

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Von den Überschwemmungen

Sonklar, Karl von

Wien, 1883

I. Von den Überschwemmungen im Allgemeinen

I.

Von den Ueberschwemmungen im Allgemeinen.



I. Von den Ueberschwemmungen im Allgemeinen.

Dieser Abschnitt wird hauptsächlich die physikalische Seite der Ueberschwemmungen, d. h. ihre Ursachen, ihren Verlauf und ihre natürlichen Wirkungen, so wie die Art und wechselnde Form ihres Auftretens ins Auge fassen. Wie aber bereits flüchtig angedeutet worden, hat es auch Ueberschwemmungen durch das Meer gegeben und der Verfolg dieser Abhandlung wird uns zeigen, dass viele derselben zu den furchtbarsten Erscheinungen dieser Art gehörten. Auch von den Ueberschwemmungen durch Landseen ist oben bereits gesprochen worden. Wir werden die Ueberschwemmungen demnach in drei Classen, u. zw. in die durch das Meer, durch Seen und durch Flüsse hervorgebrachten, abzutheilen haben.

A. Ueberschwemmungen durch das Meer.

Die Ueberschwemmungen durch das Meer entstehen 1. durch heftige Erdbeben und 2. durch Sturmfluthen.

1. Ueberschwemmungen durch Erdbeben.

Wird durch ein starkes Erdbeben, gleichviel ob dessen Centrum nahe der Küste oder von derselben entfernt, immer aber im Bereiche des Meeres liegt, der Boden des letzteren heftig erschuttert, so wird der Gleichgewichtszustand der Wassermasse plötzlich und, je nach der Stärke der Erschütterung nicht selten in einem Grade gestört, der für die Küsten und für die Menschen, die da wohnen, von den zerstorendsten Folgen begleitet ist. Das Meer gerath dabei in eine heftige oscillirende Bewegung, die alle Tiefen desselben ergreift, sich durch eine der gewöhnlichen Fluth ziemlich nahe kommende Geschwindigkeit der Fortpflanzung, sowie durch eine radienformige Ausbreitung nach allen Richtungen bis zu den entferntesten Gestaden

des betroffenen Meeres auszeichnet. In dieser Beziehung sind die Ringwellen in einem Teiche, die durch einen in das Wasser geworfenen Stein erzeugt werden, ein Bild jener Erscheinung im Kleinen. An der Küste aber offenbart sich dieselbe wie folgt: Hier beginnt die Oscillation des Meeresspiegels häufig mit einem raschen Rückzuge des Wassers vom Lande, der oft so bedeutend ist, dass in den Häfen die Schiffe nach Umständen auf das Trockene zu liegen kommen. Da wo Erdbeben oft vorkommen, und wo man daher die Einwirkungen derselben auf das Meer kennt, ist dieses Zurückweichen des Wassers eine Mahnung zur unverzüglichen und eiligsten Flucht. Denn schon nach wenigen Minuten kehrt das Meer in der Gestalt einer 30, 60 bis 80 Fuss hohen, mit unbeschreiblicher Geschwindigkeit und mit dem furchtbarsten Getöse daherstürmenden Woge zum Lande zurück. Mit einer Gewalt, der nichts zu widerstehen vermag, wirft sie sich hier auf die Küste, alles zermalmend, was sie erreicht und die festesten Gebäude so von dem Angesichte der Erde weglegend, als ob sie niemals bestanden hatten. Gewöhnlich folgen in kurzen Zwischenräumen mehrere solcher Wogen aufeinander, von denen bald die erste, bald die zweite, dritte oder eine folgende die bedeutendste ist, worauf sie an Höhe allmähig abnehmen, bis sie sich gänzlich verlieren. — In anderen, vielleicht ebenso häufig vorkommenden Fällen beginnen die Schwingungen des Meeres an der Küste mit einem plötzlichen Steigen des Wassers oder wohl auch mit der soeben geschilderten Woge. — Man hat oft bis zu 20 und mehr solcher Wellen gezählt und dabei bemerkt, dass sich häufig sowohl die Dauer der Intervalle, als auch die Wellenhöhe positiv und negativ ändert, so dass nach dem Hauptmaximum zuweilen noch ein zweites oder drittes secundäres Maximum auftritt. Man hat ferner die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Art von Wellen mit 774 bis 213 Mtr. berechnet, was ungefähr der drei- bis achtfachen Geschwindigkeit eines Orkans, welcher Häuser und Walder niederwirft, gleichkommt. Aus diesen Umständen werden wir leicht eine Vorstellung von der ausserordentlichen Kraft und zerstörenden Wildheit solcher Wellen gewinnen. Ich behalte mir indessen vor, auf eine genauere Darstellung der mechanischen Kräfte, welche dem mit verschiedener Geschwindigkeit bewegten Wasser innewohnen, bei einer anderen Gelegenheit zurückzukommen.

Man hat diese Art von Meeresbewegung mit dem Namen Erdbebenfluth bezeichnet.

Die Thatsache, dass die Erdbebenfluth an der Küste bald mit einer Hebung, bald mit einer Senkung des Meeresspiegels anhebt, hat in neuester Zeit zu einem lebhaften Streite über die Art ihrer Entstehung geführt. Je nach dem Standpunkte, den die Einzelnen in ihren theoretischen Ansichten über die Ursache der Erdbeben einnehmen, haben die Einen die Entstehung der Erdbebenfluth aus der instantanen und heftigen Bewegung einer Stelle des Meeresbodens nach oben, die Anderen aus der eben so plötzlichen Senkung einer solchen Stelle zu erklären gesucht. Jene folgen hierbei der älteren Hypothese, nach welcher die Hebung und Erschütterung des Bodens die Folge eines aus der Tiefe des Erdinnern kommenden, nach oben gerichteten Stosses sei, während die Anderen der Theorie K. F. Mohr's folgen, die den Einsturz von oberen Theilen der Erdkruste in tiefer gelegene Hohlräume als die alleinige Ursache der Erdbeben annimmt.¹⁾

Obgleich ich es hier nicht mit einer physikalischen Erklärung der Erdbebenfluthen, sondern nur mit den von ihnen hervorgebrachten Ueberschwemmungen zu thun habe, so will ich an dieser Stelle doch bemerken, dass nach der einen und nach der anderen Theorie, die Hebung so gut wie der Ruckzug des Meeres an der Küste bei Beginn der Erdbebenfluth, gleich leicht zu erklären ist.

Hat nämlich irgendwo eine solche Senkung stattgefunden, so wird ganz richtig das Meer von allen Seiten der gesunkenen Stelle zustromen und es wird sich dadurch ein ungeheurer Wellenberg bilden müssen, der jedoch alsbald das Geschäft der Niveau-Ausgleichung beginnt und in Ringwellen nach allen Seiten abfließen wird. Im anderen Falle wird durch den Stoss nach oben dieser Wellenberg vom Flecke weg zur Entstehung kommen und so lange dauern als der Stoss dauert. Da aber diese locale Niveau-Änderung und Volumvermehrung des Meeres nur dadurch entstehen kann, dass den im Kreise herum nächstgelegenen Gegenden des Meeres Wasser entzogen wird, so wird auch hier auf kurze Zeit ein Zug des Wassers von allen Seiten gegen den Wellenberg eintreten müssen. — Da nun in beiden Fällen, in Folge der Erschütterung und wegen der Unebenheiten des Meeresgrundes, dieses anfängliche

¹⁾ Siehe: Prof. E. Geinitz: Die Fluthwelle bei Erdbeben, Gaa XV. 11, XVII. 7 und 9; Graf Fz. Berg: Gaa XVII., 1 und XVIII. 5; Dr. G. W. Rachel: Ueber das Zurücktreten des Meeres vor Ankunft der Fluthwelle bei Erdbeben, Gaa XVII. 6, und XVIII. 1.

Stromen des Meeres in Ringwellen geschehen muss, so wird an der Küste diese erste Schwingung des Wassers hier mit einer Hebung, dort mit einem Sinken des Meeresspiegels beginnen, je nachdem ein gegebener Küstenpunkt mehr im Bereiche des Scheitels oder mehr in dem des Thales jener ersten Welle liegt. Es ist begreiflich, dass bei grosserer Nähe des Erschütterungscentrums auch das Mass dieser der eigentlichen Erdbebenfluth vorangehenden Bewegung des Meeres, d. h. Steigen oder Fallen des Wassers, grösser sein wird und dass sich dieselbe an sehr entfernten Küsten nicht mehr fühlbar machen kann. Es scheint mir demnach die Behauptung eines der Einsturztheorie anhangenden Forschers, dass durch die Stosstheorie das Zurücktretten des Meeres an der Küste nicht erklärt werden könne, unrichtig.

Eine dritte Erklärung lässt die Erdbebenfluthen aus der Erschütterung und Hebung der Küsten selbst hervorgehen; da aber meines Wissens eine solche Fluth, als Folge eines continentalen Erdbebens, d. h. eines solchen, dessen Centrum auf dem Lande lag, noch niemals beobachtet wurde, so mag diese Ansicht hier unbeachtet bleiben.

Wir haben bishér die Frage, welcher von jenen beiden Theorien der Vorzug gebühre, d. h. welche mit den Erscheinungen in der Natur besser zusammenstimmt, nicht berührt. Dem Unbefangenen aber will es scheinen, dass die Hypothese Mohr's zu weit geht. Denn wenn es auch manche oder viele Erdbeben gab, deren Ursache beinahe mit Evidenz auf Einstürze unterirdischer Hohlräume zurückzuführen waren, so folgt daraus noch immer nicht, dass alle Erdbeben, deren Erschütterungskreis oft ungeheuer, in einzelnen Fällen Hunderttausende von Quadratmeilen messende Raume umfasste, aus derselben Quelle entsprungen sein müssen.

Es sind uns in der physikalischen Geschichte der Erde aus allen Zeiten zahlreiche Beispiele von Erdbebenfluthen und den von ihnen angerichteten Zerstörungen aufbewahrt. Ich will hier nur einige der prägnantesten und lehrreichsten anführen.

Eine Erdbebenfluth soll in sehr alter Zeit die Insel Euboea vom Festlande abgerissen haben.

Bei dem Erdbeben von Orobiae auf Euboea, 425 vor Chr., wird das Zurückziehen und plotzliche Wiederkehren des Meeres, wobei etliche Küstenstädte vollständig zerstört wurden, ausdrücklich erwähnt und schon von Thukydides ganz richtig als eine, durch

das Erdbeben bewirkte und nur durch ein solches erklärbare Erscheinung gedeutet.¹⁾

Ca. 270 vor Chr., zur Zeit als König Pyrrhus seinen Einfall in Italien machte, verschlang das durch ein Erdbeben emporgehobene Meer zur Nachtzeit die an der Südküste des korinthischen Golfes und 12 Stadien (2·3 Km.) landeinwärts gelegene Stadt Helike und tödtete alle Einwohner, deren Zahl so gross war, dass 2000 dahin abgesendete Achäer nicht im Stande waren alle Leichname unter den Trümmern hervorzuziehen.²⁾

Bei dem grossen Erdbeben von 1510 zu Constantinopel erhob sich das Meer so hoch, dass es über die Stadtmauern stieg und sowohl in die Stadt als in Galata eindrang. 109 Moscheen, 1070 Häuser und einige Tausend Menschen gingen theils durch die Erschütterung, theils durch das Wasser zu Grunde.³⁾

Lima, die Hauptstadt von Peru, und besonders Callao, die Hafenstadt von Lima, wurden 1687 und 1746 von zwei der gewaltigsten Erdbeben heimgesucht. Das erste Mal wurde Callao sammt Hafen durch eine Erdbebenfluth zerstört. Das Erdbeben von 1746 aber war eines der furchtbarsten, von welchen die Geschichte zu erzählen weiss. Es war am 28. October, als Lima und noch 40 andere Städte in den Cordilleren in einem Augenblicke über den Haufen stürzten und sich die Erschütterung längs der Küste auf Hunderte von Meilen gegen Norden und Süden ausbreitete. Gleich nach dem ersten Stosse zog sich das Meer zurück und stürzte sich dann in einer 80 Fuss (26 Mtr.) hohen Woge mit überstürztem Scheitel auf Callao, zertrümmerte zunächst den aus mächtigen Quadern erbauten Hafendamm, riss ein grosses Stück Land mit sich fort und vernichtete die Stadt so vollständig, dass man die Stelle nicht mehr erkannte, auf der sie einst gestanden. Nach der ersten grossen Woge zog sich das Meer abermals zurück, worauf eine zweite, ebenso grosse Woge die Zerstörung vollendete. Das gleiche Schicksal wie Callao traf auch die Küstenstädte Cavallos, Guanape, Changay und Gaura.⁴⁾ Dass hier mehrere Tausende von Menschen den Wassertod starben, ist wohl begreiflich.

Neun Jahre später, und zwar am 1. November 1755, fand das grosse Erdbeben von Lissabon statt, von dem gesagt wird, dass

¹⁾ Thukydides: Geschichte des pelop. Krieges, III. 89 — ²⁾ Strabo, VIII. Cap. 7, 2. — ³⁾ v. Hoff: Gesch. d. nat. Veränderungen unseres Erdkörpers. IV. 244. —

⁴⁾ v. Hoff: Gesch. d. nat. Veränderungen. IV. 336 u. 403.

es den grössten bisher bekannten Erschütterungskreis besass, der von Einigen auf nicht weniger als 700.000 geogr. Quadratmeilen, d. i. die vierfache Area von Europa, geschätzt wurde.¹⁾ Grönland und Madeira, Norwegen und die Antillen, Italien und Canada, sowie alles zwischenliegende Land und Meer wurden damals zu gleicher Zeit erschüttert. Als an jenem schrecklichen Tage, unter furchtbarem Gekrach und dem noch furchtbareren Wehgeschrei der Verwundeten und Sterbenden, die Mauern der Stadt zusammenstürzten und sich Tausende von Menschen auf den Uferquai des Tejo flüchteten, sah man plötzlich die Wasser des Flusses sich dergestalt verlaufen, dass die vor Anker liegenden Schiffe auf dem Grunde sassen. Noch plötzlicher aber kehrte wenige Minuten später das Meer in einer 80 Fuss (26 Mtr.) hohen Woge zurück, fegte am Quai allein 4000 Menschen vom Angesichte der Erde weg und warf sich dann über die unglückliche Stadt, in der nur durch den Wellenschlag allein 60.000 Menschen das Leben verloren haben sollen.²⁾ Von den Schiffen aber ward nachher nicht eine Planke wiedergefunden. Gleichzeitig wurde Setuval in Trümmer gelegt, Cadiz mit 60, Gibraltar und die marokkanischen Hafenstädte mit 6—7, Funchal auf Madeira mit 17, die Antillen mit 12—20 und die Küsten Englands und Irlands mit 8—10 Fuss hohen Fluthen überschüttet. Ja selbst noch zu Åbo in Finnland wurden diese convulsivischen Bewegungen des Meeres empfunden.³⁾

1821 bei dem Erdbeben von Bima auf Sumbawa erhob sich das Meer so hoch, dass der Ort überschwemmt und Schiffe aus dem Hafen über die Häuser hinweg weit in das Land hineingeworfen wurden.⁴⁾ Aehnliches geschah auch 1852 auf der Insel Gross-Banda, wo, ebenfalls in Folge eines Erdbebens, das Meer zuerst plötzlich aus der Bai abfloss, so dass die Kriegsbrigg »Hai«, die in ca. 50 Fuss tiefem Wasser vor Anker lag, den Meeresgrund berührte, dann aber wieder in Gestalt einer hohen Woge zurückkehrte, das Dorf Neira 25—39 Fuss hoch überfluthete, dieses vollständig wegschwemmte

¹⁾ G. A. v. Kloden: *Physische Geogr.* 3. Aufl. S. 265. — ²⁾ Dr. Heinrich Berghaus: *Allgem. Lander- u. Volkerkunde*, II. 627. Der Nuntius zu Lissabon, Acciajuoli, gibt in einem Berichte an den Papst vom 4. Nov. 1755 die Gesamtzahl der Verunglückten mit einem Drittheil der Bevölkerung, d. i. mit ca. 100 000 Seelen an. Dieser Bericht ist in Dav. Herrleberger's: *Neue und vollständige Topogr. d. Eidgenossensch.* Zurich, Seite 139 abgedruckt. — ³⁾ v. Hoff: *Veränderungen*. IV. 427—450. — ⁴⁾ *Ibidem*. V. 163.

und nebenher ein Prau über die Walle hinweg in das Innere des Forts warf, woselbst es auch verblieb.¹⁾

Indem ich mehrere andere gleich merkwürdige Beispiele grosser und zerstorender Erdbebenfluthen übergehe, will ich nur noch jener von Arica am 13. August 1868 und der von Iquique am 9. Mai 1877 erwähnen, und zwar nicht nur deshalb, weil die von ihnen angerichteten Verwüstungen zu den bedeutendsten und verderblichsten ihrer Art gehörten, sondern auch darum, weil sie sehr genau studirt wurden, weil man durch sie die Ringwellennatur dieser Fluthen, sowie die Geschwindigkeit ihrer Fortpflanzung erkannte, und endlich, weil man sie zur Berechnung der mittleren Meerestiefe für die verschiedenen Radien ihres Ausstrahlens benützen lernte.

Arica und Iquique liegen beide an der Westküste von Südamerika und da wie dort wurde der Boden durch das Erdbeben mit unglaublicher Heftigkeit erschüttert. Lesen wir doch in den Berichten aus Tacna (dessen nur ca. 30 Km. entfernter Hafenplatz Arica ist), dass an jenem 13. August 1868, als die verticalen Stösse begannen, Steine und Erde von der Stelle weg in die Höhe geschleudert wurden, die Dächer sich hoben und senkten, als ob sie heftig bewegte Tücher wären, und Flüssigkeiten in Gefässen wie Fontainen hoch in die Höhe sprangen.²⁾ Das Erdbeben von Iquique war nicht minder heftig; in beiden Fällen aber kamen ungeheure Fluthen zur Entwicklung, welche Millionen an Eigenthum zerstörten, vielen Tausenden von Menschen das Leben kosteten und deren ringwellenförmige Ausbreitung bis nach San Francisco, den Sandwich-Inseln, nach Neuseeland und Australien, ja selbst bis Japan, mit Sicherheit constatirt werden konnte. Ich lasse hier einige Details über diese beiden Erdbebenfluthen folgen.

Das Erdbeben von Arica trat um 4^h 45' Abends ein und bestand aus drei Hauptstössen, welche zusammen 4½ Minuten lang dauerten. Die genannte Stadt scheint dem Centrum der Erschütterung am nächsten gelegen zu haben. Etwa 20 Minuten nach dem ersten Stosse erhob sich die See 8, nach anderen 10—16 Fuss hoch, zog sich darauf so weit zurück, dass man den trockenen Meeresgrund sah, kehrte dann in einer 50—60 Fuss hohen überstürzten Welle wieder, trieb dabei die grössten Fahrzeuge wie Splitter vor

¹⁾ Alb. S. Bickmore: A Description of the Banda-Islands. Proceedings of the R. Geogr. Society of London. XII. 324. — ²⁾ K. Ludolf Griesbach: Die Erdbeben der Jahre 1867 u. 1868, Mitth. der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien. XII. 204 ff.

sich her und warf sich nun auf das Land. Hier zertrummerte sie zuerst den Hafendamm, vernichtete sodann den unteren Theil der Stadt derart, dass sie keine Spur davon übrig liess, und tödtete 200 Menschen. Diese Fluth wiederholte sich in gleicher Weise bei dem zweiten wie bei dem dritten Stosse. — Nordwärts von Arica wurde Ilo gänzlich weggespült. In Mollendo und Islay erschienen sechs 40 Fuss hohe Wogen, Tambo und Chala wurden zerstört und dasselbe Los fiel noch einer grossen Zahl anderer Städte und Dörfer an der Küste zu. Im Suden von Arica verschwanden Pisagua und der untere Theil von Iquique spurlos. Hier glichen die Oscillationen des Meeres genau jenen von Arica; nur war die Fluthhöhe etwas geringer (40 Fuss), aber immer hoch genug, um massive Gebäude, eiserne Säulen und Locomotiven wegzuspülen. Mejillones wurde von Grund aus zerstört, Coquimbo von 25 und selbst noch Talcahuano von 20 Fuss hohen Wellen verwüstend heimgesucht. — Aber selbst in den weiten Ocean hinaus verbreitete sich die Fluth mit wunderbarer Regelmässigkeit und Kraft. Da die Schnelligkeit ihrer Fortpflanzung von der Tiefe des Meeres abhängt,¹⁾ diese aber von einem Orte zum andern bekanntlich eine sehr verschiedene ist, so konnten die Radien der Ringwellen in einem und demselben Momente nicht überall von ganz gleicher Länge sein. So erreichte die Fluth z. B. die von Arica 5400 Seemeilen entfernte Insel Hawaii noch immer mit zerstörender Gewalt in 14^h 25', die Samoa-Insel Upolu, auf der sie, 20—30 Fuss hoch, Häuser und Dörfer verwüstete, 5760 Meilen weit, in 16^h; Lyttleton auf Neuseeland, 6120 Meilen, mit 10 Fuss hohen Wellen in 19^h 18' und Japan, 9200 Meilen, wo sie noch einige Fischerdörfer überschwemmte, in ca. 24 Stunden.²⁾

Durch die Erfahrungen des Jahres 1868 vorbereitet, wurde die Erdbebenfluth von Iquique (9. Mai 1877) weit genauer beobachtet. Als Centrum der Erschütterung wird der Raum zwischen Iquique

