km erweitert. Dann folgt bei nordsüdlichem Laufe die besonders enge und romantische Partie der oberen Schleuse, während die ostwestlich gerichtete Laufstrecke oberhalb Hinter-Daubitz wieder einen etwas weiteren Thalboden zeigt, ohne dass sich diese Thalerweiterung auch in den Gefällsverhältnissen widerspiegelte. Der Thalboden der Biela verengt sich schon 1 km oberhalb Königstein und bewahrt diese Enge für  $6\frac{1}{2}$  km, nämlich bis Brausenstein, wo wir einen alten sanft geneigten Thalboden betreten. Thalaufwärts wird derselbe immer breiter, bis wir den weiten, von steilen Felswänden umgebenen Kessel von Eiland erreichen.

Wesentlicher noch für den landschaftlichen Eindruck der Täler als die grössere oder geringere Weite des Thalbodens ist die grössere oder geringere Steilheit der Thalgehänge. Wenn die Erosion der Flüsse oder Bäche allein wirksam wäre, so würden sämtliche Täler und Schluchten enge Schlünde mit senkrechten Wänden sein. In losen Sanden und ähnlichen Massen hat das Einschneiden allerdings sofort Gleitbewegungen im Gefolge, welche andauern, bis die Neigung des Abhanges der natürlichen Böschung der Masse entspricht; aber der Quadersandstein mit seiner quaderförmigen Absonderung ist sehr wohl imstande, senkrechte Wände zu bilden. Nur dadurch, dass die Verwitterung den Zusammenhang der Sandkörner und der Quaderblöcke lockert, und die Schwere oder das Regen- und Sickerwasser dieselben zu Fall bringt, geht hier, wie in den meisten anderen festen Gesteinen, der schlundartige Charakter der Täler verloren, gehen die Gehänge aus ihrer senkrechten Stellung in eine weniger steil geneigte Lage über, kommen die oberen Thäländer nicht mehr senkrecht über, sondern mehr oder weniger zur Seite der Thalaue zu liegen.

Wir sehen zunächst von den grösseren Lücken der Thalwände ab, welche selbst kleine Täler sind, und fassen den mehr gleichmässigen Angriff der Thalwände durch die Verwitterung ins Auge. Die Verwitterung ist überall ebenso alt wie die Erosion, sowohl Verwitterung wie Erosion arbeiten immer weiter, aber an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten mit sehr verschiedener Kraft, so dass das Kräfteverhältnis ein überaus wechselndes ist.

Bei eigentlichen Thälern wird eine hohe Thalwand in einem sehr kurzen Zeitraume gebildet (vgl. S. 319 [75] f.), in welchem die Verwitterung nur eine sehr unbedeutende Arbeit zu leisten vermag. Die Täler haben also alle wirklich einmal die Form eines mehr oder weniger tiefen Schlundes besessen, der erst später durch die Verwitterung mehr oder weniger erweitert worden ist. Grosse Strecken des Kamnitzthales sowie das Kirnitzschthal oberhalb Hinter-Dittersbach stellen auch heute noch ziemlich enge Schlünde dar. Bei den Regenschluchten dagegen erfolgt der Einschnitt und damit die Bildung der Wände allmählich, die Erweiterung erfolgt also gleichzeitig mit der Vertiefung, der Erosionsschlund ist also nie thatsächlich vorhanden, die Schluchten stellen vielmehr in jedem Momente weitere Furchen dar. In dem Felseengebiete östlich von Schandau, wo fast alle Vertiefungen Schluchtencharakter tragen, begegnen wir daher keinen engen Schlünden, sondern breiteren, mehr kesselartigen Lücken.

