

Werk

Titel: Ueber Thalbildung (Schluss)

Autor: Günther, S.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1896

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0011 | LOG_0088

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

suchte. Merkwürdig ist es aber, dass man den einzig richtigen Weg nicht einschlug, der nicht nur ganz sicher zum idealen, vollkommen schwarzen Körper führen muss und experimentell leicht zu verificiren ist, sondern im Princip auch schon von Kirchhoff in seiner klassischen Abhandlung, wenn auch implicite, enthalten ist. Eine Folgerung, welche Kirchhoff aus seinem Gesetze zieht, lautet nämlich folgendermaassen:

„Wenn ein Raum von Körpern gleicher Temperatur umschlossen ist, und durch diese Körper keine Strahlen hindurchdringen können, so ist ein jedes Strahlenbündel im Innern des Raumes seiner Qualität und Quantität nach gerade so beschaffen, als ob es von einem vollkommen schwarzen Körper derselben Temperatur herkäme, ist also unabhängig von der Beschaffenheit und Gestalt der Körper und nur durch die Temperatur bedingt.“

Die Consequenz dieser Folgerung aus dem Kirchhoffschen Gesetz ist erst ganz neuerdings ausgesprochen worden und gleichzeitig von zwei Seiten im Novemberhefte der Wiedemannschen Annalen publicirt worden. Während der Verf. mit Herrn W. Wien¹⁾ auf dem Wege der Ueberlegung zu dieser Consequenz geführt wurde, gelangte Herr St. John²⁾ zu dergleichen Schlussfolgerung auf empirischem Wege.

Um auf Grund dieser Folgerung eine praktisch brauchbare Methode auszubilden, durch die man die Strahlung eines schwarzen Körpers in beliebiger Annäherung herstellen kann, „muss man einen Hohlraum auf möglichst gleichmässige Temperatur bringen und durch eine Oeffnung seine Strahlung nach aussen gelangen lassen“³⁾.

Indem man nun Hohlräume von verschiedener Gestalt und mit verschieden grossem Verhältniss von Oeffnung zum Inhalt anwendet, kann man die Strahlungsintensität auch des Hohlraumes mit unendlich kleiner Oeffnung bestimmen, welche der des vollkommen schwarzen Körpers gleichkommt. Uebrigens kann man bei Kenntniss der Dimensionen, des Emissions- und Reflexionsvermögens der inneren Wandung des Hohlraumes leicht die von einer eintretenden Strahlenmenge zur Oeffnung wieder austretende Menge berechnen. Es ist dieser austretende Antheil ein Maass für die Annäherung an den absolut schwarzen Körper oder, wie wir uns ausdrücken können, für den „Defect“ des durchbrochenen Hohlraumes gegenüber dem geschlossenen. Denn um ebensoviel, wie der geöffnete Hohlraum Strahlen nach aussen reflectirt, wird er nach dem Kirchhoffschen Gesetz auch weniger emittiren, als die innere Wand des geschlossenen Hohlraumes. Bei dieser Ueber-

¹⁾ W. Wien und O. Lummer: Methode zur Prüfung des Strahlungsgesetzes absolut schwarzer Körper. (Wied. Ann. 1895. 56, 451.)

²⁾ Ch. E. St. John: Ueber die Vergleichung des Lichtemissionsvermögens der Körper bei hohen Temperaturen, und über den Auerschen Brenner. (Wied. Ann. 1895. 56, 433 bis 450.)

³⁾ W. Wien und O. Lummer, a. a. O., S. 453.

legung stösst man von selbst darauf, dass jenes Princip auch umkehrbar ist und man geöffnete Hohlräume auch als absolut schwarze absorbirende Körper benutzen kann, wobei der Hohlraum natürlich im übrigen die Eigenschaften eines Bolometers besitzen muss.

