

- MEISSNER, O., Isostasie und Küstentypus. Petermanns Mitt. Bd. LXIV. Gotha 1918. S. 221.
- MESSERSCHMITT, J. B., Die wichtigsten Beziehungen zwischen der Geodäsie und der Geologie. Jahresber. d. physik. Ges. zu Zürich. Bd. VI. S. 15.
- MESSERSCHMITT, J. B., Die Schwerebestimmungen an der Erdoberfläche. Sammlung Wissenschaft, Verlag Vieweg, Heft 27. Braunschweig 1908.
- PFAFF, Über Messungen der Schwerkraft. Beiträge zur Geophysik. Leipzig 1914. XIII.
- SCHWEYDAR, W., Die Bedeutung der Drehwage von Eötvös für die geologische Forschung nebst Mitteilung der Ergebnisse einiger Messungen. Zeitschr. f. prakt. Geologie. Berlin 1918. S. 157—162.
- SCHWINNER, R., Vulkanismus und Gebirgsbildung. Zeitschr. f. Vulkanologie. 1920.
- TAMS, E., Isostasie und Erdbeben. Zentralbl. f. Min., Geol. u. Pal. Stuttgart 1920.
- TAMS, E., Drehwage und Schweremessungen in ihrer Bedeutung für die Geologie. Geol. Rundsch. X. Leipzig 1919. S. 1—13.
- TAMS, E., Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Oberflächenwellen längs kontinentaler und ozeanischer Wege. Zentralbl. f. Min., Geol. u. Pal. Stuttgart 1921, Heft 2, 3.
- WEGENER, A., Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 2. Aufl. Sammlung Wissenschaft, Heft 66. Verlag Vieweg. Braunschweig 1920.
- Zahlreiche Referate über Arbeiten auf dem Gebiet der Schweremessungen finden sich im Geographischen Jahrbuch, herausgeg. von WAGNER, besonders Bd. 30, 1907, Bd. 36, 1913, und in GERLANDS Beiträgen zur Geophysik.

## Europa.

- AMPFERER, O., Über die geologische Deutung von Schwereabweichungen. Verh. d. Geol. Reichsanstalt. Wien 1918. S. 31.
- COSTANZI, G., Abozzo d'una Carta delle isanomale della gravità nell' Europa centrale e nel Giappone meridionale. Rivista geographica italiana. XIV. Firenze 1907. p. 364—369.
- DEECKE, W., Erdmagnetismus und Schwere in ihrem Zusammenhang mit dem geologischen Bau von Pommern und dessen Nachbargebieten. Neues Jahrb. f. Min., Geol., Pal. XXII. Beilagebd. 1906. S. 127.
- DEECKE, W., Der geologische Bau der Apenninenhalbinsel und die Schweremessungen. Neues Jahrb. f. Min., Geol. Pal., Festbd. 1907. S. 129—158.
- DEECKE, W., Schweremessungen im südlichen Schwarzwald und in Elsaß-Lothringen. Ber. d. nat. Ges. zu Freiburg i. Br. Bd. XVIII. 1910. S. 57.
- HAASEMANN, L., Bestimmung der Schwerkraft auf 35 Stationen in der Nähe des Meridians 9° E. v. Gr., ferner in Ostpreußen und in den deutschen Mittelgebirgen. Veröff. d. preuß. geodät. Inst. Neue Folge 71. Berlin 1916.
- HEIM, A., Das Gewicht der Berge. Jahrb. d. Schweizer Alpenklub. Zürich. LIII. Bd. 1918. S. 179ff.
- HEIM, A., Geologie der Schweiz. II Bd., Heft 2. Leipzig, Tauchnitz, 1919.
- NIETHAMMER, Schwerebestimmungen der Schweizerischen geodätischen Kommission. S. 43—62. Verh. d. Schweiz. naturf. Ges. 91. Sitzungsb. Glarus 1908.
- RICCO, A., Anomali della gravità e del magnetismo terrestre in Calabria e Sicilia in relazione alla costituzione del suolo. Boll. soc. sismolog. Italiana Bd. XII. 1908.

