

Herr E. ZIMMERMANN sprach über gesetzmässige Einseitigkeit von Thalböschungen und Lehmlagerungen.

Bei seinen geologischen Aufnahmen im thüringisch-sächsischen Grenzgebiete (Gegend von Werdau-Zwickau) drängte sich dem Vortragenden eine eigenthümliche geographisch-geologische Gesetzmässigkeit auf, welche bisher wenigstens bei uns nur wenig beachtet zu sein scheint, obwohl ein späteres Studium der Litteratur, sowie geologischer und topographischer Karten ergab, dass diese Gesetzmässigkeit gerade im westlichen Sachsen, wie auch in vielen anderen Theilen Mitteleuropas von Frankreich bis tief nach Russland hinein vorhanden und auch schon mehrfach beobachtet und beschrieben worden ist. Diese Gesetzmässigkeit giebt sich kund, wenn man Scharen von gleichgerichteten Thälern (nicht Flussläufen) oder Thalstücken unter sich vergleicht, und zeigt sich

1. darin, dass bei gewissen Thalrichtungen die gleich orientirten Thalseiten entweder durchgängig steiler oder durchgängig flacher sind als die gegenüberliegenden Thalseiten, und

2. darin, dass die flacheren Böschungen mit lehmigen Bildungen (Eluvium oder Diluvium) mehr oder minder stark bedeckt sind, während die steileren das ältere Gebirge flachgründig oder fest, z. Th. felsig anstehend zu Tage treten lassen; und zwar ist stets die Nord-, bezw. Nordost-, bezw. Ostseite des Thales die steilere, unabhängig davon, in welcher Richtung das Gewässer das Thal durchströmt, und unabhängig vom geologischen Alter,

Bau und petrographischen Charakter der Gesteine, also allein in Beziehung zu der Himmelsrichtung. Ausgeprägte Widersprüche zu diesem Gesetz werden sich bei den genannten Himmelsrichtungen wohl nur selten finden; Gleichgiltigkeit bekunden nur die NO.-SW.-Thäler, bei denen bald die eine, bald die andere Thalseite die steilere ist. Allerdings muss noch hervorgehoben werden, dass dies Gesetz nur für die kleinen bis sehr kleinen (z. Th. noch nicht  $\frac{1}{2}$  km langen), nicht für die tiefen, erosionskräftigen Thäler Giltigkeit beansprucht. Beachtenswerth ist als regelmässige Erscheinung auch noch die, dass wenn zwei Flüsse, der eine aus W., der andere aus SW. kommend, sich vereinigen, im spitzen Winkel zwischen beiden wohl regelmässig Eluvium oder Diluvium das flache Gelände bedecken. — Der Gegenstand ist so umfangreich, dass im Folgenden nur eine kurze Anregung zur weiteren Verfolgung desselben gegeben werden kann.

1. Unter den Versuchen, eine gesetzmässige Einseitigkeit von Thälern zu erklären, ist derjenige K. E. von BAERS wohl der älteste (1860). Das „BAER'sche Gesetz“ besagt, dass von den mehr oder minder meridional laufenden Flüssen auf der nördlichen Halbkugel der Erde stets das rechte, auf der südlichen das linke Ufer stärker angegriffen und in Folge dessen das steilere werden müsse, und zwar gemäss der vis inertiae: bei einem auf der Nordhemisphäre von N. nach S. strömenden Gewässer bringen die einzelnen Wassertheilchen eine geringere Rotationsgeschwindigkeit mit, als wie sie die jeweils erreichten anstossenden Ufertheile haben; da die Erd-Rotation von W. nach O. verläuft, so muss sich im angenommenen Falle das westliche, also rechte Ufer gleichsam an den Fluss herandrängen und mehr erodirt werden als das linke. Die grossen russischen Ströme entsprechen in der That diesem Gesetz. Aber wie es in Bezug auf diese Flüsse dem oben von mir mitgetheilten Gesetz thatsächlich widerspricht, so erleidet es auch anderwärts so viele Ausnahmen, dass es zu einer umfanglichen Kampflitteratur Anlass gab. Ich meinerseits glaube, dass höchstens eine grosse, auf lange Strecke geradlinig strömende Wassermasse dem BAER'schen Gesetz unterliegen und dasselbe zum Ausdruck bringen kann, während es sich in den hier zu behandelnden Fällen oft um kleine, den grössten Theil des Jahres wasserleere Thäler handelt.