¹⁾ Den Zusammenhang zwischen Wellengeschwindigkeit und Wassertiefe hat Airy durch die Gleichung $v^2 = gh$ ausgedrückt, in welchem Ausdrucke v die Geschwindigkeit der Wellenbewegung, g die Acceleration der Schwere und h die Wassertiefe vorstellt. — Ist v bekannt, so kann mit Hilfe dieser Formel die mittlere Meerestiefe für die von der Fluth durchlaufene Linie leicht gefunden werden. — ²⁾ Siehe Prof. Dr. Ferd. Hochstetter: Die Erdbebenfluth im pacifischen Ocean etc. Peterm. G. Mitth. 1869, 222, und Mitth. d. k. k. geogr. Ges. in Wien, XIII. 235; ferner K. Lud. Griesbach: Das Erdbeben in Südamerika im Aug. 1868, ebend. S. 200. — Earthquake Wave etc. by the Rev Dr George Turner Proc. XIII. 57.

und der Bai von Mejillones angesehen, wornach dasselbe um ca. 3 Grad südlicher lag als jenes von 1868. Das Erdbeben begann um 8^h 20' Abends, dauerte 4 $\frac{1}{3}$ Minuten und ubte auf das Meer dieselben Wirkungen aus, wie bei der Katastrophe von Arica, wenn dabei die Zerstörungen im Ganzen auch etwas geringer waren. — In Iquique erfolgte wenige Minuten nach dem ersten Stosse zunächst ein starkes Anschwellen des Meeres, darauf Rückzug, dann Wiederkehr desselben in furchtbaren Sturzwellen, deren acht in die Stadt einbrachen und sie vollständig zerstorten. Dasselbe Schicksal erfuhr Pabellon de Pica, Chanabaya, Punta de Lobos, Huanillas, Tocopilla, Cobija, Mejillones u. a. O. m., mit dem Unterschiede, dass die Zahl der Wellen von einem Punkte zum andern eine verschiedene war und ihre Höhen zwischen 35 und 80 Fuss schwankten. Nördlich von Iquique wurden zuerst Pisagua, dann Arica auf das furchtbarste betroffen; hier stürmten ebenfalls acht hohe Wellen auf die Stadt ein und verheerten sie entsetzlich. Mollendo, Ilo, Pisco litten auf ähnliche Weise. In Callao trat zwar keine Welle auf, aber das Meer erhob sich plötzlich sehr bedeutend, wobei sich Wirbel und entgegengesetzte Strömungen bildeten, die der Stadt Millionen an Eigenthum und Hunderte von Menschenleben kosteten. In Samanco stieg und fiel das Wasser um 100 Fuss, und selbst noch in Mexiko wurde Acapulco und die ganze Küste des Staates Guerrero hoch überfluthet. Ja noch mehr: diesmal wie 1868, wurden noch in San Francisco, 4800 Seemeilen von Iquique entfernt, die Aeusserungen dieser Fluth an der Küste wahrgenommen. — Was endlich die Verbreitung derselben durch den grossen Ocean anbelangt, so stimmen die diesmaligen Beobachtungen mit jenen von 1868 genügend überein. Auf den Sandwich-Inseln, wo die Fluthen an einzelnen Orten die Höhen von 30 und 36 Fuss hatten, erschien die erste Welle zu Hilo auf Hawaii (Entfernung 5526 Seemeilen) nach 14, und zu Honolulu (5710 Meilen) nach 14 Stunden 45 Minuten, zu Apia auf den Schiffer-Inseln (5739 Meilen) in 14 Stunden 50 Minuten, zu Lyttleton (6000 Meilen) in 18 Stunden 23 Minuten und zu Kamaishi in Japan (8835 Meilen) nach 22 Stunden. Dabei gab es in Nukahiwa (Marquesas-Inseln) noch Wellen von 14, in Vavao (Tonga-Gruppe) von 10, und in Neuseeland von 6—15 Fuss Höhe.¹⁾

¹⁾ Dr. E. Geinitz: Das Erdbeben von Iquique etc. Peterm. G. Mitth. 1878. 454. Das Erdbeben von Iquique. Globus 1878, 3, 46 und Fr. Birgham: Die Erdbebenfluth im G. Ocean etc. Globus 878, 14, 216

• 2. Ueberschwemmungen durch Sturmfluthen.

Unter Sturmfluthen versteht man jene heftigen Bewegungen des Meeres, welche durch Stürme erzeugt werden und wobei die Wassermasse der See in Wogen von oft sehr grosser Höhe nach der Richtung des Windes zu treiben scheint.

Ich sage, zu treiben scheint, weil die Wellenbewegung an sich bekanntlich nur selten mit einem progressiven Fortschreiten des Wassers verbunden ist. Ein richtiges Bild der Wellenbewegung liefert ein vom Winde bewegtes Kornfeld: jede Aehre haftet fest am Boden, ungeachtet die Oberfläche oft den schönsten Wellengang darstellt. Diese Art von Bewegung ist nichts anderes, als ein bestimmtes Oscilliren des Wasserspiegels in verticaler Richtung auf und nieder und hierin alternirend in den Theilen desselben, nach einer veränderlichen, von den Ursachen abhängenden Anordnung. Erst bei lang andauerndem Drucke des Windes aus einer und derselben Weltgegend kann sich dieses Oscilliren nach und nach in ein wirkliches Strömen des Wassers verwandeln. Dies ist die Entstehung der in manchen Theilen des Oceans vorkommenden sogenannten Driften oder Driftströme.

Sind die dem Lande zulaufenden Wogen höher als das Gestade, oder höher als die zum Schutze des Landes errichteten Uferdamme, und ist der Boden langs der Küste eben oder flach, so wird sich das Wasser über das Uferland ergiessen und Ueberschwemmungen erzeugen, die an Gefährlichkeit und Verderblichkeit für die Küstenbewohner den Erdbebenfluthen oft kaum nachstehen. Denn bei den Sturmfluthen ist es nicht, wie bei diesen, mit einigen grossen, wenn auch höchst furchtbaren Wellenschlägen abgethan; jene dauern so lange, als der Sturm dauert, d. h. oft Tage lang; und kann sich ihre mechanische Gewalt auch nicht entfernt mit der der Erdbebenfluth messen, so ersetzen sie diese Inferiorität reichlich durch ihre langdauernden und in rascher Folge unzählige Male sich wiederholenden Angriffe auf die Küste. Die Sturmfluthen haben in der That weit mehr Unheil über die Menschheit gebracht und auf die Veränderung der Küstenlinien einen viel grösseren Einfluss genommen, als die Erdbebenfluthen.

Die gegen das Land eilende Welle wird an der Küste zerschellen, was man Brandung nennt. Die Brandung ist das hauptsächlichste Mittel aller Einwirkungen des Meeres auf die Küste.

Die chemische Reaction des Salzwassers, die Erosion des Treibeises u. dgl. sind noch andere, im Ganzen jedoch wenig bedeutende Mittel für diesen Zweck. Die lebendige Kraft, deren Trägerin die Welle ist, wird sich theilweise auf das Ufer übertragen und dadurch im Gefüge des letzteren jene Veränderungen und Zerstörungen hervorbringen, von denen wir später mehrere bemerkenswerthe Beispiele aufzählen werden. Ein anderer Theil jener Kraft wird sich, besonders bei Wellen von geringerer Grösse, in der Reibung mit dem Boden aufzehren. Das Mass aber, mit der die Brandung auf die Küste einwirkt, wird von sehr verschiedenen Umständen abhängen, unter denen die Höhe der Wellen und die Beschaffenheit der Ufer nach Höhe, Configuration und geognostischer Beschaffenheit die wichtigsten sind. Jenes Mass wird bei hohem Wellengange und mächtigem Wasserdrucke offenbar ein anderes sein, als bei schwachen Wellen; bei flachen Ufern, die von den Wellen leicht überstiegen werden, anders als bei hohen, klippigen Gestaden; bei einer aus lockeren Materialien zusammengesetzten Küste anders als bei compactem Felsgrunde u. s. f. Es ist klar, dass niedrige und flache Ufer, mit Rücksicht auf die Leichtigkeit, mit der sie vom Meere überschwemmt werden können, hier am meisten in Betracht kommen.

Weht ein massiger, in seiner Richtung constanter Wind, so werden ebenso mässig hohe, regelmässige Wellen entstehen, die scheinbar in schnurgeraden Linien gegen die Küste rollen und am fernen Horizont wie glänzende Silberlinien erscheinen ¹⁾ Die Brandung dieser Wellen ist gefahrlos. Dasselbe ist auch meistens bei jenen Oscillationen der Fall, bei denen das Meer in breiten, flachen, schaumlosen Wellenzügen still und majestätisch einherwogt und sich nur an der Küste durch den Lärm der Brandung hörbar macht. Anders aber ist die Bewegung des Meeres bei einem Sturme: hier sind die Wellenberge höher und die Thäler zwischen ihnen tiefer; ihre Kamme sind überstürzt und schaumend, die Breite der Wellen ist relativ geringer, ihre Abdachungen, besonders auf der Leeseite, sind weit steiler, ihre Längen kürzer, ihr Brausen ist selbst auf hoher See befremdlich, die Geschwindigkeit ihres Fortschreitens im Raume gleich der des Sturmes selbst, und ihre Brandungen an der Küste sind von dem furchtbarsten Getöse und oft von den zerstörendsten Wirkungen begleitet.

¹⁾ Otto Ule: Die Meereswellen nach E. Réclus. Ausland 1876, 127.

Ueber die Hohe der Sturmwellen lauten die Angaben sehr verschieden. Im Allgemeinen ist diese Höhe von der Tiefe und von der horizontalen Ausbreitung der Meere abhängig. Der auf die Erhöhung der Wellen wirkende Einfluss des Windes summirt sich bei längerer Dauer der ersteren. Daher werden z. B. die durch die Bora im Adriatischen Meere erzeugten Sturmwellen nie jene Höhe erlangen können, die sie bei gleicher Windstärke im Ocean erlangen, da sie dort schon nach kurzem Bestande die jenseitige Küste erreichen. Bei einem ziemlichen Borasturme auf dem erwähnten Meere schätzte ich, auf einer Fahrt von Venedig nach Triest, die Hohe der Wellen auf höchstens 15 Fuss (5 Mtr.), ungeachtet der Wind so heftig blies, dass der Dampfer wie eine Nusschale auf und nieder tanzte, wir die doppelte Zeit zur Ueberfahrt nöthig hatten und auf dem Wege zwei Segelschiffe antrafen, von denen das eine den Vordermast verloren und das andere das Steuerruder beschädigt hatte. Die höchste Höhe der Sturmwellen finden wir für das Mittelmeer mit 9, für den Nordatlantischen Ocean mit 13 und für die Gegend am Cap der guten Hoffnung mit 18 Mtr. angegeben, wogegen sie von Dumont d'Urville und von Fleuriot sogar mit 33 Mtr. (100 P. F.) angenommen wird.¹⁾ Ich halte bezüglich des Oceans diese höhere Zahl für die richtigere, da ich lese, dass am Bound-Skerry-Leuchthurme in Schottland zwei Steinblöcke von 110 und 270 Zoll-Centner Gewicht, in einer Höhe von 23 und 24 Mtr. über dem Meere durch die Sturmwellen aus ihrem Lager herausgedrückt wurden.²⁾ Allerdings darf die Höhe, welche die brandenden Wogen erreichen, mit der eigentlichen Wellenhöhe nicht verwechselt werden; dennoch aber ist es schwer anzunehmen, dass sich jene Sturzwellen lediglich in Folge der Brandung mindestens um 10—11 Mtr. erhöht haben, um in die Lage zu gerathen, die erwähnte mechanische Leistung zu vollbringen.

Stephenson stellt den Satz auf, dass die Wellenhöhen nach den Quadratwurzeln der Entfernungen von der Küste, an welcher die Wellen ihren Anfang finden, zunehmen.³⁾ Ist hiernach diese Höhe in einer Entfernung von 36 Meilen = a , so wird sie bei

¹⁾ Otto Ule: Die Meereswellen nach E. Réclus. Ausland 1876, 127. — Deutsche Rundschau für Geogr. u. Stat. 1882, 125. — Aeltere Angaben in Bernh. Studer: Lehrbuch der phys. Geogr. u. Geol. I. 80 u. a. m. — ²⁾ Deutsche Rundschau etc. 1882. 125. — ³⁾ Ibidem.

100 Meilen Entfernung = $1.66a$, bei 200 Meilen = $2.35a$, bei 300 Meilen = $2.88a$ und bei 400 Meilen Entfernung = $3.33a$ sein. Bedeutet a 10 Mtr., so werden die Wellenhohen in den angegebenen Entfernungen = 10, 16.6, 23.5, 28.8 und 33.3 Mtr. sein. Man sieht aus diesen Zahlen, dass die Wellenhohe im Anfange rascher wächst, als in der Folge. — Was das Wachsen der Wellenhöhe bloß aus dem Argumente der wachsenden Meerestiefe anbelangt, so meinen die Gebrüder Weber, dass ersteres langsamer vor sich gehe, als die Zunahme der letzteren, wobei sie die betreffenden Verhältnisse ungefähr wie folgt angeben: wächst die Tiefe auf das Doppelte, so erhöht sich die Welle um das Anderthalbfache.¹⁾ Ist z. B. bei einer Meerestiefe von 1000 Mtr. die Welle 10 Meter hoch, so wird sie bei einer Tiefe von 2000 Mtr. nur auf 15 Mtr. Höhe anwachsen.

Mit der Wellenhöhe verändern sich auch die übrigen relativen Abmessungen der Welle. Betragt bei niedrigem Wellengange die Entfernung eines Wellenscheitels von dem andern ungefähr das 20fache der Wellenhöhe, so vermindert sich bei sehr hohen Wellen diese Entfernung bis auf das 10fache. Man kann hiernach den Abstand einer Welle von der andern im Mittel als das 15fache der Wellenhöhe ansetzen.²⁾ Hieraus folgt, dass hohe Wellen gedrängter sind als niedrige, dass ihre Seiten steiler sein müssen und dass ihr Zusammensturz bei der Brandung schon aus diesem Grunde weit heftiger und im Sinne der Zerstörung weit wirksamer sein wird. Da aber auch die Geschwindigkeit hoher Wellen eine grössere ist, so werden die Zeitintervalle zwischen je zwei aufeinander folgenden Brandungen kleiner sein. Nehmen wir z. B. bei einem Sturme die Wellenhöhe mit 20 Mtr. und die Geschwindigkeit der Wellenbewegung mit 25 Mtr. an, so wird die Entfernung eines Wellenscheitels vom andern 200 Mtr. betragen und die Brandung sich immer nach ca. 8 Secunden wiederholen. Dauert der Sturm 12 Stunden lang mit gleicher Heftigkeit an, so wird die Küste in dieser Zeit von nicht weniger als 5400 Wellenschlägen getroffen werden.

Die Geschwindigkeit der Sturmwellen ist aus der oben angegebenen Ursache etwas grösser als die des Sturmes selbst.³⁾ Die Welle ist hierin mit einem Körper zu vergleichen, der unter dem Einflusse einer continuirlich wirkenden Kraft steht. Da wir nun die Geschwindigkeit eines mässigen Sturmes mit 22 Mtr., die

¹⁾ Wellenlehre der Gebrüder Weber, 1825. — ²⁾ Otto Ule: Die Meereswellen. Ausland 1876. 127. — ³⁾ Wellenlehre der Gebrüder Weber, 1825.

eines grossen Sturmes mit 27 Mtr., die eines Orkans mit 35 Mtr. und für einzelne Fälle sogar mit 45 Mtr. angegeben finden,¹⁾ so können wir uns wohl eine Vorstellung von der grossen mechanischen Kraft der Meereswellen bei Stürmen und Orkanen bilden. Wenn daher durch Sturmfluthen breite Einrisse in das Land geschahen und die gewaltigsten Schutzdämme von ihnen durchbrochen wurden, so kann uns all' dies nicht mehr Wunder nehmen. Fügen wir noch bei, dass die Wellenbewegung in weit grössere Tiefen hinabreicht, als man bis vor wenigen Jahren glaubte. Noch Elie de Beaumont nahm an, dass sie sich nur so weit nach unten erstrecken könne, als noch festgewachsene Mollusken vorkommen, was ungefähr 200 Mtr. betragt.²⁾ Die Untersuchungen der Gebrüder Weber haben jedoch gezeigt, dass die oberflächlich sichtbare Aufregung des Wassers noch bis zur 350fachen Wellenhohe in der Tiefe wahrzunehmen sei.³⁾ Hat hiernach irgend eine Sturmwelle die Hohe von 15 Mtr., so wird die Bewegung des Meeres bis zur Tiefe von 5250 Mtr. reichen. Dieses Factum ist uns hier deshalb wichtig, weil es mit den Druck bestimmt, den die Wellen auf die Meeresküste ausüben.

Von diesem Drucke besitzen wir jedoch auch numerische Daten, von denen einige hart an das Unglaubliche streifen und, da sie aus verlässlichen Quellen stammen, mit Recht unser Erstaunen hervorrufen. So wurden z. B. nach Palaá an einem Hafendamme bei Biarritz im Winter 1867—1868 Felsstücke von 760 Ctr. Gewicht 12 Mtr. weit fortgetragen und eines 2 Mtr. hoch auf der Krone des Dammes abgesetzt. Ebenso wurde nach Stephenson bei Barrahead in Schottland (?) ein 860 Ctr. schwerer Felsblock $1\frac{1}{2}$ Mtr. weit weggerückt, und bei Plymouth ein Schiff von 4000 Ctr. Gewicht auf die Höhe des Dammes emporgeschleudert. Doch nicht genug! Auf der Insel Reunion wurde bei einem Orkan ein 300 Kb.-Mtr. haltender Block aus Madreporenkalk (ca. 15.250 Z.-Ctr. schwer), nicht nur von seinem Lager im Meere losgerissen, sondern auch mitten auf einer Wiese am Ufer abgesetzt.⁴⁾ Bei dem Wellenbrecher

¹⁾ G. A. v. Kloden: Handbuch der phys. Geogr. S. 713. — ²⁾ Bernh. Studer: Lehrbuch etc. I. 80. — ³⁾ Wellenlehre der Gebrüder Weber, 1825. — ⁴⁾ Otto Ule: Die Meereswellen. Ausland 1876 127. Hier sind noch mehrere hierher gehörige Beispiele angeführt; so z. B.: dass bei Dünkirchen während eines starken Sturmes der Boden (nachgewiesen) auf eine Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Klm. vom Ufer deutlich erzitterte.

zu Wick in Schottland wurden zwei Monolithe, einer mit dem Gewichte von 27.000, der andere von 52.000 Ctr., beide aus Concretmasse bestehend, von ihren Plätzen weggeschoben.¹⁾ Ein bei dem Skerryoorn-Leuchtfeuer aufgestelltes Dynamometer zeigte eines Tages den ungeheuren Druck von 65.441 englischen Pfunden (= 29.700 Kgr.) auf einen Quadratmeter.²⁾

Ist nun ein schwerer Wellengang des Meeres oft von so enormer Wirkung und daher so gefährlich für die Küsten, wie noch weit gefährlicher muss er erst werden, wenn er, gleichzeitig mit der Fluth und aus derselben Richtung kommend, gegen die Ufer eines tiefliegenden Landes anstürmt — eines Landes, das vor dem Einbruche solcher Wogen nur allenfalls durch Dünen oder Uferdämme geschützt ist. Am gefährlichsten aber wird die Lage in jenen Gegenden sein, wo der Meeresspiegel schon durch den normalen Wechsel der Gezeiten, also ohne Sturm, um 30, 40, 50 und noch mehr Fuss gehoben, und es daher den Sturmwellen möglich sein wird, gleichsam über die Schultern der gewöhnlichen Fluth hinweg, eine um so viel grossere Höhe zu erreichen. Wirft nun das Meer bei einem Sturme irgendwo Wellen von 50 Fuss Höhe, so müssen die Uferdämme oder Deiche das gewöhnliche Meeresniveau um 80, 90 bis 100 Fuss überragen, wenn sie von den Sturmfluthen nicht überstiegen und die Gegenden dahinter nicht überschwemmt werden sollen. Dazu gesellt sich jetzt in erhöhtem Grade die Gefahr vor Damnbrüchen, durch welche, selbst bei minder hohem Wellengange, das Land hinter den Deichen unfehlbar unter Wasser gesetzt wird.

In dieser kritischen Lage befinden sich die deutschen Küsten der Nordsee, jene der Normandie und Bretagne, besonders aber die von Holland. Liegt doch bekanntlich beinahe die Hälfte dieses letzteren Landes unter dem Niveau des Meeres.³⁾ Hohe, stellenweise eine halbe Meile breite und künstlich verfestigte Dünen, dann ungeheure Schleussen an den Flussmündungen, suchen es zwar vor der

¹⁾ Deutsche Rundschau für Geogr. u. Stat. 1882, 125, in einer Besprechung von Z. Stephenson: Lighthouse construction and illumination. — ²⁾ Ibidem. Was der hier angegebene Druck sagen will, geht daraus hervor, dass der Winddruck bei dem furchtbaren Cyclon von Calcutta 1864 nur 360 Pfund auf den Quadratmeter betrug. Allgemeine Erdkunde von Hann, Hochstetter & Pokorny. Seite 89. — ³⁾ So liegt z. B. der cultivirte Boden am Aaflusse 1'66, bei Furnes 3'11 und an der Schelde 3'64 Mtr. unter der Fluthhöhe, die Gegenden an der Maasmündung sogar 1'04—2'08 Mtr. unter dem Ebbestande des Meeres. G. A. von Klöden: »Handbuch der Länder- und Staatenkunde«, 3. Aufl. I. 140.