## Außereuropäische Länder.

- BOWIE, W., Some relations between gravity anomalies and the geologic formations in the United States. Am. Journ. of Sci. 4th. Ser. Bd. XXXIII. 1912.
- BURRARD, S., Geological interpretations of geodetic results: A critical examination of Mr. R. D. OLDHAMS treatise on Himalayan structure. Geograph. Journal. Bd. LII. 1918. p. 237ff.

K. LEUCHS — Die Ursachen des Bergsturzes am Reintalanger (Wettersteingeb.). 189

- MORLAY DAVIS A., The Problem of the Himalaya and the Gangetic trough. Geogr. Journal. Bd. LI. 1918. p. 175—182, mit Literatur.
- ECCLES, Bericht über Lotablenkungen in Indien. Verh. d. XVII. Konf. f. internat. Erdmessung. Hamburg 1912. I. S. 316.
- HAYDEN, H. H., Notes on the relationship of the Himalaya to the Indoganic Plain and the Indian Peninsula. Records geol. Surv. of India. Vol. XLIII. 2. Calcutta 1913.
- HAYFORD, J. F. and W. BOWIE, The Effect of topography and isostatic compensation upon the intensity of gravity. U. S. Coast and Geodetic Survey. Spec. Publ. No. 10. Washington 1912.
- BOWIE, W., The effect of topography etc. Second paper. Ibid. No. 12. 1912.
- KOHLSCHÜTTER, E., Über den Bau der Erdkruste in Deutsch-Ostafrika. Nachrichten von d. kg. Ges. d. Wiss. Göttingen. Math.-nat. Kl. 1911. 1.
- OLDHAM, R. D., The Structure of the Himalayas and of the Gangetic Plain as elucidated by geodetic observations in India. Mem. of the Geol. Survey of India. XLII. Pt. II. 1917.
- SPENCER, J. W., Relationship between terrestrial gravity and observed earth movements of eastern America. Am. Journ. of Sc. 4. Ser. Vol. XXXV. p. 561. 1913.

## Meeresgebiete.

- HECKER, O., Bestimmungen der Schwerkraft auf dem Schwarzen Meere und an dessen Küste, sowie Ausgleichung der Schwerkraftmessungen auf dem Atlantischen, Indischen und Großen Ozean. Zentralbureau f. internat. Erdmessung. N. F. d. Veröffentl. Nr. 20. Berlin 1910.
- WOLFF, HERMANN, Die Schwerkraft auf dem Meere und die Hypothese von Pratt. Inaug.-Diss. Berlin 1913.
- WOLFF, HERMANN, Die Schwerkraft auf dem Mittelländischen Meere und die Hypothese von Pratt. GERLANDS Beiträge zur Geophysik. Bd. XIV, 3. Leipzig 1916.

## Die Ursachen des Bergsturzes am Reintalanger (Wettersteingebirge).

Von Dr. Kurt Leuchs in München.

Der obere Reintalanger, der Talschluß der Partnach, war am 6. Mai 1920 Schauplatz eines Bergsturzes. Es war kein durch besondere Größe oder durch verheerende Wirkung auffallender, aber verschiedene dabei hervortretende Umstände lassen es mir angezeigt erscheinen, diesen Bergsturz kurz zu beschreiben.