Die Abtragung der senkrechten Thalwände durch die Verwitterung beginnt an der oberen Kante und schreitet sehr schnell nach unten, viel langsamer nach hinten fort, in einem, durch den Neigungswinkel  $\alpha$  (vgl. Fig. 6) ausgedrückten Verhältnis, welches namentlich durch die



Gesteinsbeschaffenheit und den Wasserzufluss bedingt ist. Der Schutt fällt zunächst in den Fluss und wird durch denselben fortgeführt, bis der Angriff der Wand den Thalboden erreicht hat. Der horizontale Abstand  $b$  der oberen Kante von dem Fluss ist in diesem Momente durch die Höhe der Wand  $h$  und den natürlichen Neigungswinkel des Gesteins  $\alpha$  bestimmt:  $b = h \cotang \alpha$ , d. h. er ist ceteris paribus um so grösser, je höher die Wand ist. Bei der weiteren Rücklegung der Wand kann natürlich kein horizontaler Zwischenraum zwischen ihr und dem Flusse bleiben, es bildet sich vielmehr der Fusskegel aus, auf welchem das spülende Wasser den im oberen Teile der Wand gebildeten Schutt hinabführt, und der um so flacher wird, je weiter die Wand zurückverlegt wird (vgl. S. 301 [57] f.). Wenn wir die Schnelligkeit der Rückverlegung durch die Grösse  $r$  messen, welche von der Höhe der Wand völlig unabhängig ist (vgl. S. 135 [58]), so ist der Abstand der Felskante vom Fluss oder die Breite des Gehänges  $g$  nach Ablauf der Zeit  $t$  (von der Herstellung des Gehänges  $AB$  an gerechnet)

$$g = b + t.r = h \cotang \alpha + t.r.$$

Je grösser also  $t.r$  ist, d. h. je längere Zeit seit dem Beginne der Verwitterung verflossen ist, oder je rascher die Verwitterung fortschreitet, um so mehr verwischt sich der Einfluss der Höhe der Wand. Für die Neigung  $\gamma$  des Gehänges gilt

$$\cotang \gamma = g : h = \cotang \alpha + \frac{t.r}{h}.$$

$\gamma$  ist also um so grösser, je grösser  $h$  ist, aber der Einfluss von  $h$  wird gleichfalls mit der Zeit und mit der Stärke der Verwitterung geringer.

Die Verwitterung setzt im allgemeinen infolge der rückläufigen Erosion im unteren Teile der Täler eher ein als im oberen, ihr An-

griffspunkt schreitet bei grösseren Flüssen schneller aufwärts als bei kleineren;  $t$  wird also flussaufwärts immer kleiner. Wenn die Oberfläche horizontal ist, so geht die Verkleinerung von  $h$  damit Hand in Hand. Die Breite der Gehänge  $g$  wird in diesem Falle also aus doppeltem Grunde verkleinert, der Neigungswinkel wird grösser oder kleiner, je nachdem die Höhe der Wand  $h$  oder die Dauer der Verwitterung  $t$  in höherem Grade zunehmen. Unmittelbar nach dem Einschneiden wird im allgemeinen der Einfluss von  $h$  überwiegen, mit der Zeit wird sich  $t$  mehr und mehr geltend machen, d. h. die Gehänge werden zuerst verhältnismässig steil sein, mit der Zeit aber flacher werden.

Diese Sätze lassen sich nur schwer durch Beispiele aus der Natur zahlenmässig belegen, weil die Gesteinsbeschaffenheit und der Wasserzufluss störend einwirken, weil der oberste Teil der Gehänge oft ganz flach zurückweicht und daher nur die in wechselnder Höhe liegende Felskante eine Messung ihres Abstandes vom Flusse oder der Thalaue erlaubt. Ungefähr wird man die nach aufwärts abnehmende Breite der Gehänge in der folgenden Tabelle über den Uttewaldergrund erkennen können; auch die gleichmässige Steilheit der Gehänge tritt hier zu Tage, mit Ausnahme des ersten Punktes, an welchem der obere Teil der Gehänge aus besonderen Gründen abgetragen ist.