Wuth der Sturmfluthen zu schützen; aber alle diese Mittel der Abwehr haben nicht immer genügt, um die Invasionen des mächtigen Feindes zu verhindern. Oft schon im Laufe der Zeiten hat das Meer sehr ernsthaft gemeinte Versuche gemacht, ein Land in Besitz zu nehmen, welches von Rechtswegen, u. zw. aus dem Titel der Niveau-Verhältnisse, ihm gehört, und das nur durch die heldenmüthige und zähe Ausdauer des holländischen Volkes der Menschheit erhalten blieb.

Die Zuydersee hat in diesem Lande nicht von jeher bestanden. Da, wo sich jetzt der südliche Theil dieser grossen aber sehr seichten Meeresbucht ausbreitet, lag noch zu Römerzeiten ein Binnensee, Lacus Flevo oder Zuydtwinde genannt, in welchen sich ein Arm des Rhein unter dem Namen Vlie ergoss. Dieser Arm verliess den See wieder an seinem Nordende und theilte sich bald darauf in zwei Arme, von denen der eine den früheren Namen beibehielt und nach Norden floss; der andere aber sich westwärts abbog und Texel hiess. Die Mündung des ersteren in die Nordsee lag am Ostende der jetzigen Insel Vlieland (im Vliegat), die des letzteren am Südende der Insel Texel (im Marsdiep). Die Küste aber befand sich damals weit nördlicher als jetzt, lag von Stavoren etwa $6\frac{1}{2}$, von Harlingen ca. 4 deutsche Meilen entfernt und wurde ungefähr durch die landfest verbundenen Nordränder jener langen Inselreihe gebildet, welche mit Texel beginnt und mit Wangeroog endigt. Wenn wir nunmehr den Lacus Flevo als einen Theil der Zuydersee und die Meeresküste weit nach Süden gerückt erblicken, so ist dies beinahe ganz und gar die Folge der durch die Sturmfluthen hervorgebrachten Ueberschwemmungen und Landeinrisse, die von 515 bis 1825, in nicht weniger als 190 Katastrophen, die einstigen Contouren des Landes auf ihren jetzigen Zustand verändert haben.¹⁾

In dieser Zahl sind übrigens die Angriffe des Meeres auf die Küsten des Rhein-, Maas- und Scheldedeltas mitbegriffen. Es würde mich offenbar zu weit führen, wenn ich hier eine umständliche und kritische Geschichte dieser jedenfalls grossartigen und merkwürdigen Umgestaltung der niederlandischen Küsten liefern wollte. Meine Aufgabe hat die Ueberschwemmungen im Auge, weshalb ich mich auf eine Aufzählung der wichtigsten, hierher gehörigen Vorfällen dieser Art beschränken muss. Auch diese Aufzählung wird Geschichtliches genug enthalten.

¹⁾ Fr. v. Hellwald. Mitth. d. k. k. geogr. Ges. XIII. 248.

Sehr bald nach Beginn der geschriebenen Geschichte wurde der erfolgreiche Ansturm des Meeres auf diese Küsten fühlbar. Schon Plinius, Strabo und Ptolemäus sprechen von einer Insel Burchana,¹⁾ das heutige Borkum, doch ist soviel nicht minder sicher, dass von der Insel Texel, welches damals mit Vlieland noch zu einem Ganzen verbunden war, erst im 8., dass von Ameland erst im 9. Jahrhunderte (810) und bei einem Autor aus jener Zeit noch von dem Flusse Fleo die Rede ist.²⁾ Im Jahre 1170 ging eine gewaltige Fluth über alle Deiche hinweg, überschwemmte alles Land zwischen Texel, Medemblick, Stavoren und reichte bis Utrecht, wo man Ebbe und Fluth beobachtete und Stockfische vor dem Stadthore fing.³⁾

Im Jahre 1195 brach eine Sturmfluth die Einfahrten zwischen dem Festlande und Texel, dann zwischen Texel und Vlieland (das Eyerlandsdiep) aus und verschlang einen grossen Theil des Landes bei Medemblick und nordlich von Enkhuizen.⁴⁾

1230 ertranken 100.000 Menschen; 1237 spulte eine grosse Fluth den westlichen Theil von Friesland fort, und 1240 ging das reiche Ringholt, ebenfalls in Friesland, mit 7 Kirchspielen im Meere unter.⁵⁾

Im Jahre 1251 kam eine furchtbare Fluth aus Norden, zerstörte das Land um Wieringen herum, machte letzteres dadurch zu einer Insel und erweiterte den neugebildeten Busen der Nordsee bis in die Nahe von Enkhuizen; aber noch 1255 konnte man von dieser Stadt zu Fuss nach Stavoren gelangen.⁶⁾ 1282 geschah endlich der Durchbruch; die Nordsee ergoss sich in den Lacus Flevo und wandelte diesen in die heutige Zuydersee um.⁷⁾

Aber schon 1277 am Weihnachtstage zerriss eine grosse Sturmfluth die Deiche in Nordfriesland in der Breite von 13.000 Schritten, begrub die Stadt Torum mit noch 2 Flecken und 50 Dorfern und bildete dadurch den Dollart, einen Meerbusen der, 3 deutsche Meilen lang und 1 Meile breit, noch jetzt besteht.⁸⁾

¹⁾ Strabo, VII. 1:3 nennt sie Burchanis und erwähnt, dass sie 12 J. v. Chr. von Drusus Germanicus belagert und eingenommen wurde — ²⁾ Fr v. Hellwald wie oben. — ³⁾ Ibidem und v. Hoff I. 358. — ⁴⁾ Hellwald, wie oben. — ⁵⁾ v. Klöden: Handbuch der Länder- u. Staatenkunde, 3. Aufl. I. 140. — ⁶⁾ v. Hoff, I. 355. — ⁷⁾ Hellwald, wie oben. Hoff sagt, der Durchbruch sei ca. 1290 geschehen. — ⁸⁾ v. Hoff, I. 359. v. Klöden. I. 140. Hellwald wie oben; dieser gibt den 12. Jänner als Einbruchstag an.

1287 gingen an der friesischen Küste 81.000 Menschen zu Grunde und 1362 versanken in demselben Lande abermals 30 Kirchspiele.¹⁾

Durch den Einbruch des alten Wiel, eines Dammes oberhalb Dortrecht, am 19. November 1421, entstand der Biesbosch (das ertrunkene Holland) mit der Zerstörung von 71 Dörfern, von denen 22 unter Wasser blieben, und dem Untergange von 100.000 Menschen.²⁾

1532 verwüstete in Folge einer Sturmfluth die Oster-Schelde den östlichen Theil von Süd-Beveland und riss zwei Städte und mehrere Dörfer fort. In demselben Jahre ging eine grosse Fluth über ganz Friesland hinweg.³⁾

Das furchtbarste Ereigniss dieser Art aber fiel auf den 1. und 2. November des Jahres 1570, für welches die Angaben über die Zahl der Ertrunkenen zwischen 100.000 und 400.000 schwanken. Die Dämme brachen an vielen Orten, so dass Amsterdam, Muyden, Rotterdam, Dortrecht und noch viele andere Städte überfluthet wurden und man für Nordholland fürchtete, es werde gänzlich weggeschwemmt werden. Am meisten aber litt auch diesmal die Provinz Friesland, die von einem Ende zum anderen unter Wasser stand.⁴⁾

Kaum geringer war 1686 die Noth in Friesland, als die Fluthen um 8 Fuss über die Deiche stiegen und das ganze Land auf kurze Zeit in eine Fortsetzung der See verwandelten.⁵⁾

1719 riss das Meer bei Katwyk einen breiten Streifen Land und zwei Strassen der Stadt fort, so dass die Arx Britannica, ein vom Kaiser Claudius erbautes Castell, 600 Schritte weit vom Gestade im Meere zu stehen kam.⁶⁾

Schrecklich waren endlich auch die Fluthen vom 3. und 4. Februar 1825; sie kamen mit einem Sturme aus Nordwest und richteten zwischen Amsterdam und Hoorn, an den Küsten von Drenthe und Friesland sowie auf den nördlichen Inseln, ferner in England und Norddeutschland grosse Verheerungen an. In demselben Jahre folgte im October und November eine zweite Serie von Stürmen und Orkanen mit Sturmfluthen und Flussüberschwemmungen durch die Waal und Maas, von denen jene bei Nimwegen eine Höhe von 6'95, diese bei Grave von 5'75 Mtr. erreichte.⁷⁾

¹⁾ Kloden, wie oben. — ²⁾ Kloden, wie oben — ³⁾ Hoff, I. 322 und v. Kloden, wie oben. I. 140. — ⁴⁾ J. Lothrop Motley: The rise of the Dutch Republic. II. 270 und v. Kloden, wie oben. I. 140. — ⁵⁾ v. Klöden, wie oben. —

⁶⁾ v. Hoff, wie oben. I. 322 ff — ⁷⁾ v. Hoff; wie oben. V. 235.

Auch an der Nordwestküste Deutschlands haben die Sturmfluthen im Laufe der Zeit, wenn auch minder gewaltig als in Holland, aber noch immer verderblich genug gewirthschaftet. Hier liegt zum Glücke gegenwartig kein Theil des Landes unter dem Niveau des Meeres. — Im Jahre 1218 begann mit einem grossen Landeinriss die erste Bildung des Jahdebusens, der sich mit Hilfe späterer Fluthen immer mehr vergrösserte, bis die Eisfluth von 1511, welche mehrere Kirchspiele fortriss, ihn nahezu auf seine jetzige Grösse (3 deutsche Qu.-Mln.) brachte.¹⁾ — Sowohl an der Elbemündung als an der Küste von Ditmarschen sprang einst das Land viel weiter in das Meer vor, als jetzt. Vor jener liegen nunmehr 14 deutsche Quadratmeilen Land unter Wasser.²⁾ Aus den abgerissenen Theilen von Ditmarschen bildeten sich Inseln, die aber nachher durch die Fluthen fortwährend verkleinert und von denen manche gänzlich weggespült wurden. Diese Reduction traf übrigens auch die friesischen Inseln, deren Zahl sich mit der Zeit von 33 auf 13 verminderte, ungeachtet einige durch die Fluthen in zwei oder mehrere Theile zerrissen wurden.³⁾ Helgoland hat jetzt nur den vierten Theil jener Grösse, die es im 14. Jahrhunderte hatte.⁴⁾ Am ärgsten aber wurde der Insel Nordstrand mitgespielt: im 13. Säculum hatte sie eine Länge von 9—11 und eine Breite von 6—8 deutschen Meilen, und war durch Cultur und Fruchtbarkeit ausgezeichnet. Den ersten bedeutenden Stoss erlitt sie durch die Sturmfluth von 1240. Im 16. Jahrhunderte umfasste sie nur mehr 4 Quadratmeilen, auf welchen 9000 Menschen wohnten. Aber die grosse Fluth vom 11. October 1634 ging vollständig über sie hinweg, tödtete 6408 Menschen und 50.000 Stück Vieh und zerriss sie in die drei kleinen Inseln Pelworm, Nordstrand und Lütje Moor, von welch' letzterer die Fluth von 1825 abermals die Hälfte fortspülte.⁵⁾

Vielleicht ebenso schrecklich wie in Holland war die Zerstörung, welche die Küsten der Normandie und Bretagne im Laufe der geschichtlichen Zeit erlitten. Hier, wo schon die gewöhnlichen, tagtäglich wiederkehrenden Fluthen den Spiegel des Meeres um 40—50 Fuss (13·3—17·9 Mtr.) erheben, müssen wohl die

¹⁾ v. Hoff etc. I. 358 ff. — ²⁾ Dr. K. J. Clement in Hamburg. Sitzung der k. k. geogr. Ges. vom 19. October 1858. — ³⁾ So geschah es in neuerer Zeit mit Langeroog, welches in drei Inseln, und mit Wangeroog, welches in zwei Inseln getheilt wurde. v. Hoff, I. 358 ff. — ⁴⁾ Ed. Dan. Clarke: Travels, III. 8. — ⁵⁾ v. Hoff ibid. I. 57 ff.

Wirkungen des von einem Sturme aus West und Nordwest aufgewühlten Meeres auf die Küste weitaus wilder und zerstörender sein, als in Holland und Norddeutschland, wo die Fluthhohen im Mittel auf 20 und 12 Fuss (6·6—4 Mtr.) stehen. — Noch im 7. Jahrhundert, so wird von Jean Ahier, in seiner Geschichte der Insel Jersey, behauptet, hingen die normannischen Inseln mit dem Festlande zusammen, und Jersey, sowie Guernsey, jenes 3, dieses 6 deutsche Meilen von der normannischen Küste entfernt, waren damals nur Vorgebirge der letzteren im Canal. Die Küstenlinie begann hiernach bei der Insel Ushant (bei Cap Fréhel?) und schloss nicht nur die erwähnten grösseren Eilande, sondern auch Alderney, die Dirouilles-, Minquiers- und Chaucy-Inseln ein; am Cap La Hague traf sie wieder mit dem jetzigen Festlande zusammen. Der grosse Landverlust seither wird zwar zum Theil einer mehrmaligen Bodensenkung zugeschrieben; aber diese letztere wird von Einigen ganz und gar, und von Anderen der angegebene verticale Betrag derselben bezweifelt. Die Zerstörungen begannen mit der furchtbaren Sturmfluth von 709, die ein circa 4500 Quadrat-kilometer grosses Stück Land überfluthete und verschlang, welches nördlich von St. Maló und Cancale lag, im Westen beim Cap Fréhel begann, östlich bis 5 Klm. im Westen von Granville und nördlich bis über Chaucy hinaus reichte. Ueber die ausserordentliche Gewalt dieser Fluth erzählt der Bericht, dass das alte Cap Fréhel in einem Augenblicke in den Wellen versank, dass sie an 5 bis 6 Orten Breschen in die zusammenhängende, der Küste vorliegende Kette von Felsklippen riss, die Mündung der Rance zu ihrer gegenwärtigen Breite erweiterte und den Grund und Boden von 8 Pfarreien wegschwemmte. — Spätere Fluthen grösserer Art waren jene von 811 und 1163. Von hervorragender Bedeutung aber war die Sturmfluth von 1244, bei welcher ein stellenweise 24 Klm. breiter Küstenstreifen von den Wellen verschlungen wurde. Die Fluthen von 1356 und 1437 vollendeten die Zerstörung und gaben der Küste ungefähr ihre jetzige Gestalt.¹⁾ —

Auch anderwärts, oder vielmehr an allen Küsten der Erde, haben Ueberschwemmungen und Landverlust durch Sturmfluthen stattgefunden. Viele derselben sind verzeichnet; aber es wurde zu weit führen, sie hier auch nur oberflächlich anzuführen. Doch mögen

¹⁾ R. A. Peacock: On vast losses of land on the westerly coasts of France within the historical period. Proceedings etc. X. 329.

noch einige der wichtigsten an diesem Platze in aller Kürze Erwähnung finden.

Aus England sind mehrere Fälle von Bedeutung bekannt; an der Mündung des Tay, bei Leith und Inverness, wurden mehrmals Städte und andere Ortschaften durch das Meer zerstört. 1475 drang eine Sturmfluth in den Humber, riss ein grosses Stück Land weg und verschlang einige Dörfer. Im Jahre 1818 stürzte eine ganze Strasse von Brighton in die See u. s. f. Die unzähligen Einstürze der Kreidefelsen an der Küste in Folge Unterwaschung gehören kaum hierher.¹⁾

In der Ostsee war die Insel Rügen einst viel grösser als jetzt; aber schon 1308 oder 1309 wurde ihr durch eine Sturmfluth der südliche Theil, von welchem jetzt nur mehr die kleine Insel Ruden übrig, abgerissen. Im dreissigjährigen Kriege konnte König Gustav Adolf mit seiner ganzen Armee auf Rügen landen, was jetzt kaum mehr möglich wäre.²⁾ — 1625 wurde die Insel Zingst, die früher eine Halbinsel war, vom Festlande getrennt.³⁾

1784 entstand in Aegypten durch einen Meereseinbruch der See von Abukir, und es wird vermuthet, dass der See Menzaleh einem Ereignisse gleicher Art seine Entstehung verdanke.⁴⁾

Das grossartigste Beispiel aber, wenn es nicht unter die Märchen zu verweisen ist, wäre die Zerstörung der Küste von Coromandel in Ostindien durch das Meer. Hier sollen einst die Pagoden von Mahabalipur bei Sadras, zwischen Madras und Pondichery, die jetzt nahe dem Ufer im Meere stehen, in einer Entfernung von 60 englischen Meilen ($12\frac{1}{2}$ deutsche Meilen) von der Küste erbaut worden sein.⁵⁾

Ueber alle Beschreibung schrecklich aber war die Sturmfluth, welche im November 1876, also vor wenig über sechs Jahren, im Delta des Ganges und Brahmaputra wüthete und in einer einzigen Nacht, ja man kann sagen, in nur zwei Stunden, über 200.000 Menschen den Tod brachte. Ueber diese Zahl kann kein Zweifel obwalten, da sie von der indischen Regierung amtlich erhoben wurde. Das Meer überschwemmte damals das niedrige Deltaland in einer Ausdehnung von 141 deutschen Quadratmeilen, welche von 1,062.000 Menschen bewohnt waren und wobei einzelne Districte 30, 50 bis 70 Percent ihrer Bevölkerung verloren. Das

¹⁾ v. Hoff etc. I. 49. — ²⁾ Peterm. G. Mith. Veränderungen der pommer'schen Küste. 1868, 377. — ³⁾ Ibidem. — ⁴⁾ v. Hoff, I. — ⁵⁾ Ibidem, I.

überschwemmte Land stand 10, 12, 20 Fuss und an einzelnen Stellen bis zu 38 Fuss unter Wasser.¹⁾

Und doch ist alles hier Erzählte nur der kleinste Theil von den Unthaten Neptuns, wenn er im Zorne den Dreizack schüttelt und sein Quos ego! an die Küsten donnert.

B. Ueberschwemmungen durch die Seen.

Die von den Landseen hervorgebrachten Ueberschwemmungen sind ihrer Bedeutung nach die geringsten. Sie entstehen auf verschiedene Weise u. zw.:

1. durch vermehrten Zufluss;
2. durch aufgehobenen oder verringerten Abfluss;
3. durch Neubildung oder Wiederbildung eines Sees, und
4. durch starken Wind.

Der Effect eines vermehrten Zuflusses auf die Erhöhung eines Seeniveau's im Allgemeinen wird abhängig sein: erstens davon, ob der See einen Abfluss hat oder nicht, und zweitens von der Grosse des Sees.

1. Hat der See einen Abfluss, so wird die Menge des am unteren Ende abfliessenden Wassers gleich sein dem Zuflusse, vermehrt um die Regenhöhe der See-Area und vermindert um die Menge des aus dem See verdunsteten Wassers. Da nun der Betrag des letzteren trotz des steigenden Seeniveau's bei nur etwas erhöhten Seeufern in der Regel keine nennenswerthe Aenderung erfahren kann, so wird in diesem Falle die Vermehrung des Zuflusses nahezu ganz und gar zur Erhöhung des Seeniveau's verwendet werden. Der See wird hiernach so hoch steigen, bis das Abflussprofil sich um so viel vergrössert hat, um in einer bestimmten Zeit den gesammten Zufluss in derselben Zeit zum Abfluss zu bringen. Will man aus der (bekannten) Vermehrung des Zuflusses die Vergrösserung des Abflussprofils berechnen, so wäre zu berücksichtigen, dass der Einfluss der Verdunstung schon in dem alten Profile ausgesprochen ist, und dann, dass bei dem neuen Profile dem höheren Wasserstande auch eine grössere Abflussgeschwindigkeit entspricht. — Die Erhöhung des Seeniveau's wird demnach von der Beschaffenheit des Abflussprofils abhängen; ist dieses schmal oder keiner wesentlichen Ver-

¹⁾ E. Gelcich: Physikalische Geogr. des Meeres. Wien, 1881, 128.

breiterung zugänglich, so wird seine Höhe um so viel grösser werden und somit auch der See auf eine um so grössere Höhe ansteigen müssen. Liegt jedoch das untere Seeende in sehr flachem Lande und kann sich dabei das Abflussprofil nach Belieben erweitern, so wird der See relativ minder hoch steigen, weil bei erleichtertem Abfluss die Stauung eine geringere sein muss.

Die Geschwindigkeit aber, mit der die Auffüllung der Seen erfolgt, wird, wie ich glaube, durch das Verhältniss bedingt, in welchem die Grösse des Zuflusses zur See-Area steht. Nach Lauterburg fanden in den 10 Jahren von 1867—1876 bei den Schweizer Seen in Folge der angegebenen Hochwasser nachfolgende See-steigungen in Millimetern per Secunde statt:

1.	beim Lago maggiore, 27. u. 28. Nov. 1868 . . .	0·01968
2.	» Wallensee, 30. u. 31. Juli 1874	0·01354
3.	» Lago di Lugano, 30. Nov. u. 1. Dec. 1868 . . .	0·00625
4.	» Thuner See, 30. u. 31. Juli 1874	0·00590
5.	» Vierwaldstätter See, 30. u. 31. Juli 1874 . . .	0·00590
6.	» Bodensee, 23. u. 24. Mai 1872	0·00469
7.	» Züricher See, 30. Juli bis 1. Aug. 1874 . . .	0·00347
8.	» Genfer See, 1. u. 2. Nov. 1870	0·00278
9.	» Zuger See, 15. u. 16. Aug. 1869	0·00243
10.	» Neuenburger See, 23. u. 24. Dec. 1868 . . .	0·00174 ¹⁾

Diese Zahlen haben nur eine relative Bedeutung, da sie nicht für gleichmässige Hochwasser gelten. So war z. B. das Hochwasser von 1868 eines der grössten und verheerendsten, von welchen die Länder am Südabhange der Alpen je heimgesucht wurden, während die übrigen in der Tabelle angegebenen Hochwasser nicht zu den hervorragenden gehören. Immerhin aber scheint aus der Tabelle hervorzugehen, dass die Hochwasser des Tessin auf die Schwellung des Lago maggiore einen weit bedeutenderen Einfluss nahmen, als der Rhein auf die Schwellung des Bodensees, der Rhone auf die des Genfer Sees oder die Reuss auf jene des Vierwaldstätter Sees.