Dass im Inneren eines geschlossenen Hohlraumes wirklich die Strahlungsdichtigkeit, d. h. die in einem Volumenelement enthaltene Energie¹⁾, die eines vollkommen schwarzen Körpers ist, kann man sich nur dadurch anschaulich machen, dass eben ein von einem Element des Hohlraumes ausgehendes Strahlenbündel bei den unendlich vielen Reflexionen, die es nach einander an den undurchsichtigen Wänden des Hohlraumes erleidet, vollkommen absorbiert wird. Also muss nach dem Kirchhoffschen Gesetz auch umgekehrt die Strahlungsdichtigkeit infolge der Emission dieselbe sein, wie die zwischen zwei sich bestrahlenden, absolut schwarzen Körpern. Um diese Schlussfolgerung anschaulicher zu machen, wollen wir die physikalische Bedingung dafür aufsuchen, dass zwei Flächenelemente beliebiger Oberflächenbeschaffenheit sich ebenso bestrahlen wie absolut schwarze. Wir gewinnen hierbei übrigens zugleich die Beziehung des Kirchhoffschen Gesetzes zum Gesetz von der Erhaltung der Kraft und zum zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, andererseits den einfachsten Fall der experimentellen Verwirklichung absolut schwarzer, strahlender, wie absorbirender Hohlräume. (Fortsetzung folgt.)

Ueber Thalbildung.

Von Prof. Dr. S. Günther in München.

(Original-Mittheilung.)

(Schluss.)

Das weitaus wirksamste und in der grossen Mehrzahl der Fälle auch allein wirksam gewesene Agens der Thalbildung ist das rinnende Wasser, welches, wie auch der Wind, gleichzeitig zerstörend und denuirend wirkt. Diese Thatsache wird heutzutage von allen Fachmännern gleichmässig zugestanden; dass fliessendes Wasser die grossartigsten Effecte erzielen könne, steht fest, und nur über die Art und Weise, wie im gegebenen Falle die „Corrasion“ — dieser Name ist für die Erosion des fliessenden Wassers üblich geworden — sich bethätige, kann noch gestritten werden. Dass strömendes Wasser auch als „Evorsion“ zu wirken, dass es Strudellöcher in den Boden einzugraben im stande ist, versteht sich von selbst, und wenn auch auf altem Gletscherterrain die Auswirbelung sich am kräftigsten geltend gemacht hat, so ist dasselbe doch nicht geradezu als ein unumgänglich notwendiges Substrat für diese Form der Wassererosion zu erachten. Thalbildend im wahren Sinne ist jedoch auch die Evorsion niemals gewesen, und wir haben ein Recht, uns von nun an ausschliesslich mit der Corrasion und ihren geologischen Folgen zu befassen. Es gab bereits im vorigen Jahrhundert

¹⁾ W. Wien. Wied. Ann. 1894. 52, 133.

scharfe Naturbeobachter, welche sich hierüber eine vollständig zutreffende Anschauung gebildet hatten, allein diese musste vor der modern werdenden kataklysmatischen Lehre, zu welcher sich die angesehensten Männer der Wissenschaft bekannten, die Segel streichen, und ohne Pencks sorgfältige, geschichtliche Studien würden wir von diesem unleugbaren Verdienste einer längst hinter uns liegenden Periode gar nichts wissen. Bourguet und Rimrod sind in dieser Hinsicht als Vertreter der Corrasionstheorie zu nennen, und vor allem ist J. L. Heims „Geologischer Versuch über die Bildung der Thäler durch Ströme“ (Weimar 1791) einer ehrenden Erwähnung würdig. Wir werden sehen, dass die damals ausgestreuten Keime nicht gänzlich verloren gingen, mochte auch zeitweise die Stimme tonangebender Persönlichkeiten mächtig genug sein, um jede entgegengesetzte Auffassung in den Hintergrund zu drängen.