Herr stud. jur. HEINRICH MOSER in München war Augenzeuge und gab mir folgenden Bericht, wofür ich ihm bestens danke. »Gegen 5 Uhr nachmittags sah er, in der Nähe der Angerhütte stehend, wie sich an einem Felspfeiler östlich des Gatterlbaches eine Felsplatte ablöste und langsam, ohne daß Geräusche hörbar waren, gegen den Anger zu neigte. Als bald zerbrach die Platte, indem sich zuerst ihr oberer klotziger Teil abtrennte; die ganze Masse stürzte, in sich zusammenbrechend, hinab an den Fuß der Felswände, deren untere, weniger steile Partien glattfegend. Einzelne Blöcke wurden, auf Wandvorsprünge aufschlagend und dort abprallend, weit hinausgeschleudert nach den Seiten und nach vorwärts bis auf die Nordhänge des Angers. Die Hauptmasse stürzte in die Rinne des Gatterlbaches, schob und wälzte sich von dort, vermengt mit dem Neuschnee, weiter als

Schuttmure und gelangte so bis zum oberen Anger, wo sie sich breiartig ausdehnte. Der Absturz erfolgte mit gewaltigem Krachen und Donnern; starker Geruch nach Schwefel und Bitumen entstand, und die Luft war erfüllt mit dunklem Staub. Kleinere Nachbrüche und Schuttrutschungen erfolgten noch abends, nachts und in den nächsten Tagen. Der reichlich mitgerissene Schnee ließ zunächst nur wenige größere Blöcke in dem Schuttstrom deutlich erkennen, die meisten waren durch den Schnee verdeckt. Die Dauer des Bergsturzes dürfte höchstens 2 Minuten betragen haben. «

Deutlich geht aus dem Bericht hervor, daß der ganze Vorgang in drei Teile zerfällt: Die Abspaltung der Felsplatte und ihr langsames Umlegen, der Zusammenbruch und Absturz über die sehr steilen Felswände auf die weniger stark geneigten unteren Gehängepartien, die Rutschung der mit Schnee und lockeren Teilen der Schutthalde vermengten Masse von dort herab zum flachen Boden des Angers, wo sie sich mit der starken Gefällsverminderung breit ausdehnte.

Die Abrißstelle, kenntlich durch ihre gelb- und rotbraune Farbe, ist gut sichtbar als eine senkrechte, glatte Fläche in der Nordwand des letzten Turmes des vom Kleinen Wanner zum Gatterlbach ziehenden Grates. Die Stelle liegt etwa zwischen 1900 und 2000 m Seehöhe, ist ungefähr 100 m hoch und 50 m breit. Nach meiner Schätzung der Masse des Bergsturzes auf 50 000 cbm ergäbe sich somit die Dicke der abgestürzten Felsplatte mit 10 m. Denn der weitaus überwiegende Teil des jetzt auf dem Anger liegenden Bergsturzes stammt von dieser Felsplatte, lose Gesteintrümmer konnten sich in den sehr steilen Wänden nicht halten, und was der Schuttstrom in den unteren Gehängepartien mit fortriß, ist auch nur sehr wenig, da der Schnee dieses Gelände einigermaßen schützte.

Als ich im Juli 1920 bei einer meiner Exkursionen den Bergsturz besichtigte, erklärte sich einer der Teilnehmer, Herr stud. geol. Max Storz in München, in liebenswürdiger Weise bereit, photogrammetrische Aufnahmen des Bergsturzes zu machen und daraus die entsprechenden Zahlenwerte zu berechnen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen hat Herr Storz ebenso wie seine Bilder und die von ihm hergestellte Karte mit Einzeichnung des Ablagerungsgebietes mir zur Verfügung gestellt, wofür ich ihm auch an dieser Stelle herzlich danke.