	Meereshöhe des Thalbodens.	Meereshöhe der Thalränder.	Höhe der Gehänge $h$ .	Abstand der Thalränder $d$ .	Breite der Thalaue.	Breite jedes Thalgehanges $g$ .	$h : d = 1 :$	$h : g = 1 :$
oberhalb Wehlen . . . . .	160 m	200 m	40 m	160 m	20 m	75 m	4.0	1.9
Mündung des Zscherreggrundes	175	220	45	110	10	50	2.4	1.1
Felsenthor . . . . .	187	220	33	70	10	30	2.1	0.9
nördl. Uttewalde . . . . .	197	220	23	50	10	20	2.2	0.9

In den meisten Fällen ist aber die Platte, in welche das Thal eingesenkt ist, nicht horizontal, sondern in derselben Richtung wie das Thal selbst und zwar mitunter in stärkerem Grade als dieses geneigt. Die grössere Höhe der Thalwand im oberen Teile wird dann das spätere Einsetzen der Verwitterung ausgleichen und sogar übertreffen können, wie uns besonders deutlich die Elbe selbst lehrt, deren Vergleich mit dem Uttewaldergrunde zugleich den Einfluss der Grösse des Thales erkennen lässt.

	Meereshöhe des Thalbodens.	Meereshöhe der Thalränder.	Höhe der Gehänge $h$ .	Abstand der Thalränder $d$ .	Breite der Thalaue.	Breite jedes Thalgehanges $g$ .	$h : d = 1 :$	$h : g = 1 :$
oberhalb Pirma . . . . .	110 m	160 m	50 m	560 m	360 m	100 m	11.2	2.0
Zeichen . . . . .	110	200	90	550	180	175	6.1	2.0
oberhalb Königstein . . . . .	114	220	106	760	340	210	7.1	2.0
Postelwitz . . . . .	115	240	125	630	310	160	5.0	1.3
Schmilka . . . . .	115	240	125	620	280	170	5.0	1.4
oberh. Herrnskretschchen	115	250	135	550	180	185	4.1	1.3
Niedergrund . . . . .	115	300	185	880	320	280	4.7	1.5
unterhalb Czirte . . . . .	115	350	235	940	260	340	4.0	1.4
Mittelgrund . . . . .	115	390	275	1350	300	525	4.9	1.9

Fliesst der Fluss nicht senkrecht auf die Streichrichtung einer geneigten Platte, sondern derselben mehr oder weniger parallel, wie die Elbe unterhalb Herrnskretsch oder der Cunnersdorfer Bach unterhalb Cunnersdorf, so tritt eine Verschiedenheit nicht zwischen den aufwärts und abwärts gelegenen Strecken, sondern zwischen den beiden Thalseiten ein. Der geringe Höhenunterschied ist allerdings von keiner Bedeutung, aber durch die Neigung der Platte, namentlich wenn dieselbe mit einer Schichtenneigung verbunden ist, werden Wasserzufluss u. dgl. bedingt (vgl. S. 304) [60]. Es wird daher nicht nur die natürliche Neigung der Gehänge auf der gegen den Fluss hin geneigten Seite sanfter, d. h.  $\angle \alpha$  kleiner oder  $b$  grösser sein als auf der Seite der Schichtenköpfe, sondern es wird auch die Abtragung  $r$  auf jener Seite viel rascher vor sich gehen; erst recht wird sich also die Breite des Gehänges  $g$  daselbst vergrössern, die Steilheit  $\gamma$  verringern. Auf der bezeichneten Strecke des Cunnersdorfer Thales ist die den Thalrand bezeichnende Isohypse von 300 m auf der Südseite anderthalbmal so weit von der Thalaue entfernt als auf der Nordseite.

Aber auch auf der Nordseite ist das Gehänge keineswegs besonders steil, da das Verhältnis  $h : g$  nur 1 : 4 beträgt (80 m : 320 m), während es bei der Kirnitzsch und Polenz bei gleicher Thaltiefe (d. h. gleicher Grösse von  $h$ ) zwischen 1 : 1 und 1 : 1 $\frac{1}{2}$  schwankt. Südöstlich der Linie Pirna-Dittersbach ist überhaupt nur hier und da eine Felswand an den Thalgehängen stehen geblieben, während meist der obere, sanfter geneigte, Teil des Abhanges mit dem Fusskegel verschmilzt, so dass ein gleichmässiges Gehänge entsteht, wie wir es in den meisten anderen Mittelgebirgen finden.