Die höchsten zu meiner Kenntniss gekommenen Hochwasserstände von Seen sind:

¹⁾ Rob. Lauterburg: Versuch einer allgem. Uebersicht der Schweizer Strom-abflussmengen. Bern, 1876, 34.

	Mtr.
1. beim Lago maggiore, Sept. u. Oct. 1868	6·75 ¹⁾
(die grösste bisher bekannte Seeschwellung in Europa)	
2. beim Lago di Como	4·74 ²⁾
3. » Bodensee, 1877	4·095 ³⁾
4. » Lago d'Iseo	2·81 ²⁾
5. » Wallensee, 1874	2·52 ¹⁾
6. » Luganer See, Sept. u. Oct. 1868	2·06 ¹⁾
7. » Gardasee	1·57 ²⁾
8. » Genfer See, 1873.	1·24 ¹⁾

Bei Fluss-Seen in anderen Welttheilen:

	Mtr.
1. beim Oberen See, Amerika, 1879	1·20
2. » Michigan- u. Huron-See, Amerika, 1860	0·91
3. » Erie-See, Amerika, 1859	1·17
4. » Ontario-See, Amerika, 1858	1·15 ⁴⁾
5. » Bienho, Asien, Cambodja	5—6
6. » Ukerewe-See, Afrika	ca. 1 00
7. » Albert-Nyanza	ca. 1·32
8. » Nyassa-See	ca. 1·00

Die Ueberschwemmungen der Seen bei Hochwassern richten sich jedoch weniger nach dem Masse ihres Anschwellens, als nach den Niveau-Verhältnissen ihrer Umgebung. Der Hallstädter, der Königs-, der Achensee, werden, wenn sie auch recht hoch steigen, nur wenig Land überschwemmen können. So hat z. B. der Lago d'Iseo in Italien ein Inundationsgebiet von 22·5 und der Lago di Como von 7 Qu.-Km., während der weit grossere Lago di Garda ein solches nur von 0·82 Qu.-Km. besitzt.⁵⁾ Das Inundationsgebiet des Lago maggiore mag ca. 20 Qu.-Km. messen.

Ich lasse nun einige Beispiele grösserer Ueberschwemmungen durch Fluss-Seen folgen.

Am 2. October 1868 überschwemmte der Lago maggiore, hauptsächlich in Folge eines wuthenden Ausbruches des Toce, nicht nur den alten Seeboden bei Locarno, sondern auch Intra, Pallanza, Baveno, Stresa, Arona und viele andere Ortschaften. Die Strasse

¹⁾ Rob. Lauterburg, wie oben, 34. — ²⁾ Karl FH. v. Czörnig: Die Lombardie Mitth. der k. k. geogr. Ges. zu Wien. IX. 1865, 116. — ³⁾ Vorarlbergisches Landesmuseum; briefliche Mittheilung. — ⁴⁾ H. Fritz: Die fünf grossen Seen Canada's. Peterm. G. M. 1882. 57. — ⁵⁾ Karl FH. v. Czörnig, wie oben.

von Arona nach Baveno stand ganz und gar und der Bahnhof in Arona 1·6 Mtr. tief unter Wasser; 50—60 Menschen verloren ihr Leben; der Schaden war ungeheuer.¹⁾

Am 1. October desselben Jahres wurde auch Como derart vom See aus überfluthet, dass man in den Strassen der Stadt bis zur Domkirche mit Kähnen fahren konnte.²⁾ Dasselbe Schicksal traf ohne Zweifel auch die Orte Bellagio, Menaggio, Belluno, Lecco u. a. m.

Im Jahre 1817, und auch später noch einige Male, war der untere Theil von Bregenz überschwemmt und stand Friedrichshafen bis zu den ersten Stockwerken der Häuser unter Wasser. Sehr hohe Wasserstände hatte der Bodensee in den Jahren 1849, 1852, 1867 und 1868. Am 27. und 28. September des letztgenannten, durch seine gewaltigen Ueberschwemmungen berühmten Jahres, stieg der Spiegel des $9\frac{1}{2}$ deutsche Quadrat-Meilen umfassenden Sees in 48 Stunden um 0·4 Mtr.

In einer eigenthümlichen Lage befinden sich die Umgebungen des Züricher Sees, dessen Hochwasser selten mehr als 1 Mtr. über das Nullniveau steigen, und wo sich daher die Menschen auch nur um wenig höher angesiedelt haben. Eine Folge davon ist die, dass bei relativ besonders hohen Hochwassern die Stadt Zürich sehr bald tief ins Wasser geräth. So lief 1343 die Limmat, der Abfluss des Sees, über beide Brücken in der Stadt hinweg und stand in der Frauenmünster-Kirche so hoch, dass man innerhalb der letzteren mit Kähnen herumfuhr. Dasselbe geschah 1511 und 1570. Im Jahre 1664 aber stand der See so hoch, dass man auf dem Hechtplatze mit grossen Schiffen fahren konnte.³⁾

Als eine besondere Art von Ueberschwemmungs-Ursache für Fluss-Seen muss diejenige betrachtet werden, wo solche, durch Nebenflüsse gebildete Seen dem Hauptflusse so nahe liegen, dass, bei einem namhaften Hochwasser des letzteren, derselbe den Abfluss des Sees zurückstaut oder gar rückwärts fliessend in den See aufsteigt, und diesen dadurch zum Ueberfliessen bringt. Dies geschieht bei jedem grösseren Hochwasser des Yang-tse mit dem Thungting-hu und dem Poyang-hu in China, die dann ihre flachen Ufergenden weit und breit überschwemmen.⁴⁾ —

¹⁾ Friedr. v. Hellwald: Die Elementar-Ereignisse in den Alpen im Herbst 1868. Jahrb. d. Oest. Alp.-Vereins. 1869, 250. — ²⁾ Ibidem. — ³⁾ J. J. Scheuchzer: Naturgeschichte des Schweizer Landes. II. — ⁴⁾ E. L. Oxenham: On the inundations of the Yang-tse-kiang. Journ. of the R. Geogr. Society of London, XLV 170.

Durch Verstopfung oder Verringerung der Abflusswege bei Seen sind mehrere Ueberschwemmungen entstanden. Solche Veränderungen können sich nur auf die sogenannten Katabothren, d. h. auf die unterirdischen Abflusswege mancher Seen beziehen, da denselben, wenn sie an der Oberfläche vorkämen, leicht abgeholfen werden könnte. Sie werden gewöhnlich durch Erdbeben und die damit gelegentlich verbundenen Einstürze bewirkt.

So soll einst im grauen Alterthum der Kopais-See in Bóotien so angewachsen sein und seine Ufer so überschwemmt haben, dass die Stadt Orchoméno^s anderswohin verlegt werden musste.¹⁾ Später soll die Stadt Orupos, nach Anderen Eleusis und Athenae (nicht zu verwechseln mit den gleichen Städten in Attika), von demselben See verschlungen worden sein. Sicherer ist, dass sich zur Zeit Alexanders des Grossen der unterirdische Abfluss des Sees abermals verstopfte, in Folge dessen einige Städte vom Wasser begraben wurden, und diese Gefahr auch der Stadt Kopae drohte, als sich unvermuthet ein unterirdischer Abfluss fand, der dem weiteren Anwachsen des Sees Einhalt that.²⁾ Auch in neuester Zeit kam einmal ein plötzliches Steigen des Sees um 10 Mtr. in einer einzigen Nacht vor.³⁾

Gleiches trug sich vor längeren Jahren mit dem See Santa Ana auf Jamaica zu, der aus derselben Ursache seine Area rasch von 70 auf 3000 Acres (von $28\frac{1}{3}$ auf $1216\frac{3}{4}$ Hektaren) vergrösserte und dabei alle in seinem Bereiche liegenden Zuckerplantagen zerstörte.⁴⁾

Nach Hofrath von Hauer in Wien sind im vergangenen, höchst regenreichen Jahre (1882) zahlreiche, oft wochenlang dauernde Ueberschwemmungen in den Kesselthalern von Krain, wie z. B. das Zirknitzerthal eines ist, aus der umgekehrten Ursache vorgekommen. Hier war nämlich die ober- und unterirdische Wasserzufuhr so überreich, dass die Sauglöcher (Katabothren) sie nicht schnell genug abführen konnten, wodurch Stauungen und schädliche Ueberschwemmungen entstanden, die sich im Laufe desselben Jahres in manchen Dollinen noch zwei- bis dreimal wiederholten.⁵⁾

Wie wichtig für den Abfluss selbst eine kleine Veränderung des Abflussprofils ist, das hat im vergangenen Jahre der Gardasee gezeigt. Das Hochwasser des Jahres 1876 hat den See auf

¹⁾ v. Hoff, III. 123. — ²⁾ Strabo, IX. 2. 18. — ³⁾ Henri Belle: Eine Reise in Griechenland. Globus. 1878. III. 38. — ⁴⁾ v. Hoff, III. 126. — ⁵⁾ Neue freie Presse, Abendblatt vom 8. Februar 1883.

einen Stand gebracht, dass er zu Riva den Landungsplatz überschwemmte, während das viel grössere und viel länger dauernde Hochwasser der Sarca von 1882 den Spiegel des Sees um 10 Cm. tiefer als damals stellte, und zwar blos deshalb, weil mittlerweile der Ausfluss des Mincio bei Peschiera von dem Schlamm, der sich dort abgelagert hatte, gereinigt worden war.

2. Bei Seen ohne Abfluss stehen die Verhältnisse anders. Hier, wo die Seen in ihren normalen Grenzen lediglich durch die Verdunstung erhalten werden, wird das Steigen des Seeniveau's, weit mehr noch als bei den Seen mit Abfluss, von der zeitweiligen Grösse des Zuflusses und von der Area der Seen abhängen. Im Ganzen werden sich solche Seen verhältnissmässig weit rascher füllen als Fluss-Seen.

Ist der See sehr gross, so wird sich der vermehrte Zufluss über eine weitgedehnte Area vertheilen müssen und daher auf die Niveau-Erhöhung des Sees nur wenig und sehr langsam einwirken können. In den meisten Fällen wird der Zufluss wieder auf sein gewöhnliches Mass zurückfallen, ehe er noch den See auf eine etwas bedeutendere Höhe schwellen konnte. Kleinere Seen werden demnach weit leichter einen für ihre Umgebungen gefährlichen Wasserstand erreichen.

Ist jedoch der Zufluss in manchen Jahren besonders reichlich, so werden zuweilen auch sehr grosse Seen auf ein namhaft höheres Niveau gebracht. So stieg z. B. der Caspische See im Jahre 1867, wo das Hochwasser der Wolga seinen höchsten Stand hatte, nach Wojeikow, um 0'61 Mtr., so dass zu Baku der Quai erhöht werden musste, um das Wasser von den Gassen der Stadt fern zu halten; auf diesem Stande blieb dann der See bis zum Jahre 1870.¹⁾

Noch weit höher stieg, nach Dr. E. Vogel, der Tsad-See im Jahre 1854, ohne Zweifel in Folge einer besonders gewaltigen Hochfluth des Scharj. In drei Tagen erhob sich der See um nicht weniger als 6'33 Mtr. und zerstörte dabei die Stadt Ngornu.²⁾

Abgesehen von diesen jährlichen oder kurz dauernden Aenderungen im Niveau der Seen, kommen aber auch noch andere vor, welche längere Perioden umfassen und von den meteorologischen Unterschieden ganzer Jahrreihen abhängen. Die Zu- und Abnahme der Gletscher geht genau aus denselben Ursachen hervor. Es ist

¹⁾ Friedr. v. Hellwald: Die Aralseefrage. Ausland, 1874. XXIII. 444. —

²⁾ Dr. Ed. Vogel's Reise nach Central-Afrika. Peterm. G. Mitth. 1856. 167.

bekannt, dass sowohl Temperatur als atmosphärischer Niederschlag, zwar nicht von einem Jahre zum andern, wohl aber in längeren Perioden von 20, 50 oder 80 Jahren, sich im allgemeinen Mittel positiv oder negativ ändern, wonach es also längere Jahrreihen gibt, in denen die erwähnten meteorologischen Elemente bald zunehmen, bald abnehmen. Ich selbst habe einst, um die Ursachen der Gletscher-Oscillationen nachzuweisen, in einer kurzen Abhandlung die Wahrheit dieser Behauptung für den Zeitraum von 1580 bis 1857 darzustellen gesucht.¹⁾ In Mailand betrug die mittlere jährliche Regenmenge für die 40 Jahre von 1764—1803 941, für die folgenden 52 Jahre, von 1804—1855, aber 1103 Mm., wobei sie für das Decennium von 1774—1783 gar nur auf 866, dagegen für das Decennium von 1814—1823 auf 1224 Mm. stand.²⁾ Dieselbe Veränderlichkeit der mittleren Niederschlagsmengen für grössere Zeiträume zeigt auch Prof. Fritz mittelst der mittleren Pegelstände der deutschen Flüsse, der Seine, des Nil und mehrerer anderer Ströme, die bald in positivem, bald negativem Sinne erfolgen, und wodurch er gerade, und zwar mit Grund, die von Anderen behauptete Veränderlichkeit der Wassermengen in Flüssen und Seen im Ganzen und Grossen, widerlegt.³⁾

So ist es z. B. vom Caspischen See bekannt, dass derselbe im Laufe der Zeit bereits einige Male stieg und sank. Bei Baku und Rescht stehen jetzt Gebäude unter Wasser, die eine Erhebung des Seespiegels um circa 16 Mtr. andeuten. Nach Kämpfer soll der See im 18. Jahrhundert um 1·25 Mtr. (5 Fuss) hoher gestanden haben, als im Jahre 1400. Von 1685 bis 1715 fiel der See um 3 Mtr., dann hob er sich bis 1743, fiel dann wieder bis 1830 um 3 Mtr., stieg 1867, wie oben erwähnt, um 0·61 Mtr. und ist jetzt wieder im Sinken begriffen.⁴⁾ Uebrigens hat sich der Golf von Kara Bogaz seit Peter dem Grossen entschieden vergrössert und ist dabei tiefer geworden; eine kleine Insel daselbst ist jetzt versunken⁵⁾ und die Halbinsel Dardscha (östlich von Krasnowodsk) war seit 1716 schon mehrmals unter Wasser.⁶⁾ Abich u. A. sind

¹⁾ Karl v. Sonklar: Ueber den Zusammenhang der Gletscherschwankungen mit den met. Verhältnissen. Sitzungsberichte der math.-naturwissenschaftl. Classe der k. k. Akad. d. W. XXXII. 1858. — ²⁾ Elia Lombardini: Sulle inondazioni avvenute nella Francia. 73. — ³⁾ Die Veränderlichkeit der Wassermengen in Flüssen u. Seen nach Prof. Fritz Gaa. XVIII. 7. 393. — ⁴⁾ E. Lenz. Pogg. Ann. XXVI. 353. v. Hoff. III. 115. — ⁵⁾ H. C. Rawlinson: Roads to Merw. Proc. N. S. I. 161. — ⁶⁾ Friedr. v. Hellwald: Die Aralseefrage. Ausland, 1874. 23. 444.

geneigt, diese Schwankungen des Caspischen Sees vulcanischen Einwirkungen zuzuschreiben.

Eine ähnliche Bewandniss hat es mit dem Grossen Salzsee in Nordamerika, der seit ca. 1852 um 5 Mtr. gestiegen ist.¹⁾ In Folge dessen ist die reich cultivirte Delta-Ebene am Jordan River in grossem Umfange überfluthet und schon hat man die Zahl der Jahre (ca. 50) berechnet, nach deren Ablauf die Strassen der Mormonenstadt unter Wasser stehen werden.²⁾

Ebenso ist auch der Wan-See in Armenien seit 1867 derart im Steigen, dass er die Dörfer der Umgebung überschwemmt, was er auch vor 140 Jahren that.³⁾ —

Wenn irgendwo die Neubildung eines Sees vor sich geht, so wird dies meistens im Gebirge geschehen, wo in Folge eines Murbruches oder eines Bergsturzes ein Thal verschuttet, der Fluss in seinem Laufe gehemmt und zum See aufgestaut wird. — Unter einem Murbruch versteht man jene rapide und massenhafte Anhäufung von Gebirgsschutt, der bei starken Regengüssen durch einen hoch angeschwellenen Seitenbach herabgetragen und meist in Form eines flachen, an die Thalwand angelehnten Halbkegels auf dem Boden des Hauptthales abgelagert wird.

Auch durch Gletscher und durch Lavaströme werden zuweilen neue Seen gebildet. Ein Gletschersee (auch Eissee genannt) wird dann entstehen, wenn entweder der Eisstrom eines Seitenthales in das Hauptthal herauswächst, oder wenn der Gletscher des Hauptthales im Vorrücken die Mündung eines Seitenthales verlegt. In beiden Fällen erfolgt eine Abdämmung der Gewässer und ihre Stauung zu einem See.

Oskar Peschel hat in den »Neuen Problemen« die Freundlichkeit gehabt, die durch Berg- oder Murbrüche entstehenden oder entstandenen Seen nach meinem Namen als Sonklar'sche Seen zu bezeichnen.⁴⁾

Ist der den See unmittelbar bildende Schuttwall, Eis- oder Lavadam m ächtig genug, so wird der neue See fort dauern. Dieser wird bis zur tiefsten Stelle des Dammes anwachsen und über dieselbe abfliessen. Oft aber wird der Druck des Sees entweder sehr

¹⁾ Lieut. Wheeler's Exped. durch das südl. Californien. Peterm. G. M. 1876. 410. Auch der Goose Lake ist seit 17 Jahren um 3 Mtr. gestiegen. — ²⁾ v. Credner: Die Delta's. Erg. II. 56 zu Peterm. G. M. 71. — ³⁾ Zeitschrift der Oesterr. Ges. für Meteor. 1867, II. — ⁴⁾ Neue Probleme über die Erdkunde. 165.

bald oder auch nach einiger Zeit grosser werden, als der Widerstand des Dammes, worauf dieser zerreißen muss und der See sich verkleinern oder ganz und gar abfließen wird.

Solche Seen sind oft von bedeutender Grösse und haben bei ihrer Entstehung Dorfer, Häuser und Felder verschlungen und ungeheuern Schaden gestiftet. Die Alpen sind überreich an Beispielen dieser Art.

So ist behauptet worden, dass selbst der Lago di Lugano in historischer Zeit entstanden sei, da erst Gregor von Tours im 6. Jahrhundert seiner zum ersten Male erwähnt. Leopold von Buch, der den See untersuchte, zeigt, dass zu Lugano, Lanzo und Melano Hebungen des Bodens stattfanden; im Uebrigen hält er auch eine Senkung für möglich.¹⁾

Im 11. Jahrhundert entstand bei Bourg d'Oisans in Savoyen, oberhalb der Orte Vaudel und Infernay, durch Anhäufung loser Massen, der 5 bis 6 Lieues lange See St. Laurent, der dann im 13. Jahrhundert abfloss und dabei furchtbare Verheerungen anrichtete.²⁾

1401 geschah in Folge eines gewaltigen Bergbruches bei Moos in Passeier (Tirol) die Bildung des Passeirer Sees, der sehr bald eine Länge von 4·7 Klm. und eine Breite von 3·2 Klm. gewann, den Schuttdamm mehrmals durchbrach und erst 1774 gänzlich abfloss.³⁾

1512, 30. September, erfolgte durch einen Bergsturz des Pizzomagno im Blegno- (Pollenser-) Thale, Canton Tessin, die Bildung des Blegno-Sees, der aber schon 1514 wieder abfloss.⁴⁾

1749 entstand durch einen grossen Bergbruch am Diablerets, Canton Wallis, der die Liserne aufstaute, der Deborance-See.⁵⁾

1751. Auf gleiche Weise geschah die Bildung des Sees von Servoz bei Sallanches in Savoyen. Das Volumen der abgestürzten Bergmasse betrug bei 11,400.000 Kbm.⁶⁾

1772, 11. Jänner, brach vom Kalkberge Piz im Thale des Cordevole oberhalb Agordo, Provinz Belluno, eine grosse Masse

¹⁾ v. Hoff, III. 121. — ²⁾ v. Kloden: Handbuch der Länder- und Staatenkunde. 3. Aufl. II. 1296 und v. Hoff, III. 121 ff. — ³⁾ J. J. Staffler: Tirol und Vorarlberg, III. 774. Von diesem See wird bei den Ueberschwemmungen in Tirol ausführlicher die Rede sein. — ⁴⁾ J. J. Scheuchzer: Naturgeschichte des Schweizer Landes, II. Siehe weiter unten. — ⁵⁾ v. Hoff, III. 14, 23. — ⁶⁾ Dr. Heinrich Berghaus: Allg. Länder- und Völkerkunde, II. 503 u. v. Hoff, III. 121.