2. Die gesetzmässige Lage des Steilufers von Flüssen behandelt ferner ein Aufsatz KLOCKMANN's (1882). Doch bezieht sich dieser ausdrücklich nur auf Durchbruchsthäler, und überhaupt nur auf einzelne Fälle, fasst also nicht Scharen von Parallelthälern in's Auge.

3. Von theilweise denselben Flüssen, welche Anlass zu diesem Vortrag gaben, und deren Gesetzmässigkeit auch schon in den 60er Jahren C. F. NAUMANN erkannt hatte, ging H. CREDNER (1876) bei seinem Erklärungsversuche aus. Bei Besprechung des vogtländischen Erdbebens vom 23. November 1875 kam er zu dem Resultat, dass dasselbe auf noch immer fortdauernde Aeusserungen der Zusammenschiebung des erzgebirgischen Faltensystems zurückzuführen sei; nun habe aber von den drei in Sachsen zu diesem System gehörigen Sätteln der erzgebirgische immer prävalirt, sich über die anderen emporgehoben; in Folge dessen seien in den mit ihm mehr oder minder parallelen Flussthalern die Wassertheilchen nach N. abgedrängt worden und hätten immer das dortige Ufer erodirt. Aber abgesehen davon, dass die Zeiten tatsächlicher Bodenbewegung, in denen doch allein ein Abdrängen stattfinden könnte, immer nur kurz vorübergehende und seltene sind, müssten doch gerade die dem Erzgebirge, also der NO.-SW.-Richtung parallelen Thäler das Gesetz am klarsten zum Ausdruck bringen. Dem ist aber nicht so, vielmehr thut dies gerade die dazu rechtwinklige Thalrichtung am ausgezeichnetsten. Und es muss ferner hervorgehoben werden, dass das Gesetz weit über die Grenzen des erzgebirgischen Hebungssystemes hinaus bis in völlig ruhige Gebiete Geltung besitzt.

4. Zwar nicht von einem sich noch hebenden, aber doch von einem geneigten Plateau geht HILBER (1882) bei seinem Versuch (enthalten in seinen „Studien im ostgalizischen Miocängebiete“) aus, die regelmässige Lage der Steilufer an der Westseite der zahlreichen von N. nach S. fliessenden Nebenflüsse des Dniester zu erklären. Dieser Fluss selbst hält in seinem Lauf etwa die Fallrichtung der „podolischen Platte“ inne; die Nebenflüsse seiner Nebenflüsse benutzen natürlich ebenfalls vorzugsweise das Schichtengefälle, in Folge dessen sind diejenigen der rechten, westlichen Seite die längeren, stärkeren, welche dem entsprechend bei ihrer Mündung in den Nebenfluss erster Ordnung dessen linkes, östliches Ufer mehr angreifen und steiler machen. Würde diese Erklärung allgemein gültig sein, so würde jene durch die That-sachen erwiesene Beziehung zu den Himmelsrichtungen eine zufällige sein, und man müsste, bei anders orientirter Neigung schräger Schichtenplatten, auch solche Böschungen bei Thälerscharen finden, welche unseren eingangs aufgestellten That-sachengesetzen widersprechen, es könnte also z. B. bei in hora 9 verlaufenden Thälerscharen vielleicht die SW.-Böschung immer die steilere sein. Mir sind solche That-sachen aber noch nicht bekannt und es lohnte sich, möglichst viele Karten daraufhin zu studiren.

5. Mit dem vorigen hat folgender Erklärungsversuch grosse Aehnlichkeit, den RUCKTÄSCHEL (in PETERMANN's Mitth. 1889) gegeben hat: Hat ein Thal ursprünglich gleichmässige Neigung seiner Böschungen, ist aber die eine Thalwand höher als die andere, so ist die auf jener sich sammelnde Niederschlagsmenge und damit auch deren Erosionswirkung auf das entgegengesetzte Flussufer grösser als die Menge des auf dem niedrigeren, an letzteres Ufer anstossenden Berg gefallenen Wassers und als dessen Erosionswirkung auf den Fuss des höheren Berges. — Diese Erklärung gilt aber nur für Einzelfälle und fasst das Gesetz nicht in seiner Allgemeingiltigkeit für Thälerscharen und für bestimmte Himmelsrichtungen. Deswegen hat RUCKTÄSCHEL sogleich auch eine andere Erklärung gegeben, auf die wir nachher noch kommen.