Wer jemals im Hochgebirge eine sogenannte „Klamm“ gesehen und sich die Umstände, unter denen ein solch eigenthümlicher Einschnitt in das Felsgebäude erfolgen konnte, an der Hand des Augenscheines klar zu machen versucht hat, der kann unmöglich verkennen, dass er da nur den Schlusseffect einer lange Zeit hindurch stets im gleichen Sinne fortgesetzten Auswaschungsthätigkeit des strömenden Wassers vor sich hat, wenn auch nicht verborgen bleiben kann, dass die annoch vorhandenen Wassermassen eine solche Arbeit zu leisten nicht fähig waren. Zumeist ist der Riss ein so gewundener, dass sich die Hypothese einer Spaltenbildung ganz von selbst verbietet, und die absolute Glätte der Wände charakterisirt vorzüglich die „Sägewirkung“ des Wassers, mittels welcher sich dieses zu immer tieferen Horizonten durchzuarbeiten bestrebt ist. Die „Wimbach-Klamm“, die „Seissenberg-Klamm“, die „Unkener Klamm“, die berühmten Pongauer Klammen, vielleicht am allermeisten die Fersina-Klamm oberhalb Trient dürfen als wahre Musterbeispiele angeführt werden. Bei weitem grossartiger noch manifestirt sich freilich die Corrasion in den „Cañons“ von Nordamerika, unter denen wieder der Cañon des Colorado obenan steht. Die Untersuchungen Duttons haben uns darüber belehrt, welches die Bedingungen sind, unter welchen solche Thäler von ungeheurer Tiefe des Flusspiegels zu stande kommen können. Der aushöhlende Strom muss viel Wasser führen, und in seinem „Einzugsgebiete“ darf es deshalb an Regen nicht fehlen; der Cañon-Bezirk dagegen muss ganz anders beschaffen sein, denn häufiger Regen würde das Gestein überhaupt zermürben, und dann wäre ein Auswaschungsthal von geradezu geometrischer Regelmässigkeit nicht wohl möglich. Ein Cañon entsteht sonach nur dann, wenn der corradirende Fluss aus niederschlagsreicher Gegend kommt und durch ein niederschlagsarmes Gebirgsland seinen Lauf nimmt. Als ein unterstützendes Moment kommt in Frage der Umstand, dass jenes Gebirge, seitdem sich seine Schichten abgelagerten, keine nennenswerthe Dislocation erlitten hat. Die Trennungsflächen der einzelnen

Gesteinslagen sind so gut wie völlig parallel geblieben, und man kann von der Carbonformation bis zum unteren Tertiär die geognostische Geschichte des Landes sozusagen an Ort und Stelle studiren. Diese ganz ungestörte Lagerung musste den Angriffen des Wassers sich förderlich erweisen, und so durfte die Thalbildung unter denkbarst günstigen Voraussetzungen stattfinden.

Was nun die verschiedenen Modalitäten anbelangt, unter welchen die Corrasion arbeitet, so können wir uns eine fortschreitende, eine seitliche und eine rückläufige Erosion denken. Vielfach wird nur die erstgenannte beachtet, und sie ist es in der That, welche bei der Bildung und Austiefung der Thäler in erster Linie angreift. Indem das bewegte Wasser an Gestein stösst oder sich vorbeidrängt, welches grossentheils schon durch die Verwitterung in seiner Widerstandskraft geschwächt ist, löst ersteres ein Theilchen nach dem anderen los, indem es dasselbe mit sich fortreisst. Durch diese fortschreitende Erosion wird das „Gefälle“ des Thaies bedingt, welches gewöhnlich nicht als ein ganz stetiges sich darstellt. Wenigen Gebirgsthalern fehlen ganz und gar die Thalterrassen, welche ein Beleg dafür sind, dass das strömende Wasser nicht immer ein gleiches Maass von Hindernissen zu bewältigen hatte. Ein in bezug auf diese Erscheinung klassisch zu nennendes Thal ist das Oetzthal, in welchem man aufs deutlichste drei, durch tief eingeschnittene Klammen (Maurach und Kühltreien vor Zwieselstein) mit einander in Verbindung stehende Thalstufen unterscheidet. Zieht sich quer über die tektonische Grundlinie, der die austiefende Strömung folgt, eine Zone weit härteren, schwerer zu durchbohrenden Gesteines, so ist die Entstehung von Stromschnellen, Kaskaden und eigentlichen Wasserfällen die natürliche Folge; der Discontinuität in der petrographischen Beschaffenheit der Oertlichkeit entspricht eine ebensolche Discontinuität des Thalgefälles. Uebrigens ist die Leistung der Corrasion keine unbegrenzte. Wenn es der Stosskraft des thalbildenden Flusses gelungen ist, die Gefällsline des Thaies einer gewissen — unter Annahme vereinfachender Bedingungen theoretisch zu bestimmenden — Curve, der „Erosionsterminante“, anzunähern, so erlahmt jene Kraft mehr und mehr, und man kann sich, wenschon in der Natur dieses Ideal nicht leicht erfüllt werden wird, ein von einem Wasserlauf durchzogenes Thal vorstellen, in welchem die Corrasionsthätigkeit zum Stillstande gelangt ist.