Die Schätzung der Bergsturzmasse, wie sie oben angegeben ist, stimmt danach mit der Berechnung überein. Die von der Masse bedeckte Fläche, das Ablagerungsgebiet, mißt 20 000 qm, ihr Gewicht beträgt 125 000 t. Der Schuttstrom, der ja zuerst in der vom Gatterlbach geschaffenen Furche sich abwärts wälzte, verläßt diese in 1500 m Seehöhe und zieht dann, ständig an Breite zunehmend, in Nordost-Richtung hinab zum oberen Anger. Dort erreicht er eine größte Breite von 110 m, in der gleichen Breite hat er den Weg Angerhütte-Knorrhütte verschüttet. Das letzte Stück des Schuttstromes verschmälert sich bis zu 70 m. Am Südufer des Westost verlaufenden, in den Wiesenboden etwas eingetieften kiesigen Bachbettes endigt der Schutt, jenseits des Bachbettes liegen nur die vereinzelt hinausgeschleuderten kleineren Blöcke, im Bachbett, das im Juli 1920 trocken war, wohl auch sonst meist wasserlos ist, sahen wir keine Bergsturztrümmer. Herr Storz ist der Ansicht, und ich pflichte ihr durchaus bei, daß die zwar nur geringe Aufwulstung des Uferrandes den schon vorher in seiner Geschwindigkeit stark verringerten Schuttstrom gänzlich zum Stillstand gebracht hat.

Die Länge des Schuttstromes beträgt 350 m, die größte Dicke des Schuttes ist 5 m, im allgemeinen aber liegt er nur 1–2 m hoch.

Zusammengesetzt ist der Schuttstrom aus wirt gehäuften Gesteinstrümmern von eckigen kantigen Formen, die größten erreichen 10–15 cbm. Der Schutt besteht fast nur aus grauem, ziemlich dunklem unterem Wettersteinkalk. Was daneben noch spärlich vorkommt an anderen Gesteinsarten (schwarzgrauer Muschelkalk, roter Hornsteinkalk, grauer Mergelkalk) sind aus der Furche des Gatterlbaches mitgerissene Trümmer, die dorthin von der Südseite des Felsgrates durch das fließende Wasser geschwemmt waren.

Der Felsgrat besteht zum weitaus überwiegenden Teil aus Wettersteinkalk. Soweit Schichtung zu erkennen ist, zeigt sie bei Westoststreichen senkrechte Stellung. Daraus ergibt sich, zusammen mit der auch sonst starken Klüftung des Kalksteins und mit Verwerfungen, welche ihn in verschiedenen Richtungen durchschneiden, eine für die Entstehung von Abbrüchen günstige Vorbedingung. Je weiter wir den Grat nach Westen verfolgen, desto stärker ist das Gestein zertrümmert und erreicht den höchsten Grad am Gatterl selbst. Zugleich wird der Felsgrat bis zum Gatterlbach immer schmaler und niedriger, so daß dadurch auch der innere Zusammenhalt geringer ist.

Diese auffallende Erniedrigung des Kammes zwischen Kleinem Wanner und Gatterlköpfen ist in ihrer ersten Anlage hervorgebracht durch den tektonischen Bau des Gebietes, und ich muß zum besseren Verständnis diesen kurz besprechen.

Die Süd- und Westseite des Wettersteingebirges zeigt in ihrer ganzen Ausdehnung die Überschiebung der mit Muschelkalk beginnenden Schichtfolge über Jura und Neokom. Der südliche Hauptkamm, bestehend aus einem schmalen Muschelkalkstreifen, über welchem der mächtige Wettersteinkalk die Gipfel vom Isartal bei Mittenwald bis zum Wetterwandeck oberhalb Ehrwald aufbaut, erhebt sich im allgemeinen hoch über die südlich folgende Zone der jüngeren Schichten und bildet die Wasserscheide zwischen dem Reintal im Norden und dem Gaistal im Süden.

Dieses Verhältnis ändert sich westlich des Kleinen Wanner. Die Jura- und Neokomschichten sind dort höher aufgefaltet, die Wasserscheide zieht von dem gegen Westen sich senkenden Westgrat des Kleinen Wanner nach Südwesten weiter zu dem aus Neokommern aufgebauten Hohen Kamm und von dort im Halbkreis um den Kessel des Trauchelts herum über das Feldernjoch zum Gatterl, wo sie wieder auf den Felsgrat übergeht.