6. Der schon einmal (sub 4) erwähnte HILBER hat 1886 in seiner Schrift über „Assymetrische Thäler“ (PETERMANN's Mitth.) ebenfalls einen zweiten Erklärungsversuch gemacht. Hier geht er davon aus, dass bei Scharen von parallelen Nebenflüssen eines Stromes jeder Nebenfluss eine tiefere Erosionsbasis und in Folge dessen eine grössere Erosionskraft hat, als alle oberhalb von ihm einmündenden Nachbarn; dementsprechend wird jeder tiefere Nebenfluss sein Stromgebiet auf Kosten des nächst höheren, gegen diesen hin, ausdehnen, und die dadurch entstehende Thalböschung länger und flacher werden, als die dann sich anschliessende Böschung des höher oben mündenden Nachbars. — Diese Erklärung hat den Anschein der Allgemeingiltigkeit wenigstens für ein und dasselbe Flussgebiet für sich, lässt aber offenbar im Stich, wo Thäler so nahe benachbart sind, dass der Unterschied in der Höhe ihrer Erosionsbasis füglich ausser Betracht bleiben kann, und nimmt keine Rücksicht auf die Lage zu den Himmelsrichtungen.

7. STEFANOVIC VON VILOVO (Ueber das seitliche Rücken der Flüsse) ist anscheinend der erste, welcher die herrschende Windrichtung zu Hilfe nimmt. Danach soll einerseits das Flusswasser vorzugsweise an das eine Ufer getrieben werden und dies angreifen, andererseits der vom Wind mitgeführte Sand und Staub sich auf dem anderen geschützten Ufer ablagern; dadurch rücke der Fluss ständig nach einer und derselben Seite weiter und, da er sich zugleich tiefer einnagt, wird schliesslich die dem Wind entgegengesetzte Thalwand die steilere, die andere die flachere. — Diese Erklärung hat, da gewisse Winde in der That, wie wir auch noch weiter sehen werden, über weite Strecken hin vor denen anderer Richtungen vorherrschen, den Vorzug weitgehender Giltigkeit für sich, aber die Heranziehung der seitlichen Erosion durch Fluss-

wasser ist insofern verfehlt. als unser Gesetz bei kleinen, oft sogar wasserleeren Thälern Giltigkeit hat.

8. Aehnlich, aber sachentsprechender ist die Erklärung, welche RUCKTÄSCHEL (l. c.) gegeben, nachdem er seine oben (sub 5) angegebene Theorie selbst als unzulänglich erklärt hat. Auch er geht von den herrschenden Winden aus, lässt diese aber nicht unmittelbar wirken, sondern mittels des Regens. Fällt, so sagt er, der Regen auf ein Thal mit gleichmässig geneigten Wänden senkrecht auf, so ist seine Wirkung auf beide Wände gleich; wird er aber vom Winde gegen die eine Wand getrieben, so ist, wie aus einer leicht zu entwerfenden Skizze hervorgeht, die Regenmenge und der Auffallwinkel auf der Luvseite bedeutender bis sehr viel bedeutender als auf der Leeseite; in Folge dessen wird die Luvseite in toto mehr erodirt und rückwärts geschoben als die Leeseite; letztere behält darum ihre ursprüngliche, ja erhält, bei der gleichzeitig stattfindenden Tiefenerosion des Flusses, sogar eine flachere Neigung, während die Luvseite steiler wird. Die entstehenden Verwitterungsprodukte ferner werden auf letzterer immer wieder vom Regen fortgeführt, dass Grundgebirge also immer flachgründig oder fest anstehend frei erhalten, während auf der Leeseite die Verwitterungsprodukte (Eluvium) mehr oder minder liegen bleiben und sich anhäufen, ja sogar sich durch vom Wind zugeführte Staubmassen vermehren können. Auch ist zu beachten, dass im Allgemeinen jeder Punkt der Leeseite einmal Theil des Flussbetts gewesen ist und in Folge dessen fluviatile Ablagerungen erhalten zeigen kann, während die Luvseite niemals Flussbett war und aus immer neu entblösstem Anstehenden bestehen muss. —