Gestein ins Thal herab, verschüttete 3 Dörfer und staute den Fluss zum Alleghe-See an, welcher bei seiner Vergrößerung 4 Dörfer überschwemmte und 2 davon gänzlich hinwegspülte; viele Menschen gingen dabei zu Grunde.¹⁾

1807 entstand ebenfalls in Folge eines Bergsturzes der See von Tirano im Veltlin; die hochgestaute Adda zerstörte mehrere Dörfer, bis sie im folgenden Jahre den Schuttdamm zerriss.²⁾

1823 ging vom Colmandro im Canal S. Bovo bei Primör, Südtirol, ein bedeutendes Stück Berg ins Thal herab und bildete durch die Stauung des Vanoibaches den noch jetzt bestehenden Cauria-See oder Lago nuovo, der nicht nur das Thal eine halbe Stunde lang und eine Viertelstunde breit überschwemmte, sondern auch durch seine späteren Ausbrüche (1825 und 1826) viel Schaden that.²⁾

1852 begann die Entstehung des Lake George in Neu-Süd-wales, Australien. Dieser See hatte um die Mitte des vorigen Decenniums bereits eine Länge von 23—24 engl. Meilen, an der breitesten Stelle eine Breite von 7 solcher Meilen und eine Tiefe von 25—30 Fuss. Man schreibt seine Entstehung der fortschreitenden Entwaldung des umliegenden Landes zu, wodurch die atmosphärischen Niederschläge sich rascher und reichlicher an der tiefsten Stelle der betreffenden Bodenmulde ansammeln können.³⁾

Zu den durch Murbrüche entstandenen und noch jetzt bestehenden Seen gehören, neben vielen anderen, der Reschen-, Heider- und Antholzer-See in Tirol, der Gaishorn-See bei Rottenmann in Steiermark, der Bockhardt- und der Hintersee in Salzburg etc.

Unter den wiedererstandenen oder regenerirten Seen nimmt wohl der Neusiedler See den ersten Platz ein. Dieser grosse See, der eine Area von $5\frac{3}{4}$ Quadratmeilen hat, fing etwa im Jahre 1842 sichtlich abzunehmen an und war im Jahre 1865 gänzlich ausgetrocknet, so dass der Seeboden veräussert und dann bebaut wurde, und dass man allerlei Wirthschaftsgebäude, ja selbst kleine Colonien darauf errichtete. Seit man aber die alten Abzugsanäle des Sees in den Hansaság und von diesem in die Rabnitz reinigte, fliesst das Wasser der letzteren, sowie der Donau und Raab bei Hochwasser

¹⁾ Friedr. Simony: Die erodirenden Kräfte in den Alpen, Jahrb. des Oesterr. Alp.-Ver. 1871. 1 und Dr. Heinrich Wallmann: Die Seen in den Alpen, Ibid. 1868, 1. — ²⁾ Schaffhausener Intelligenzblatt, 1881. — J. J. Staffler: Tirol und Vorarlberg I. 78. — ³⁾ R. Abbay: Periodicity of the freshwater lakes of Australia. Zeitschr. Nature, Vol. 14, Nr. 343 und Peterm G. M. 1876, 369.

rückläufig in den See, so dass derselbe seit 1876 wieder vollständig gefüllt ist. Die Reoccupation des bereits unter Cultur gestandenen Seebodens durch das Wasser, kann als eine langsam fortschreitende grossartige Ueberschwemmung angesehen werden.¹⁾

Der oben erwähnte Lake George in Australien war ebenfalls einst, d. h. in unbekannten früheren Zeiten, so gefüllt wie heut zu Tage, was an seinen Ufern deutlich zu erkennen ist. Ja selbst der Aralsee, 1240 geogr. Quadratmeilen gross, steht unter dem Verdachte der Periodicität.

Zu den alljährlich sich regenerirenden Seen gehören endlich alle die unzähligen Steppenseen in Asien, Amerika und Australien, sowie die vielen Sebcha's und Salzpfannen in Afrika — Seen die in der trockenen Jahreszeit oft ganz austrocknen und sich in der Regenzeit wieder füllen.

Durch den Wind, d. h. durch Stürme, werden bei grossen Seen Ueberschwemmungen der Ufer hervorgebracht. Schon auf dem Bodensee geschieht dies nicht selten. Es ist ferner bekannt, zu welch' hohem Wellengange die canadischen Seen, besonders aber der Obere See, durch Stürme aufgeregt werden können. Die grosse Ausdehnung dieser Seen und das geringere specifische Gewicht des süssen Wassers gegenüber dem Salzwasser, ist der Entwicklung hoher Wellen förderlich. Im Uebrigen wird durch starke Winde das Wasser leewärts gedrängt und dann am Seeufer zum Ueberfliessen gebracht.

C. Ueberschwemmungen durch die Flüsse.

Bei den Räumen, über welche ein Flusslauf in der Regel verfügt, unterscheidet man das Flussbett und das Rinnsal. Letzteres ist von den Flüssen gewöhnlich nur bei niederem Wasserstande eingenommen. In engen tiefen Thälern oder hier und da bei regulirten Flussläufen, wo man nicht anders konnte, sind Flussbett und Rinnsal identisch. Bei gewöhnlichen Hochwassern wird der Fluss das Flussbett mehr oder weniger füllen; bei Ueberschwemmungen wird er die Ufer desselben überschreiten.

Die Ueberschwemmungen der Flüsse sind unter allen Arten wohl die wichtigsten, weil sie überall und am häufigsten vorkommen.

¹⁾ »Der Neusiedler See im Jahre 1865«, geschöpft aus amtlichen Berichten. Mitth. der k. k. geogr. Gesellschaft, X. 229 und »Ueber das periodische Austrocknen des Neusiedler See's«. Ausland 1875. 575.

Ihre Bedeutung aber wird sich ungefähr in folgenden Erwägungen reflectiren:

1. Bei Flüssen in regenarmen und ebenen Gegenden wirken sie segensreich durch ausgedehntere Benetzung und Befruchtung des Uferlandes (Nil, Ganges, Irawaddy u. a.)

2. In ekotropischen Ländern sind Ueberschwemmungen gewöhnlich ein Princip der Zerstörung, wegen der uncontrolirbaren Unregelmässigkeit ihres Auftretens, wegen ihrer erodirenden Einwirkungen auf Flussbett und Uferland und wegen ihres feindseligen Verhaltens gegen die Ansiedlungen der Menschen und die Anstalten der menschlichen Cultur.

Ihre erodirenden Angriffe auf das Land offenbaren sich durch Zerstörung der Ufer und Erweiterung der Flussbetten, durch Denudationen des Bodens, Ausnagung neuer, nur dem Momente dienstbarer Wasserrinnen, durch Einrisse in das Uferland, durch Neubildung von sogenannten Hinterwassern und von Ufersümpfen und nicht selten sogar durch locale und umfassende Aenderungen der Flussläufe, von welchen die Geschichte der Erde zahlreiche Beispiele aufzuweisen hat.

Hiergegen ist ihre aufbauende Thätigkeit auf dem Lande nur gering, und auch diese nur selten erwünscht; sie besteht hauptsächlich in der Bildung neuer Inseln und Sandbänke, und in der sogenannten Auflandung, d. h. in der Erhöhung des Bodens durch den Absatz des mitgeführten Sandes und Schlammes auf dem überschwemmten Lande.

Aber in beiden Fällen, ob zerstörend oder neubildend, wirken die Ueberschwemmungen, besonders wenn man lange Zeiträume ins Auge fasst, verändernd auf die Physiognomie der Erdoberfläche und selbst auf viele Verhältnisse ihrer Bewohner ein.

3. In der durch sie wesentlich beförderten Vergrösserung der Flussdelta's, erscheinen sie als ein wichtiger landbildender Factor, der mit der Zeit auf die Configuration der Küsten einen nicht unbedeutenden Einfluss nimmt. Die Ueberschwemmungen sind es, die den Verlust reichlich wieder hereinbringen, welchen das Land durch die wuchtigen Stösse der Erdbeben- und der Sturmfluthen erlitten hat. Und da diese landbildende Thätigkeit der Hochwasser unausgesetzt und an unzähligen Flussmündungen zugleich vor sich geht, so kann die Gesamtsumme ihrer Wirkungen wohl keine andere als eine sehr grosse sein.

4. Eine weitere, wenn auch kaum merkbare Folge der Flussüberschwemmungen und Hochwasser ist die, wenn auch im Ganzen äusserst langsam fortschreitende Erhöhung des Meeresgrundes durch jenen Sand und Schlamm, welcher von den Flüssen in die See getragen wird. Sie wird natürlich in der Nähe der Küsten rascher erfolgen als auf hohem Meere; ganz aufhören wird sie jedoch selbst in der grössten Entfernung vom Lande nicht. Was aber in dem Processe der Erdbildung derlei Niederschläge zu bedeuten haben, geht daraus hervor, dass alle Sedimentgebilde, einige wenige abgerechnet, auf diesem Weg entstanden sind.

5. Was das feindselige Verhalten der Ueberschwemmungen gegen die Menschen und ihre Werke anbelangt, so ist selbes bei aussertropischen Flüssen, und unter diesen besonders bei Gebirgsflüssen, sehr deutlich ausgesprochen. Vermoge ihrer starken Gefälle sind die zerstörenden Kräfte von Flüssen der letztgenannten Art den gleichen Kräften der langsam in der Ebene dahinschleichenden Flüsse unendlich überlegen. Feinde jeder Beschränkung durch Damme und Wehren, wenden sie ihre Wuth zunächst diesen zu, zerreißen nebenher Brücken und Stege und walzen sich dann, nach dem Durchbruche der Dämme oder über ihre Kronen hinwegschreitend, donnernd und schäumend und in rasender Eile über die grünen, fruchtbaren Thalbreiten hinaus. Wehe dem, den die Furien des Stromes erfassen! Da ist nichts, was Widerstand zu leisten vermöchte. Felsblöcke mit dem Gewichte von Hunderten und Tausenden von Centnern werden oft stundenweit fortgetragen, die festesten Gebäude in Trümmer gelegt und weggespült, oder wenn sie abseits der Strömung liegen im wüsten Bergschutt begraben; Strassen und Eisenbahnen verschwinden spurlos; der Thalgrund wird aufgewühlt und oft grosse Stücke desselben werden fortgerissen; die Berglehnen vom Wasser unterwühlt, stürzen, hier in kleineren dort in grösseren Partien, prasselnd in den Fluss herab, und nicht selten sind es breite Theile des Thalhanges, die oft mit Häusern und Wäldern beladen, zur Tiefe wandern. Meilenlange Strecken des ebenen Thalgrundes verwandeln sich in wogende Seen, die gewöhnlich alle Culturen vernichten, sie nicht selten meterhoch mit Geröll bedecken und dadurch entweder gänzlich oder auf ein Jahrzehent hinaus für jeden weiteren Anbau verderben. Ebenso wild und gefürchtet sind die, alle grosseren Ueberschwemmungen im Gebirge unfehlbar begleitenden Murbrüche und Schlammströme, die aus den kleineren

steilgeneigten Seitenthalern hervorbrechen, alles was ihnen in den Weg kommt im Augenblicke zermalmen, den Thalboden oft haushoch und noch höher mit Schutt und Felstrümmern bedecken und das tiefere Land noch in weitem Umkreise verwüsten. — So viel zur Charakteristik der Ueberschwemmungen im Gebirge!

Alle Ueberschwemmungen entstehen durch eine rapide Vermehrung der in den Flussbetten angesammelten Wassermassen, mag sich dieselbe auf das Flussbett seiner ganzen oder den grössten Theil seiner Länge, oder nur auf kleinere Strecken desselben beziehen. Zuweilen ist es nämlich nur ein hochangeschwollener Nebenfluss, der, von dem Mündungspunkte angefangen, den Spiegel des Hauptflusses erhebt, oder es ist ein stockender Eisgang oder auch ein in einen Fluss herabgestürzter Bergbruch u. a., der das Wasser local zu grosser Höhe aufstaut. — Diese Vermehrung der Wassermassen wird hervorgebracht:

1. Durch Regengüsse, durch rasche Schneeschmelze oder durch beide zugleich;

2. durch plötzliche Ausbrüche von Gletscherseen oder anderer (Sonklar'scher) Seen;

3. durch Störungen im Abflusse der Flüsse, unter denen das Stocken des Eisganges, die Verlegung des Flussbettes durch Bergstürze und Murbrüche oder (bei tropischen Flüssen) durch die sog. Pflanzenbarren, die wichtigsten sind.

Da die Ueberschwemmungen doch meistens von grossen Regenfällen herrühren, diese aber in den verschiedenen Zonen der Erde ungleich vertheilt sind, so wollen wir die Flüsse mit Rücksicht auf ihre Ueberschwemmungen in die tropischen und ektropischen einteilen.

- I. Bei den tropischen Flüssen, zu welchen auch jene gehören, von denen, wie beim Nil und Paraná, nur die Quellgebiete im tropischen Lande liegen, treten die Ueberschwemmungen alljährlich mit jener Regelmässigkeit in Zeit und Höhe ein, mit der dort die Regenzeit selbst eintritt — eine Regelmässigkeit, die so gross ist, dass man beinahe mit Sicherheit den Tag bestimmen kann, an welchem das Steigen des Wassers beginnt, an welchem es seine grösste Höhe erreicht und an dem es wieder in sein Bett zurückkehrt. Der Unterschied zwischen Hochwasser- und Tiefwasserhöhe wechselt, von einem Strome zum andern, nach der Regenmenge in den betreffenden Quellgebieten, nach dem relativen Quan-

tum des aus dem Strome verdunstenden Wassers und nach anderen Umständen. Einige solche Höhendifferenzen zwischen Hoch- und Tiefwasser tropischer Flüsse sind:

	Mtr.		Mtr.
beim Nil, bei Tewfikia . . .	4·3	beim Dschub	2·5—3·2
» » in Aegypten . . .	6·86	» Indus	3·7—4·0
» Atbara	5·5—6·1	» Ganges	10·0
» Niger, Unterlauf . . .	15·3	» Saluen	7·3—14·6
» Binue, »	15·3	» Mekong	10·7
» Congo, oberhalb der		» Amazonas	15·3
Fälle	2·9	» Ucayali	9·1—10·6
» Congo, innerhalb der		» Orinoco	23·7
Fälle	6·1—15·3	» Paraná	3·7
» Congo, bei Embomma . .	3·6	» Rio Salado	3·6—3·8
» Zambesi	3·05	» S. Francisco	12·34
» Tschobe, Zufluss des			
vorigen	4·7—5·5		

Aber auch in diesen, durch so grosse klimatische Regelmässigkeit ausgezeichneten Gegenden kommen abnorme Jahrgänge vor, in denen die Wasserhöhen oft ebensoweit unter dem normalen Mittel zurückbleiben, als sie es in anderen Jahren übersteigen. So erzählt Plinius, dass der Nil, dessen gewöhnlicher, dem Lande noch zutraglicher Hochwasserstand 6·86 Mtr. (44jähriges Mittel) beträgt, im Jahre 37 (oder 36) vor Chr. nur auf 2·33 Mtr. stieg, was eine Hungersnoth zur Folge hatte, während er sich zur Zeit des Kaisers Claudius einmal bis auf 8·40 Mtr. erhob.¹⁾ Gerade dieselbe Höhe erreichte er 1869 und noch höher muss er wohl im October 1864 gestanden haben, wo eine grosse Ueberschwemmung eintrat, alle Felder zwischen Cairo und Alexandrien überfluthet, die Uferdämme zerrissen, sämmtliche Dörfer bis zu den Dächern unter Wasser gesetzt wurden und an Vieh allein sich ein Verlust von 18,000.000 Gulden ergab.²⁾

Im Jahre 1640 wurde durch den Niger der grösste Theil von Timbuctu überschwemmt, ungeachtet die Entfernung des Flusses von der Stadt nicht weniger als 6·2 deutsche Meilen beträgt.³⁾

¹⁾ Prof. Fritz: Die Veranderlichkeit der Wassermengen in Flüssen und Seen. Gaa XVIII. 7. 393. — ²⁾ Globus, V. 188. — ³⁾ H. Mezger: Der Quorra oder Niger. Globus VIII. 7. 230

Diese Ueberschwemmungen haben ihre Quellen in den tropischen Regen, die für jede Gegend allemal dann eintreten, wenn sich die Sonne im Zenith dieser Gegend befindet, einige Wochen vorher und nachher eingerechnet. Hieraus folgt, dass die Gegenden am Aequator zwei Regenperioden haben müssen, während in den Gegenden an den Wendekreisen nur eine Regenzeit vorkommen kann, weil dort die Sonne im Laufe des Jahres zweimal, hier aber nur einmal im Zenithe steht. Aus diesem Grunde werden gewisse Flüsse, deren Quellen hauptsächlich unter oder nahe dem Aequator liegen, zweimal im Jahre Hochwasser haben und ihre Umgebungen demnach auch zweimal überschwemmen, welche Regel übrigens durch die interferirenden Hochwasser grosser Nebenflüsse, deren Quellen weit abseits vom Aequator liegen, häufig gestört und undeutlich gemacht wird. So hat der Nil z. B. nur einmal Hochwasser, weil die beiden äquatorialen Hauptfluthen desselben durch die inzwischen einlangenden Hochwasser des Bahr el Ghasal, des Sobat, des blauen Nil und des Atbara verundeutlicht werden. Ströme mit zwei Hochwässern sind: der Niger und der Binue in Afrika, der Paraná in Amerika und der Cooper in Australien.

In Folge der gewöhnlich sehr grossen und oft ausserordentlichen Dichtigkeit der tropischen Regen, kommen denn auch in jenen Ländern Ueberschwemmungs-Erscheinungen vor, die an das Wunderbare grenzen. Von der Dichtigkeit des Regens ist die Menge des in einer bestimmten Zeit herabfallenden Wassers und daher die momentane Höhe der Fluthen abhängig. So erzählt z. B. J. M. Mackinlay, dass am 1. Mai 1861, als er sich eben am Burkes-Creek in Central-Australien ($25^{\circ} 15'$ S. Br., $139^{\circ} 30'$ O. L.) befand, der Regen so heftig fiel, dass das Bett des bisher ganz trockenen, in einem breiten offenen Thale liegenden Flusses sich in einem Tage 11 Fuss ($3\cdot36$ Mtr.) hoch mit Wasser füllte, dass am folgenden Tage alles Land, so weit das Auge reichte, ein einziger See war und dass am Williams-Creek die Fluth eine Höhe von 40 Fuss ($12\cdot2$ Mtr.) erreichte.¹⁾ Sowohl dieser Reisende als auch andere sprechen von dem ausserordentlichen Umfange der jährlichen Ueberschwemmungen des Landes am Cooper-Creek in Australien, wo der Fluss gewöhnlich und an den meisten Stellen eine Breite von 5—13 geogr. Meilen hat.²⁾—

¹⁾ Mackinlay: Journey from Adelaide to Carpentaria. Journ of the R. G. S. of London, 33, 43. — ²⁾ Ibidem, dann J. M. Gilmore: Reisen in Central-Australien 1871. Siehe die Karte in Pet. G. Mitth 1872, 442.

Einen anderen hierher gehörigen Fall erzählt Samuel Baker, der Entdecker des Albert Nyanza; es war am 23. Juni 1861, als er sich zu Collololáb am Ufer des Atbara befand, der damals, bis auf einige isolirte Lachen als Reste vom vorigen Jahre, vollkommen vertrocknet war, als sich um Mitternacht ein Ton wie ferner Donner, der immer näher kam, hören liess. Es war der Fluss, der durch die in Habessinien soeben eingetretenen Regen geschwellt, plötzlich und mit Macht heranstürmte. Am folgenden Morgen hatte der Fluss eine Tiefe von 20 Fuss, d. i. mehr als 6 Mtr.¹⁾ etc.

II. Bei den ektropischen Flüssen, d. h. bei den Flüssen der gemässigten und kalten Zonen, hangen die Ueberschwemmungen von den meteorologischen Zufälligkeiten (*sit venia verbo*) einzelner Jahre ab. Es gibt bei uns bekanntlich sehr nasse und sehr trockene Jahre, so dass die Regenmenge des einen Jahres zuweilen doppelt so gross ist als die eines anderen. Dieselbe Bewandniss hat es mit den einzelnen Jahreszeiten: es hat z. B. Sommer gegeben, in denen es fast nie regnete und die Saaten darüber zu Grunde gingen, während in anderen Sommern der Regen kein Ende nahm und die Ernten durch das Uebermass an Nässe fehlschlügen. Die Ueberschwemmungen treten demnach in unseren Gegenden weder alljährlich, noch nach einer anderen bisher wahrnehmbaren bestimmten Zeitfolge ein. Doch kann so viel gesagt werden, dass sie in jedem Lande in jenen Jahreszeiten am häufigsten vorkommen, in welchen daselbst die Regen vorherrschen — ein Gesetz, das sich z. B. schon innerhalb der Grenzen von Tirol deutlich ausspricht, wo Nordtirol in der Region der vorherrschenden Sommerregen, Südtirol aber in der der vorherrschenden Frühjahrs- und Herbstregen liegt, weshalb auch dort die meisten und grössten Ueberschwemmungen auf den Sommer, hier aber auf den Herbst und das Frühjahr fallen.