Durch die starke Aufwölbung der jüngeren Schichten ist somit dort nicht nur die Schubmasse abgetragen, sondern es mußte auch in dem basalen Gebirge selbst starke Erosion einsetzen, welche durch die mergelige Ausbildung des Neokoms noch gefördert wurde. Der tiefe Traucheltkessel wurde ausgearbeitet, und die dort abgelöste Masse ergoß sich über die niedrige Felsmauer im Norden hinab auf den Anger. Der Gatterlbach schnitt sich tief in die Mauer ein, längs einer Verwerfung.

Es zeigt sich daher, daß in dem Gebiete Tektonik und Gesteinsbeschaffenheit zusammenwirken in der Abtragung.

Die unmittelbare Veranlassung des Bergsturzes war, wie in den meisten Fällen, auch hier das Wetter. Es ist mir durch die Nähe der meteorologischen Hochstation auf der Zugspitze möglich, die Wetterlage in der dem Bergsturz vorhergegangenen Zeit ziemlich genau feststellen zu können.

Herr Observator Dr. Anton Huber der bayerischen Landeswetterwarte in München gab mir in liebenswürdiger Weise eine Zusammenstellung der Beobachtungen vom 1.–6. Mai 1920, hierfür sei ihm auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

Es ergibt sich daraus, daß am 1. und 2. Mai Föhnwetter war mit langem Sonnenschein und Temperaturen, welche bis 2,5 bzw. 3,2° anstiegen. Der 3. Mai war trüb und meist neblig, früh und abends erfolgte Schneefall, die Temperatur stieg noch bis 3,1°. Am 4. verstärkten sich Nebel und Schneefälle, die Höchsttemperatur betrug nur noch 1,2°, abends sank die Temperatur auf – 8,7°. Der Neuschnee erreichte am 5. früh 20 cm Höhe, entsprechend 15,4 mm Niederschlagsmenge, tagsüber war Nebel und Schneefall, abends sank die Temperatur auf – 13,0°.

In der Nacht zum 6. Mai erniedrigte sich die Temperatur bis – 14,7°, die Niederschlagsmenge am 6. früh betrug 7,0 mm. Der Tag war vorwiegend heiter und schön, mit einer Sonnenscheindauer von 13 1/2 Stunden, dem Monatsmaximum. Die Temperatur stieg um 12,9° bis abends 9 Uhr.

Für die Abrißstelle des Bergsturzes sind die Lufttemperaturen rund 5° höher anzusetzen, die Felstemperaturen dagegen dürften, wie mir Herr Dr. HUBER mitteilt, wegen der nächtlichen Ausstrahlung nicht höher als die Lufttemperaturen auf der Zugspitze anzunehmen sein.

Die meteorologischen Beobachtungen zeigen also, daß auf das Föhnwetter starke Niederschläge folgten, dann trat heftiger Frost ein, welcher das in die Spalten und Risse eingedrungene Wasser gefrieren ließ. Das durch Lagerung und Beschaffenheit für den Bergsturz schon vorbereitete Gestein erfuhr dadurch weitere Sprengwirkung, bei dem beträchtlichen und raschen Ansteigen der Temperatur taute das Eis im Gestein auf, dieses verlor seinen letzten Halt und stürzte ab.

Nach ALBERT HEIM<sup>1)</sup> erfolgen die meisten Bergstürze im Frühjahr, infolge der Durchnässung des Bodens bei der Schneeschmelze. Nur die ganz großen Bergstürze (z. B. von Goldau, Elm, Plurs) sind in der ersten Hälfte September vor sich gegangen.

Von Herrn Dr. HUBER begonnene Untersuchungen über »Frostwechsel auf der Zugspitze« lassen, wie ich einer Mitteilung des Verfassers verdanke, erkennen, daß im 15jährigen Durchschnitt die Anzahl der Tage mit Frostwechsel am raschesten ansteigt vom April mit 4,0 Tagen zum Mai mit 12,8 Tagen. Der Mai zeigt die häufigsten Fälle der Erwärmung von einem Tag zum nächsten, aus der Tabelle auf S. 31 einer anderen Untersuchung von A. HUBER<sup>2)</sup> geht das zahlenmäßig klar hervor.