Die Wirkung des rieselnden Regenwassers ist natürlich langsamer als die des strömenden Flusswassers; überwiegt in einem Thale die letztere, so kann jene nicht mehr klar zum Ausdruck kommen, und so begründet es sich, dass unser Gesetz vorzugsweise bei kleinen, flachen Thälern auffällig wird. Es können natürlich örtlich auch noch andere besondere Verhältnisse vorliegen (z. B. auffällige Gegensätze in der Festigkeit der Gesteine auf den beiden Thalseiten u. a. m.), welche die Wirkung des Regenwindes beeinträchtigen und ein scheinbar widersprechendes Verhalten der Thatsachen bewirken können. Trotz alledem wird der RUCKTÄSCHEL'schen Erklärung wohl überall Beifall gezollt werden, und sie entspricht auch in der That den meteorologischen Verhältnissen. RUCKTÄSCHEL selbst bringt eine Statistik über die Häufigkeit der Winde der verschiedenen Richtungen, eine andre, natürlich mit demselben Ergebniss, brachte schon 1876 HELLMANN (ebenfalls in PETERMANN's Mitth.). Aus HELLMANN's Statistik habe ich nun zusammengestellt, auf wie vielen von den dort an-

geführten 42 deutschen Beobachtungsstationen jede der 8 Hauptwindrichtungen vor den andern vorherrscht, sowie, auf wie vielen Stationen jede einzelne Richtung hinter jeder anderen an Häufigkeit zurückbleibt. Daraus geht u. a. hervor, dass der Südwest an 21 Stationen im Winter, an 14 im Sommer häufiger war als jeder andere Wind, analog der West an 9 im Winter, an 16 im Sommer, während beide Winde an keiner Station zu keiner Jahreszeit seltener waren, als irgend ein anderer. Umgekehrt hat der Ost und Nordost an keiner Station (abgesehen von der einen Station Trier) jemals eine grössere Häufigkeit als andere Winde, ja beide sind an etwa 10 Stationen sogar seltener als jeder andere Wind. Also kurz: die vorwiegend vom Wind in Deutschland getroffenen Thalwände sind in der That auch (bei kleinen Thälern) im Allgemeinen die steileren, die Leeseiten im Allgemeinen die flacheren und diejenigen mit häufigeren Lehmdecken.

9. Ich selbst möchte in Ergänzung der RUCKTÄSCHEL'schen Erklärung, mit der ich sonst ganz einverstanden bin, noch darauf hinweisen, dass noch andere meteorologische Verhältnisse gleichsinnig wirken und den Regenwind unterstützen. Das ist erstens der Umstand, dass die West- und Südwestwinde nicht bloss als Winde überhaupt bei uns die vorherrschenden, sondern dass auch sie gerade vorzugsweise die Regenbringer sind. Zweitens aber muss noch, als auf ein ebenfalls allgemein wirkendes Agens, auf die Sonnenstrahlung hingewiesen werden. Diese wirkt am energischsten auf den nördlich gelegenen Abhang eines Thales, als Mittagssonne, weniger energisch, aber an sich gleichmässig auf die nach SO. und nach SW. gerichteten Thalwände, doch wird zugegeben werden, dass die Nachmittagssonne thatsächlich stärker wirkt als die Vormittagssonne; noch geringer wirkt die Abend- und noch weniger endlich die Morgensonne. So ist also die Luvseite der in Deutschland vorherrschenden Winde zugleich die Luvseite der lebhaftesten Sonnenbestrahlung. Es unterliegen aber die sonnenbestrahlten Gesteine der Ausdehnung und nachfolgenden Zusammenziehung und dem damit verbundenen Zerfall viel eher, als die in gleichmässigerer Temperatur verbleibenden; auch der Spaltenfrost im Winter, der Wechsel zwischen Aufthauen und Wiedergefrieren, wirkt auf der „Sommerseite“ öfter und darum erfolgreicher, als auf der Winterseite; endlich müssen auch die Regengüsse auf die im Sommer erhitzten Gesteine ähnlich wirken, wie Wassertropfen auf heisse Lampencylinder. Kurz die Sonnenstrahlung leistet direkt und indirekt eine beträchtliche Arbeit für den Zerfall der Gesteine und, da mit ihr die Quantität der Regenwinde ungefähr parallel geht, eine nicht zu unterschätzende Vorarbeit für die erodirende Kraft der letzteren. Alle