Die Ueberschwemmungen entstehen auch in unseren Gegenden hauptsächlich durch langandauernde heftige Regen, häufig durch rasche Schneeschmelze verstärkt und oft von Stürmen und tobenden Gewittern begleitet. Grössere Katastrophen dieser Art scheint die Natur vorerst durch anhaltende Niederschläge, durch grosse geographische Ausbreitung starker Regengüsse und Erzeugung kleinerer Ueberschwemmungen vorzubereiten, bis sie endlich, durch alle diese Vorübungen gleichsam erstarkt, über irgend eine Gegend mit Macht

¹⁾ J. W. Baker: On the tributaries of the Nile in Abyssinia, Proc. X. 279.

losplatzt, um sie dann recht gründlich zu misshandeln. Es hat den Anschein, als würde die Atmosphäre zeitweise regenkrank, als trüge sie dann eine tiefe Verstimmung in sich, die sie sobald nicht los werden kann und die sie oft längere Zeit hindurch antreibt, ihrem Unmuth bald da, bald dort in grimmigen Entladungen Luft zu machen. Wer hat nicht die pluviale Verdrossenheit des vorigen Jahres, die 6—7 Monate lang dauerte, schwer ertragen! Die Ueberschwemmungen aber begannen schon am 18. Juli, u. zw. im nord-östlichen Böhmen, wo Hohenelbe, Trautenau und die Gegenden an der Aupa verwüstet wurden. Im September folgten die schrecklichen Fluthen in Tirol, worauf sich das Unwetter zögernd in die Westalpen zog, um gegen Ende October nach den Ostalpen zurückzukehren, wo es diesmal, namentlich in den Gebieten der Drau und Save, furchtbar hauste. Nunmehr wendeten sich die Regen nach der Schweiz, dem westlichen und mittleren Deutschland und nach Frankreich, wo sie auf mehrere Wochen hinaus ihr Hauptquartier aufschlugen. Schon im ersten Drittel des November standen hier alle Flüsse sehr hoch; gegen Ende desselben Monats erfolgte die erste, gegen Ende Decémber die zweite grosse Katastrophe am Rhein und seinen Nebenflüssen, der gleichzeitig eine ebenbürtige der Seine bei Paris zur Seite stand. Doch nicht genug! Der Regen hatte sich in letzter Zeit wieder etwas nach Süden verschoben, wodurch die Donau aus ihren Ufern trat, in Oesterreich und Ungarn grosse Strecken überschwemmte, Wien bedrohte und einen Theil der Stadt Raab zerstörte.

Fast alle bedeutenderen Ueberschwemmungsjahre weisen ähnliche Verhältnisse auf. So riss z. B. im Jahre 1571 eine grosse Fluth zu Lugano 195 Häuser und 12 Brücken fort, während der Inn das Innthal 8 Tage lang verwüstete. — 1787 fünfmalige Ueberschwemmung im Etschlande und zerstörende Hochwasser im Salzburgischen. — 1817 im März stand die Seine zu Paris 6'30 Mtr. über Null; im Juni wurden das Inn-, Ziller-, Etsch-, Drau- und Salzathal, im Juli das Rheinthal überschwemmt. — 1825 im Februar furchtbare Stürme und Sturmfluthen in England, Holland und Norddeutschland; im October schwere Gewitter, äusserst heftige Regengüsse und Ueberschwemmungen in Oberitalien, in den Alpen, am Rhone, an der Saône und Loire, im Maas-, Rhein- und Donaugebiete; am 18. November Orkan vom Canal bis nach Finnland mit Ueberschwemmungen an der Maas, Waal und an der Neva. — 1827 in

Tirol, Salzburg und Kärnten Regen- und Schneefall von Anfangs Mai bis Ende Juni, mit grossen Ueberschwemmungen in diesen Ländern, wie auch in Steiermark und Croatien. — 1829 gewaltige Stürme, schwere Gewitter und Hagelschläge im Juni und Juli, durch Oesterreich, Salzburg, Tirol, die Schweiz, Oberitalien, Frankreich und England; Hochfluthen im Rhein, in der Donau, im Lech, Inn und Po. Im September neue verwüstende Ueberschwemmungen am Niederrhein. — 1846 Hochfluthen in der Etsch, im Rhone, in der Loire. — 1855 im März überfluthet der Rhein den vierten Theil von Gelderland und bedroht Holland furchtbar; im Juni, mehrere Tage lang dauernde Ueberschwemmung im Inn-, Etsch- und Drauthal. — 1868, das Jahr der grossen Ueberschwemmung in Südtirol. Das Unwetter begann am 16. September mit einem furchtbaren Orkan und Wolkenbrüche zu Cagliari auf Sardinien; am 21. und 22. folgten Gewitter und Schlagregen in Oberitalien mit einer Ueberschwemmung zu Parma, worauf am 22. und 23. ein Wolkenbruch in Südtirol niederging. Am 27. und 28. kam ein zweitagiger, höchst intensiver Gewitterregen im Oberrheinthale vor, der die 24 Stunden lange Thalebene von Trübach bis Rheineck in einen See verwandelte. Mittlerweile hatte es auf den Bergen in Tirol geschneit, worauf am 3., 4. und 5. October neuerdings ein sehr heftiger warmer Regen einfiel, der das Unheil fertig brachte. Die Ueberschwemmung von 1868 ist eine der grossten, die in Tirol je vorgekommen, was schon daraus hervorgeht, dass sie von den Thalfächen zwischen Meran und Roveredo eine Area von $2\frac{1}{3}$ geogr. Quadratmeilen ($16\cdot3$ Qu.-Km.) bedeckte u. s. w.

Oben Seite 38 sub Nr. 5 habe ich bereits auf den Unterschied zwischen den Ueberschwemmungen von Flüssen im ebenen Lande und von Flüssen im Gebirge hingewiesen. Bei der grossen Masse von Beispielen beider Arten, kann uns eine solche Untertheilung nur erwünscht sein, wenn es auch in vielen Fällen nicht leicht ist, zu bestimmen, in welche Classe der eine oder der andere Fluss gehört.

Flüsse im ebenen Lande werden sich daher durch geringes Gefälle und die Möglichkeit einer grossen Ausbreitung bei Hochwasser, Gebirgsflüsse aber durch starke Gefälle und, selbst bei grossem Schwellen, durch geschlossene Profile auszeichnen.

Um nun für die Flüsse im ebenen Lande von der Vergrösserung der Wassergeschwindigkeit bei Hochwasser, als des

zerstörendsten Momentes bei Ueberschwemmungen, eine annähernde, für unsere Zwecke hinreichende Vorstellung zu gewinnen, habe ich die bekannte Eytelwein'sche Formel über den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Flussprofil benützt. Diese Formel lautet:

$$v = C \sqrt{\frac{1}{a} \times \frac{F}{u}},$$

wo v die Geschwindigkeit, C eine bei jedem Flusse durch Versuche zu ermittelnde Constante, $\frac{1}{a}$ das Gefälle, F den Flächeninhalt des Querschnitts und den Umfang der benetzten Wände des Profils bedeutet.

Gilt nun obige Formel für einen bestimmten Wasserstand, und

$$C \sqrt{\frac{1}{a} \times \frac{F'}{u'}},$$

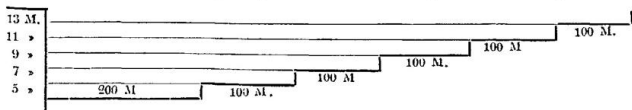
für einen anderen Wasserstand an derselben Stelle, so werden sich die Geschwindigkeiten bei verschiedenen Wasserständen an derselben Stelle verhalten wie

$$C \sqrt{\frac{1}{a} \times \frac{F}{u}} : C \sqrt{\frac{1}{a} \times \frac{F'}{u'}}$$

oder abgekürzt wie

$$\sqrt{\frac{F}{u}} : \sqrt{\frac{F'}{u'}}.$$

Um nun die Zunahme der Geschwindigkeit mit wachsendem Wasserstande an einem Beispiele darzustellen, habe ich zur Erläuterung der Rechnungs-Operationen nachfolgendes Profil gewählt:



In diesem Profile hat der Fluss eine normale Breite von 200 Mtr. und eine mittlere Tiefe von 5 Mtr., worauf bei jedem Steigen des Wasserstandes um 2 Mtr. ein Stück Land von 100 Mtr. Breite überschwemmt wird. Ich habe mit Hilfe der obigen Formel die relativen mittleren Geschwindigkeiten des Flusslaufes berechnet und folgende Werthe erhalten:

Wasser- stand	$F =$	$u =$	$\sqrt{\frac{F}{u}} =$	$2.10 = 1$
5 Mtr.	1000 Qu.-Mtr.	210 Mtr.	2.10	1
7 »	1600 »	314 »	2.257	1.07
9 »	2400 »	418 »	2.40	1.14
11 »	3400 »	522 »	2.55	1.21
13 »	4600 »	626 »	2.71	1.28
15 »	6000 »	730 »	2.86	1.36

Wie beiläufig diese Rechnung auch immer sein mag, so lässt sie doch erkennen, dass selbst bei bedeutenden Schwellungen der Flüsse, wenn sie die Ufer überschreiten und das Land nebenan überschwemmen, die mittlere Wassergeschwindigkeit nur wenig wächst. War nämlich in dem obigen Beispiele die mittlere Geschwindigkeit des Flusses bei normalem Wasserstande 1 Mtr. (= 1), so wird sich diese Geschwindigkeit, nach einem Steigen des Wassers um 10 Mtr., nur auf 1.36 Mtr. erhöhen. Auf dem inundirten Terrain aber wird die Geschwindigkeit des Wasserlaufes eine noch weit geringere sein, weil das Wasser dort langsamer fliesst, wo es seichter ist und die grösste Geschwindigkeit immer ober dem Thalweg, d. h. ober dem eigentlichen Flussbette stattfindet. Dieses Resultat ist sehr wichtig, weil es die geringe Stosskraft des inundirenden Wassers beweist. Freilich kann sich speciell, in Folge localer Terraingestaltung, die Stromung des letzteren auch verstärken, was allemal dort der Fall sein wird, wo ein Durchbruch der Uferdamme stattfindet, oder wo das Ueberschwemmungswasser ein seitliches Rinnsal, oder was gewöhnlich der Fall, eine mit dem Flussbette parallel laufende Mulde findet, durch die es mehr oder weniger eingeengt und vertieft wird. Diese relative Verlangsamung des Inundationswassers ist auch der durch sie beförderten Auflandung wegen von grosser Bedeutung.

Aus der übergrossen Zahl grosser Ueberschwemmungen dieser Art will ich nur einige der bedeutendsten hervorheben.

In Oesterreich und Ungarn. Durch die Donau 1830 (Wien hart betroffen), 1845, 1882. 1775 u. 1838 Pest unter Wasser. Durch die Theiss 1869 (40 geogr. Meilen überschwemmt), 1878, (12. März Szegedin zerstört). — In Galizien 1867 (Wisłoka bei Rzeszow 6.33, San bei Przemyśl 6.96 Mtr.)

In Deutschland. Durch den Rhein: 1784 (bei Köln 12.74 Mtr.), 1824 (bei Köln 8.54 Mtr.), 1882 (bei Köln 9.50 Mtr.). Durch die

Elbe: 1785 (bei Magdeburg 5·64 Mtr.), 1814 (bei Magdeburg 6·56 Mtr.), 1830 (eben dort 5·53 Mtr.). Durch die Oder: 1785 (bei Küstrin 4·76 Mtr.), 1780 (eben dort 4·10 Mtr.).

In Frankreich. Durch die Seine: 1615, 11. Juli (in Paris 9·04 Mtr.), 1658 (eben dort 8·80 Mtr.), 1740 (eben dort 7·90 Mtr.). Durch die Loire: 1790 (zu Roanne 7·42 Mtr.), 1846, 1856.

In Italien: 585 (589) furchtbare Ueberschwemmungen durch ganz Italien; die Etsch verändert ihren Lauf, in Rom läuft der Tiber über die Stadtmauern; durch den Tiber: 1598 (zu Rom 12·80 Mtr.), 1846 (eben dort 10·91 Mtr.), 1870. Durch den Arno: 1845 (in Florenz 15 Mtr.). Durch den Po: 1705 (bei Pavia 6·20 Mtr.), 1839 (bei Rovere 470 Qu.-Km. unter Wasser), 1846 (bei Pavia 5·75 Mtr.), 1857 (eben dort 7·30 Mtr.), 1868 (eben dort 6·36 Mtr.), 1882.

In Russland. Durch den Dnjepr: 1845 (bei Jekaterinoslaw 6·81 Mtr.); durch die Wolga: 1867. Bei Odessa 1869 (in dieser Stadt 87 Häuser zerstört).

Von den meisten dieser Ueberschwemmungen in Europa wird in den bezüglichen Verzeichnissen nochmals, u. zw. etwas umständlicher, die Rede sein. Von den Ueberschwemmungen der ektropischen Flüsse im Tieflande ausserhalb Europa mögen hier folgende als besonders bemerkenswerth erwähnt werden.

Durch den Indus: Grosse Fluth von 1826, welche bei Bhawalpur begann und durch die Narra das Ran von Katsch erreichte.¹⁾ — 1871, mit drei grossen Ueberschwemmungsgebieten: 1. von Utsch bis Khanpur (50 engl. Meilen lang), 2. von der Mündung des Tschinab abwärts (16 engl. Meilen lang, 2—10 Meilen breit) und 3. bei Sabsalkot (das längste und grosste von allen).²⁾

Durch den Yang-tse-Kiang. Die gewaltigen Ueberschwemmungen dieses Riesenstromes entstehen durch heftige und langanhaltende Regen, welche oft schon im Mai beginnen und bis zum Juli dauern. Die Schneeschmelze allein wird von den Chinesen zur Hervorbringung einer grossen Ueberschwemmung als nicht genügend angesehen. Der Yang-tse wie der Hoangho finden bei ihrem Austritte aus den Schluchten des Gebirges ein ebenes, beinahe tischglattes Tiefland vor, über das sich ihre mächtig geschwellten Fluthen, nach dem Durchbruche der Uferdämme, ungehindert aus-

¹⁾ C. W. Tremenhare: On the lower portion of the river Indus. Journ. of the R. G. S. of London 1867. 68. — ²⁾ J. W. Barns: On the Phys Geogr. of the Bhawalpure Sate. Ibid. 1872. S. 390.

breiten können. Die Chinesen haben über alle Katastrophen dieser Art in ihrem Lande seit den ältesten Zeiten sehr genau Buch geführt, und diesem kann entnommen werden, dass alle Verluste an Menschenleben wie an Hab und Gut, welche andere Länder durch Ueberschwemmungen erfahren haben, fast nur eine Kleinigkeit gegenüber denjenigen sind, denen China bisher durch jene beiden Flüsse allein unterworfen war. Behauptete doch Sherard Osborne, der Hoangho habe China in den letzten 15 Jahren (von 1851 angefangen) 40—50 Millionen Menschen gekostet.¹⁾ Nun, die Zahl mag übertrieben sein; ist aber auch nur der dritte oder vierte Theil derselben wahr, so liegt uns eine Thatsache vor, die entsetzlicher wohl kaum gedacht werden kann. — Die Aufzählung der Hochfluthen des Yang-tse beginnt mit jener von 922 v. Chr. Die Fluth von 400 n. Chr. bedeckte das ebene Land 30 engl. Fuss (9 Mtr.) und jene von 983 56 Fuss (17 Mtr.) hoch. — In beiden Fällen betraf die Ueberschwemmung mehrere Tausende von geogr. Quadratmeilen. Das Hochwasser von 1849 dauerte vom Juni bis December und war ebenfalls von ausserordentlicher Höhe, so dass von der grossen Stadt Hankau nur die Dächer aus dem Wasser emporragten. Dabei trat hier (in der geogr. Breite von Cairo) im Juni eine solche Kalte ein, dass die Menschen sich in Pelze und Felle hüllen mussten. — 1869 wurde Hankau dreimal überfluthet, und im Jahre 1870 stand das Wasser abermals 50 Fuss (15·2 Mtr.) über der Ebene; auch kam diesmal die Fluth so schnell, dass der Fluss in der Thalenge von Itschang um 20 Fuss (6·1 Mtr.) in einem Tage stieg.²⁾

Noch furchterlicher aber hat im Laufe der Zeiten der Hoangho gehaust. Dieser grosse Strom, der selbst die Wolga an Länge und Wassermasse weit übertrifft, der von seinem Austritt in die Ebene angefangen zwischen hohen Uferdämmen hinfliesst und dessen Spiegel selbst bei Tiefwasser hoher ist, als die Ebene nebenan, hat seit 2500 Jahren seinen Lauf nicht weniger als neunmal geändert. Dadurch hat seine Mündung eine Oscillation von 5 Breitengraden durchgemacht und lag demnach bald am Gelben Meere, bald am Golf von Petschili. Die letzte grosse, mit einer unsaglich verderblichen Ueberschwemmung verbundene Laufänderung dieses Flusses

¹⁾ El. Ney: Notes of a journey to the new course of the Yellow-River. Proc. 1869. 20. — ²⁾ E. L. Oxenham: On the inundations of the Yang-tse-Kiang. Journ. of the R. G. S. of London, 1875, S. 170.

geschah zwischen den Jahren 1851 und 1853, und diese ist es, auf die sich der oben von Sherard Osborne angegebene ungeheure Menschenverlust hauptsächlich bezieht. Der erste Durchbruch des an dieser Stelle 40 Fuss hohen Uferdammes erfolgte durch das Sommerhochwasser von 1851; im folgenden Jahre erweiterte sich der Bruch, worauf der Fluss 1853 sein altes Bett ganzlich verliess, um sich, unter unsäglichen Verwüstungen und mitten durch ein dichtbevolkertes und reichbebautes Land hindurch, einen neuen Weg zum Meere zu suchen. Aber noch im Jahre 1868 hatte er kein bestimmtes Bett und bildete bei Nan-schan auf einer 70 engl. Meilen langen Strecke einen 20—30 Meilen breiten See, aus welchem die Ruinen unzähliger Ortschaften traurig hervorragten.¹⁾ Der Ausbruch geschah diesmal auf der linken Seite und die neue Mündung (die nördlichste von allen) ging in den Meerbusen von Petschili und lag 80 deutsche Meilen von der nächstvorigen entfernt. Seit einigen Jahren soll jedoch der Hoangho von selbst in sein fruheres Bett wieder zurückgekehrt sein.

Im Jahre 1874 wurde in der Provinz Petschili, Nordchina, durch den Pei-ho und Wen-ho ein Bezirk von 40.000 Qu.-Km. (741 d. Qu.-Mln.) $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Mtr. hoch mit Wasser bedeckt.²⁾

Durch den Mississippi. Seines ungeheueren Stromgebietes und seiner vielen, aus den Hochgebirgen der Rocky-Mountains kommenden Zuflüsse wegen, ist dieser Fluss ungewöhnlich hohen Schwellungen ausgesetzt, die zuweilen die Höhe von 70 engl. Fuss ($21\frac{1}{2}$ Mtr.) erreichen sollen. Seine Ufer sind Hunderte von Meilen weit von hohen Dämmen eingeschlossen, die hier wie überall vom Hochwasser durchrissen werden, wodurch dann Ueberschwemmungen von oft ausserordentlichen Dimensionen und grosser Schädlichkeit entstehen. So wurde 1874, Anfangs April, beinahe halb Louisana und die beiden Ufer, von Cairó (Ohiomündung) bis Neu-Orléans überfluthet, wobei 142.000 Hektaren an Baumwollpflanzungen zu Grunde gingen. — Noch grösser aber war die Ueberschwemmung im Februar 1882; sie erreichte eine Länge von 150 und eine Breite von 40 engl. Meilen, und hatte die Zerstörung von über 156.000 Hektaren Baumwollenland zur Folge.

Wenige Tage, bevor ich dies schreibe, hat der Ohio seine Ufer furchtbar verheert. Cincinnati stand grossentheils unter Wasser,

¹⁾ El. Ney: Notes of a journey to the new course of the Yellow-River in 1868 Boc. XIV. S. 20. — ²⁾ »Globus« 1874, Nr. 23, 367.

in New-Albany sind 2000 Häuser eingestürzt, Newport, Covington, Louisville haben schwer gelitten. Auch der Mississippi ist im Steigen und hat bereits eine gefahrdrohende Höhe erreicht. —

Wir kommen nun zu den Ueberschwemmungen der Gebirgsflüsse, deren grosse mechanische Gewalt, die sie in Folge ihrer stärkeren Gefälle und ihrer weit geschlosseneren Profile erhalten, als charakteristisch für dieselben, bereits namhaft gemacht wurde. Diese Gewalt hat sich in vielen Fällen thatsächlich so gross erwiesen, dass sie an die der Sturmfluthen erinnert. Zwischen den Gefällen der Flüsse im Gebirge und denen der Flüsse im Tieflande bestehen ganz enorme Unterschiede, wie sie das nachstehende kurze Verzeichniss zeigt:

a) Gebirgsflüsse:	Gefall·
1. Reuss, Hospenthal bis Flüelen	1:36
2. Sill, Gries bis Innsbruck	1:39·5
3. Oetz, Zwieselstein bis Mündung	1:46·5
4. Dora Baltea	1:56
5. Eisack, Gossensass bis Brixen	1:66
6. Ticino, Airolo bis Lago maggiore	1:69
7. Drau, Toblacherfeld bis Lienz	1:70
8. Rienz, » » Brixen	1:88
9. Adda, Bormio bis zum Comersee	1:100
10. Rhein, Dissentis bis zur Landquart	1:104
11. Save, Wurzen bis Krainburg	1:130
12. Eisack, Brixen bis Bozen	1:148
13. Rhone, Oberwald bis Genfersee	1:156
14. Ziller, Mayrhofen bis Mündung	1:237
15. Inn, Finstermünz bis Innsbruck	1:257
16. Salzach, Wald bis St. Johann	1:258
17. Inn, Sils bis Innsbruck	1:280
18. » » » Finstermünz	1:301
19. Salzach, St. Johann bis Salzburg	1:367
20. Inn, Innsbruck bis Kufstein	1:389
21. Rhein, Landquart bis zum Bodensee	1:590
22. Etsch, Meran bis Trient	1:730
b) Flüsse im ebenen Lande:	
23. Seine	1:1052
24. Inn, Kufstein bis Passau	1:1125
25. Po, Turin bis zur Mündung	1:1680

Gefäll:

26. Elbe, Dresden bis Magdeburg	1:2993
27. » » » zur Mündung	1:4776
28. Weichsel, Krakau bis zur Mündung	1:4877
29. Donau, Wien bis Budapest	1:5750
30. Amazonas, Serpa bis Mündung	1:7222
31. Elbe, Magdeburg bis Mündung	1:7425
32. Theiss, Szolnok bis Szegedin	1:9060
33. Mississippi, St. Louis bis New-Orleans	1:11.000

Man sieht hieraus, wie ausserordentlich ungleich das Gefäll verschiedener Flüsse sein kann. Und diese Ungleichheit wird noch viel grösser, wenn wir die Gefälle kleinerer Querthäler in Betracht ziehen, wie z. B. das des Gasteinerthales, das auf $\frac{1}{18}$, des Passeierthales, das auf $\frac{1}{15}$, des Ober-Sulzbachthales, das auf $\frac{1}{9}$ steht. Bei den kurzen Querthälern 2. Ordnung erhebt es sich sogar oft bis auf $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{4}$.