In jedem Wasserlauf ist nun aber ein gewisses Quantum potentieller Energie aufgespeichert, welches sozusagen nur darauf wartet, sich in actuelle Energie, in wirkliche mechanische Arbeit, umzusetzen. Wenn demgemäss das strömende Wasser an eine Bodenschwelle kommt, die zu durchsägen ihm nicht so leicht gelingt, so greift es die Hänge des bereits gebildeten Thalzuges an; es entwickelt sich der von uns als seitliche Erosion gekennzeichnete Vorgang. Wohl die meisten Thäler sind asymmetrisch, d. h.

auf der einen Seite ist die Hangböschung eine steilere als an der anderen; dann ist eben die erstere von der lateralen Erosion stärker in Anspruch genommen worden. Es kann das Gestein, aus welchem sich diese Thalseite aufbaut, an und für sich ein weiches sein; es kann sich auch fügen, dass eine Seite dem Regen und seinen den Fels erweichenden Einflüssen mehr als die anderen ausgesetzt ist. Das viel umstrittene „Bärsche Gesetz“ ist höchst wahrscheinlich für die Thalbildung bedeutungslos. Die Erdumdrehung bewirkt zwar, dass ausnahmslos jeder in Bewegung befindliche Körper eine Ablenkung von der Richtung, nach welcher er strebt, erfährt, und zwar auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links, doch ist der Betrag dieser Abweichung bei nicht allzu grossen Geschwindigkeiten ein zu geringer, um morphologisch namhafte Effecte zu erzielen. Auf die Bildung der Flussufer mag, wie die Beobachtungen von Suess und Penck an der Donau ergaben, das Rechtsdrängen der Ströme insofern einigen Einfluss ausüben, als an den „Prallstellen“ eine Unterwaschung und Vertiefung eintritt, aber ein asymmetrisches Verhalten der Thalwände hat sich auf das Walten dieses Factors noch nicht zurückführen lassen.

Ebenso wie nach den Seiten, muss das strömende Wasser aber auch nach rückwärts in den Untergrund einschneiden. Löwl hat darauf aufmerksam gemacht, dass diese rückläufige Erosion ein durchaus normaler Process ist, und dass wir uns von ihm besonders durch die Verfolgung zweier Erscheinungen Rechenschaft zu geben vermögen; als diese Erscheinungen haben wir zu betrachten die Anzapfung der Wasserscheiden und die Verlegung der Wasserfälle. Eine Wasserscheide ist dem Geographen von heute nicht mehr etwas Dauerndes, Unveränderliches, als welches sie unseren Collegen vor hundert Jahren erschien, wo man in das vorliegende Gebirgsbild eines Erdraumes ohne weiteres das hydrographische Netz einzeichnen zu können vermeinte; wie rasch eine Wasserscheide ihren Ort wechseln kann, darüber haben uns u. a. die Studien von Philippson belehrt. Jeder Fluss nun gräbt sich nach rückwärts in die Höhe hinein, von welcher er herabkommt, und diese Höhe wird dadurch immer mehr abgetragen, erniedrigt. Jene Thalwasserscheiden, deren wir weiter oben gedachten, waren unstreitig in geologischer Vorzeit stattlichere Bodenerhebungen, aber indem von verschiedenen Seiten an ihrer Zerstörung gearbeitet ward, wurden sie nach und nach zu schwach ausgeprägten Riegeln. Der wasserreichere Fluss gewinnt natürlich dabei einen Vorsprung vor dem minder wasserreichen, und auf dem Maloja-Passe z. B., welcher das Bergell vom Oberengadin trennt, kann man sich überzeugen, dass die Maira energischer die Vernichtung des noch bestehenden Bergrückens besorgt, als der hier noch ziemlich schwache Inn. Als Endzustand dieser rückläufigen Erosion müssen wir uns sonach die Beseitigung trennender Wasserscheiden, das Zusammenschmelzen zweier ver-