drei Agentien, Sonne, Wind und Regen, wirken also über weite Gebiete Deutschlands und Mitteleuropas in demselben Sinne dahin, dass die nördlichen, nordöstlichen und östlichen Thalseiten am meisten von ihnen angegriffen werden, während in NO.-Thälern beide Thalseiten ungefähr gleich getroffen werden.

Daraus nun, dass sich nicht bloss alluviale (eluviale) Ablagerungen an der gesetzmässigen Assymetrie betheiligen, sondern diese geologisch sich vorzüglich an der Verbreitung des Diluvialchmes kund giebt, müssen wir schliessen, dass schon in der Diluvialzeit gleiche oder ähnliche Wind-Verhältnisse statthatten, wie heute.

10. Dieser Schluss ist nicht neu, schon 1881 und besonders 1882 hat TIETZE denselben gezogen, einer der ersten und eifrigsten Anhänger der RICHTHOFEN'schen Lösstheorie, und gleichzeitig derjenige, der am ausführlichsten über die Einseitigkeit der Thäler geschrieben hat, namentlich in seiner „Geologie der Umgegend von Lemberg“ 1882 und in seiner „Geologie von Krakau“ 1887. Er ging freilich mehr oder minder den umgekehrten Weg, d. h. er ging von der äolischen Lösstheorie aus und behauptete, entgegen unserer Darstellung, die ungleiche Gehänge- neigung an Meridionalthälern sei durch die Art, wie der Löss sich absetzte, herbeigeführt, nicht umgekehrt für die Art des Lössabsatzes bestimmend gewesen. Ihm gegenüber betonte aber schon 1884 UHLIG, dass die Unsymmetrie der Thäler bestehen bleibe, auch wenn man sich den Löss abgehoben vorstelle. In seiner Entgegung hierauf (1887) fasst TIETZE seine Ansicht dahin zusammen: Wird in einem ursprünglich gleichseitigen Thale, mit dem Flusslauf in der Mitte, die eine Böschung durch den äolischen Niederschlag erdigen Materials mehr und mehr verhüllt und gegen den Wasserlauf so zu sagen weitergebaut, so wird dieser zum Verlassen seiner mittleren Lage genöthigt und gegen die andere Böschung gedrängt und erzeugt so deren Steilheit. Dieses steilere Ufer entspricht somit nicht nothwendig einer ursprünglichen Asymmetrie der Böschungsverhältnisse.

Die ganze Frage soll durch den vorausgehenden Ueberblick über ihre Beantwortungen nicht als schon gelöst bezeichnet, sondern zur erneuten Beachtung, besonders bei uns in Deutschland, empfohlen werden, nachdem sie in Oesterreich schon vor längerer Zeit Gegenstand zahlreicher Discussionen gewesen ist. Jedenfalls hat aber TIETZE das Verdienst, nachdrücklicher und eingehender als alle andern, und früher als viele andern den Einfluss des Windes auf jene geologisch-geographische Gesetzmässigkeit verfochten zu haben, während man die Begründung der Wirkungsart des Regens wohl auf RUCKTÄSCHEL zurückführen muss und

ich auf die Sonnenstrahlung als auf ein drittes Agens hinweisen möchte. — Auf diese drei Faktoren ist die gesetzmässige, scharenweise auftretende Ungleichseitigkeit der Thalböschungen und der Lehmverbreitung, besonders bei kleinen Thälern, zurückzuführen; für Abweichungen von diesem Gesetz sind lokale Ursachen (unter anderm auch zuweilen lokales Vorherrschen anderer als der gewöhnlich vorherrschenden Winde) aufzusuchen.

---