Es ist demnach im Wettersteingebirge ebenso wie in den nördlichen Kalkalpen überhaupt der Mai infolge seiner klimatischen Eigenschaften der eigentliche Frühjahrsmonat, deshalb für Bergstürze besonders günstig. Das zeigt sich auch bei dem vorliegenden Fall, und zugleich tritt die unmittelbare Ursache der Auslösung des Bergsturzes durch die Wetterlage deutlich hervor.

<sup>1)</sup> Über Bergstürze. Neujahrsblatt Naturf. Ges. Zürich 1882. S. auch: M. NEUMAYR, Über Bergstürze. Z.D.Ö.A.V. 1889.

<sup>2)</sup> Das Klima der Zugspitze. Beob. d. met. Stationen im Königreich Bayern. Jahrg. 1913.

## II. Besprechungen.

### Die Flußterrassen.

Von Dr. R. Sokol (Pilsen).

(Mit 2 Textfiguren.)

#### Inhalt.

	Seite
I. Einführung . . . . .	194
II. Ursache der Eintiefung . . . . .	195
III. Ursache der Aufschüttung . . . . .	199
IV. Ursache der Periodizität der Eintiefung und der Aufschüttung . . . . .	207
V. Ursache der Stufenform . . . . .	220
VI. Die geologische Zeit der Eintiefungen und Aufschüttungen . . . . .	227

#### Literatur.

- AHLBURG, JOH., Über das Tertiär und das Diluvium im Flußgebiete der Lahn. Jahrb. d. kgl. preuß. geol. Landes-Anst. Berlin. 1915. S. 269—373.
- DAVIS, W. M., River Terraces in N.-England. Bull. of the Mus. of Com. Zoology at H. College XXXIII. 1902.
- DAVIS-RÜHL, Die erklärende Beschreibung der Landflächenformen. 1912.
- DIETRICH, B., Entstehung und Umbildung von Flußterrassen. Geol. Rundschau 1911. S. 445.
- DRYGALSKI, E., Über Bewegung der Kontinente zur Eiszeit. Verh. d. VII. geogr. Kongr. Berlin 1889.
- ENGELMANN, R., Die Terrassen der Moldau—Elbe. Diss. 1911.
- ENGELMANN, R., Geomorphologische Untersuchungen in Böhmen. Lotos 1913. S. 107—109.
- GAGEL, C., Die Beweise für eine mehrfache Vereisung Norddeutschlands in dil. Zeit. Geol. Rundschau 1913.
- GEIKIE, JAMES, Prehistoric Europe. 1881.
- HENKEL, L., Die Terrassen des Maintals bis zum Eintritt in die oberrheinische Tiefebene. Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des fränkischen Flußnetzes. Geol. Rundschau 1919. S. 137—155.
- HETTNER, A., Die Arbeit des fließenden Wassers. Geogr. Z. 1910.
- HILBER, V., Taltreppe. Eine geol.-geogr. Darstellung. Graz 1912.
- HILBER, V., Baustufen, Paläolithikum und Lößstellung. Mitt. d. Geol. Ges. Wien. XI, 1918, 1919. S. 193—230.
- KAYSER, E., Lehrbuch der Geologie. 1909. I.
- KEILHACK, K., Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Leipzig 1889.
- KREUTER, F., Der Flußbau. 1910. S. 12.
- MILLER, H., River Terracing. Proceedings of the R. Phys. Society. VII. Edinburgh 1883.
- NANSEN, F., Über seine Durchquerung Grönlands. Verh. Ges. f. Erdk. zu Berlin. XVII. 1890. S. 452.