Dieser Unterschied gegenüber dem rechten Elbufer scheint grossenteils eine Wirkung der Gesteinsbeschaffenheit zu sein. Die Täler des rechten Elbufers sind in den rein quarzigen oberen Quader, die des linken Ufers und der Binsdorfer Platte grossenteils in den mittleren Quader eingeschnitten, welcher viel weicher und thoniger ist als jener. Ueber dem mittleren Quader liegt die Plänerschicht und in einiger Höhe über dieser eine sehr thonreiche Schicht, welche beide auf dem rechten Ufer nur an wenigen Stellen auftreten. Das Wasser kann also auf dem linken Ufer nicht in dem Masse einsickern wie auf dem rechten, sondern spült gleichmässig über den Abhang hinab. Nur wo die Oberfläche, wie an den Nickelsdorfer Wänden und im oberen Bielathale, durch eine völlig ebene Platte gebildet wird, ist der Zutritt des spülenden Wassers erschwert und damit die Neigung zur Felsenbildung vorhanden. Die grotesken Felsbildungen des Bielathales oberhalb Brausenstein und besonders oberhalb der Schweizermühle sind übrigens namentlich auf die seitliche Erosion zurückzuführen und sind deshalb immer nur auf einer Thalseite, meistens der rechten, vorhanden.

Auf dem rechten Elbufer zeigen besonders das Thal der Lachs-  
bach, d. h. der vereinigten Polenz und Sebnitz, und das Thälchen des Münzbaches sanftere Formen. Dort mag der diluviale Lehm daran schuld sein, welcher die Thäländer bedeckt, hier liefern die zahlreichen Höhlen der Kuhstallwände reichlicheres Wasser. Felswände, welche in der Nähe der Thäländer über die Platte aufragen, sind überhaupt

von der grössten Bedeutung. Während sich im allgemeinen erst infolge der Thalbildung Regenrinnen bilden, waren hier schon vor dem Einschneiden der heutigen Thäler grössere Rinnsale gegeben, welche mit dem Einschneiden der Thäler in viel höherem Grade Schritt zu halten vermochten. An dem linken Ufer der Polenz und auch am rechten Elbufer zwischen Herrnskretschen und Schandau sind diese Schluchten der geringen Höhe oder dem geringen Abstände der Felswände entsprechend verhältnismässig unbedeutend, aber im oberen Teile des Grossen Zschand werden sie so viel ansehnlicher und drängen sich so dicht aneinander, dass sie den Grundcharakter desselben völlig aufheben. Reicht die höhere Wand bis unmittelbar an den Thalrand heran, wie es am unteren Amselgrunde der Fall ist, so greifen statt der Schluchten die Kessel selbst bis zum Thalboden hinab.

Die Gestaltung der Thalwände ist also in erster Linie durch die Verteilung der Wasserfäden bedingt, wie wir sie am Eingange des vorigen Kapitels kennen gelernt haben. Tief sind die Hauptthäler eingeschnitten, steilwandig sind ihre Gehänge; auch die Nebenthäler und grösseren Schluchten bewahren meist noch den gleichen Charakter, erst im Quellgebiete, wo der Bach selbst geringere Kraft hat, treffen wir teilweise weitere Kessel oder auch nur sanfte Mulden an. Wenn wir die Bäche und grösseren Rinnsale mit den Aesten und Zweigen eines Baumes, das gleichmässig über die Fläche spülende Wasser dagegen mit dem Blattwuchse vergleichen, so prangen die Bäume, welche die Flusssysteme der sächsischen Schweiz darstellen, nicht wie die krystallinische Gebiete in vollem Laubschmucke, sondern erinnern uns vielmehr an die kahlen Bäume der Winterszeit. Während in Kettengebirgen die Erosion überall thätig ist, sind hier grosse Gebiete zwischen den Schluchten noch ganz unversehrt. Um so tiefer sind die Thäler und Schluchten selbst eingeschnitten, weil ihnen von den Seiten her so wenig Schutt zugeführt wird, und weil derselbe eine so bequeme Form besitzt. Denn während die krystallinischen Gesteine in grössere Bruchstücke zu zerfallen pflegen, liefert die Verwitterung in der sächsischen Schweiz hauptsächlich Sand. Je feiner aber das Material ist, um so leichter kann es fortgeschafft werden, ein um so geringeres Gefälle bedarf der Fluss zu seiner Bewältigung, um so tiefer kann er auch im oberen Teile einschneiden. Die Thäler zeigen daher beim Uebergang ins Granitgebiet meist ein steileres Gefälle, die kleineren Schluchten brechen am Granitrande scharf ab.