Ein grösseres Gefälle bedingt aber, unter sonst gleichen Umständen, auch eine grössere Geschwindigkeit des Wasserlaufes; von dieser hängt jedoch die Stosskraft des Wassers (Auftrieb, Transportkraft, mechanische Gewalt) ab. Einem Gebirgsflusse wird daher vom Haus aus eine grössere Stosskraft innewohnen, als einem Flusse in der Ebene.

Wächst ferner in Folge heftigen Regens die Wassermenge eines Flusses, so wächst nicht minder seine Tiefe und mit dieser wächst dann auch die Geschwindigkeit des Wasserlaufes. Die Zunahme der Tiefe wird unter allen Umständen selbst bei Flüssen im ebenen Lande, die bei Hochwasser über ihre Ufer treten und das Land überschwemmen, stattfinden. Um wie viel grösser aber wird die Vermehrung der Tiefe dort sein müssen, wo das Profil des Flusses bei Hoch- und Tiefwasser ein gleich oder nahezu gleich geschlossenes ist und wo demnach die Fluth, wie mächtig sie auch werden mag, an vielen Orten ganz und gar, an den meisten mit relativ geringen Ausnahmen im Flussbette versammelt bleiben muss. —

Um nun den Einfluss der Flusstiefe auf die Geschwindigkeit des Wassers bei einem geschlossenen Querprofile zu zeigen, habe ich, die Rechnung mir erleichternd, ein Flussbett mit verticalen Wänden bei einer Breite von 50 Mtr. und einer normalen mittleren Wassertiefe von 3 Mtr. angenommen und dann, nach der oben

verwendeten Formel, die relativen Geschwindigkeiten für die folgenden, von 5 zu 5 Mtr. wachsenden Tiefen berechnet.

Die Rechnung ergab folgende Zahlen:

	Wasserstand:	$f =$	$u = \sqrt{\frac{f}{u}} =$	$1.63 = 1$
28 M.	Mtr	Mtr.	Mtr.	
23 M.	3	150	56	1.63
18 M.	8	400	66	2.46
13 M.	13	650	76	2.92
8 M.	18	900	86	3.23
3 M.	23	1150	96	3.46
50 M.	28	1400	106	3.63

Aus den Zahlen der letzten Columnne ist zu erkennen, wie rasch in einem solchen Rinnsale die Geschwindigkeit bei steigendem Wasserstande wächst; dass sie bei einem Steigen um 5 Mtr. schon um die Hälfte und bei einem Steigen um 15 Mtr. schon auf das Doppelte anwächst. War demnach die Geschwindigkeit des Wassers beim Nullstande (3 Mtr. mittl. Tiefe) = 3 Mtr., so wird sie bei dem Stande von 5 Mtr. ober Null = $4\frac{1}{2}$ Mtr., bei 15 Mtr. nahe an 6 Mtr. sein. Dies gilt natürlich nur für eine und dieselbe Stelle des Flussbettes.

Hier muss noch bemerkt werden, dass bei hohen Wasserständen an vielen Orten auch das Gefälle der Wasseroberfläche zeitweilig zunimmt, woraus dann eine neue Beschleunigung des Wasserlaufes hervorgeht. Der Fluss wird nämlich überall dort, wo er sich gelegenheitlich ausbreiten kann, seine Tiefe ermässigen, weshalb das Wasser in den Thalengen oberhalb von einem hohen auf einen minder hohen Wasserstand herabsinken und dadurch, unabhängig von dem Gefälle der Flussbettsohle, eine etwas stärkere Neigung gegen den Horizont annehmen muss.

Wie wird sich aber bei dieser, aus der zunehmenden Wassertiefe hervorgehenden Steigerung der Geschwindigkeit die Stoss- oder Transportkraft des Wassers verhalten? Nach Hopkins, dem grossen englischen Analytiker, verhalten sich die Stosskräfte wie die 6. Potenzen der Geschwindigkeiten. Wird hiernach die Geschwindigkeit eines Flusses das Doppelte einer früheren, so steigert sich seine Stosskraft auf das 64fache; wird sie das Dreifache, so wächst letztere auf das 729fache. — Ist also ein Fluss bei einer Geschwindigkeit von 3 Mtr. in der Secunde im Stande, ein Geröll-

stück von 1000 Kb.-Cm. (der tausendste Theil eines Kb.-Mtr., ca. 4·4 Pfund schwer) auf dem Boden fortzurollen, so wird er bei 6 Mtr. Geschwindigkeit ein Geröllstück von 64.000 Kb.-Cm im Gewichte von 281·6 Pfund fortbewegen können.

Da sich nun bei Ueberschwemmungen im Gebirge, namentlich bei den steil zu Thal abfallenden Seitenbächen, oft noch viel bedeutendere Steigerungen der Geschwindigkeit einstellen, so wird daraus die ausserordentliche Bösartigkeit und die furchtbare Zerstörungskraft solcher Hochwasser begreiflich. Es darf uns daher nicht mehr Wunder nehmen, wenn wir hören, dass bei der Fluth des Bagnethales im Jahre 1818 Blöcke mit mehreren tausend Kubikfuss Inhalt von der Dranse bis in das Rhonethal getragen wurden;¹⁾ oder dass im September 1882, bei Abfaltersbach in Tirol, ein Felsstück von der Grösse eines kleinen Hauses 3 Stunden weit von der Drau transportirt werden konnte. Ebenso wenig wird es uns befremden, wenn wir im Gebirge, an den Ausgängen kleiner Seitenthäler, zuweilen frische und offenbar mit einem Male von der Hohe herabgeführte Schuttkegel aufgehäuft sehen, deren kubischer Inhalt oft nach Hunderttausenden von Kubikmetern gemessen werden kann und die aus einem chaotischen Haufwerke von Felsstücken jeder Grösse bis zu der eines Zimmers oder Hauses bestehen. Surell hat, nach der Eytelwein'schen Formel, die Geschwindigkeit eines mit der Neigung von 6° (1:9·5) gegen den Horizont abfallenden Gebirgsbaches berechnet und sie zu 43·96 Fuss (14·28 Mtr.) gefunden.²⁾ Dies gibt 4·76mal so viel, als die Geschwindigkeit von 3 Mtr., welche noch einen Rollstein von 1000 Kb.-Cm. von der Stelle bewegt. Die Stosskraft eines Baches von 14·28 Mtr. Geschwindigkeit wäre daher nach Obigem $(4·76)^6 = 11.631$ mal grösser, und das Felsstück, das er noch weiter zu schieben vermag, hatte ein Gewicht von 51.176 Pfund.

Diese Ausföhrung erklärt uns aber auch die in den früheren Abschnitten erwähnten Kraftäusserungen der Erdbebenfluthen und der Sturmwellen, von denen die ersteren mit Geschwindigkeiten von 120—200 Mtr., letztere von 20—45 Mtr. pro Secunde auftreten.

Zu den gefährlichsten und gefürchtetsten Ueberschwemmungen im Gebirge gehören die früher schon genannten Murbrüche. Sie

¹⁾ Bernh. Studer: Lehrbuch der phys. Geogr. u. Geol. I. 107. — Nimmt man das Volumen eines solchen Blockes mit nur 4900 Kb.-F. an, so betrug sein Gewicht circa 500.000 Pfund. — ²⁾ Ibidem I. 106.

haben, wie ebenfalls bereits angedeutet wurde, ihren Ursprung allemal in den kurzen starkgeneigten Seitenthälern, auf deren Grund sich bei Wolkenbrüchen das Regenwasser mit grosser Schnelligkeit sammelt, durch das starke Gefälle die oben beschriebene gewaltige Stosskraft erlangt und nun die in den oberen Bergmulden oft seit Jahrhunderten angesammelten Producte der Verwitterung, wie auch die, in Folge Unterwaschung, von neuentstandenen Berg- und Schuttbrüchen gelieferten Materialien zu Thal führt. Sind die erdigen Theile dabei vorherrschend, so dass das Wasser beinahe verschwindet und nur als Mittel zur Bewegung der Masse dient, so werden derlei Murbrüche auch wohl Schlammströme genannt. Die Gewalt dieser »Sendboten der Zerstörung« ist eine ganz unwiderstehliche und nichts gleicht der Furchtbarkeit jenes donnernden, brausenden, polternden, rasselnden und klirrenden Getöses, mit dem sie ihr Kommen ankündigen. Wegen der Menge des lockeren, leicht transportablen Materiales kommen Schlammströme in den Umgebungen der Vulkane häufig vor.

Es kann uns hier nicht obliegen, in eine nähere Beschreibung dieser Murbrüche einzugehen. Als Schutt- und Schwemmkegel (Rüfen in der Schweiz) gehören ihre Ablagerungen in allen Thälern zu den sehr gewöhnlichen Vorkommnissen. Sie sind oft von grossem Umfange und die älteren unter ihnen erscheinen bebaut und mit Ortschaften besetzt.

Die Beispiele von grossen Murbrüchen sind nicht selten: ich lasse hier die Aufzählung einiger derselben folgen. 1. Der grosse Schlammstrom von Casaccia in Bergell, 1673, welcher ungeheure Verheerungen anrichtete. 2. Jener von Oberstrass am Züricherberg vom Jahre 1770.¹⁾ 3. der furchtbare Schlammstrom vom 5. August 1798 zu Niedernsill im Pinzgau, der zwei Dorfer verschüttete und dessen kubischer Inhalt mit 24 Millionen Kubikmeter berechnet wurde. Er kam aus dem Mühlthale, einem kurzen, mit 11° 55' (1:4.8) geneigten, rechtsseitigen Nebenthale der Salza, und verursachte die nachmalige Versumpfung des Hauptthales bis Mittersill hinauf.²⁾ 4. Der Murbruch von Greifenburg in Kärnten 1851, Schuttvolumen 204.700 Kb.-Mtr. 5. jener von Schleiss und Burgeis im Obervinstgau, Juni 1855, nach Simony 450.000 Kb.-Mtr.³⁾

¹⁾ Bergsturze (nach Heim), Gaa XVIII, 4. 231. — ²⁾ C. v. Sonklar: Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern etc. S. 51. — ³⁾ G. A. Koch: Ueber Murbrüche in Tirol. Jahrb. d. k. k. geolog. R.-A. XXV. 97.

6. grosser Murbruch von Sct. Jakob in Ahren bei Bruneck, vom 14. September 1867; er zerstörte 14 Bauernhöfe und staute den Bach vorübergehend zum See.¹⁾ 7. Murbruch von Lichtenberg, Obervinstgau, 18. und 19. Mai 1847; er riss 26 Häuser fort und hatte eine Grösse von 341.000 Kb.-Mtr.²⁾ 8. Murbruch von Fendels im Oberinntal, 5. August 1874; Volumen 330.000 Kb.-Mtr.³⁾ u. a. m.

Eine weitere üble Folge der Murbrüche liegt in ihren Einwirkungen auf die Flüsse in den Hauptthälern. Zum mindesten drücken sie mit ihren Schuttmassen die Flüsse an die jenseitige Thalwand und nöthigen sie zu schädlichen Serpentinien. In anderen Fällen, wo sie bis in die Flussbetten eindringen, hemmen sie den Abfluss der Gewässer oft derart, dass es entweder zu wirklichen Seebildungen kommt, oder dass der Thalboden in weitem Umfange versumpft. So hat z. B. der Schuttwall, den im September 1882 der Eisack an seiner Mündung quer über das Flussbett der Etsch aufbaute, alles Land von Sigmundskron bis über Terlan, 8 Km. weit aufwärts, 4 Monate lang in einen See verwandelt. Auf dieselbe Ursache sind auch alle anderen Versumpfungen im Etschlande, an der Salzach, an der Enns, bei Sitten am Rhone u. a. a. O. zurückzuführen. Ein grosser Theil der von den Murbrüchen gelieferten Geschiebe wird bei Hochwasser von den Flüssen fortgerissen, und diese sind es, die nicht nur mit ihrem Gewichte den Druck und dadurch die zerstörende Kraft des Wassers vermehren, sondern auch in Thalengen oder an Anprallstellen feilenartig wirken und oft in kurzer Zeit die merkwürdigsten Erosionserscheinungen zu Stande bringen.

Die Hochwasser im Gebirge zeichnen sich vor jenen in der Ebene auch noch durch die Schnelligkeit ihres Zustandekommens aus. Durch diese Schnelligkeit wird sich im Gebirge rascher als anderswo der zum Abfliessen bestimmte Theil der atmosphärischen Niederschläge in den Haupttrinnssalen ansammeln und dadurch eine grössere Wassertiefe, eine grössere Geschwindigkeit und eine grössere mechanische Gewalt erlangen.

Die wichtigsten Bedingungen für den Effect der atmosphärischen Niederschläge in dieser Richtung sind:⁴⁾

1. der Grad der dem Regenfall vorhergegangenen Nässe oder Trockenheit des Bodens;

¹⁾ »Tiroler Bote« vom 4. Oct. 1867. — ²⁾ Ibid. 3. Juni 1847. — ³⁾ G. A. Koch, wie oben. — ⁴⁾ Siehe Rob. Lauterburg: Schweizerische Stromabflussmengen etc. Bern 1876. S. 13.

2. die Jahreszeit des Regenfalles;
3. die durchschnittliche Steilheit des überregneten Terrains;
4. die allgemeine Culturbeschaffenheit und die Bewaldung des Bodens;
5. die geologische Beschaffenheit des Untergrundes und
6. die Combinationen dieser Eigenschaften.

Ich lasse nun einige Erklärungen dieser Punkte folgen.

Ad 1. Bei grosser Trockenheit wird auch ein grösserer Theil des Niederschlages durch Cohäsion im Boden zurückgehalten und dem Abfluss entzogen werden. Die Bodenfeuchtigkeit ist jenes Wasser, welches die Erde mechanisch gebunden festhält und das sie nur durch Verdunstung verlieren kann. Erst wenn der Boden mit Wasser gesättigt ist, wird jeder weitere Niederschlag abfliessen.

Ad 2. Die Jahreszeit des Regenfalles wird dadurch Einfluss nehmen, dass sie einestheils die Durchlässigkeit der Bodenunterlage durch Frost und Schneebedeckung modificirt, und dass sie anderntheils den Zustand der Vegetation und das Mass der Verdunstung bestimmt.

Ad 3. Die Steilheit der Berghänge ist hier von grosser Wichtigkeit. Die Geschwindigkeit des Wasserabflusses über geneigte Flächen wird sich, unter sonst gleichen Umständen, wie die Sinuse der Gefällswinkel verhalten, und wird demnach, bei einem Gefälle von 20° 3·9mal, bei einem von 25° 4·8mal rascher erfolgen, als bei einem solchen Winkel von 5° . Aus diesem Grunde wird nach grossen, flutherzeugenden Regengüssen der Eintritt der Ueberschwemmung bei Flüssen in der Ebene erst am vierten Tage nachher erwartet, während derselbe im Hochgebirge schon am ersten oder höchstens am zweiten Tage darauf erfolgt.

Ad 4. Die allgemeine Culturbeschaffenheit und die Bewaldung des Bodens ist deshalb von grossem Belange, weil beide sowohl die Absorption von Wasser durch die Vegetation, als auch die Verlangsamung des Wasserabflusses bedingen. In dieser Beziehung tritt die Jahreszeit des Regenfalls massgebend auf. Denn erstens wird der Pflanzenwuchs im Allgemeinen im Frühjahr und Sommer, wenn die Pflanzen im Wachsen und alle ihre Gefässe offen und in Thätigkeit sind, besonders aber nach vorhergegangener Trockenheit, eine ungleich grössere Menge Wasser in sich aufnehmen und zurückhalten, als dies nachher oder bei bereits erstorbenem Pflanzenleben der Fall ist. Zweitens wird die Reten

tionsfähigkeit des pflanzenbedeckten Bodens für Wasser im Frühjahr und Sommer weit grosser sein, wenn die Wiesen noch nicht gemäht, die Saaten noch nicht geschnitten, die Blätter von den Bäumen noch nicht gefallen sind, als in den beiden anderen Jahreszeiten. Welche relativ ungeheure Oberfläche hat nicht der Regen auf einer dichtbewachsenen Wiese, auf einem Kornfelde oder auf der Area, die ein Baum bedeckt, vorher zu benetzen, ehe ein Theil desselben den Boden erreicht. Drittens. Gelangt endlich nach einiger Zeit der Regen auf den Boden selbst, so wird nicht nur ein Theil des Wassers von den unzähligen Wurzeln und ihren Verzweigungen, von dem Haufwerke alter Blätter und dem lockeren Grunde aufgesaugt, sondern es muss auch alles, theils sogleich, theils nach geschehener Sättigung des Untergrundes, in grösserer Menge zum Abfluss gelangende Wasser, das Labyrinth vielfach verschlungener Hohlwege des Gras- und Waldbodens durchwandern, ehe es auf dem Wege zu Thal das Rinnsal eines Baches oder Flusses erreicht. Hierin liegt der Schutz, den die Bewaldung der Berghänge dem tieferen Lande gegen die Gefahren der Ueberschwemmung gewährt. Bei starken und langdauernden Regengüssen wird er die Gefahren nicht beseitigen, aber er wird sie verringern und mildern. Man hat berechnet, dass das gegenwartig ganz kahle Reussgebiet oberhalb Flüelen, wenn es bis zur Waldgrenze wieder bewaldet wäre, dem Hochwasser der Reuss so viel Wasser entzöge, als diese bei Niederwasser führt, d. i. $\frac{1}{3.7}$ des gewöhnlichen und $\frac{1}{10.5}$ des extremen Hochwassers.¹⁾

Ad 5. Die Beschaffenheit des Untergrundes wird dadurch wirksam, dass dieser das fliessende Wasser entweder in sich einsinken lässt oder nicht. Machtige horizontale oder wenig geneigte Lager von lockerem Schutt oder Sand verschlucken oft grosse Mengen Wasser und entziehen sie dadurch dem oberflächlichen Abfluss. So verschlingt z. B. der aus diluvialen Schotter zusammengesetzte Boden der Ebene zwischen Gloggnitz und Wiener Neustadt fast alles Wasser, welches die Schwarza, die Pütten und alle übrigen Bäche von den Bergen herabführen. Noch wichtiger aber sind in dieser Beziehung in den Kalkgebirgen die dort so häufig vorkommenden Klüfte und Löcher, in welche sich oft ganze Ströme hinabstürzen und unterirdisch weiter fliessen. Auch Torfmoore,

¹⁾ Rob. Lauterburg, wie oben, S. 2.

deren es im Gebirge so viele gibt, sind im Stande, grössere Quantitäten Wasser zurückzuhalten, wobei sie sich aufblähen und zuweilen sogar total abfliessen.

Ad 6. Diese Nummer begreift die zahlreichen Combinationen der in den vorhergehenden Nummern erwähnten günstigen oder ungünstigen Verhältnisse. Für das Zustandekommen einer Ueberschwemmung am förderlichsten werden hiernach jene mächtigen Regengüsse sein, welche in steilem, waldarmem und sterilem Hochgebirge, nach vorheriger nasser Witterung, im Vorfrühjahr, Spätherbst oder Winter fallen. Bei diesen Vergleichen muss natürlich der meteorologische Charakter der Jahreszeiten und die jedesmalige Regenmenge als gleich angenommen werden.

Es wird bei Ueberschwemmungen sehr viel von dem Einflusse der Schnee- und Gletscherschmelze durch warmen Regen und Föhnwind gesprochen, und im Gebirge ist man geneigt, derselben eine übertriebene Bedeutung beizumessen.