schiedener Thäler in ein einziges und eine Flussvermischung vorstellen. Der Cassiquiare, welcher als natürlicher Kanal die Stromsysteme des Orinoko und Amazonas verbindet, ist ebenfalls das Resultat eines Anzapfungsprocesses, welchem das Stromthal des Orinoko durch unmessbare Zeiträume ausgesetzt gewesen ist.

Das Rückwärtswandern der Wasserfälle ist namentlich an dem berühmten Niagara-Falle ausser Zweifel gesetzt worden. Die Erosion bemüht sich, den von neunzig Grad wenig abweichenden Winkel, welchen das Flussbett momentan mit dem Horizonte einschliesst, zu verkleinern, die senkrechte Ebene in eine schiefe zu verwandeln, und der Erfolg dieser ihrer Bemühungen lässt sich sogar in Zahlen angeben. In jedem Jahre bröckelt von der Krone des Felsens, über welchen der Fluss herabstürzt, eine gewisse Menge Material ab, und man kann ungefähr die Zeit berechnen, nach deren Umfluss das grösste Naturwunder Amerikas als solches zu existiren aufgehört haben wird. Und was für dieses gilt, das ist nur der specielle Fall eines allgemeinen Naturgesetzes, darin bestehend, dass auch die rückläufige Erosion an ihrem Theile eine gleichmässige Neigung des Thales herbeizuführen sich bestrebt.

Wir würden die Corrasion jedoch nur unvollkommen schildern, wollten wir sie ausschliesslich in ihrer zerstörenden Thätigkeit verfolgen. Drei Stadien, so sagt A. Heim (Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss, Jahrb. d. schweiz. Alpenkl., 14. Jahrg., S. 390 ff.), kann man bei der Erosionsarbeit nachweisen: Einschneiden, Verbreitern, Ausfüllen des Thalgrundes. Die beiden ersteren Stadien fallen der progressiven und retrograden, das Verbreitern fällt der lateralen Erosion zu; das Ausfüllen besorgt der Fluss in Perioden, während welcher seine Corrasionskraft einer gewissen Abschwächung unterliegt. Wahrscheinlich hängt es mit Klimaschwankungen zusammen, ob das rinnende Wasser mehr die destructive oder mehr die constructive Seite seiner Thätigkeit hervorkehrt; auf Perioden gesteigerter Ausnagung folgen solche gesteigerter Aufschüttungsthätigkeit. Die Thalleisten, welche aus anderwärts fortgespültem Stoffe sich zusammensetzen, verbreitern sich vielfach zu ausgedehnten Thalterrassen, den „Mesas“ (Tischen) der Neuspanier, welche zu einem wesentlichen Theile den landschaftlichen Reiz eines Thales bedingen. „Unweit Innsbrucks entfalten sich die Thalterrassen zu solcher Breite, dass man, auf denselben stehend, sich auf der Sohle eines breiten, 1600 m tiefen Thales wähnt und kaum gewahr wird, dass der Inn noch 400 m tiefer in dieses sogenannte Mittelgebirge einschneidet“ (Penck, a. a. O., 2. Bd., S. 67). Durch diesen Einschnitt hat sich, wenn man so will, ein „Thal im Thale“ herausgebildet.

Alle die Ausführungen, welche wir bisher gemacht haben, beziehen sich auf die Thalbildung im allgemeinen, und von den besonderen Verhältnissen, unter welchen sich das Wasser durch eine vorliegende Gebirgskette hindurch seinen Pfad erkämpft, ist noch