Mit Recht hat man die Gründe der sächsischen Schweiz mit den Cañons des Coloradogebietes verglichen. Freilich stehen sie sowohl an Grossartigkeit wie an Steilheit der Wände hinter denselben zurück, denn während der Inner Chasm des Colorado im Mittel etwa 1000 m tief, 1100—1300 m breit <sup>1)</sup> ist, das Verhältnis der Höhe zur Breite also  $1 : 1\frac{1}{16} - 1\frac{1}{8}$  beträgt, wird an der Elbe nur an einer Stelle (bei Czirte), wo die Tiefe des Thaies 235 m, der Abstand der Thalwände 940 m ist, das Verhältnis  $1 : 4$  erreicht. Nur in einigen kleineren Gründen treffen wir Verhältniszahlen von  $1 : 2$  bis  $1 : 1$  an. Aber der

<sup>1)</sup> Dutton, Tertiary history of the Great Cañon district S. 87.

Unterschied bezieht sich nur auf das Mass, ein Blick auf die schönen Abbildungen der Cañons genügt für den Kenner der sächsischen Schweiz, um die Thäler dort und hier demselben Typus zuzuweisen.

Powell und Dutton haben den Cañoncharakter darauf zurückgeführt, dass wasserreiche Flüsse durch regenlose Tafellandschaften fließen, dass sie selbst also tiefer einnagen können, während die Kraft der Verwitterung an den Thalrändern sehr beschränkt ist<sup>1)</sup>. Auch in der sächsischen Schweiz mag die Regenarmut der jüngeren Diluvialzeit, auf welche die Natur und Fauna des Löss hinweist, für die Steilwandigkeit der Thäler in Betracht kommen, aber wichtiger sind die Beschaffenheit und Lagerung des Gesteines, welche wenigstens auf dem rechten Elbufer keine stärkere Zerstörung der Thalwände gestatten. Cañons oder Gründe können sich nur in Platten bilden, aber auch Platten, welche durch Meeresabration oder atmosphärische Erosion auf ursprünglich gefaltetem Gebiete geschaffen worden sind, sind denselben nicht so günstig wie Schichtungstafeln, weil die Ungleichmässigkeit des Gesteines stets Terrainwellen und damit reichlicheren Abfluss des Regenwassers erzeugt. Lässt das Gestein das Wasser durchsickern, wie der poröse Sandstein mit seiner quaderförmigen Absonderung, so können gleichfalls eher Cañons entstehen als in minder durchlässigem Material. Wir brauchen nicht weit zu wandern, um eine Bestätigung dieser Sätze zu finden. Der Oberlauf der Kirnitzsch, Sebnitz, Polenz und Wesenitz liegen in der Lausitzer Platte, die Gottleuba, Müglitz, Lockwitzbach und Weisseritz sind in die Hochfläche des östlichen Erzgebirges oder Elbthalgebirges eingeschnitten, und wieviel weniger erinnern uns diese Thäler an Cañons als die Gründe der sächsischen Schweiz!

Aber noch ein Umstand muss hinzu kommen, um den Cañoncharakter zu ermöglichen. Das Einschneiden der Thäler darf durch keine fremden Einwirkungen unterbrochen worden sein<sup>2)</sup>. Man hat mehrfach angenommen, dass das Elbthal und die übrigen Gründe der sächsischen Schweiz bereits in der Tertiärzeit gebildet worden seien, aber schon Cotta hat hervorgehoben<sup>3)</sup>, dass in ihnen und auch in den ähnlichen Gründen der benachbarten Platten bisher nie glaciale Geschiebe gefunden worden sind, während dieselben auf den Platten selbst in Menge umherliegen. Negative Merkmale besitzen zwar keine volle Beweiskraft; die Gletscherablagerungen oder die Schotterablagerungen der Glacialzeit könnten später vom Fluss wieder ausgeräumt worden sein, obgleich der Mangel jeder Spur höchst auffallend wäre. Aber wäre je ein Gletscher in diese Gründe eingedrungen, so würde er den engen cañonartigen Thalgrund in einen weiteren Trog ausgeschliffen haben, wie wir es in sämtlichen alpinen Thälern und überall sehen, wo die ehemalige Anwesenheit eines Gletschers sicher bezeugt ist. Wären hier mächtige Geröllmassen aufgeschüttet worden, so hätte der Fluss während der Aufschüttung sein Bett hin und her verlegt und