Was die Schneeschmelze durch warmen Regen anbelangt, so kann der Effect derselben auf die Vergrösserung der abfliessenden Wassermasse aus folgender Ursache kein sehr grosser sein. Bekanntlich beträgt die Schmelzwärme des Eises 80° C. (in runder Zahl), d. h. ein Gewichtstheil Wasser von 80° wird ein gleiches Gewicht Eis von 0° schmelzen und dadurch zwei Gewichtstheile Wasser von 0° liefern. Hat nun der Regen in der absoluten Höhe von 2000 Mtr. eine Temperatur von 5° C., die er, mit Ausnahme der drei Sommermonate, in dieser Höhe selten haben wird, so kann 1 Kgr. Regenwasser nur $\frac{1}{16}$ Kgr. Schnee schmelzen, wonach also der Wasserertrag des Regens durch die Schneeschmelze nur um $\frac{1}{16}$ vermehrt wird. Nach Robert Lauterburg beträgt bei Hochwasserständen, die durch Regen erzeugt werden, der Antheil des Gletscherwassers an der ganzen Flusswassermasse: im Rheingebiet $\frac{1}{30}$, im Aargebiet $\frac{1}{6}$, im Reussgebiet $\frac{1}{16}$, im Limmatgebiet $\frac{1}{33}$, im Rhonegebiet $\frac{1}{4}$, im Tessingebiet $\frac{1}{100}$ und im Inngebiet $\frac{1}{13}$.¹⁾ Aber diese Antheile sind sehr gemischter Herkunft und begreifen alles aus den Gletscherthoren austretende Wasser, d. h. den auf die Gletscherarea fallenden Regen, so wie das Regen- und Föhnsmelzwasser und den Ertrag der subglacialen Quellen.

Wichtiger als der Regen ist, wie es scheint, die Einwirkung des warmen Windes auf die Schmelze von Schnee und Eis. Man

¹⁾ Rob. Lauterburg, wie oben S. 2, Fussnote.

weiss, wie rasch der Föhn im Frühjahr selbst das höhere Gebirge vom Schnee zu säubern, d. h. aper zu machen pflegt. Ein grosser Theil Schnee und Eis geht dabei freilich unmittelbar in Wasserdampf über und wird dann vom Winde in die Ferne getragen. — Wie ergiebig aber auch die Schnee- und Eisschmelze aus beiden Ursachen sein mag — zur Hervorbringung grösserer Ueberschwemmungen wird sie allein und ohne die Mitwirkung starker Regenfälle doch nicht ausreichen. —

Wir kommen nun zur 2. Classe von Ueberschwemmungen, die nicht unmittelbar durch Regen oder Schneeschmelze, sondern entweder durch den rapiden Abfluss periodischer, grösserer Wasseransammlungen (Gletscher- und andere Seen), oder durch locale Abflussstörungen und Stauungen (durch den Eisgang, durch Berg- und Murbrüche und durch Pflanzenbarren) entstehen.

Ueber die Genesis der Gletscherseen ist oben bereits gesprochen worden. Ein Durchbruch des Eiswalls geschieht bei jenen Gletscherseen niemals, oder vielleicht nur sehr selten, wo dieser in einem Seitenthale dadurch zur Bildung gelangt, dass sich der Körper des Gletschers im Hauptthale quer vor die Mündung jenes Seitenthales legt und den Bach desselben zum See aufstaut. Gegen die compacte und gewaltige Masse des Hauptgletschers wird der Druck des Sees, wie gross er auch sein mag, kaum je etwas ausrichten; auch wirkt dieser Druck von der Seite und ist gegen die jenseitige Thalwand gerichtet. In diesem Falle wird das Wasser des Sees entweder über die Oberfläche des Hauptgletschers, u. zw. in der seitlichen Depression desselben abfliessen, oder es wird sich (im Sommer) vermittelst der Wärme des zu Boden sinkenden dichtesten Wassers (4° C.) am Grunde des Hauptgletschers einen Abflussweg ausschmelzen. Dieser Fall findet beim Gurgler Eissees im Oetzthale und beim Märjelsee am Gross-Aletschgletscher statt.

Gefährlicher sind jene anderen Gletscherseen, deren Anstauung dadurch geschieht, dass seitlich liegende Gletscher ihre Eismassen bis auf die Sohle des Hauptthales vorschieben und dem Bache daselbst den Weg verlegen. Da diese Abdämmung gewöhnlich nur durch abtrummernde Eisstücke geschieht, diese, wie bedeutend sie auch in ihrer Gesammtheit sein mögen und wie fest auch die Regelation sie zusammenschweissen mag, doch immer nicht die Consistenz und Mächtigkeit einer normalen Gletscherbildung besitzen, so wird sie für die Dauer dem nach und nach immer gewaltiger

werdenden Drucke des Sees dahinter doch nicht widerstehen können. Der Damm wird endlich bersten, der See wird sich entleeren und über das Thal unterhalb alle Greuel der furchtbarsten Verwüstung ausbreiten.

Das hervorragendste Beispiel dieser Art lieferte 1841 der Ausbruch jenes grossen Eissees, der sich nahe dem Ursprunge des Shayok, am Südhang des Karakorum, durch das Herabwachsen des Biafo-Gletschers gebildet hatte. Der See gewann zuletzt eine Länge von $2\frac{1}{2}$ deutschen Meilen ($18\frac{1}{2}$ Km.), eine durchschnittliche Breite von einer halben solchen Meile (3.7 Km.) und eine mittlere Tiefe von 200 engl. Fuss (61 Mtr.), woraus sich der körperliche Inhalt der Wassermasse mit 4175 Millionen Kubikmeter berechnen lässt. Der See entleerte sich mit einem Male. Die Fluth sturzte bei Iskardo aus dem Shayok- in das Industhal herab, verwüstete dieses auf das Schrecklichste und spülte, 72 deutsche Meilen tiefer, bei Attok, einen Theil der Sikh-Armee des Gholab Singh, die am Ufer des Flusses gelagert war, hinweg.¹⁾

Noch grosser und zerstörender soll im 17. Jahrhunderte eine genau von derselben Localität herrührende Fluth gewesen sein.²⁾

Ein gleichartiges Ereigniss trug sich 1790 in Folge einer Stauung des Tschinab (auch Tschandra) durch den Shigri-Gletscher in Lahol (Thal-Landschaft im Himalaya) zu. Man kennt es in jener Gegend unter dem Namen des Tschandra-Kataklysm.³⁾

Auch in Europa sind derlei Erscheinungen nicht unbekannt. Wir nennen zuerst die Ausbrüche des durch den Vernagt-gletscher im Rofenthale (oberer Zweig des Oetzthales) gebildeten Vernagt-sees in den Jahren 1600, 1678 und 1845,⁴⁾ sodann die fürchterliche Fluth des Bagnethales 1818; hier war ein Theil des Gétroz-gletschers über die schroffe Thalwand in die Dranse hinabgestürzt und hatte diese zu einem See angestaut,⁵⁾ dessen Ausbruch bereits vorübergehend berührt wurde; ferner die mehrfachen Ausbrüche des Mattmarksees im Hintergrunde des Saasthales südlich von Visp, durch den Allalingletscher gebildet.⁶⁾ — Ueber die von diesen

¹⁾ Capt. Godwin-Austen: On the glaciers of the Mustakh Range. Journ. of the R. G. V. XXXIV. 24. — R. B. Shaw: Letter to Sir Rod. Murchison. Proc. XV. 173. —

²⁾ Capt. Godwin Austen wie oben. — ³⁾ Capt. A. F. P. Harcourt: On the Himalayan Valleys of Kooloo, Lahoul and Spiti. Proc. XV. 336. — ⁴⁾ Sonklar: Die Oetzthaler Gebirgsgruppe. 150. — ⁵⁾ Dr. H. Berghaus: Allgemeine Lander- und Völkerkunde, II. 493. — ⁶⁾ Dr. F. W. P. Lehmann: Die Wildbäche der Alpen. 28.

Ausbrüchen hervorgebrachten Ueberschwemmungen und Verwüstungen wird in den nachfolgenden Verzeichnissen etwas ausführlicher die Rede sein.

Den Ausbrüchen der Eisseen in ihrem Effecte sehr ähnlich verhalten sich die Ausbrüche jener anderen temporären Seen, die durch Bergstürze und Murgänge entstanden sind. Hierher gehören z. B.:

Die Ausbrüche des im Jahre 1401 bei Moos in Passeier durch einen Bergsturz entstandenen Passeiersees, der, 4·7 Km. lang, 3·2 Km. breit und 60 Mtr. tief, im Laufe der Zeit zwar einige Male ausbrach, sich aber durch spätere Felsnachschiebe von oben wieder füllte. Der erste Ausbruch geschah im Jahre 1419, die folgenden fanden 1503, 1512, 1572, 1721 und 1774 statt und waren jedesmal von verderblichen Folgen für das Thal sowohl als für die Stadt Meran begleitet. Der letzte Ausbruch war vollständig und machte der Existenz des Sees für immer ein Ende. Von diesem letzten Ausbruche, der auch der schrecklichste war, wird erzählt, dass die Fluthen der Passer bei der 63 Mtr. über dem gewöhnlichen Wasserstande hoch gelegenen Spitalsbrücke in Meran, bis an den Bogen derselben emporschlügen. Rechnet man 13 Mtr. auf die Höhe des Wellenschlages, so bleiben noch 50 Mtr. für die Schwellung der Passer an der bemerkten Stelle.¹⁾

Am 30. September 1512 fiel in Folge eines sehr heftigen Regens ein Theil des Pizzo magno in das Blegnothal herab und staute die Biasca zu einem See auf, dem es erst zwei Jahre nachher (1514) gelang, den Schuttwall zu durchbrechen und durch das Tessinthal nach dem Lago maggiore abzufließen. Dies aber geschah mit solcher Plötzlichkeit und so heftig, dass das Dorf Biasca zerstört, das ganze Thal bis zum See auf das Schrecklichste verheert, 600 Menschen ertränkt und die Mauern der Feste von Bellinzona fortgerissen wurden.²⁾

Im südöstlichen Tirol hatte sich 1823 im Canal San Bovo bei Primör durch einen Bergbruch vom Colmandro der Cauria-See oder Lago nuovo gebildet. Der erste Ausbruch vom Jahre 1825 zerstörte das Dorf Ponte mit 36 Häusern; ein zweiter bereitete im folgenden Jahre dem Weiler Remissore das gleiche Schicksal, und ein dritter brachte die Kirche von Canale durch Unterwaschung zum Absturze in das Flussbett.³⁾

¹⁾ J. J. Staffler: Tirol und Vorarlberg. III. 638. und 744. — ²⁾ J. J. Scheuchter: Naturgeschichte des Schweizer Landes, II. und Schaffhausner Intelligenzblatt, 188. —

³⁾ J. J. Staffler, wie oben, I. 178.

Unter den Abflussstörungen der Flüsse nehmen jene, welche durch Stockungen im Eisgang entstehen, billig den ersten Platz ein, da sie die Ursachen von sehr vielen und sehr böartigen Ueberschwemmungen sind.

Sie kommen natürlich nur in den kalteren Klimaten vor und entstehen dann, wenn sich der Eisgang stellt und die Eisschollen sich derart untereinanderschieben, dass sie endlich den Grund erreichen und den Abfluss des Wassers beschränken. Der Fluss wird sich nun so lange stauen, bis er über das Eis und über das Land hinweg weiter fließen kann.

Das Stellen des Eisganges kann verschiedene Ursachen haben. Bei grossen, von Süden nach Norden strömenden Flüssen wird der Eisgang im Ober- und Mittellauf regelmässig früher eintreten. Die rinnenden Eismassen von oben werden auf die noch stehende Eiskecke der unteren Flussregion treffen und vor dieser sitzen bleiben. Dieser Fall kommt bei den grossen sibirischen Flüssen alljährlich, beim Rhein, bei der Elbe, Oder und Weichsel zuweilen vor. Aber auch bei den anderen Flüssen, die von Norden nach Süden oder nach der Richtung der Parallelkreise strömen, können regionenweise verschiedene Witterungsverhältnisse eintreten, in Folge welcher das Eis in den oberen Theilen des Flusslaufes früher aufthaut, als in den tieferen. So kann z. B. bei der Donau in Niederösterreich und Oberungarn eine Zeit lang Thauwetter herrschen, während in Niederungarn der Frost noch anhält — ein Fall, der wegen der wachsenden Continentalität des Klimas gegen Osten nicht selten vorkommt. — In sehr vielen anderen Fällen aber ist der Eisgang aus viel einfacheren Ursachen ins Stocken gerathen, u. zw. wegen allzu geringer Wassertiefe, wegen Zertheilung des Flusses durch viele Inseln, wegen allzu scharfer Krümmungen und allzu rascher Verengungen desselben, wegen Brücken mit nahestellten Jochen u. dgl.

Die Schnelligkeit, mit der bei solchen Stauungen das Wasser zu steigen pflegt, die durch die starke Strömung gesteigerte mechanische Gewalt der Eisschollen, die Schwierigkeit, den Bedrängten Hilfe zu bringen, und die Kälte des Wassers selbst machen derlei Ueberschwemmungen in höherem Grade gefährlich.

Eines der traurigsten Beispiele dieser Art ist die furchtbare Katastrophe, von welcher im Frühjahr 1838 die Stadt Pest getroffen wurde; es gingen dabei über 3000 Häuser und Hunderte von Menschenleben zu Grunde.

Berichtigt ist ferner die grosse Eisfluth vom 1. März 1830 in Wien. Das Wasser stand damals an der Ferdinandsbrücke 6·95 Mtr., an der Taborbrücke 6·01 Meter über Null und setzte über 1200 Häuser unter Wasser. — Nur wenig geringer war die Ueberschwemmung vom 13. Februar 1871 eben daselbst, mit dem Pegelstande von 6·16 Mtr. an der Ferdinandsbrücke.¹⁾

Die Rheingegenden litten insbesondere durch die Eisfluthen der Jahre: 1784 (Wasserstand zu Köln am 28. Febr. 12·62 Mtr.), 1799, durch ihre vierwöchentliche Dauer und durch ihre im Vereine mit der Maas bewirkten furchtbaren Ueberschwemmungen in Holland berühmt (Köln, 5. December 7·96 Mtr., Emmerich, 21 Febr. 7·65 Mtr.), 1819 (Köln, 26. December 8·65 Mtr.), 1824 (Köln, 16. November 8·54 Mtr.) u. s. w.²⁾

An der Elbe kamen die grossten Winterfluthen 1785, 1805, 1814, 1820, 1827 und 1830 (7. März die höchste von allen) — an der Oder 1780, 1785 (die höchste), 1814 und 1830 vor.³⁾

Auch Paris hat mehrmals durch Winterfluthen schwer gelitten, so namentlich 1649 (Jänner 7·65 Mtr.), 1651 (idem 7·80 Mtr.), 1658 (idem 8·80 Mtr.), 1740 (December 7·90 Mtr.), 1802 (Jänner 7·45 Mtr.), 1836 (December 6·40 Mtr.) etc.⁴⁾

Aus allen diesen und anderen Verzeichnissen ist zu ersehen, dass bei den grösseren Flüssen im Flachlande im Winter sogar die meisten und oft auch die höchsten extremen Hochwasserstände vorgekommen sind. —

Durch Bergstürze und Murbrüche sind Störungen im Abflusse der Flüsse (ohne Seebildung) und Ueberschwemmungen eben nicht selten vorgekommen. So fiel am 16. November 1827 in Folge eines Erdbebens ein Stück des Berges Domna (Neu-Granada) in den Magdalenenfluss, der dadurch so gestaut wurde, dass er 4 Ortschaften zerstörte. Dasselbe geschah auch am Rio Suazo, einem Zuflusse des vorigen, wodurch ebenfalls ein Dorf zu Grunde ging.⁵⁾

Aehnliches ereignete sich vor Jahren auch am Don, in welchen ein Hügel abstürzte. Der hierdurch gestaute und in seinem Laufe

¹⁾ G. Ritter v. Wex: Ueber die Donau-Regulirung. Zeitschr. d. osterr. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1876. V. Heft. — ²⁾ Dr. Heinr. Berghaus: Allg. Länder- und Völkerkunde. II. — ³⁾ Ibidem. — ⁴⁾ Elia Lombardini: Sulle inundazioni avvenute nella Francia. Milano 1858. pag. 94. — ⁵⁾ v. Hoff: Geschichte der nat. Veränderungen d. Erdoberfläche. V. 275.

behinderte Fluss war genöthigt, sein Bett durch Ausnagung nach links hin zu erweitern.

Hierher gehört auch die Hemmung der Gail in Kärnten durch den furchtbaren Bergbruch des Dobratsch vom 25. Jänner 1348, der, über eine halbe Meile lang, 4 Schlösser, 10 Dörfer und 7 Weiler theils verschüttete, theils durch Stauung des Flusses in den Fluthen der Gail begrub.¹⁾ — Stauungen der Flüsse durch seitlich einfallende Murbrüche sind im Gebirge so häufig vorgekommen, dass es der Anführung von Beispielen wahrlich nicht bedarf. Sie bilden ja die unaufhörliche Plage der Thalbewohner.

Die durch Gras- oder Pflanzenbarren verursachten Ueberschwemmungen gehören nur den wärmeren Klimaten der Erde an. Grasbarren wurden bisher blos am oberen Nil (bis zum Sobat herab), am Bahr el Ghasal und den Nebenflüssen beider, am Kagera (einem Zuflusse des Ukerewe-Sees) und im Stromgebiete des Lualaba (Congo), also vornehmlich im tropischen Afrika, dann aber auch im Paraná und Paraguay beobachtet. Sie dürfen übrigens nicht mit gewissen, aus der Torfvegetation entstehenden Inseln verwechselt werden, deren Existenz in einigen Seen Norddeutschlands, Englands, Lievlands, Skandinaviens und Nordamerika's constatirt worden ist.²⁾

Unter den Gras- oder Pflanzenbarren versteht man jene stellenweise vorkommenden Verrammlungen der Flüsse, aus verfilzten, mit Schlamm und Erde gemischten Pflanzenmassen bestehend, die in der Form von grösseren oder kleineren tafelförmigen Inseln vom Hochwasser herabgetragen, sich gelegentlich in derselben Weise wie die Schollen des Eisganges festsetzen und den Fluss zuletzt in meilenweiten Erstreckungen bedecken.

An der Bildung der afrikanischen Pflanzenbarren nehmen hauptsächlich zwei Pflanzenarten Theil, u. zw.: 1. die *Herminiera elaphroxylon*, im Lande Ambadsch genannt, eine 5—6 Mtr. hohe Leguminose mit Stengeln von 40—50 Mm. Dicke und dennoch von einer beinahe unglaublichen Leichtigkeit; dann 2. der *Cyperus Papyrus*, eine Art sehr schönen Halbgrases. Beide Arten wachsen nur im tiefen Wasser und kommen in dichten, oft unübersehbar ausgebreiteten Beständen vor. Ausserdem gibt es noch einige andere Wasserpflanzen, wie die *Pistia stratiotes* (ein Wasserfarn), das Sac-

¹⁾ Josef Wagner: Album für Karnten, 118. — ²⁾ Dr. Ernst Boll: Ein Beitrag zur Kunde der Inselbildungen. »Globus« X. 6. 177 und Thierleben auf der Halbinsel Florida. »Globus« XX. 7. 97.

charum Ischaemum, einige Convolvulaceen und Cucurbitaceen, welche bei der Barrenbildung mithelfen. Alle diese Pflanzen, besonders die zwei erstgenannten, bilden mit ihren ausserordentlich verzweigten Wurzeln und lang ausgesponnenen Wurzelfasern, mit denen sie den Schlamm und die Erde festhalten, ein dichtes, filzartiges, elastisches Netzwerk, das, wenn auch die Pflanzen absterben, fest zusammenhält. Durch die Strömung oder durch den Wind vom Boden abgelöst, werden nun diese Pflanzenmassen als grüne Inseln vom Flusse abwärts getragen, werden an engen oder gewundenen Stellen des Flussbettes zum Stillstand gebracht, setzen sich hier fest, schieben sich unter- und übereinander und verbinden sich zuletzt zu einer so compacten Decke, dass Truppen darauf lagern und sie selbst nur mit grosser Muhe in Stücke zerschnitten und zum Rinnen gebracht werden können. Sie hemmen die Schifffahrt am oberen Nil und da sie der Fluss selbst nicht mehr zu beseitigen vermag, so müssen sie durch Menschenhände zerstört werden, was angesichts der ungeheuren Strecken, die sie oft bedecken, ebenso kostspielig als mühsam und zeitraubend ist.

Da solche Barren häufig das ganze Flussprofil bis zum Grund hinab erfüllen und dabei oft mehrere Meter über die Wasseroberfläche emporragen, so stauen sie den Fluss auf, der dann rechts und links in das Land ausbricht, dasselbe vielfach zerreisst und verwüstet und oft zu bedeutenden Laufänderungen genöthigt wird.¹⁾ — Man weiss jetzt, dass die Intermittenz im Laufe des Lukuga (Abfluss des Tanganyika-Sees in Afrika), die dann auch das periodische Steigen und Sinken dieses Sees zur Folge hat, nur durch solche Pflanzenbarren hervorgebracht wird.

Eine den afrikanischen Barren dieser Art ähnliche und für Schiffe oder Boote ebenfalls undurchdringliche Pflanzendecke fand Lieutenant Th. J. Page in den Jahren 1853—1857 in der Bahia negra, einem rechtsseitigen Zuflusse des oberen Paraguay.²⁾ Anders geartete Pflanzeninseln wurden endlich auch auf dem Paraná wahrgenommen, ohne dass es dabei je zu einer Barrenbildung kam.³⁾

¹⁾ Ueber Pflanzenbarren siehe vornehmlich die Aufsätze von Ernst Marno in den Mittheilungen der k. k. geogr. Ges. von 1875, 1880 und 1881, dann in Peterm. geogr. Mitth. 1881 und 1882. — »Globus« 1872. 113, 1874. 289. Proc. XVIII. 255. Journ. of the R. G. S. of London XLV. 184. Peterm. geogr. Mitth. 1876. 381, 1879. 273, 1881. 53 et 150 etc. — ²⁾ Peterm. G. Mitth. 1857. 405. —

³⁾ »Globus« 1874. 369.