<sup>1)</sup> Dutton, Tertiary history S. 245 f.

<sup>2)</sup> Dutton a. a. O. Vgl. Le Conte, American Journal of Science 1886, S. 167. Referat Peterm. Mitteil. 1887, Nr. 45.

<sup>3)</sup> Cotta, Erläuterungen zur geogn. Karte von Sachsen.

hätte ein bedeutendes Mass von seitlicher Erosion entfaltet. Der typische Erosionscharakter der Gründe ist höchst wahrscheinlich in ihrer jugendlichen, postglacialen Entstehung begründet.

## X. Felswände, Steine und Ebenheiten.

Ganz andere Gebilde als diese Gründe hat die Erosion in grösserer Meereshöhe geschaffen, wo sie ihre Thätigkeit bereits seit längerer Zeit entfalten konnte. Bewahrten die Sandsteinmassen dort im ganzen noch ihren Zusammenhang, so haben sie hier viel bedeutendere Verluste erlitten und sind nur in verhältnismässig kleinen Resten erhalten oder stellenweise auch ganz verschwunden.

Wenn man irgend einen Vorgang der Zerstörung untersuchen will, so muss man ihn an den Stellen zuerst aufsuchen, wo die Zerstörung noch die geringsten Fortschritte gemacht hat, denn je weiter dieselbe fortschreitet, um so mehr pflegt sie ihre eigenen Spuren zu verwischen. In der sächsischen Schweiz stellt daher das Felsrevier zwischen Schandau oder, genauer gesagt, dem Zahnsgrunde bei Schandau und Dittersbach i. B. den geeignetsten Ausgangspunkt der Untersuchung dar.

Namentlich in westlichen Teile dieses Felsrevieres treten uns die Felskessel als die entschieden vorherrschende Oberflächenform entgegen. Wir treffen hier Muster aller Arten von Felskesseln an; ein Modell eines ausgezeichnet halbkreisförmigen Kessels, dessen Halbmesser ungefähr 200 m gross ist, befindet sich auf der Nordseite der Schrammsteine; der Heringsgrund nördlich von Schmilka nähert sich mehr der Form eines Kreises, von dessen Peripherie ungefähr  $\frac{1}{6}$  abgeschnitten ist; der Kessel am oberen Ende des Kleinen Zschand ist 1200 m breit und ebenso tief; er besteht aus drei Armen, also Kesseln zweiter Ordnung, die sich jeder wieder verzweigen und zwar derart, dass man auf der Karte noch Kessel vierter, ja, wenn man will, fünfter Ordnung unterscheiden kann. Mehr länglich gestreckt sind z. B. die Lorenzlöcher und ihre Nachbarschluchten am oberen Ende des Nassen Grundes, nach oben endigen sie jedoch gleichfalls in einem oder mehreren Halbkreisen.

Ueber die Entstehung dieser Felskessel ist es nach den Ausführungen der vorhergehenden Kapitel kaum nötig, etwas hinzuzufügen. Für Bildungen des Meeres wird dieselben wohl niemand halten wollen, auch an eine Wirkung des Eises ist nicht zu denken, da jeder Anhalt fehlt, dass es in diesem Gebiete je Firn oder Gletscher gegeben habe, und da die für die Eiswirkung charakteristischen Felsbecken hier nicht vorhanden sind (vgl. S. 322 [78]). Die Felskessel verdanken ihre Entstehung vielmehr lediglich dem in zahllose kleine Fäden verteilten Wasser der Quellregion, je nach dessen Anordnung die mehr halb-